

Mestrado em Multimédia

**Implementação de Exposições Virtuais em Ambiente Tridimensional em  
Museus de Ciência e Técnica**

João Carlos Carvalho Aires de Sousa  
(070549009)

Licenciado (Pré-Bolonha) em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pela  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos de grau de Mestre em  
Multimédia

Dissertação realizada sob a orientação do  
Professor Doutor António Augusto Sousa, do Departamento de Engenharia  
Informática da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
e sob a coorientação da  
Mestre Susana Maria Moreira de Figueiredo Medina Vieira, docente convidada do  
Departamento de Ciências e Técnicas do Património da Faculdade de Letras da  
Universidade do Porto

Porto, setembro de 2011



## Resumo

O estudo realizado na presente dissertação surge da necessidade de agilização do processo de criação de exposições virtuais em museus de ciência e técnica. O principal objetivo deste trabalho consiste em desenvolver um método tecnológico que permita a profissionais de museu a criação, de uma forma fácil e acessível, exposições em ambiente tridimensional.

As tecnologias 3D adaptam-se à natureza interativa associada a objetos museológicos de ciência e técnica, e constituem um fator de preferência para a representação das suas exposições em contexto digital, permitindo o acesso aos acervos museológicos sem restrições temporais e de manipulação.

A análise teórica da presente investigação revelou que muitos museus de ciência e técnica não apresentam os seus conteúdos digitais numa dinâmica 3D interativa. Por outro lado, constatou-se a grande complexidade e diminuta flexibilidade dos atuais sistemas de criação de exposições e de museus virtuais em contexto tridimensional.

A simplicidade, flexibilidade e qualidade gráfica dos atuais motores de criação de jogos de vídeo em ambiente tridimensional, apresentam a capacidade necessária para a sua personalização e reconfiguração num sistema de suporte tecnológico para a criação de exposições virtuais.

Para a concretização dos objetivos propostos, foi desenvolvido um protótipo, suportado por um motor de jogo e testado por um painel de profissionais de museus de ciência e técnica.

Os resultados dos testes de usabilidade, do protótipo, demonstraram a sua utilidade e aplicabilidade na criação de exposições virtuais em ambiente 3D em museus de ciência e técnica.



## **Abstract**

The study in this thesis arises from the need to expedite the process of creating virtual exhibitions in science and technology museums. The main goal of this research is to develop a technological method that allows museum professionals to create, in an easy and accessible way, three-dimensional environment exhibitions.

3D technologies are adequate to the interactive nature of science and technology museum objects, and are a preferential medium to represent them in a virtual and digital environment, allowing access to the museum collections without time and handling restrictions.

The theoretical analysis of this research revealed that many science and technology museums do not represent their digital contents in an interactive 3D dynamic. On the other hand, there was a great complexity and diminished flexibility of the current cultural heritage 3D creation systems.

The flexibility, simplicity, and graphic quality of modern 3D game engines, allow the customization and reconfiguration of the engine to technologically support the creation of virtual exhibitions.

To accomplish the research goal, a prototype was developed, supported by a 3D game engine and was tested by a panel of science and technology museum professionals.

Usability test results of the prototype, demonstrated its usefulness and applicability in the creation of virtual 3D environment exhibitions in science and technology museums.



## Agradecimentos

Um trabalho de investigação nunca será uma tarefa isolada e solitária. Como tal muitos contribuíram de forma direta e indireta para a sua concretização.

Agradeço em primeiro lugar ao meu orientador Professor Doutor Augusto Sousa e à minha coorientadora Dr.<sup>a</sup> Susana Medina, pelo acompanhamento, disponibilidade e ajuda em todo o processo de investigação. As suas ajudas e contribuições foram decisivas para uma conclusão com sucesso.

Um agradecimento à Dr.<sup>a</sup> Ana Azevedo e ao Dr. Luís Miguel Costa, não só pelo seu apoio mas também pela sua amizade e entusiasmo contagiante que, nos momentos mais complicados, tiveram sempre uma palavra e um gesto de apoio, ajuda e incentivo.

Um obrigado ao Juarez Braga, pela cedência do seu fantástico objeto 3D.

Um obrigado especial ao meu painel de utilizadores, que apesar do seu tempo escasso, se disponibilizaram a testar o meu protótipo. Foi um prazer e um privilégio conhecer-vos.

Aos meus colegas de trabalho um forte agradecimento, pelo vosso constante positivismo e incentivo para a conclusão da presente dissertação.

Um agradecimento muito especial à Palmira Seixas, à Marta Mota e à Daniela Oliveira pelo seu apoio e auxílio nos momentos críticos.

Aos meus amigos, Marco Carquejo, Cláudia Silva, Nuno Cordeiro, Nuno Andrade, Hélder Hammilton, João Certo, Pedro Graça, Vítor Sendas, Maria Marques, Luís Sarmiento, César Areal, Isabel Margarido, Bruno Pombal e Hugo Machado. Nos momentos mais alegres e nos momentos mais difíceis vocês foram o meu apoio. As vossas palavras de incentivo e motivação foram verdadeiramente decisivas e continuarão a ser.

Por último, gostaria de deixar o maior agradecimento à minha Mãe Maria Júlia, ao meu Pai João Aires e à minha namorada Ana Margarida. Verdadeiramente, sem vocês este trabalho não teria sido possível. A vossa ajuda, o vosso amor, o vosso carinho e compreensão, foram a pedra basilar para a concretização deste projeto. A vocês dedico esta dissertação.





# Índice

<b>1 Introdução</b> .....	<b>23</b>
<b>1.1 Contextualização</b> .....	<b>23</b>
<b>1.2 Motivação</b> .....	<b>23</b>
<b>1.3 Relevância da Investigação</b> .....	<b>24</b>
<b>1.4 Objetivos Gerais</b> .....	<b>25</b>
<b>1.5 Objetivos Específicos</b> .....	<b>25</b>
<b>1.6 Estrutura da Dissertação</b> .....	<b>25</b>
<b>2 Revisão Bibliográfica</b> .....	<b>27</b>
<b>2.1 Do Museu de Ciência e Técnica ao Museu Universitário</b> .....	<b>27</b>
2.1.1 Conceitos, Origens e Evoluções .....	27
2.1.2 O Museu Universitário.....	29
2.1.3 Missões e Redes Externas.....	30
2.1.4 Formar e Comunicar .....	30
2.1.5 Públicos e Literacia .....	30
<b>2.2 O Objeto Museológico Científico-Tecnológico</b> .....	<b>31</b>
2.2.1 O Objeto como Instrumento de Aprendizagem .....	33
<b>2.3 Museu como Espaço Virtual</b> .....	<b>34</b>
2.3.1 O Museu / Exposição Virtual .....	35
2.3.2 Real <i>versus</i> Virtual .....	36
2.3.3 Impacto dos Objetos Virtuais .....	37
2.3.4 Níveis de Representação Virtual em Museus .....	38
<b>2.4 Jogos 3D e o Património Cultural</b> .....	<b>38</b>
<b>2.5 A Tecnologia 3D Interativa</b> .....	<b>39</b>
<b>2.6 Considerações Finais</b> .....	<b>43</b>
<b>3 Análise do Estado da Arte</b> .....	<b>45</b>
<b>3.1 Sistemas de Representação 3D</b> .....	<b>45</b>
3.1.1 <i>Software</i> para Modelação de Objetos 3D .....	45
3.1.2 Compatibilidade entre Aplicações de Modelação .....	46
<b>3.2 Sistemas Tridimensionais Interativos – Motores de Jogo</b> .....	<b>47</b>
3.2.1 Análise Comparativa de Motores Gráficos ou de Jogo .....	47
<b>3.3 Implementações de Soluções Virtuais para Património Cultural e Científico</b> .....	<b>58</b>
3.3.1 Laboratório de Paleobiologia da Universidade de <i>Davis</i> .....	58
3.3.2 <i>Science Museum</i> .....	59
3.3.3 <i>Musee de Arts et Metiers</i> .....	61
3.3.4 <i>Kinematic Models for Design Digital Library</i> .....	62
<b>3.4 Investigações Relevantes</b> .....	<b>63</b>
3.4.1 <i>Virtual Heritage System: Modeling, Database &amp; Presentation</i> .....	64
3.4.2 <i>ARCO – Augmented Representation of Cultural Objects</i> .....	66
3.4.3 Linguagem de Descrição de Cenas, Baseada em <i>XML</i> .....	69
<b>4 Metodologia para Produção de Exposições Virtuais.</b> .....	<b>71</b>
<b>4.1 Análise das Metodologias de Planeamento e Implementação de Exposições</b> .....	<b>71</b>
<b>4.2 Análise das Metodologias de Desenvolvimento de Jogos de Vídeo em Ambiente 3D</b> .....	<b>74</b>
4.2.1 Criação do Conceito.....	74

4.2.2 Design do Jogo .....	75
<b>4.3 Definição das Metodologias para Exposições Virtuais.....</b>	<b>77</b>
<b>4.4 Descrição dos Métodos para Criação de Exposições Virtuais Atribuídas à equipa Museológica.....</b>	<b>79</b>
4.4.1 Criação do Conceito da Exposição .....	79
4.4.2 Pesquisa.....	79
4.4.3 Avaliação de Coleções Seleção e Desenvolvimento .....	79
4.4.4 Documentação .....	81
4.4.5 Guião da Exposição .....	81
<b>4.5 Descrição dos Métodos para a Criação de Exposições Virtuais Atribuídas à Equipa de Desenvolvimento 3D. ....</b>	<b>83</b>
4.5.1 Design Artístico .....	83
4.5.2 Design Técnico.....	90
<b>5 Implementação do Protótipo.....</b>	<b>91</b>
<b>5.1 Definição da Arquitetura .....</b>	<b>91</b>
5.1.1 Visão Externa do Sistema na Perspetiva dos Utilizadores. ....	91
5.1.2 Arquitetura e Design de Alto Nível .....	99
<b>5.2 Implementação do Protótipo da Aplicação de Criação de Exposições 3D .....</b>	<b>101</b>
5.2.1 Seleção da Infraestrutura .....	101
5.2.2 Descrição da Implementação.....	103
<b>6 Prova de Conceito.....</b>	<b>113</b>
<b>6.1 Constituição da Amostra.....</b>	<b>113</b>
<b>6.2 Construção de Instrumentos de Recolha de Informação .....</b>	<b>113</b>
6.2.1 Construção de um Questionário Sócio Demográfico .....	113
6.2.2 Construção de Grelha de Observação.....	114
6.2.3 Construção de Questionário.....	114
<b>6.3 Procedimentos para a Execução da Prova de Conceito.....</b>	<b>115</b>
<b>6.4 Análise estatística dos dados recolhidos .....</b>	<b>117</b>
<b>6.5 Apresentação dos Resultados da Prova do Conceito .....</b>	<b>117</b>
6.5.1 Caracterização da amostra .....	117
6.5.2 Resultados do Questionário “Teste de protótipo para a construção de exposições virtuais” .....	119
6.5.3 Resultados da Grelha de Análise dos Testes de Usabilidade .....	125
6.5.4 Resultados da Análise de Conteúdo das Observações da Grelha de Análise dos teste de Usabilidade .....	133
<b>7 Conclusões e Trabalho Futuro. ....</b>	<b>137</b>
<b>7.1 Trabalho Futuro.....</b>	<b>137</b>
<b>Bibliografia Citada.....</b>	<b>139</b>
<b>Bibliografia Consultada .....</b>	<b>143</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>145</b>
<b>Anexo A Caraterização dos participantes do estudo.....</b>	<b>147</b>
<b>Anexo B Guião de atividades designado por “Teste de Protótipo” .....</b>	<b>151</b>
<b>Anexo C Teste de protótipo para a construção de exposições virtuais. ....</b>	<b>157</b>
<b>Anexo D Grelha de análise do teste de usabilidade .....</b>	<b>163</b>
<b>Anexo E Análise de conteúdo das observações recolhidas na grelha de análise dos testes de usabilidade.....</b>	<b>167</b>
<b>Anexo F Análise de conteúdo das observações recolhidas na grelha de usabilidade. Padrões detectados .....</b>	<b>175</b>

<b>Anexo G Grelha de análise dos testes de usabilidade de trabalho pessoal</b>	<b>179</b>
<b>Anexo H Teste de protótipo para construção de exposições virtuais</b>	<b>185</b>
<b>Anexo I Guia resumido de instruções</b>	<b>189</b>
<b>Anexo K <i>Script PlayerCollissionsRayCast</i></b>	<b>193</b>
<b>Anexo L <i>Script pesoClean</i></b>	<b>199</b>
<b>Anexo M <i>Script TextHints</i></b>	<b>203</b>
<b>Anexo N Metodologias de planeamento e implementação de exposições</b>	<b>207</b>
<b>Anexo O Metodologias de desenvolvimento de vídeo jogos</b>	<b>215</b>



## Lista de Ilustrações e Imagens

Figura 1 – Exemplo de uma arquitetura de um motor de jogo. Fonte (Gregory 2009).....	42
Figura 2 – <i>Scanner 3D, Minolta Vivid 910</i> . Fonte (MINOLTA 2009) .....	45
Figura 3 - Interface <i>web</i> do laboratório de Paleobiologia, lista de objetos (fósseis). Fonte (University 2009).....	59
Figura 4 - Detalhe, com interação na manipulação do objeto no espaço 3D através do rato. Fonte (University 2009) .....	59
Figura 5 - Coleção do <i>Science Museum</i> na <i>web</i> . Fonte (Museum 2009) .....	60
Figura 6 - Jogos interativos do <i>site web</i> do <i>Science Museum</i> . Fonte (Museum 2009) .....	60
Figura 7 - Vídeo de recriação da experiência dos gasómetros de <i>Lavoisier</i> . Fonte (Museum 2009).....	61
Figura 8 - Vídeo relativo ao Cinematógrafo dos Irmãos <i>Lumiere</i> , produzido por animação 3D. Fonte (Museum 2009).....	62
Figura 9 - Vídeo Produzido por animação baseada em sequências de fotografias. Fonte (Kinematic Models for Design Digital 2008).....	62
Figura 10 - Vídeo Produzido através de tecnologia de modelação e animação 3D. Fonte (Kinematic Models for Design Digital 2008).....	63
Figura 11 - Imagem de modelo CAD. Fonte (Kinematic Models for Design Digital 2008).....	63
Figura 12 – Estrutura da plataforma desenvolvida. Adaptado (Yong-Moo et al. 2001).....	64
Figura 13 - Ônversão da nuvem de pontos provenientes do <i>Scan 3D</i> (esquerda) para malha poligonal (direita). Fonte (Yong-Moo et al. 2001) .....	64
Figura 14 – Sistema de armazenamento de dados 3D. Fonte (Yong-Moo et al. 2001) .....	65
Figura 15 – Esquema de navegação de sistema <i>Web</i> em <i>ASP</i> . Fonte (Yong-Moo et al. 2001) .....	65
Figura 16 – Auditório interativo de Realidade Virtual. Fonte (Yong-Moo et al. 2001). .....	66
Figura 17 – Entidades integradas na <i>ARCO</i> . Fonte (White et al. 2004).....	67
Figura 18 – Interface da ferramenta de modelação <i>ARCO</i> . Fonte (White et al. 2004).....	68
Figura 19 - Interface para montagem das exposições virtuais. Fonte (White et al. 2004). .....	68
Figura 20 – Exposição virtual apresentada no <i>web browser</i> . Fonte (White et al. 2004). .....	69
Figura 21 – Ferramenta de autoria e visualizador de <i>XVM</i> . Fonte (White et al. 2004).....	70
Figura 22 - Diagrama de atividades relativas à metodologia de criação de exposições.....	73
Figura 23 – Processo de desenvolvimento de jogos.....	74
Figura 24 - Diagrama de atividades associadas à metodologia de desenvolvimento de vídeo jogos .....	76
Figura 25 – Diagrama de atividades da metodologia de criação de exposições virtuais em 3D .....	78
Figura 26 – Especificações originais do fabricante da balança aerodinâmica.....	84
Figura 27 – Modelação de elemento da balança usando imagem de referência.....	85
Figura 28 – Outro exemplo da modelação de um dos elementos da balança, usando imagem de referência.....	85

Figura GJ – Modelo de parafuso da balança com <i>smooth shading</i> aplicado. ....	86
Figura 3€ – Esfera de baixa resolução poligonal na esquerda, e a mesma esfera com <i>smooth shading</i> no lado direito. ....	86
Figura 3F – Aplicação de um <i>joint</i> para controlar a animação do braço principal da balança	87
Figura 3G – <i>Keyframes</i> de todas as animações possíveis pelo braço da balança, marcadas pelos traços verticais verdes na <i>timeline</i> do <i>Blender</i> . ....	87
Figura 3H – Planificação da malha poligonal que constitui a escala da balança. ....	88
Figura 3I – Textura UV criada para a escala da balança. ....	88
Figura 3Í – Imagem de textura de madeira utilizada para o perfil aerodinâmico da balança.	89
Figura 3Î – Versão em escala de cinzentos da imagem anterior, destinada a simular a rugosidade dos veios da madeira, e criar reflexos especulares. ....	89
Figura 3Ï – Diagrama de casos de uso da aplicação de criação de Exposições virtuais em 3D. ....	98
Figura 3Ï – Diagrama de componentes, da utilização da aplicação de criação de exposições em 3D. ....	99
Figura 4J – Diagrama de componentes da exposição virtual criada para interação com o utilizador final. ....	100
Figura 4€ – Interface do <i>Unity</i> e por conseguinte do protótipo desenvolvido. ....	104
Figura 4F – Organização de um projeto no <i>Unity</i> . ....	105
Figura 4G – Plinto horizontal, modelado no <i>Blender</i> . ....	105
Figura 4H – Expositor vertical, modelado no <i>Blender</i> . ....	106
Figura 4I – Mesa de madeira, modelada no <i>Blender</i> . ....	106
Figura 4Í – Vista exterior (em cima) e interior (em baixo), de um espaço de exposições do museu da FEUP. ....	106
Figura 4Î – Modelo animado da balança aerodinâmica <i>Philip Harris</i> . ....	107
Figura 4Ï – Modelo 3D do dispositivo didático para demonstração do escoamento <i>Hele-Shaw</i> , modelado em <i>Cinema 4D</i> . ....	107
Figura 4Ì - definição de um espaço de 1000 m <sup>2</sup> . ....	108
Figura I J - Espaço básico onde se pode navegar com o <i>First Person Controller</i> . ....	109
Figura 5€ - Diagrama de fluxo da interação com o túnel de vento e a balança aerodinâmica. ....	110
Figura 5F - Protótipo desenvolvido, com uma possível montagem implementada. ....	111

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Marcos temporais de soluções de museus virtuais .....	35
Tabela 2 - Comparações dos vários motores de jogo segundo o seu custo.....	51
Tabela 3 - Comparação dos vários motores de jogo segundo características e SDK disponíveis.....	54
Tabela 4 - Comparação dos vários motores de jogo segundo a sua facilidade de utilização.	54
Tabela 5 - Comparação dos vários motores de jogo segundo a sua curva de aprendizagem. .....	55
Tabela 6 - Comparação dos vários motores de jogo segundo os níveis de conhecimentos necessários ao utilizador. ....	55
Tabela 7 - Comparação dos vários motores de jogo segundo as características do seu interface. ....	56
Tabela 8 - Comparação dos vários motores de jogo segundo as características segundo as plataformas de desenvolvimentos e de exportação disponíveis.....	56
Tabela 9 - Comparação dos vários motores de jogo segundo a documentação disponibilizada .....	57
Tabela 10 - Comparação dos vários motores de jogo segundo diversos parâmetros extra. ...	57
Tabela 11 – Atores envolvidos no processo de interação com o sistema de criação de exposições 3D .....	91
Tabela 12 – Descrição do caso de uso “Monta exposição virtual 3D” .....	92
Tabela 13 - Descrição do caso de uso “Coloca objeto 3D no palco de edição” .....	92
Tabela 14 - Descrição do caso de uso “Manipula 3D no palco de edição” .....	92
Tabela 15 - Descrição do caso de uso “Cria Iluminação”.....	92
Tabela 16 - Descrição do caso de uso “Altera e edita as propriedades dos objectos 3D” .....	93
Tabela 17 – Descrição do caso de uso “Edita áudio” .....	93
Tabela 18 – Descrição do caso de uso “Som ambiente” .....	93
Tabela 19 – Descrição do caso de uso “Som específico de um objeto”.....	93
Tabela 20 – Descrição do caso de uso “Testa exposição” .....	94
Tabela 21 – Descrição do caso de uso “Testa navegação” .....	94
Tabela 22 – Descrição do caso de uso “Testa interação” .....	94
Tabela 23 – Descrição do caso de uso “Exporta e pública exposição” .....	94
Tabela 24 – Descrição do caso de uso “Escolhe plataforma de exportação” .....	95
Tabela 25 – Descrição do caso de uso “Modelar em 3D objetos” .....	95
Tabela 26 – Descrição do caso de uso “Texturizar objetos” .....	95
Tabela 27 – Descrição do caso de uso “Animar objetos” .....	95
Tabela 28 – Descrição do caso de uso “Desenvolver lógica de interação” .....	96
Tabela 29 – Descrição do caso de uso “Cria propriedade dos objetos” .....	96
Tabela 30 – Descrição do caso de uso “Define eventos de interação com cada objeto” .....	96

Tabela 31 – Descrição do caso de uso define “Controlo de colisões de cada objeto” .....	96
Tabela 32 – Descrição do caso de uso “Define lógica de 1ª ou 3ª pessoa” .....	97
Tabela 33 - Caracterização dos participantes no teste de usabilidade .....	118
Tabela 34 – Dados relativos à organização do interface do protótipo .....	119
Tabela 35 – Dados relativos à execução das tarefas de manipulação espaço 3D .....	120
Tabela 36 – Dados relativos às tarefas de manipulação dos objetos 3D.....	121
Tabela 37 – Dados relativos às tarefas de agrupamento dos objetos 3D .....	122
Tabela 38 – Dados relativos à interação com a exposição exportada .....	123
Tabela 39 - Resultados das perguntas abertas do questionário .....	124
Tabela 40 - Manipulação do espaço 3D do protótipo .....	125
Tabela 41 – Manipulação dos objetos 3D .....	126
Tabela 42 – Agrupamento de diferentes objetos.....	127
Tabela 43 – Navegação no espaço .....	127
Tabela 44 – interações com os objetos.....	128
Tabela 45 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função do sexo.....	129
Tabela 46 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função da faixa etária...	129
Tabela 47 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função das habilitações literárias .....	130
Tabela 48 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função das atribuições funcionais.....	130
Tabela 49 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função da experiência com ferramentas 3D .....	131
Tabela 50 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função da experiência com vídeo jogos.....	131
Tabela 51 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função da experiência de interação com exposições virtuais .....	132
Tabela 52 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função do tipo de experiências virtuais .....	132
Tabela 53 – Análises de conteúdo das observações recolhidas durante a realização dos testes de usabilidade .....	133



## Lista de Abreviaturas e Símbolos

**3D** – Acrónimo vulgarmente utilizado na área da computação gráfica para definir, representações gráficas tridimensionais digitais.

**AP** – *Application Programming Interface*, conjunto de bibliotecas de código e respetivos métodos de interface, que, permitem a diferentes *softwares* comunicarem entre si.

**ARCO** – *Augmented Representation of Cultural Objects*, projeto relacionado com preservação do património cultural em ambiente virtual.

**ASP** – *Active Server Pages*, constitui uma linguagem de programação de lado do servidor criada pela *Microsoft*.

**CAD** – *Computer Aided Design*, processo pelo qual se utilizam métodos computacionais para o apoio a desenvolvimento de projeto e desenho.

**CAVE** – *Cave Automatic Virtual Environment*, ambiente imersivo de realidade virtual constituído por um espaço fechado constituído por ecrãs de retro projeção e respetivos projetores de alta definição, que criam o espaço virtual.

**CMI** – *Computer Interchange of Museum Information*, conjunto de normas destinadas à troca de informação de dados de cariz museológico.

**CPU** – *Central Processing Unit*, unidade central de processamento de um sistema, microprocessador.

**GDD** – *Game Design Document*, constitui um documento que serve de referência para todos os elementos da equipa de produção de um jogo.

**GUI** – *Graphical User Interface*, interface gráfico que permite o utilizador interagir com um dispositivo eletrónico.

**ICOM** – *International Council of Museums*, organização internacional de representação de museus e seus profissionais.

**IK** – *Inverse Kinematics*, é uma técnica de animação que calcula os movimentos para atingir uma determinada pose.

**Mac** – Termo comum para designar computadores da *Apple*.

**MMORPG** – *Massive Multiplayer Online Role Playing Game*, tipologia de jogo de vídeo, que utiliza dinâmica cooperativa online como base de interação.

**PC** – *Personal Computer*, computador pessoal.

**PS3** – *Sony Playstation 3*, consola de jogos de última geração da Sony.

**SDK** – *Standard Development Kits*, conjunto de bibliotecas de classes e funções, escritas numa determinada linguagem que, tem como objetivo e desenvolvimento rápido de *software*.

**TDD** – *Technical Design Document*, documento de especificações técnicas associadas ao desenvolvimento de um jogo de vídeo.

**UMAC** – *University Museums and Collections*, comissão dedicada aos museus universitários.

**UML** – *Unified Modeling Language*, linguagem gráfica e simbólica destinada ao desenvolvimento de modelos de sistemas. Constitui um standard para a análise e design de *software* orientado a objetos.

**VR** – Abreviatura que designa *Virtual Reality*, Realidade Virtual.

**VRML** – *Virtual Reality Markup Language*, linguagem de marcação destinada à criação de aplicações de realidade virtual na *web*.

**VSL** – *Virtools Scripting Language*, Linguagem de *scripting* para a criação de lógica em aplicações desenvolvidas no *Virtools*.

**X3D** – *Extensible 3D* constitui uma norma aberta para a representação e apresentação de gráficos tridimensionais no contexto *web*. Especifica uma linguagem declarativa de geometria (similar ao *XML*), um motor *runtime* e uma *Application Programming Interface (API)* que providencia um ambiente interativo em tempo real para gráficos 3D.

**XML** – *Extensible Markup Language*, metalinguagem destinada a descrição de dados, permitindo o desenvolvimento de um mecanismo para que diferentes aplicações possam comunicar.

## Glossário

**Apparatus** – Dispositivo ou conjunto de dispositivos, destinados a um propósito concreto.

**Applet** – Aplicação informática desenvolvida em *Java* que pode ser embebida numa página *HTML*.

**Autodesk** – Empresa responsável pelo desenvolvimento de pacotes de *software* para CAD e animação 3D tais como, *AutoCAD*, *Maya*, *Inventor*, *3D Studio Max* entre outros.

**Backed Light** – Técnica de otimização de iluminação, não qual a luz é desenhada diretamente na textura.

**Bump Mapping** – Alteração da textura de uma superfície (por exemplo, rugosidade), através da alteração da orientação das normais dos vértices dos polígonos de uma superfície não havendo assim, a necessidade de aumentar a geometria da superfície de forma a criar os detalhes, deste modo a geometria de base da superfície mantém-se inalterada.

**C** – Linguagem de programação procedimental.

**C++** - Linguagem de programação baseada em C, mas orientada a objetos.

**C#** - Linguagem de programação baseada em C++, orientada a objetos.

**Cell Shading** – *Shading* que produz um efeito de *cartoon* numa superfície 3D.

**DirectX / Direct3D** – O *DirectX* constitui uma *API*, desenvolvida para a implementação de aplicações multimédia para sistemas operativos da *Microsoft*. O *Direct3D* constitui um subconjunto desta *API*, destinada à criação de aplicações em 3D.

**Dublin Core** – norma de metadados, destinada à interoperabilidade de uma vasta gama de modelos de negócio.

**Endorphine** - *Software* de animação, produzido especificamente para simular o comportamento dinâmico do movimento humano.

**Euphoria** - *Software* de animação produzido especificamente para simular o comportamento dinâmico do movimento humano, animal e de veículos.

**First Person Shooter** – Ou jogo em 1ª Pessoa, constitui uma tipologia de jogo de vídeo, em que a interação é percebida pelo ponto de vista de um jogador dentro do ambiente simulado.

**Focus group** - Grupo representativo do alvo de utilizadores, liderado por um facilitador que focaliza a discussão em torno de uma determinada questão de uma forma aberta.

**Frame** – termo que designa uma imagem num conjunto sequencial de imagens. Algumas *frames* são designadas por **Keyframes**, estas constituem imagens chave das quais o sistema *IK* interpola a animação até à *Keyframe* seguinte.

**Frame rate** - Número de imagens processadas por segundo.

**Havok** – *Software* destinado ao processamento da simulação de comportamento físico em ambientes virtuais, tais como gravidade e colisões. Particularmente o *Havok* constitui um *software* desenvolvido pela empresa *NVIDIA*.

**High dynamic range imaging** - Imagem digital que possui uma gama de iluminação superior à que é produzida por uma simples máquina fotográfica digital. Este tipo de imagem pode ser construída utilizando pelo menos três fotografias do mesmo motivo mas com exposições diferentes que vão do mais sobreexposto ao subexposto. Posteriormente é utilizado um *software* que compõe as 3 fotografias numa só.

**HTML** – *Hypertext Markup Language*, linguagem de marcação para apresentação de informação em páginas *Web*.

**Iluminação global** – Técnica de iluminação 3D, que utiliza algoritmos que calculam a iluminação de uma cena, tendo em conta as fontes de luz e a influencia das mesmas nas diferentes superfícies que constituem a cena.

**Image based lighting** – Técnica de iluminação, na qual é utilizada uma esfera texturizada que envolve uma cena ou objeto, posteriormente, através do método de iluminação global é calculada a iluminação da cena. Na maioria das situações é utilizada para a textura da esfera uma imagem em *high dynamic range imaging*. Este método de iluminação não tem em conta as fontes de luz pontuais.

**Image based modeling** - modelação baseada na composição de várias fotografias de um objeto que, através de um *software* apropriado, produz um modelo 3D.

**I Phone** – Linha de telefones moveis da *Apple*, que possuem funções multimédia e de acesso à internet.

**Java** – Linguagem de programação orientada a objetos.

**Javascript** – linguagem interpretada utilizada em várias aplicações.

**Kynapse** - *SDK* produzido pela empresa *Kynogon* que providencia uma base de implementação de heurísticas para procura de caminho, desvio dinâmico e estático de objetos e identificação de vulnerabilidades num determinado espaço.

**LUA** – Linguagem interpretada de alto nível.

**Memorabilia** – Objetos com valor devido à sua associação com eventos históricos, culturais e artísticos.

**Motion capture** – Técnica de animação que utiliza atores reais equipados com dispositivos destinados a capturar o seu movimento e convertendo-o num esqueleto 3D animado.

**OpenGL** – *Open Graphics Library*, constitui uma norma que especifica uma linguagem multiplataforma, que permite o desenvolvimento de aplicações gráficas em 2D e 3D.

**Open Source** – No caso concreto aplica-se a *software open source*, neste enquadramento significa *software* que é disponibilizado para todos os utilizadores de forma gratuita, com acesso ao código fonte, onde a sua alteração é permitida.

**Occlusion Culling** – Método de processamento de imagens virtual, no qual só é representado tudo o que estiver visível no enquadramento atual da câmara virtual, os restantes elementos da cena não são desenhados.

**Parallax mapping** – Melhoria da técnica de *bump mapping* que consiste em mover coordenadas da textura em função do ângulo entre o ponto de vista e a normal da superfície.

**Python** – linguagem de programação interpretada de alto nível.

**Open Dynamics Engine** - *Software* destinado ao processamento da simulação de comportamento físico em ambientes virtuais, tais como gravidade e colisões.

**PhysX** - *Software* destinado ao processamento da simulação de comportamento físico em ambientes virtuais, tais como gravidade e colisões. Particularmente o *PhysX* constitui um *software* desenvolvido pela empresa *NVIDIA*.

**Síntese de imagem** – ou por vezes referido como *render* ou *rendering* é o processo pelo qual se pode obter o produto final de um processamento digital associado a *softwares* de imagem, animação e vídeo (2D e 3D).

**Shading** – Processo de cálculo, de como uma determinada superfície, em ambiente 3D reage e se comporta à iluminação que lhe incide. Permite definir o tipo de material que a superfície é constituída.

**Smooth shading** – processo que reduz o efeito facetado entre polígonos adjacentes através da manipulação dos ângulos das normais dos seus vértices. Desta forma, é produzido um gradiente de cor na fronteira entre os polígonos, que disfarça esse mesmo efeito facetado.

**SolidWorks** – *Software* de modelação e animação tridimensional, destinado à área do desenho e projeto industrial.

**Stakeholders** – No contexto onde o termo surge na presente dissertação, significa pessoa, grupo de pessoas ou organização, com interesse no projeto.

**Storyboarding** – Processo de prototipagem de uma narrativa visual baseada em desenhos básicos que ilustram cada uma das cenas principais.

**Radiosity** – Algoritmo de iluminação global.

**Raytracing** – Técnica de geração de imagem 3D, que calcula cor de cada pixel através da análise do caminho de luz através de um plano de imagem, acumulando

as contribuições de cor provenientes dos objetos virtuais que esse caminho interceta.

**Rotoscopia** – Técnica de animação que utiliza um plano de vídeo, que funciona como referência para animar uma personagem ou objeto.

**Runtime** – Termo que serve para definir genericamente o *software* destinado a suportar o processamento de programas escritos numa determinada linguagem de programação.

**Timeline** – Pista temporal, comum nos interfaces de animação digital, que permite marcar as poses chave de uma animação.

**Unified light paradigm** – sistema de síntese de imagem da *id Tech 4*, em que todas as superfícies passam pelo mesmo *pipeline* de *rendering*, sejam elas superfícies de geometria de níveis, modelos, ou entidades dinâmicas. Este sistema tem como objetivo proporcionar coerência visual.

**Wii** – Consola de jogos da *Nintendo*.

**Windows** – Designação para a família de sistemas operativos da *Microsoft*.

**Wireframe** – modo de visualização 3D, no qual o objeto é representado por uma malha constituída por arestas.

**Xbox 360** – Consola de jogos da *Microsoft* de última geração.

# 1 Introdução

Os constantes avanços nas tecnologias de informação mais concretamente na área da computação gráfica provocaram mudanças profundas em diferentes áreas do conhecimento humano.

Além das áreas científicas, as atividades culturais e artísticas beneficiaram e evoluíram em consequência do aperfeiçoamento de sistemas de processamento gráfico quer bidimensional quer tridimensional.

## 1.1 Contextualização

Neste contexto, o cinema e a televisão, com o uso cada vez mais generalizado deste tipo de tecnologias, incentivaram a criação de produções altamente inovadoras e realistas na área dos efeitos visuais. A indústria do entretenimento eletrónico é sem dúvida um dos grandes exemplos desta revolução tecnológica. Os produtos criados quer para computadores pessoais quer para consolas de jogos são cada vez mais realistas do ponto de vista gráfico e fornecem ao utilizador uma experiência de entretenimento extremamente imersiva, atrativa e aliciante.

É importante salientar as alterações e o impacto que estas tecnologias de informação tiveram nas áreas relacionadas com o património cultural e científico, mais concretamente na museologia e na forma como percebemos estas instituições. Assiste-se deste modo a uma democratização no acesso e discussão dos seus conteúdos. Esta é de facto uma questão que se reveste de extrema importância no contexto dos museus de ciência e técnica. Através do uso de tecnologias digitais, poderão ser disponibilizados e organizados com maior eficiência e de uma forma enriquecedora, as coleções que constituem os seus espólios museológicos.

Os museus de ciência e técnica são detentores de coleções de artefactos que, quando expostos, são tipicamente apresentados de forma estática. Neste sentido, o carácter interativo associado a aplicações virtuais 3D poderá permitir uma exploração da globalidade das funcionalidades originais do objeto, numa perspetiva lúdica e pedagógica, bem como a manipulação sem os riscos inerentes à deterioração ou danos daí decorrentes.

## 1.2 Motivação

Dada a sua atual atividade profissional, o presente autor tem sido solicitado a colaborar, como técnico multimédia, em projetos de divulgação do património científico e tecnológico de um museu universitário. A aproximação a esta realidade ditou, em parte, a escolha deste campo como objeto de dissertação. As solicitações profissionais despoletaram a vontade de investigação e de reunião de um quadro teórico na área da implementação de exposições virtuais em ambiente 3D naquele contexto. A cultura de

colaboração multidisciplinar na base dos projetos desenvolvidos inspirou também esta dissertação na qual se investiga a possibilidade de implementação de uma ferramenta imbuída de espírito colaborativo.

Em diversas situações, verificaram-se restrições à exposição pública do património museológico por questões espaciais, por fragilidade, ou deficiente estado de conservação dos artefactos. No caso dos museus com coleções de ciência e técnica, nos quais abundam artefactos que requerem manipulação, a concretização da função de exposição e de divulgação científica torna-se difícil de atingir. A representação digital destes artefactos sujeitos a restrições é encarada como uma alternativa que permite ao museu a sua disponibilização pública, o desempenho do papel de comunicação da ciência e tecnologia através de objetos científicos, e a subsequente preservação (física e digital). Por outro lado, as exposições virtuais permitem a explicação dos princípios físicos inerentes ao objeto, a colocação deste em contextos diversos, a exploração de novas interpretações e alargar o espectro de público, abarcando uma audiência mais vasta e diversificada. Não só o público em geral poderá ter acesso às exposições, mas também um público com necessidades especiais em termos de acessibilidade.

Desta forma, artefactos atualmente obsoletos para a prática científica e expostos de forma estática vêm potenciados o seu carácter científico e, por vezes, pedagógico, uma vez que se torna possível introduzir informação contextual adequada ao ensino.

A constatação da necessidade crescente em disponibilizar e apresentar coleções de acervos museológicos deste tipo num contexto de realidade virtual, sejam estes hiper-realistas ou não, sejam eles interativos ou meramente contemplativos, despertaram o interesse pessoal em aprofundar uma problemática e desenvolver um método tecnológico que permitisse a profissionais de museus de ciência e técnica montarem exposições virtuais.

### **1.3 Relevância da Investigação**

As maiorias das aplicações existentes no mercado destinadas à produção deste tipo de conteúdos digitais são extremamente dispendiosas e complexas, requerendo um conhecimento técnico altamente especializado, que dificulta a sua utilização para profissionais da área da museologia.

Neste contexto, o desenvolvimento de uma metodologia suportada tecnologicamente por ferramentas eficientes permitiria de uma forma simples e acessível a museólogos e curadores, com baixa literacia em computação gráfica, criar exposições virtuais, num ambiente tridimensional, e com a possibilidade de serem disponibilizadas a uma vasta audiência, numa dinâmica on-line (via *web*) ou *off-line* (local) para um número diversificado de plataformas. As ferramentas utilizadas pela indústria do entretenimento eletrónico, em particular as que estão relacionadas com a produção de jogos interativos em ambiente tridimensional (baseadas em ferramentas (motores de jogo) e metodologias que constituem atualmente um referencial de boas práticas) poderão cumprir este objetivo.



O caráter multidisciplinar da problemática em estudo, envolvendo duas áreas do conhecimento distintas como a Museologia, associada às Ciências Humanas, e a Computação Gráfica, no campo das Ciências Exatas e de Engenharia, constituem um desafio para a realização da presente dissertação, com a qual se pretende responder à seguinte questão de investigação:

**Adotando metodologias comuns às áreas da museologia e desenvolvimento de vídeo jogos, será possível que a reutilização e personalização de um motor de jogo, permitirá a museólogos e curadores montarem uma exposição virtual em ambiente 3D de uma forma simples e rápida?**

## **1.4 Objetivos Gerais**

De acordo com a questão de investigação formulada, definem-se os seguintes objetivos gerais:

1. Analisar e pesquisar conceitos da museologia e respetivas metodologias para criação de exposições museológicas de objetos científico-tecnológicos;
2. Analisar e pesquisar conceitos associados ao desenvolvimento de vídeo jogos e respetivas metodologias que se adequam à representação digital em ambiente 3D de exposições;
3. Com base nos pontos comuns às duas metodologias anteriormente referidas, identificar uma metodologia, suportada por uma sólida componente tecnológica, capaz de apoiar a produção de exposições virtuais em contexto tridimensional, de uma forma simples e intuitiva.

## **1.5 Objetivos Específicos**

1. Desenvolver um protótipo que forneça o suporte tecnológico necessário para que profissionais de museus de ciência e técnica, de uma forma fácil e sem conhecimentos de programação gráfica, possam criar uma exposição virtual e interativa, permitindo a sua disponibilização em contexto *web* e local;
2. Testar e validar o protótipo desenvolvido com um grupo de utilizadores da área da museologia, selecionados para este efeito.

## **1.6 Estrutura da Dissertação**

A presente dissertação de mestrado está organizada em sete capítulos.

O primeiro capítulo inicia-se com a Introdução na qual se apresenta a contextualização, as motivações e a relevância da problemática em estudo. Formula-se a questão de investigação e definem-se os objetivos gerais e específicos.

No segundo capítulo, relativo à Revisão Bibliográfica sobre a temática abordada na presente dissertação, apresenta-se uma reflexão e análise, tendo por base o contributo de diversos autores e investigadores, relativamente a conceitos teóricos e práticos associados a um objeto real e virtual e à materialização virtual de exposições. Revê-se ainda a literatura técnica associada a tecnologias para representação tridimensional digital. Pretende-se ainda dar a conhecer as diferentes abordagens de diversos autores, em relação a tipologias e dimensões atribuídas à relação entre museu e simulação virtual. Constrói-se deste modo uma base teórica para o enquadramento conceptual das metodologias e do protótipo a desenvolver.

No terceiro capítulo apresenta-se a Análise do Estado da Arte, dividida em três partes, nas quais se descrevem de uma forma pormenorizada:

- Os Sistemas de Representação 3D e Compatibilidade entre Sistemas – abordando o estado da arte relativa a tecnologias e técnicas de modelação 3D. Analisa-se também a compatibilidade entre *softwares* de modelação.
- Os Sistemas Tridimensionais Interativos – apresenta-se uma análise de diferentes motores de jogo e interação 3D, e respetiva análise comparativa.
- As Implementações de Soluções Virtuais para Património Cultural e Científico – referem-se exemplos e investigações similares.

No quarto capítulo, efetua-se uma comparação entre métodos de montagem de exposições reais e metodologias de desenvolvimento de aplicações interativas tridimensionais (jogos). Analisam-se os pontos de interseção de ambos os métodos. Desta análise resultou a metodologia de implementação de exposições virtuais.

No quinto capítulo, apresenta-se a descrição da etapa de implementação dos diferentes artefactos museológicos destinados à construção do protótipo. Especifica-se a arquitetura e posteriormente a descrição da implementação do protótipo, tendo como base os conceitos extraídos na revisão bibliográfica efetuada.

No sexto capítulo, apresentam-se os resultados obtidos relativos aos testes de usabilidade, com o objetivo de validar o protótipo desenvolvido. Descrevem-se também a construção e aplicação dos instrumentos para a recolha de informação relativos ao teste de usabilidade

No sétimo capítulo, apresentam-se as conclusões da investigação realizada, de acordo com os resultados obtidos, e que permitem responder à questão inicial proposta na introdução desta dissertação. Referem-se algumas limitações identificadas durante a realização do estudo, e por último, sugerem-se trabalhos futuros na área do desenvolvimento de exposições virtuais interativas.

## 2 Revisão Bibliográfica

Interessa no presente capítulo desenvolver uma reflexão e análise, tendo por base o contributo de diversos autores, sobre questões intrínsecas aos conceitos de museu de ciência e técnica, objeto e património cultural, nas suas materializações reais e virtuais. Serão discutidos os conceitos de coleções de ciência e técnica e exposição virtual, debruçando o estudo no paralelismo com os seus correspondentes reais. Analisam-se os níveis de realismo da representação virtual.

Finalmente são abordados os conceitos técnicos associados à área da computação gráfica, especificamente à área de desenvolvimento de jogos em ambiente 3D e a sua relação com o património cultural e científico.

### 2.1 Do Museu de Ciência e Técnica ao Museu Universitário

#### 2.1.1 Conceitos, Origens e Evoluções

Em 1963 foram definidas as primeiras tipologias de museus. Coube ao ICOM a responsabilidade de classificar as entidades museológicas, de acordo com as diversas áreas de especialização das coleções. Foram identificados oito grupos, ficando os museus de ciência e técnica no 5º grupo.

Por museu de ciência e técnica entende-se o museu que tem uma vertente científica, e que divulga publicamente os resultados e processos da investigação científica. Delicado (2008) afirma que “os museus de temática científica são fundamentalmente vistos como espaços onde a ciência é mostrada ao público com a finalidade primordial de difundir conhecimento científico e gerar uma atitude positiva face à ciência, mas também espaços de produção e reprodução da própria ciência (...), de criação de conhecimento científico (investigação) e de formação de cientistas (ensino)”. A noção de ciência implícita é ampla, uma vez que abrange as ciências exatas e naturais, e ainda poderá incluir as ciências da engenharia e tecnologia. A vertente científico-tecnológica pode ser a dominante, ou pode aparecer como uma entre outras áreas. Poderão incluir-se nesta categoria alguns museus universitários que, pela sua natureza, participam de forma próxima nas atividades de produção e divulgação da ciência.

Os predicados dos museus de ciência técnica evoluíram e alteraram-se ao longo dos tempos, acompanhando sempre as transformações sociais, económicas e políticas do meio onde estão inseridos. A relação bidirecional existente entre museu e o meio físico e social permite que estas instituições empreendam as suas próprias mudanças, readaptando-se a novas dinâmicas, cenários e paradigmas.

A primeira materialização de um museu de ciência e técnica surgiu em 1794 em consequência das políticas de alargamento do direito ao saber introduzidas no período após a Revolução Francesa. Surge assim o *Musée du Conservatoire des Arts et*

*Métiers*, que para além da sua função de conservação e exposição de material científico e técnico existente, estabelecia também a criação de atividades de cariz pedagógico, como instituição da instrução profissional para as atividades mecânicas. Estabelece-se também a obrigatoriedade do depósito dos protótipos e ferramentas criadas no decurso das atividades de ensino. Perante a dinâmica descrita, poderemos afirmar que estávamos perante um museu-oficina que para além das atribuições funcionais descritas, tinha um papel de interface com a sociedade, uma vez que eram organizadas sessões públicas de demonstração de equipamentos em funcionamento.

Este modelo de funcionamento foi emulado por vários museus tais como o *Science Museum* (Londres, 1857) e o *Deutsche Museum* (Munique, 1903).

Nesta dinâmica o conservador, colecionador ou até mesmo entusiasta amador possuem o principal papel (Vieira 2008). Na transição do século XIX para o século XX, os objetos científicos eram motivos de exposições, caracterizadas por uma visão linear, sem contextualização, social, económica e política.

Em meados do século XX, manifesta-se uma vontade e preocupação dos públicos no acesso aos conhecimentos e desenvolvimentos científico-tecnológicos. No final da segunda guerra mundial, a interdependência entre sociedade, ciência e política torna-se mais forte. A informação científica do cidadão é vista como necessária ao seu desempenho na vida quotidiana e na sua participação política (no debate das questões científicas que constam da agenda política, na crítica aos riscos das decisões dos governantes no campo tecnológico, por exemplo).

Segundo Maria Eduarda Gonçalves (2000, p.3) “A ciência já não era tida como um campo à parte (embora nunca o tenha sido realmente), mas sim como um fator qualificado ao serviço do desenvolvimento das economias industriais em expansão.”(Gonçalves 2000; Vieira 2008).

É neste período que surgem os centros de ciência. Este tipo de instituições surge em 1969, sendo exemplo o *Exploratorium* em São Francisco e o *Ontario Science Centre*. Os centros de ciência posicionam-se com um cunho fortemente pedagógico, nos quais o visitante poderia apreender princípios e conceitos científicos e tecnológicos, suportados pela utilização de dispositivos interativos, que convidavam o visitante à experimentação, num contexto lúdico e informal. O enfoque nestes centros de ciência é no princípio científico e não nos objetos. Os principais atores neste modelo são os museólogos e os cientistas.

O final do século XX é marcado pelo reforço das relações entre a instituição museológica e a sociedade, adotando-se uma prática transdisciplinar nos processos de investigação museológica (Vieira 2008). Segundo Susana Vieira (2008: p. 26) “A transversalidade que caracteriza a investigação museológica atual encoraja as instituições museológicas de cariz científico e técnico a examinarem os processos de ciência numa perspetiva de interdependência entre a ciência e a sociedade.” Ou seja, os atuais modelos de museus desenvolvem principal enfoque no impacto social, tendo como atores principais o público, o cientista e o museólogo que funciona como um mediador entre o público e a ciência (Vieira 2008).

Atualmente o *International Council of Museums* (ICOM) define museu no artigo 2º dos seus estatutos de 2001 como “instituição permanente, sem fins lucrativos, ao serviço da sociedade e do seu desenvolvimento, aberta ao público, que adquire, conserva, investiga, comunica e exhibe, para os fins de estudo, educação e fruição, evidências materiais de pessoas e do seu ambiente”, definição esta que espelha em si este processo evolutivo (Museums 2004).

No contexto nacional, a Lei-Quadro dos Museus Portugueses define legalmente museu, no seu artigo 3º da Lei nº 47/2004, de 19 de agosto, como “uma instituição de carácter permanente, com ou sem personalidade jurídica, sem fins lucrativos, dotada de uma estrutura organizacional que lhe permite:

- a) garantir um destino unitário a um conjunto de bens culturais e valorizá-los através da investigação, incorporação, inventário, documentação, conservação, interpretação, exposição e divulgação, com objetivos científicos, educativos e lúdicos;
- b) facultar o acesso regular ao público e fomentar a democratização da cultura, a promoção da pessoa e o desenvolvimento da sociedade...”(Assembleia da República 2004 ; Vieira 2008)

### **2.1.2 O Museu Universitário**

Os museus universitários partilham características funcionais e conceptuais com outras instituições de carácter museológico, podendo esta tipologia de museu, em traços gerais, ser definida conforme a definição da ICOM. No entanto estes museus, que nascem dentro do seio das universidades, possuem características específicas associadas à natureza do seu quadro funcional, gestão e características das suas coleções. Uma outra das especificidades dos museus universitários prende-se com a origem das suas coleções. A sua proveniência deveu-se à aquisição, por parte da universidade, de objetos inicialmente destinados ao apoio das atividades letivas, ou que surgiram como produto das atividades de investigação. Neste contexto, estes artefactos constituem um valioso testemunho da criação e transmissão do conhecimento científico (Medina et al.).

Os museus universitários são referidos no contexto deste capítulo pois grande parte das suas coleções é, de facto, de tipo científico. No caso português, estima-se que 90% da herança cultural científica esteja sob a tutela de instituições de ensino superior (Lourenço 2005). Por outro lado, parte deste trabalho refere-se a objetos científicos, de origem universitária, que se destinaram ao ensino e investigação.

Atualmente tem-se verificado a tendência de abertura dos museus universitários a públicos leigos, não especialistas em questões de ciência. A exploração das coleções museológicas é feita no sentido de divulgar conceitos e princípios científicos, bem como contextos evolutivos e utilização destes objetos no processo de transmissão do conhecimento. A procura de ferramentas que possibilitem a concretização destes propósitos manifesta-se, assim, nos museus universitários, como noutros museus de ciência e técnica.

### **2.1.3 Missões e Redes Externas**

A afirmação dos museus universitários na sociedade do conhecimento implica muitas vezes a criação de relações e redes transdisciplinares para partilha de saberes especializados, juntando curadores, conservadores, cientistas e investigadores, alunos e técnicos de diferentes áreas disciplinares, com o objetivo comum de apoiar o museu nas suas funções de comunicação, educativas, de conservação e de preservação do património (Vieira 2008).

A título de exemplo deste tipo de prática, a Unidade de Museu da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, empreendeu um estudo multidisciplinar a partir de um objeto pertencente ao seu espólio museológico: uma balança aerodinâmica do fabricante *Phillip Harrys*. Este objeto foi, em tempos, utilizado no ensino da dinâmica de fluidos daquela Escola, permitindo a extração dos valores das forças de atrito e sustentação de um perfil aerodinâmico. Para este estudo, foi criada uma rede de colaboração académica envolvendo a equipa museológica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, um investigador e docente do Departamento de Engenharia Civil, um aluno do Mestrado de Museologia e um aluno de Mestrado em Multimédia (Medina et al.). O produto final consistiu numa representação tridimensional digital da respetiva balança. Os contributos de cada um dos elementos permitiram a representação e a simulação corretas do objeto, permitindo a reutilização do objeto digital criado no atual contexto do ensino.

### **2.1.4 Formar e Comunicar**

Os museus foram criados para servir vários propósitos, como a salvaguarda da memória, a materialização de conceitos através da evidência material que guardam, a educação do cidadão e o debate público nas suas áreas de especialidade, a dinamização económica de determinados setores como o cultural e o do turismo, entre outros. Independentemente da sua missão ou tipologia, os museus procuram cumprir cabalmente as suas funções de preservação e de interpretação de aspetos materiais da consciência cultural de uma sociedade (Lewis).

No entanto, os museus do mundo contemporâneos são chamados a cumprir novas funções que vão além da exposição de objetos, e do trabalho curativo de exemplares físicos. Numa recente Carta da *International Council of Museums* (ICOM), ficou delineado o compromisso de se constituírem cada vez mais como serviço público destinado à sociedade e ao seu desenvolvimento. Deste modo o papel dos museus é alargado, não apenas como entidades com ligações à cultura material, mas também como espaços abertos a questões e ao debate de temas da atualidade, e ainda como fontes de informação credível e locais de aprendizagem ao longo da vida.

### **2.1.5 Públicos e Literacia**

É função de um museu de ajudar os seus públicos a compreender a linguagem e estratégias de interpretação dos objetos expostos. Partindo do conceito de literacia

básica, deve o museu promover a capacidade de ler ou compreender objetos (e também conceitos inerentes a estes) por parte dos seus visitantes. Esta literacia básica poderá evoluir para uma literacia museológica completa, ou seja para a capacidade de, autonomamente, o público do museu ser capaz de utilizar os recursos colocados ao seu dispor (Frost 2002). Estes recursos poderão ser principais (as coleções), mas também o vasto leque de recursos secundários (os livros, os artigos, os catálogos, ou outra documentação sobre coleções). Embora bastante importantes, somente uma fração deste tipo de recursos estão disponíveis ao público no contexto de uma exposição pública (Lin 2009).

Públicos e literacias possuem um elevado nível de correlação; segundo Lin (2009), existem três tipos de públicos quanto ao nível de literacia:

- Público não especializado (comumente apelidado de geral) – Público que possui pouco conhecimento sobre os temas em exposição, bem como sobre os seus objetos e outros recursos, necessitando de apoio à exploração.
- Investigadores e profissionais, tipologia que inclui curadores especialistas na temática da exposição, alunos de cursos pós-graduados e entusiastas amadores – possuem conhecimentos e experiência nas áreas específicas da exposição.
- Público escolar, que inclui professores alunos (ensino infantil, básico e secundário) – esta tipologia de público constitui uma mistura dos dois tipos anteriores de públicos, estando os professores mais próximos dos investigadores e profissionais e os alunos mais próximos do público geral nos seus conhecimentos e competências (Lin 2009).

No contexto específico dos museus de ciência e técnica, e tendo em consideração a complexidade dos novos paradigmas científicos, a utilização de outros meios de comunicação de conteúdos são utilizados com sucesso, permitindo a descoberta, a experiência e a análise crítica da ciência e dos seus processos.

Os museus de ciência e técnica deverão encarar estas dificuldades ao nível da literacia científica ou compreensão da investigação científica, não como obstáculos, mas sim como uma motivação à criação de novas ferramentas com fins educacionais e de comunicação científica.

## **2.2 O Objeto Museológico Científico-Tecnológico**

Na análise anterior ficaram patentes a evolução e as atuais atribuições funcionais dos museus de ciência e técnica, como a de comunicar, de educar para as questões científicas e tecnológicas, de investigar e de interpretar os objetos que compõem as coleções que a eles estão associadas. Seguiremos agora para uma breve análise das características específicas do objeto museológico científico-tecnológico.

Desde o final do século XVI e início do século XVII que os gabinetes de curiosidades guardaram coleções de instrumentos científicos. Escolhidos pela sua beleza, qualidade

de manufatura e de materiais, e também pela novidade dos princípios científicos que veiculavam, estes objetos foram constituindo coleções que conferiram estatuto social e intelectual ao seu proprietário. Estas coleções eram utilizadas na demonstração de teorias científicas e também em experiências realizadas nos espaços de ciência. Como foi já referido em 2.1.1, a salvaguarda de instrumentos científicos que materializassem a evolução da ciência esteve na origem dos museus que se dedicam a esta especialidade.

Uma outra importante tipologia de objetos presentes nestes museus é o modelo. Desde a Revolução Francesa que os modelos eram utilizados como auxiliares de ensino e pesquisa. Muitas instituições do século XIX, para as quais muitos modelos foram produzidos, que os manipularam e puseram em exposição, construíram a partir deles uma parte significativa da cultura científica no século XX (Vieira 2008).

Com estes modelos, como navios de madeira, moléculas de plástico, embriões de cera ou aparatos de demonstração de bancada, pretendia-se imitar o mundo natural ou artificial e simular a realidade. Os protótipos projetavam o futuro em diversas áreas do saber. Todos eles pretendiam trazer o pequeno, o grande, o passado e o futuro para o nosso alcance, de forma a podermos criar analogias, que permitam demonstrar teorias e princípios físicos. O seu valor estético justificava a colocação em exposição.

Os modelos constituem mediadores entre teoria e fenómenos. No caso particular dos modelos tridimensionais, estes incorporam e mostram o conhecimento em ação, passo a passo com a evolução da ciência. Estes modelos tridimensionais físicos, que partilham propriedades visuais e tácteis, foram sendo substituídos por outros realizados com apoio às novas tecnologias 3D digitais. Deste modo as ciências da computação alteraram a utilização dos modelos nas disciplinas onde estes eram amplamente utilizados como a medicina, a física, as engenharias, entre outros (Chadarevian and Hopwood 2004). Atualmente a mais recente tipologia de objetos, os modelos virtuais, multimédia ou digitais constituem também por si só um objeto real, existindo em tempo real, que pode ser manipulado e é o resultado de um processo de criação humana. Hoje em dia é também possível, com modelos virtuais, produzir modelos reais com impressoras 3D.

Ao estender a classificação de museu de ciência e técnica aos museus universitários com coleções científicas, logo nos deparamos com o terceiro grupo de objetos que queremos aqui destacar. Segundo Lourenço (2005), estes constituem coleções que poderão ser classificadas, quanto à sua proveniência:

- coleções de investigação – resultam originalmente de coleções de investigação ou foram organizadas para apoiar a investigação;
- coleções de ensino – resultam originalmente de coleções de ensino;
- coleções de instrumentos históricos, outro equipamento e espécimes que, no passado, foram usados para fins de ensino e investigação, e posteriormente organizados em coleções depois de se terem tornado obsoletos;



- coleções de história da universidade – coleções de *memorabilia* da universidade e da vida académica, assim como coleções biográficas relacionadas com uma personalidade (como por exemplo, um antigo reitor, professor ou aluno).

Muitas coleções universitárias continuam a ser tesouros intocáveis. Particularmente no campo da engenharia e ciências experimentais, a compreensão de um determinado objeto ou instrumento requer manipulação manual, seja a nível mecânico ou eletrónico.

Como foi referido em 2.1.1, os instrumentos científicos, os aparatos de demonstração e os modelos que constituem o património científico-tecnológico à guarda dos museus estiveram, na sua vida útil, ligados a atividades experimentais, pedagógicas e de investigação. Tornados obsoletos para a prática científica, foram remetidos para os museus onde, durante séculos, foram exibidos como meros ilustradores passivos da história da ciência. Como coleções em exposição estática, estes artefactos transmitem muito pouca informação sobre eles e sobre os contextos em que participaram no dentro da comunidade académica (Medina et al.). Desta forma o papel pedagógico providenciado pelo museu fica diminuído.

A necessidade de participação deste tipo de museus no fomento da literacia científica fez com que essa passividade fosse questionada a partir dos finais do século XX. Partindo deste ponto, analisa-se na secção seguinte o papel do objeto como instrumento de aprendizagem.

### **2.2.1 O Objeto como Instrumento de Aprendizagem**

Se o museu se apresenta como um agente pedagógico, então o objeto constitui o instrumento de transmissão do conhecimento e saber. O potencial benefício da aprendizagem no ambiente museológico centra-se assim na aprendizagem informal através do objeto, catalisadora e complementar dos processos de aprendizagem.

No domínio da museologia, a informação constitui um componente essencial de conhecimento que tem origem nas várias formas de comunicação entre indivíduo e objeto. As coleções de um museu e seus objetos constituem fontes de informação cultural e científica. A título de exemplo, os visitantes são capazes de aprender várias histórias, temas e interpretações (informação cultural) através de atividades baseadas em evidência material como as coleções de artefactos ou espécimes (informação científica) (Frost 2002).

No caso dos museus universitários com coleções científicas o papel pedagógico adquire um carácter mais formal do que nos outros museus, pelo facto destes objetos terem sido (ou ainda serem) instrumentos de apoio à aprendizagem (Lourenço 2005; Vieira 2008).

Deste modo os museus universitários poderão ir mais além do que a simples salvaguarda e interpretação das coleções. Poderão estar implicados nos processos pedagógicos e posicionar-se como mediadores entre o conhecimento científico e os públicos externos à instituição académica, em várias situações:

- na recriação ou em novas criações de demonstrações performativas dentro da comunidade acadêmica;
- na exploração de novas abordagens do património universitário que potenciem o que MacDonald (2002:p. 11-12) denomina de o “retorno ao mundo maravilhoso e mágico dos artefactos”;
- na promoção de iniciativas e colaborações transdisciplinares no estudo das coleções, bem como nas atividades de promoção da ciência atual;
- na divulgação das grandes questões da ciência a partir de uma visão atualizada, sensibilizando os públicos mais jovens para as atividades científicas, e projetar o conhecimento junto das populações que a ele não acedem com regularidade.

Em última análise a natureza e o papel pedagógico associado ao museu universitário, transformam-no num importante veículo de democratização, na medida em desmistifica e torna acessível o conhecimento científico a um vasto espectro de utilizadores (Macdonald 2002; Vieira 2008). Neste contexto a existência de um homónimo virtual poderá reforçar os predicados anteriormente referidos. Poderá constituir uma útil de ferramenta de comunicação, potenciando até o fluxo de novos públicos para o museu físico.

## **2.3 Museu como Espaço Virtual**

A introdução dos media digitais acrescentam novos recursos no contexto da museologia. Eles poderão apresentar-se sob a forma de *web sites*, dispositivos interativos, hologramas, filme ou som digitais, inovações que os profissionais e críticos ligados à museologia celebram ou lamentam. Para quem celebra o uso destes recursos digitais, a sua integração produz a emergência de um museu determinado em providenciar acesso físico e intelectual às coleções, democratizando as interpretações do seu espólio, através do uso de formas de comunicação associadas, por vezes, à cultura popular contemporânea. Este novo conceito de museu apresenta-o como uma instituição flexível, aberta e atenta às necessidades da sua audiência, ao invés de uma instituição elitista e dissociada do seu tempo. É uma instituição que é o reflexo dos processos de globalização, da emergência do multiculturalismo. O uso destas novas tecnologias pode provocar no visitante a passagem de um estado de compreensão parcial dos temas e conceitos apresentados a uma compreensão mais holística (Cameron and Kenderdine 2007).

Huhtamo (2002) sumariza na tabela 1 a origem e conceção do “museu virtual”:

Ano	Nome	Meio de Distribuição	Características e conceitos envolvidos
1960's	<i>Xanadu</i>	<i>Online</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho desenvolvido na criação do Hipertexto, por <i>Ted Nelson</i>.</li> <li>Primeiras especificações das implicações culturais do uso do Hipertexto.</li> </ul>
Início de da década de 90	<i>Virtual Museum</i>	<i>Offline (CD-ROM)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O “<i>Virtual Museum</i>” como demonstração da tecnologia da <i>Apple Quick Time VR</i>, na <i>Siggraph 92</i>.</li> <li>O “<i>Virtual Museum</i>” permitia aos visitantes navegar num sistema aproximado ao 3D de 3 espaços de um museu, fazendo uso de um rato</li> </ul>
1991	<i>The Museum Inside the Telephone Network</i>	<i>Online</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposição organizada pelo projeto <i>Inter Communication Center</i> (empresa de telecomunicações Japonesa <i>NTT</i>)</li> <li>A exposição só esteve acessível a utilizadores doméstico através de linha telefónica, fax, e de um grupo restrito de computadores, uma vez que o acesso à internet ainda não estava disponível a utilizadores domésticos no Japão</li> </ul>
1992	<i>Cave Automatic Virtual Environment (CAVE)</i>	<i>Offline</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ambiente imersivo de realidade virtual constituído por um espaço fechado e por ecrãs de retro projecção e respetivos projetores de alta definição, que criam o espaço virtual</li> </ul>
1995	<i>The Museum Inside the Network</i>	<i>Online</i>	Versão melhorada do projeto <i>The Museum Inside the Telephone Network</i>

**Tabela 1 – Marcos temporais de soluções de museus virtuais**

(Huhtamo 2002; Lin 2009)

### 2.3.1 O Museu / Exposição Virtual

As características gerais de um museu virtual foram identificadas por Schweibenz (1998) como “*uma coleção de objetos digitais, compostos por vários tipos de media e relacionados de forma lógica, de maneira a providenciar coerência e acesso*”. Os seus objetos e informação relacionada, podem ser disseminados e acedidos de qualquer parte do mundo (Schweibenz 1998; Lin 2009).

Apesar das diferentes designações para museu virtual (museu eletrónico, museu *online*, museu digital, museu hipermedia, museu *web*, meta museu, museu 3D), o principal conceito subjacente a este termo é o de transformar objetos autênticos em representações digitais. Para além de disponibilizar acesso 24 horas por dia (ultrapassando as limitação dos museus reais), durante todo o tempo que estiver disponível, permite ainda, através de hiperligações e de interação com bases de dados, fornecer um grande volume de informação contextual associada aos objetos expostos (Lin 2009).

Atualmente com os múltiplos canais de comunicação disponíveis, os museus virtuais possuem o potencial de:

- Disponibilizar ao público um maior número de objetos em exposição, sem preocupações relativas à conservação dos objetos;
- Atrair um maior número de utilizadores;
- Disponibilizar maior número de fontes de informação contextual.

De acordo com estas características e segundo Roger Miles (1993, 27) – “*As modernas exposições multimédia não refletem o mundo interno dos museus como repositórios, mas sim o mundo externo dos museus, um mundo derivado da sociedade pós industrial dominada por uma penetrante indústria dos media e publicidade e de comunicação imediata. Uma sociedade com uma cultura mais pluralista cujas fronteiras entre arte e cultura de massas se esbate cada vez mais.*” (Miles 1993 ; Cameron and Kenderdine 2007).

### 2.3.2 Real versus Virtual

“Aura”, de acordo com Walter Benjamin, tem origem na associação de um objeto a um ritual, ritual este que é quebrado com a reprodução mecânica. Ao separar a natureza que define um objeto, a sua natureza histórica como um lugar único no tempo, através da reprodução, a sua “aura” ou autoridade desaparecem (Frost 2002).

Um dos pilares centrais do património cultural é a autenticidade. As suas pretensões ao real, ou a alguma verdade científica ou factualidade, são historicamente validadas. A função principal do património é a preservação e a exibição como uma expressão tangível de permanência e autoridade histórica.

Em relação ao património virtual, um modelo computacional gráfico hiper-realista em 3D de uma catedral ou castelo é tido como uma marca de autenticidade. No entanto, a redução de um monumento ou artefacto a uma simulação visual é disruptiva para a evidência material e por conseguinte para a própria história. Existe uma tendência para o uso de realidade virtual e simulações visuais, na representação de paisagens digitais; o ênfase é na construção e mapeamento do espaço para documentação, conservação, e realismo visual. Se a representação virtual do património for implementada de forma a ter em conta a complexidade do utilizador, poderá aí haver um retorno a uma nova forma de encantamento (Cameron and Kenderdine 2007).

A digitalização ou modelação em 3D constitui um processo ativo de valor e de criação de significado equivalente ao do objeto físico. Isto encena o processo curativo de seleção do que é relevante, o que deve ser recordado ou esquecido, e que categorias de conhecimento, como por exemplo a classificação, valores culturais ou atributos estéticos, devem ser privilegiados.

Enquanto que os objetos históricos digitais possuem potencialmente múltiplos papéis no contexto de um museu, os seus equivalentes analógicos mantêm-se proeminentes. Neste contexto mantêm autoridade sobre os digitais. Objetos históricos digitais estão ligados à fantasia de capturar, suspender, expor e dar a conhecer o real.

Ambas as modalidades, reais e virtuais, constituem objetos materiais por definição, cada uma funcionando como testemunho da sua própria história e origem, e por

consequente dotados ambos da sua própria autenticidade e aura. A aceitação de objetos históricos digitais como trabalhos independentes e criativos, separados de qualquer referência e merecedor de uma posição numa coleção de um museu, dependerá única e exclusivamente das opções éticas do curador e da equipa de gestão do museu, e de certa forma de um setor cultural mais abrangente.

Um importante exemplo é a história da fotografia ao longo dos últimos 100 anos. A fotografia não é vista mais como um simulacro. Atingiu entretanto um estatuto próprio como trabalho criativo e documento histórico, a par do seu papel arquivístico e interpretativo. As fotografias, segundo Roland Barthes, irradiam aura, distância e constituem uma referência a memórias e ao passado (Cameron and Kenderdine 2007). A diferença entre objeto original e a sua reprodução digital é a que resulta da tradução de um objeto multidimensional para uma escala bidimensional. Apesar da realidade virtual possuir vantagens ela nunca deixa de ser uma reprodução (Frost 2002).

### 2.3.3 Impacto dos Objetos Virtuais

Tal como analisado anteriormente, os objetos digitais possuem o potencial de se tornarem acessíveis a uma vasta e diversificada audiência, suplantando barreiras geográficas e culturais. O digital constitui também um auxiliar de preservação (Medina et al.).

Cabe-nos agora refletir sobre as implicações das instalações multimédia com objetos virtuais nos museus. Em primeiro lugar, eles induzem um processo de interpretação num objeto digno de atenção, como se o meio onde é apresentado se tornasse no objeto real. Em segundo lugar, criam um espaço emocional, físico e mental, preparando a audiência para uma releitura mais sensível dos objetos expostos (Cameron and Kenderdine 2007). Por exemplo a representação digital de um determinado artefacto de um museu de ciência no seu *web site* orienta para a compreensão (Lin 2009).

Num estudo recente relativo a versões digitais de objetos, um *focus group* de professores e historiadores de arte frisou a importância da qualidade da reprodução como o primeiro critério na decisão de qual o modelo digital a usar nas suas aulas. A qualidade e realismo da reprodução é fundamental e o primeiro critério de decisão.

Um outro dado interessante a extrair é o de que, para um público com uma baixa literacia em termos dos objetos expostos, a qualidade e o realismo são os fatores chave de preferência embora os originais sejam os mais preferidos. No entanto as interpretações de um objeto poderão ser diferentes caso se trate de um perito ou um leigo. Os museus podem dificultar a interpretação dos objetos aos visitantes através do uso de categorizações disciplinares só conhecidas por peritos (Alpers. 1991). Por exemplo, um museu de arte poderá organizar obras por ordem cronológica, mas um visitante leigo vê um conjunto de objetos unidos apenas por datas nas suas fichas; em contraste, um perito conhece as teorias e as histórias que suportam a interpretação do objeto, e vive assim uma experiência museológica mais rica (Frost 2002)

### 2.3.4 Níveis de Representação Virtual em Museus

Na presente secção abordaremos várias reflexões que envolvem o termo “virtual”. O que significa o termo “virtual”, ou “virtualidade”?

Inicialmente o termo virtualidade definiu uma estrutura de sistemas computacionais interativos ligados em rede usando tecnologia de hipertexto.

Segundo Lin (2009), existem duas dimensões de virtualidade:

- Referência a coisas, eventos e situações que não são reais.
- Designação de algo que possui o mesmo efeito que o real.

A representação virtual pode ser classificada em níveis de realismo:

- Hiper-realismo: o ambiente virtual representa completamente as complexidades do mundo real.
- Realidades Seletivas: alguns aspetos do mundo virtual são criados com elevado grau de realismo; outros não tão relevantes são representados com detalhe reduzido.
- Abstrações: um espaço virtual é representado de forma abstrata, e é destinado à representação de informação abstrata relacionada com ambientes reais complexos ou informação que não possui representação física (Cerrulli, 1999).

Em relação à reprodução de artefactos originais, os museus apresentam as suas coleções virtuais como uma duplicação do objeto real. A questão por detrás desta opção prende-se com o facto da “aura” do objeto original, a sua autenticidade (materiais, cheiro, toque, sensação) se ter perdido aquando da reprodução digital. Assim sendo, a autenticidade do objeto ou museu nunca poderão ser totalmente transferidas para a exposição virtual. Deste modo, a representação realista e detalhada dos objetos ou espaços é sempre considerada como um ícone que confere significado, de uma forma aproximada ao objeto real (Lin 2009)

## 2.4 Jogos 3D e o Património Cultural

Alguns investigadores da área da realidade virtual observaram que os ambientes associados ao património em formato virtual carecem da falta de alguma riqueza e do envolvimento que, por exemplo, os jogos de vídeo fornecem.

Mona Sarkis (1993) e Leatitia Wilson (1993) identificaram que muitos interfaces induzem passividade, limitando as possibilidades do utilizador.

Em muitas aplicações virtuais de património cultural de larga escala, a interação é limitada a uma mera visita desprovida de algo que indique presença e esforço humano

(Cameron and Kenderdine 2007; Sarkis 1993; Wilson 1993). Ao ser exposto a uma interação tão limitada, o utilizador não exerce grande ação que lhe dê a sensação de pertença ao espaço. Ao invés de uma preocupação relativamente à representação hiper-realista, ou forçar uma interpretação narrativa em experiências espaciais, seria mais interessante colocar diferentes tipos de questões focadas na navegação e sensações dos utilizadores. De que forma pode um ambiente virtual ter em conta sentimentos e perceções como forma de transmitir contexto cultural?

Nesta procura de soluções de interação espacial que cativem o utilizador e ao mesmo tempo contextualizem culturalmente o património virtual, é útil explorar as formas como os jogos de vídeo mediaram eficientemente modelos de interação com os utilizadores (Cameron and Kenderdine 2007).

Jogos para computador pessoal e consolas oferecem atualmente exemplos sofisticados em termos de navegação orientada ao utilizador. Estes jogos vão desde *Massive Multiplayer Online Role Playing Game (MMORPG)*, como *World of Warcraft*, a simples *Role Playing Games* como *Mass Effect* ou *Fall Out 3*, ou ainda jogos de aventura e ação tais como *Red Dead Redemption* ou *Assassins Creed*. Estes últimos foram capazes de construir paisagens virtuais nas quais o jogador tem de navegar, explorar e interrogar.

Estas metáforas de interação poderão alterar o comportamento do utilizador, deixando este de ser um mero recetáculo de conhecimento para se tornar num participante ativo, adquirindo e acedendo a dados integrados numa componente de estética e imersão, de um agente contemplativo, passa a ser um agente de interação.

Em resumo, os atuais jogos de vídeo oferecem atrações substanciais para o utilizador, através da oferta de escolhas, desafios ou tarefas de acordo com o nível do jogador; permitem ainda o contacto e a interação social, descoberta através de exploração e sentimento de presença e pertença. Muitos dos criadores de aplicações ligadas ao património cultural estão a desviar-se de aplicações de custo elevado baseadas em super computadores ou *CAVE*, para soluções baseadas em motores de jogo comerciais, adaptando-os para os seus propósitos concretos, o património digital (Cameron and Kenderdine 2007).

Tal como num jogo, a construção de conhecimento faz-se através da entrega a uma série de viagens no espaço de ação, exploração, interação e missões para alcance de um determinado objetivo. Através destas negociações espaciais, os utilizadores envolvem-se e agregam-se afetivamente à experiência.

## 2.5 A Tecnologia 3D Interativa

As tecnologias interativas tridimensionais estão associadas a um conceito fundamental o “motor de jogo”. Este termo surgiu em meados da década de 90 associado ao popular jogo de vídeo *Doom*, produzido pela *id Software*. Este jogo seguiu uma arquitetura com uma razoável separação entre o seu *software* principal (sistema de síntese de imagem tridimensional, deteção de colisões, processamento de áudio) e os elementos artísticos, os cenários e regras do jogo. A vantagem deste tipo de arquitetura tornou-se evidente, quando as empresas de desenvolvimento de jogos começaram a licenciar os seus

produtos e a reutilizarem estes motores para outros jogos, utilizando outro tipo de modelos de personagens, veículos, bem como regras de jogo diferentes, tudo isto com o mínimo de alterações do *software* principal. Embora esta prática envolva um esforço de personalização e reengenharia de *software* significativos, constitui, não obstante, uma solução mais económica, do que a criação de raiz de todo o *software* de base para o desenvolvimento de um jogo (Gregory 2009).

Em resumo, poder-se-á considerar um motor de jogo como um *software* extensível e que pode ser utilizado como fundação para o desenvolvimento de diferentes jogos sem grandes modificações.

As aplicações interativas tridimensionais em primeira pessoa são uma das categorias mais complexas em termos de desenvolvimento. Este grau de complexidade deve-se à necessidade de fornecer ao utilizador uma experiência de elevada imersão num ambiente virtual altamente detalhado e realista. As maiores inovações na área dos jogos advieram de um subgénero de jogo designado por *First Person Shooter*.

Este tipo de jogos potenciaram o desenvolvimento de tecnologia associada a:

- Síntese de imagem eficiente de amplos espaços virtuais tridimensionais;
- Otimização da resposta da câmara virtual de visualização;
- Animações de elevada fidelidade;
- Sistemas de controlo de colisões;
- Algoritmos de inteligência artificial.

A atual tecnologia de síntese de imagem para aplicações ou jogos em 1ª pessoa, encontra-se altamente otimizada, com sistemas de síntese de imagem especializados e dependentes do espaço que se pretende representar. Por exemplo, na representação de interiores utilizam-se estruturas de dados como árvores binárias de partição de espaço ou síntese de imagem baseada em portal, enquanto que em espaços abertos utiliza-se uma técnica de síntese de imagem designada por *occlusion culling* (Gregory 2009). Estas são alguns exemplos de técnicas utilizadas; existem outras com o mesmo propósito, e são implementadas de acordo com o motor.

A arquitetura de um motor de jogo pode ser bastante diversificada. Atualmente existem pacotes de *software* para produção de jogos que incluem, para além do motor, um conjunto de ferramentas externas (modelação 3D, pós-produção / composição e edição de áudio) de apoio à produção do jogo ou aplicação interativa. Outras abordagens passam por soluções especialmente criadas para a produção de uma aplicação específica ou aplicações baseadas em modelos estruturados por camadas. Os níveis superiores são personalizados (utilizando componentes e sistemas de várias empresas) e assentam nas camadas de *runtime* de um motor de jogo já existente (Gregory 2009).

Na figura 1 poder-se-á ter uma visão da complexidade da arquitetura de um motor de jogo. Neste exemplo em concreto, temos vários sistemas e *standard development kits* (SDK), que constituem atualmente o estado da arte em campos tão diversificados como:

- **Motores de física e colisões:** *Havok*, *PhysX* da *NVIDIA* e *Open Dynamics Engine* (ODE).



- **Modelação e animação de personagens:** *Endorphine* e *Euphoria*, constituem pacotes de animação que reproduzem fidedignamente o movimento humano.
- **Inteligência Artificial:** *Kynapse*, SDK produzido pela empresa *Kynogon* que providencia uma base de implementação de heurísticas para procura de caminho, baseadas em desvio Dinâmico e estático de objetos e identificação de vulnerabilidades num determinado espaço (Gregory 2009)

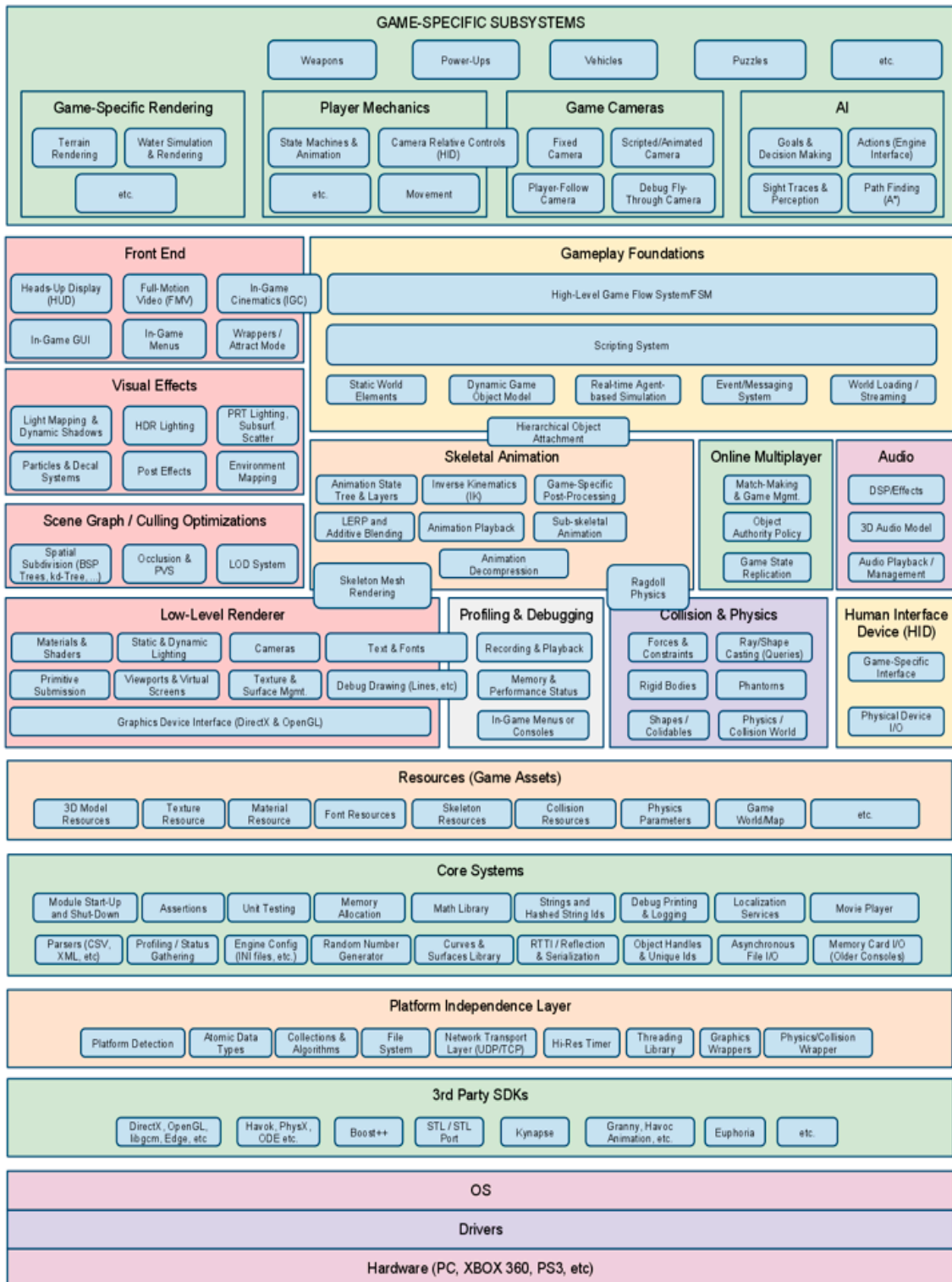


Figura 1 – Exemplo de uma arquitetura de um motor de jogo. Fonte (Gregory 2009)

## 2.6 Considerações Finais

Como parte integrante do meio social onde se inserem, os museus de ciência e técnica, evoluíram em conformidade com os paradigmas sociais, políticos e económicos. Desde o seu aparecimento como meros gabinetes de curiosidades, foram-se reconfigurando como museus com preocupações de divulgação dos avanços técnicos e científicos, centros de divulgação científica, ou instituições que preservam, mas que também medeiam a relação entre a ciência e a sociedade.

Sempre presente esteve o papel pedagógico do museu, função mais evidente num tipo particular de museus de ciência, o museu universitário. Estes museus, por inerência da sua especificidade, possuem um espólio de objetos que anteriormente foram adquiridos para atividades pedagógicas ou são resultado de atividades de investigação.

Na senda da difusão do conhecimento, os atuais museus de ciência e técnica sempre estiveram recetivos à adoção de novas formas e meios de comunicação. Seguindo esta linha de ação, e na atual sociedade do conhecimento, verifica-se uma crescente tendência de utilização dos recursos de informação digitais e multimédia para a apresentação dos seus equivalentes virtuais. Outra tendência é a da incorporação de elementos e instalações virtuais nas suas exposições físicas. Apesar de algumas linhas de pensamento serem detratoras desta metodologia, na medida em que esta retira a “aura” da autenticidade, a representação digital ou virtual de objetos encerra em si várias valências que enriquecem o papel do museu e dos objetos físicos à sua guarda.

A representação virtual de objetos e coleções pode ser implementada por várias tecnologias digitais, sejam elas bidimensionais ou tridimensionais, com níveis de detalhe que podem ser adaptados conforme o que se quer representar (um objeto estático hiper-realista ou uma abstração interativa que ilustra e demonstra um princípio científico). O virtual permite a associação de informação, que de uma forma integrada contextualiza do ponto de vista histórico, económico e social, o objeto representado. Uma outra característica importante, que constitui um potencial comunicacional de uma representação virtual, é o de a tornar num enfoque importante para o objeto real.

A tecnologia para o desenvolvimento deste tipo de espaços foi até aqui dispendiosa, e desenvolvida de uma forma única, não permitindo a sua reutilização para outras exposições.

A indústria de entretenimento eletrónico impulsionou o desenvolvimento de *softwares* integrados, os motores de jogo, com os quais se podem desenvolver vários jogos de forma ágil e célere. O grau de realismo, imersão, dinâmica de movimentos e interação que os atuais jogos possuem graças à utilização deste tipo de motores, constituem uma base sólida, para a sua reutilização no contexto da representação virtual de património cultural e científico.

Em conclusão, as representações virtuais nunca substituirão os seus pares reais. No entanto, permitem o acesso a objetos ou exposições 24 horas por dia, 7 dias por semana a um leque de utilizadores muito diversificado, posicionando-se como um instrumento de democratização cultural e científica. Constitui um instrumento de

preservação, na medida que um objeto poderá continuar a ser visualizado e até manipulado, independentemente do seu estado de conservação real que muitas vezes impede a sua exposição ao público.

No contexto dos museus universitários, e tendo em conta o papel pedagógico que o objeto real já possuiu, a sua representação virtual interativa poderá voltar novamente sem restrições de manipulação ao contexto do ensino, permitindo de uma forma atrativa demonstrar princípios científicos atuais, ao mesmo tempo que mantêm viva a história e tradições científicas (e do saber fazer) da instituição universitária.

Neste capítulo, fica patente a relevância da implementação de um museu virtual e a facilidade com que este pode ser implementado. As atuais tecnologias para produção de vídeo jogos posicionam-se como uma escolha viável para a criação de exposições virtuais, uma vez que possuem a capacidade de representar ambientes simulados com elevado nível de realismo e a possibilidade de desenvolver dinâmicas de interação de uma forma simples e eficiente.

## 3 Análise do Estado da Arte

No atual panorama da representação virtual em 3D de património cultural, as tecnologias que lhe estão associadas encontram-se numa evolução exponencial, tornando-se cada vez mais rápidas e eficazes em termos de processamento, bem como mais fáceis e intuitivas em termos da sua utilização. Estes constantes desenvolvimentos e evoluções em termos de *hardware* e *software* para o processamento gráfico e tecnologias de modelação e interação 3D levam a constantes reavaliações do estado da arte.

Aborda-se neste capítulo, o que até à data se encontra na vanguarda em termos de tecnologias, aplicações práticas e investigações, relativas à representação e apresentação de objetos virtuais museológicos.

### 3.1 Sistemas de Representação 3D

A representação de objetos 3D pode ser desenvolvida por vários processos que podem envolver o uso de *hardware*, como por exemplo, *scanners* de contacto ou *scanners* sem contacto a laser de alta precisão, como o reproduzido na figura 2. Um outro processo envolve o uso de *softwares* de modelação.



Figura 2 – Scanner 3D, Minolta Vivid 910. Fonte (MINOLTA 2009)

As abordagens de representação 3D por *hardware* possuem a vantagem de serem mais rápidas, no entanto o seu custo pode ser proibitivo para além de possuir limitações na escala do objeto que se pretende representar.

As abordagens de representação por *software*, designadas por processos de modelação 3D, constituem um processo mais moroso, no entanto não existem limitações em termos de representação, seja ela a nível de morfologia seja a nível de escala do objeto a representar.

#### 3.1.1 Software para Modelação de Objetos 3D

Os *softwares* podem ser agrupados em duas categorias, *softwares* de modelação e animação para a indústria de entretenimento e *softwares* de CAD de elevada precisão.

Os exemplos mais populares em cada categoria são:

- **Entretenimento**

**Blender** - *software* de modelação, animação composição digital e de criação de aplicações interativas. Este *software* é **open source** e não tem qualquer custo associado à sua aquisição. Constitui uma alternativa viável a *softwares* proprietários (Blender.org 2009).

**Autodesk Maya** – Este *software* posiciona-se como líder em termos de modelação, texturização e animação 3D para a indústria do entretenimento eletrónico e produção cinematográfica. (Autodesk 2009).

**Autodesk 3DStudio MAX** – *Software* de características similares ao *Maya*. Similar ao *Maya*, é essencialmente utilizado na indústria de entretenimento eletrónico e pré-visualização arquitetónica (Autodesk 2009).

**Cinema 4D** – *Software* de modelação e animação 3D da *Maxon*, com uma rápida curva de aprendizagem. Utilizado na indústria cinematográfica e no entretenimento eletrónico (Maxon 2011).

- **CAD**

**Autodesk Inventor** - *Software* de modelação e simulação 3D, baseada em sólidos e destinado à prototipagem digital de elementos mecânicos (Autodesk 2009).

**Autodesk AutoCAD** – *Software* de desenho técnico e modelação 3D mais difundido na indústria. Constitui um *software* de elevada precisão em termos de criação de modelos. Pode ser utilizado em contexto 3D e 2D (Autodesk 2009).

**SolidWorks** – *Software* de modelação e animação destinado a design industrial (Dassault Systèmes 2011).

De referir que existem outros *softwares* como o *3DSom*, que permitem a criação de modelos 3D baseados em fotografias.

Muitas vezes os modelos 3D que possam vir a ser utilizados numa exposição virtual, poderão ser produzidos

### 3.1.2 Compatibilidade entre Aplicações de Modelação

A compatibilidade entre aplicações aqui descritas está assegurada desde que estas sejam capazes de exportar os seus modelos e animações em *X3D* ou *VRML* (Sousa 2008).

O *X3D* ou *Extensible 3D* constitui um standard aberto baseado em *XML*, para a representação e apresentação de gráficos tridimensionais no contexto *web*. Especifica

uma linguagem declarativa de geometria e outras propriedades dos objetos, um motor *runtime* e uma *application programming interface (API)* que providencia um ambiente interativo em tempo real para gráficos 3D (Daly and Brutzman 2007).

Assim sendo, a compatibilidade está assegurada entre **Blender** (X3D, VRML), **Maya** (X3D, VRML), **3ds Max** (VRML), e **Inventor** (VRML, através da instalação do *add on VRML Translator*).

O **Autodesk Maya** consegue ser interoperável com os demais *softwares* da *Autodesk* através do seu *add-on DirectConnect*. Da mesma forma, todos os produtos da *Autodesk* são interoperáveis entre si (**Maya**, **3ds Max**, **Autocad**, **Inventor**) (Autodesk 2009).

O **SolidWorks**, é interoperável com o **3ds Max**, **Maya**, **Inventor** através da instalação do **Okino-Poly-Trans** que constitui uma ferramenta de tradução 3D entre aplicações (PolyTrans 2008).

O **Cinema 4D**, possui capacidade de exportação para vários formatos, de salientar; **3DStudio .3ds**, **Collada .dae**, **DXF**, **FBX**, **LightWave 3D**, **STL**, **VRML2**, **Wavefront .obj** (Maxon 2011).

## 3.2 Sistemas Tridimensionais Interativos – Motores de Jogo

As tecnologias e *softwares* descritos anteriormente destinam-se essencialmente para a produção de objetos tridimensionais, animados ou estáticos e subsequente síntese de imagem. Este último processo não constitui uma síntese de imagem em tempo real, mas antes o que se designa por pré síntese de imagem, processo pelo qual todos os objetos de uma cena são processados e apresentados, após um pré-processamento complexo e na maioria das vezes moroso. As imagens e animações resultantes apresentam em muitas situações uma qualidade hiper-realista, obtidas com um custo computacional elevado.

Uma aplicação interativa tridimensional, necessita de efetuar todo o processo de síntese de imagem (desenho, criação de materiais - *shading* e alocação de texturas, cálculo de visibilidade e iluminação) em tempo real. Para tal necessita que os algoritmos e estruturas de dados responsáveis por este processamento sejam otimizados de forma a permitir uma eficiente representação gráfica na plataforma de hardware onde a aplicação vai ser apresentada eventualmente à custa de um menor realismo. Para este fim recorre-se a um conjunto de tecnologias já referidas no capítulo anterior, os motores de jogo.

### 3.2.1 Análise Comparativa de Motores Gráficos ou de Jogo

A construção de ambientes virtuais realistas implica um elevado esforço de desenvolvimento e consequentemente financeiro. Apesar da disponibilidade de vários *softwares* e linguagens de programação adequados para esta tarefa, estes

providenciam somente um subconjunto de ferramentas para o desenvolvimento deste tipo de aplicações. Uma alternativa eficiente e económica, consiste na reutilização de tecnologia de desenvolvimento de jogos de vídeo, nomeadamente a utilização de motores de jogo atualmente disponíveis no mercado para a produção de ambientes virtuais tridimensionais. Esta abordagem possui várias vantagens: os motores de jogo ou gráficos e os respetivos sistemas integrados de desenvolvimento, possibilitam a criação de aplicações virtuais eficientes e robustas em termos de desempenho, através de integração de soluções já pré concebidas e otimizadas, como complemento, existem extensas comunidades de utilizadores e recursos de apoio online, bem como documentação de qualidade associada à sua utilização (Trenholme and Smith 2008).

Na presente secção faz-se uma análise de vários motores de jogo (e gráficos) que se podem adequar à criação de ambientes virtuais tridimensionais de património cultural. Como critério de inclusão para esta análise, foram considerados motores de criação de jogos tridimensionais, disponíveis no mercado e com forte implantação na comunidade de desenvolvimento de jogos 3D. Deverão já ter uma variedade de títulos e produtos produzidos comercialmente.

Foram excluídos todos os motores de jogo proprietários e não comercializáveis ou especialmente construídos para um determinado jogo, limitando assim a sua personalização, adaptação e extensão para outro tipo de aplicações. Excluíram-se também, motores de criação e prototipagem de jogos em duas dimensões.

Resumidamente, os motores em análise são os que se seguem (Gregory 2009; Trenholme and Smith 2008; Balbed, Ibrahim, and Yusof 2008):

- **Ogre** – (*Object-Oriented Graphics Rendering Engine*) constitui um motor gráfico 3D flexível criado por Steve Streeing. Este motor é orientado a objetos e desenvolvido em C++, tendo como objetivo, tornar intuitivo o processo de desenvolvimento de ambientes 3D interativos. Possui uma biblioteca de classes que constitui uma camada de abstração para o uso de bibliotecas de sistema *Direct X / Direct3D* e *OpenGL*. Este sistema é definido como um simples e puro motor de *rendering* e não como um motor de jogo, uma vez que não integra editor de cena, objetos 3D, inteligência artificial ou materiais. Estes terão de ser instalados à parte (Torus Knot 2009; DevMaster.net 2011).
- **Shiva** – Criado pela empresa *StoneTrip*, constitui um motor de jogo com uma plataforma integrada para o desenvolvimento de jogos, usando editores de: cena com dinâmica *drag-and-drop*, código e materiais. Permite a criação de conteúdos para várias plataformas (PC, Mac, *PDA*, *Mobile phone*, e *Web*, via instalação de *plugin* no *browser*). Faz uso das bibliotecas *OpenGL*, e *DirectX*, permitindo também aceleração por *software*. O código para a lógica de jogo pode ser desenvolvido em C ou C++ ou em Lua (Stonetrip 2010).
- **Unity 3D** – Desenvolvido pela *Unity Technologies*, apresenta-se como um motor e sistema integrado para desenvolvimento de jogos para múltiplas plataformas (*Web*, *Windows*, *Mac*, *I Phone*, *Xbox360*, *PS3*, *Wii*), utilizando as bibliotecas *OpenGL* e *DirectX / Direct 3D*. Tem com o principal filosofia, facilitar desde o



início da concepção o desenvolvimento de um jogo. Possui um poderoso editor para: cena usando sistema *drag-and-drop*, incluindo materiais, objetos básicos, física e terrenos, luzes, para além de edição integrada de áudio e animações. Suporta ainda de forma transparente objetos 3D provenientes de múltiplos pacotes de *software* de modelação. Utiliza *C#* e *Javascript* para o desenvolvimento da lógica de jogo (Technologies 2011; Goldstone 2009).

- **Unreal 2** – Ferramenta criada pela *Epic Games*, providencia uma solução completa, robusta e sólida para desenvolvimento de jogos. Todas as componentes deste motor foram projetadas de forma integrada, como editores de níveis, ambiente e *scripting*, fornecendo assim um interface de programação consistente e interoperável entre cada um dos componentes. Possui também componentes de outros fabricantes cujo código foi personalizado para uma integração perfeita com as restantes componentes do motor. A lógica é implementada em C, C++, e uma *API* própria designada por *UnrealScript* (Games 2011). Existe ainda uma versão 3 deste motor de jogo, que constitui um dos mais avançados motores de jogo no mercado, podendo somente ser utilizado para desenvolvimento comercial de jogos.
- **Torque** – o *Torque Game Engine (TGE)*, motor e sistema de desenvolvimento suportando as *API's OpenGL* e *DirectX / Direct 3D*, produzido pela *Garage Games*. Posiciona-se no mercado com um motor de produção de jogos *Triple-A* (jogos que se encontram no top 10 do jogos mais vendidos e que possuem custos de produção elevados). Possui métodos de síntese de imagem especializados para interiores e exteriores, sistema de última geração para animação baseado em *joints (skeletal animation)*, *graphic user interface (GUI)* de dinâmica *drag-and-drop*, editor de criação de cenário, uso de C como linguagem de *scripting*. É fornecido o código fonte de todo o motor em C++, de forma a ser possível a personalização do motor por parte da equipa de desenvolvimento de um jogo (Paul Tondeur 2009).
- **CryEngine** – Criado pela empresa *Crytek* e foi usado pela primeira vez em 2004 para produzir o jogo *FarCry*, tendo-se tornado na altura em um jogo de referência dada a elevada qualidade e nível de imersão. O *CryEngine* possui várias ferramentas úteis para a criação de ambientes virtuais de elevada imersão e realismo, como um editor em tempo real, sistema de física integrado, luzes dinâmicas, *bump mapping*. Possui ainda um editor de ambiente avançado o *CryEngine Sandbox*. Usa as *API's OpenGL* e *DirectX* e o *scripting* é conseguido através de C, C++ e Lua (CRYTEK 2011).
- **Id Tech 4** – Motor de jogo desenvolvido pela *id Software*, pertencente à família de motores que estiveram na base de desenvolvimento dos jogos *Quake*, *Doom* e *Quake 2*. Desenvolvido em C++, possui características únicas como *Unified Lighting Paradigm*, na qual todas as superfícies usam o mesmo *pipeline* de *rendering* provocando uma consistência visual e sombras verdadeiramente dinâmicas. Possui um editor de níveis que também é implementado no próprio jogo produzido, é flexível à personalização, e possui uma linguagem de *scripting* que permite a alteração de variáveis em tempo real e comportamento de entidades (DesuraNET Pty 2011).

- **3DVIA Virtools 5** – Produto da *Dassault* constitui, para além de um motor de jogo, uma plataforma que permite desenvolver aplicações em 3D para *PC, Mac, Wii e Xbox 360*. Esta plataforma é baseada numa abordagem comportamental, ou seja, podem atribuir-se comportamentos a objetos, personagens e ambientes, tudo isto auxiliado por um sistema de edição designado por *Virtools Schematic Editor*, e por uma linguagem de *scripting*, a *VSL, Virtools Scripting Language*. Esta plataforma para além do *VSL*, esta plataforma assenta em mais 4 elementos principais: O *Virtools SDK, GUI* para edição visual e montagem visual do comportamento dos objetos, motor de comportamentos, motor de *render* e eficientes (SYSTEMES 2011; Balbed, Ibrahim, and Yusof 2008)
- **Blender** – *Software* que combina num pacote, uma ferramenta de modelação, texturização, escultura 3D, animação, composição de vídeo, possuindo também uma livreria de física designada por *Bullet Physics*, um motor de jogo que combina *scripting* em *Python* e um sistema de edição de lógica de jogo gráfico (Hess 2009; Blender.org 2009).
- **XNA Game Studio** – Constitui uma plataforma de desenvolvimento desenvolvida pela Microsoft destinada a encorajar jogadores a desenvolverem e partilharem os seus próprios jogos. O *XNA* é baseado na linguagem *C#* e na *Common Language Runtime (CLR)* da Microsoft. O principal ambiente de desenvolvimento é o *Visual Studio* ou o *Visual Studio Express* da *Microsoft* e só podem ser criados jogos para *PC* e *Xbox 360*. Este sistema de desenvolvimento não constitui um motor de jogo por si só, como tal não será incluído nesta análise (Microsoft 2011).

Interessa referir o **Adobe Flash CS5** – Versátil ferramenta de produção multimédia, permitindo o uso de vídeo, áudio e animações vetoriais, com uma linguagem de *scripting*, o *Action Script 3*, orientada a objetos e eventos. Em conjunto com *Papervision3D*, biblioteca de classes que permite a síntese de imagem em tempo real de objetos 3D, controlo de colisões bem como funções de sistemas de física. É possível construir ambientes virtuais com esta tecnologia, embora existam muitas limitações a nível de contagem poligonal (Paul Tondeur 2009). Não constitui um motor gráfico ou de jogo mas possui a capacidade de produzir um ambiente virtual 3D.

Finalmente são apresentadas nas próximas tabelas, comparações dos vários motores em análise, segundo os seguintes parâmetros (Saiful Ariffin Baba 2007; Trenholme and Smith 2008; DevMaster.net 2011):

- **Custo** – total da despesa financeira após a obtenção da licença para o uso de determinado motor de jogo. Tem-se em conta preferencialmente licenças para uso pessoal ou educacional. Caso este enquadramento não se aplique, contabiliza-se a licença para fins comerciais.
- **Características e SDK disponíveis no motor** – Capacidade e a forma como cada motor lida com funções relacionadas com o desenvolvimento de aplicações interativas. Apesar de alguns motores lidarem com todas as facetas relacionadas com o desenvolvimento deste tipo de aplicações tridimensionais,

outros há que somente lidam com uma determinada faceta (por exemplo; subsistema de física, modelação).

- **Facilidade de utilização** – este parâmetro especifica se determinado motor é suficientemente acessível para qualquer utilizador, tenha ele experiência ou não no uso deste tipo de aplicações.
- **Curva de aprendizagem** – tempo necessário para compreender e utilizar o motor de jogo em questão.
- **Conhecimentos prévios do utilizador** – pré-requisitos e competências, necessárias a um utilizador de forma a utilizar de forma eficiente determinado motor de jogo.
- **Interface** – refere-se ao aspeto geral do interface do ambiente de desenvolvimento do motor em questão.
- **Plataformas de desenvolvimento e de exportação disponíveis** – Sistemas operativos nos quais um determinado motor pode ser utilizado e, para que tipo de plataformas pode a aplicação criada no motor ser exportada.
- **Documentação e suporte** – Este parâmetro refere-se à documentação disponível (*on-line*, formato eletrónico *off-line* ou impresso) e recursos de ajuda que se pode obter enquanto se desenvolve uma aplicação interativa num determinado motor. Os recursos podem ser: fóruns de apoio ou bases de conhecimento *on-line*.
- **Outros** – Notas ou algum destaque importante relativo a um motor de jogo.

Custo	
<b>Ogre</b>	Livre
<b>Shiva</b>	<i>Shiva personal Learning edition</i> - livre que não permite a distribuição dos jogos produzidos. Outros tipos de licenças que vão desde os \$169 até aos \$1499
<b>Unity 3D</b>	Licença independente – livre Licença educacional, para entidades de ensino Licença comercial – \$1500
<b>Unreal 2</b>	Livre – para fins educacionais
<b>Adobe Flash CS5</b>	Licença comercial – \$410 Licença educacional - \$160
<b>Torque</b>	Licença \$99 Preços especiais para instituições educacionais na compra de 10 ou mais licenças
<b>CryEngine</b>	Licenciamento só sob consulta, havendo a possibilidade de licenciamento para instituições de ensino
<b>id Tech 4</b>	Prevê-se que seja disponibilizado sobre licença <i>GPL</i> brevemente. Atualmente a licença proprietária cujos custos estão disponíveis sob consulta com a <i>id software</i>
<b>3DVIA Virtools</b>	Proprietária, existem, licenças educacionais para instituições de ensino. Preços sobre consulta
<b>Blender</b>	<i>Open Source General Public License</i>

**Tabela 2 - Comparações dos vários motores de jogo segundo o seu custo.**

<b>Características e SDK disponíveis</b>	
<b>Ogre</b>	<p>Física – <i>Rigid Body</i> e controlo de colisões (pode ser integrado com os sistemas <i>Physics</i> e <i>Bullet</i>)</p> <p>Iluminação – <i>Lightmapping</i>, e iluminação por vértice e pixel</p> <p>Texturização básica, <i>bump mapping</i>, <i>multitexturização</i>, <i>mipmapping</i>, volumétrica e projetada</p> <p><i>Shaders</i> por pixel e vértice</p> <p>Animação, <i>inverse kinematic</i>, <i>skeletal</i> e <i>animation blending</i></p> <p>Efeitos visuais – <i>Environment Mapping</i>, <i>lens flare</i>, <i>billboarding</i>, sistema de partículas, <i>motion blur</i>, <i>sky box</i>, água, névoa</p>
<b>Shiva</b>	<p>Editores para materiais, terrenos, iluminação, HUD, Animação, Partículas, ambiente, e navegação.</p> <p>Física – <i>rigid body</i>, física de veículos, controlo de colisões.</p> <p>Iluminação por vértice, por <i>pixel</i>, <i>lightmaps</i>, <i>gloss maps</i>.</p> <p>Texturização -Multi-texturing, <i>bump mapping</i>, <i>mipmapping</i>, projetada</p> <p>Gestão de cena - <i>Occlusion Culling</i>, <i>level of detail</i>, <i>binary partition space</i> e <i>octrees</i></p> <p>Animação - <i>Forward kinematics</i>, <i>keyframe</i>, <i>skeletal</i> e <i>animation blending</i></p> <p>Efeitos Visuais – <i>environment mapping</i>, <i>lens flare</i>, <i>billboarding</i>, <i>motion blur</i>, <i>sky box</i>, água, fogo, explosões, nevoeiro, condições atmosféricas e espelhos:</p> <p>Pós-produção: <i>Bloom</i>, monocromatismo, correção de cor, contraste.</p> <p>Heurísticas de Inteligência artificial – pré-definidos com <i>pathfinding</i>, <i>decision making</i>, <i>finite state machines</i> ou criados via <i>script</i> por quem implementa.</p> <p>Som e Vídeo - som 2D, som 3D, <i>streaming sound</i> e <i>streaming video</i>.</p> <p>Sistema de <i>networking</i> – Servidor –Cliente.</p>
<b>Unity 3D</b>	<p><i>Rendering</i> – <i>deferred rendering</i>, mais de 100 <i>built in shaders</i> com propriedades, difusas, brilhantes, especulares auto iluminadas, e <i>bump mapped</i>.</p> <p>Permite ainda a reconfiguração e extensão destes <i>shaders</i>.</p> <p>Utiliza um sistema de <i>occlusion culling</i> pertencente à <i>Umbra Software</i> construindo assim uma solução de visibilidade pré-processada.</p> <p>Possui ainda o <i>GLSL Optimizer</i>, que constitui um sistema de otimização de <i>OpenGL</i> para plataformas móveis como <i>iPhone</i>.</p> <p>Efeitos visuais – Correção de cor, <i>lens flare</i> efeito <i>sun shaft</i>, <i>depth of field</i>, <i>motion blur</i>, <i>bloom</i>, <i>billboarding</i>, <i>motion blur</i>, <i>sky box</i>, água, fogo, explosões, nevoeiro, condições atmosféricas e espelhos, efeito monocromático e contraste.</p> <p>Iluminação – por vértice, por pixel, <i>lightmapping</i> e <i>dual lightmapping</i> e sombras em tempo real.</p> <p>Edição de terreno integrada, através, de ferramentas próprias, para alteração de terreno, criação de vegetação, árvores e arbustos,</p> <p>Física - controlo de colisões, <i>rigid bodyes</i>, <i>joints</i>, <i>ragdolls</i>, dinâmica automóvel, e tecidos. Tudo sustentado pelo <i>NVIDIA PHYSX</i>.</p> <p>Animação – <i>Skeleton</i>.</p> <p>Editores integrados para alocação e edição de áudio 3d e 2d. <i>Streaming</i> de vídeo</p> <p>Heurísticas de Inteligência artificial, terão de ser todos escritos com a linguagem de <i>scripting</i></p>
<b>Unreal 2</b>	<p>Desenvolvido em <i>c/c++</i>, fazendo uso das <i>API OpenGL</i> e <i>DirectX</i></p> <p>Física <i>rigid bodyes</i>, controlo de colisões, física de veículos.</p> <p>Síntese de imagem - <i>BSP</i>, <i>portal</i>, <i>LOD</i> e <i>occlusion culling</i>.</p> <p>Iluminação, por vértice, e <i>lightmaps</i>.</p> <p>Animação - <i>Skeletal</i>, <i>blend</i>, e <i>key framed</i>.</p> <p>Efeitos visuais – <i>Lens flares</i>, <i>billboarding</i>, sistemas de partículas, <i>skybox</i>, água, explosões, decalques, nevoeiro, espelho.</p> <p><i>Networking</i> – Cliente Servidor</p>

Características e SDK disponíveis	
	<p>Áudio 2d e 3D</p> <p>Inteligência Artificial: <i>Pathfinding, decision making, finite state machines, scripted.</i></p>
<b>Adobe Flash CS5</b>	<p>Síntese de Imagem por <i>software</i>. Implementa <i>backface culling</i> e <i>frustum culling</i></p> <p>Modelos com número reduzido de polígonos.</p> <p>Suporta texturização <i>UV</i> e texturas com efeitos <i>bumped</i> e <i>displacement maps</i></p> <p>Implementa modelo de <i>shaders gouraud, phong flat</i> e <i>cell</i></p> <p>Efeitos de câmara</p>
<b>Torque</b>	<p>Utiliza <i>API's OpenGL</i> e <i>DirectX</i></p> <p>Implementado em C e C++</p> <p>Síntese de imagem – portal, <i>occlusion culling, LOD.</i></p> <p>Texturização – Básica, multitextura, <i>mipmapping.</i></p> <p>Animação – <i>Inverse kinematic, skeletal animation, animation blending</i></p> <p>Iluminação – Por vértice e <i>lightmapping</i></p> <p>Física – Básica, Controlo de colisões, <i>rigid body</i>, física de veículos.</p> <p>Efeitos visuais – <i>Environment mapping, lens flare, billboarding</i>, sistemas de partículas, <i>skybox</i>, nevoeiro água, decalques.</p> <p>Som e Vídeo – Som 2D, som 3D, e <i>streaming</i> de som</p> <p>Inteligência Artificial – maquina de estados finitos, <i>scripted</i></p>
<b>CryEngine</b>	<p><i>OpenGL, DirectX,</i></p> <p>Implementado em C C++</p> <p>Modelos <i>3DS</i> e <i>Maya</i> integrados de forma transparente</p> <p>Físicas - Física básica, deteção de colisões, <i>rigid body</i> e física de veículos,</p> <p>Iluminação - <i>High dynamic range</i>, Iluminação por vértice e por pixel, <i>lightmaps, bump maps, solar lightening, anisotrópica.</i></p> <p>Sombras – Sombras volumétricas</p> <p>Texturização – Básica, multi textura, <i>bump mapping, mipmapping. Shaders</i> de elevado nível, por vértice e por pixel, <i>subsurface scattering.</i></p> <p>Animação – <i>Inverse kinematics, skeletal animation, blend animation</i></p> <p>Síntese de imagem – função fixa e síntese de imagem por textura, <i>occlusion culling</i> e <i>LOD, environment mapping, lens flares, billboarding, particle system, sky, water, decals, fog, mirror: terrain rendering</i> e <i>CLOD,</i></p> <p><i>Networking</i> – arquitetura cliente servidor.</p> <p>Som e Vídeo – som 2D e 3D.</p> <p>Inteligência Artificial – <i>Pathfinding, decision making, scripted</i></p>
<b>id Tech 4</b>	<p><i>OpenGL</i></p> <p>Linguagem de <i>scripting</i> própria e similar a C++ para a criação de GUI e HUD. C++</p> <p>Iluminação – <i>Specular highlighting, bump mapping, normal mapping</i>, iluminação por pixel, <i>lightmaps,</i></p> <p>Texturização – <i>Gouraud shading.</i> Sistema <i>mega texture</i> – que permite a texturização grandes áreas de terreno, para além da informação de cor possui também informação sobre o terreno, atrito etc.</p> <p>Animação – <i>Skeletal animation.</i></p> <p>Síntese de imagem – <i>Unified Lightening and Shadowing.</i></p> <p>Sombras – sombras volumétricas.</p>

Características e SDK disponíveis	
	<p>Som – <i>Open AL, Creative Technology EAX.</i></p> <p><i>Networking, Arquitetura cliente-servidor e peer – to – peer</i></p>
<b>3DVIA Virtools</b>	<p><i>Open GL e Direct X</i></p> <p><i>Scripting – Virtools Scripting language, linguagem adequada para a criação de complexos scripts comportamentais.</i></p> <p>Suporte de modelos animados provenientes do <i>Autodesk 3D Studio Max, Maya, Lightwave, XSI e Collada</i></p> <p>Física – Controlo de colisões.</p> <p>Iluminação – Por <i>pixel</i>, por vértice, <i>lightmapping, gloss maps, dinamic RGB lighting.</i></p> <p>Sombras – <i>Shadow mapping, projected, planar</i>, sombras volumétricas, sombras simples, e sombras projetadas.</p> <p>Texturização - Básica, multitexturização, <i>bump mapping, mipmapping</i> e texturização procedimental. <i>Dot Prod3 Mapping</i>, texturização com correção de perspectiva. <i>Shaders</i>, por pixel e por vértice de elevado nível.</p> <p>Animação - <i>Skeletal animation, morphing, animation blending.</i> Animação hierárquica de <i>keyframes, motion blending</i> (mistura de várias animações) e <i>warping animation</i> (transições).</p> <p>Síntese de imagem – por função fixa e síntese de imagem por textura. Síntese de imagem geral, por portal, <i>occlusion culling e LOD.</i> <i>Environment mapping, lens flares, billboarding, particle system, motion blur, sky box</i> e nevoeiro. <i>Cube environment mapping, reflexos e nevoeiro volumétrico.</i></p> <p>Som e Vídeo – som 2D e 3D, sob os formatos mp3, WMA, WAVE e MIDI, vídeo AVI.</p>
<b>Blender</b>	<p><i>Open GL</i></p> <p>Escrito em C, C++, <i>Python</i></p> <p>Física – sistema <i>Bullet</i> que implementa <i>soft e rigid body</i> e controlo de colisões.</p> <p>Texturas e <i>Shaders – OpenGL Shader Language – Shading</i> por vértice, por fragmento e por geometria. Texturas refletivas</p> <p>Animação – <i>Skeletal animation.</i></p> <p>Iluminação – reflexões Iluminação dinâmica.</p> <p>Síntese de imagem e efeitos, névoa, vegetação por canal <i>alpha, sky dome.</i></p>

**Tabela 3 - Comparação dos vários motores de jogo segundo características e SDK disponíveis.**

Facilidade de Utilização	
<b>Ogre</b>	Média
<b>Shiva</b>	Fácil
<b>Unity 3D</b>	Fácil altamente intuitivo
<b>Unreal 2</b>	Média
<b>Adobe Flash CS5</b>	Média
<b>Torque</b>	Média
<b>CryEngine</b>	Complexa
<b>id Tech 4</b>	Complexa
<b>3DVIA Virtools</b>	Média
<b>Blender</b>	Complexa

**Tabela 4 - Comparação dos vários motores de jogo segundo a sua facilidade de utilização.**

Curva de Aprendizagem	
<b>Ogre</b>	Média
<b>Shiva</b>	Curta
<b>Unity 3D</b>	Curta
<b>Unreal 2</b>	Média
<b>Adobe Flash CS5</b>	Complexo
<b>Torque</b>	Complexo
<b>CryEngine</b>	Média
<b>id Tech 4</b>	Elevada
<b>3DVIA Virtools</b>	Média
<b>Blender</b>	Elevada

**Tabela 5 - Comparação dos vários motores de jogo segundo a sua curva de aprendizagem.**

Nível de Conhecimentos do Utilizador	
<b>Ogre</b>	Elevados conhecimentos de programação orientada a objetos, e de linguagens como C++ C # Java e Python
<b>Shiva</b>	Conhecimentos de Lua e de programação
<b>Unity 3D</b>	Conhecimentos em Javascript e C#
<b>Unreal 2</b>	Bons conhecimentos de programação orientada a objetos, especialmente em C++, da <i>Unreal Scripting Language</i>
<b>Adobe Flash CS5</b>	Conhecimentos de <i>Action Script 3</i>
<b>Torque</b>	Conhecimentos de programação Orientada a Objetos e da linguagem própria do <i>Torque</i> , muito similar a C++
<b>CryEngine</b>	Conhecimentos em programação orientada a objetos, C, C++ e /ou conhecimentos da Linguagem de <i>Scripting LUA</i>
<b>id Tech 4</b>	Conhecimentos em linguagens orientadas a objetos em especial C++
<b>3DVIA Virtools</b>	Linguagens e programação orientada a objetos similares a C++
<b>Blender</b>	Linguagem de programação <i>Python</i>

**Tabela 6 - Comparação dos vários motores de jogo segundo os níveis de conhecimentos necessários ao utilizador.**

Interface	
<b>Ogre</b>	Muito complexo. Exige distintos pacotes de <i>software</i> para criação de conteúdos, terrenos cenas, níveis, e <i>scripting</i> .
<b>Shiva</b>	Simples, possui, todos os subsistemas e editores integrados num único interface.
<b>Unity 3D</b>	Extremamente intuitivo, extensível e personalizável à medida do utilizador, não só a nível de disposição de <i>layout</i> mas dos próprios componentes disponíveis através de programação via <i>C#</i> e <i>Java Script</i>
<b>Unreal 2</b>	Complexo, mas pode ser extensível e personalizável, através de alteração de código fonte  Possui de forma integrada editores para: design de níveis e ambiente, em dinâmica <i>WYSIWYG</i> , Vista de câmaras iluminações e texturas, visualizam-se m tempo real
<b>Adobe Flash CS5</b>	Interface extremamente intuitivo, com edição em dinâmica <i>drag-and-drop</i>
<b>Torque</b>	Complexo Possui editores integrados de: Ambiente, terreno, posicionamento de objeto em dinâmica <i>drag-and-drop</i> , e de <i>GUI</i> .
<b>CryEngine</b>	Embora seja complexo, possui de forma integrada vários editores de <i>script</i> , <i>sandboxing</i> , animação, luz e síntese de imagem e partículas e efeitos
<b>id Tech 4</b>	Pouco intuitivo,
<b>3DVIA Virtools</b>	Altamente intuitivo, numa dinâmica em que todas as ferramentas que constituem o motor de jogo são integrada num único IDE gráfico, com edição visual, u. Dinâmica de jogo implementada por diagramas de blocos
<b>Blender</b>	Integra num único IDE, todas as ferramentas para criação de aplicações interativas, modelação texturização, pós-produção, interação (utilizando auxiliares gráficos) e <i>scripting</i>

Tabela 7 - Comparação dos vários motores de jogo segundo as características do seu interface.

Plataformas de desenvolvimento e de exportação disponíveis	
<b>Ogre</b>	Desenvolvimento -Windows, Mac OS, Linux,  Exportação – Windows Mac OS, Linux. Através do uso de distribuições proprietárias e com o pagamento da respetiva licença, está disponível para <i>Xbox, PS3 Wii e I Phone</i> .
<b>Shiva</b>	Desenvolvimento em Windows  Exportação para <i>Windows, Linux, Mac OS X, Nintendo Wii, I Phone, Browser-based, Google Chrome, Firefox, Safari, IE, e Android</i> ,
<b>Unity 3D</b>	Desenvolvimento – Windows e MacOS  Exportação – <i>web (Chrome, Safari, IE, Firefox), Windows, Mac, I Phone, Android, Nintendo Wii, PS3, Xbox 360</i>
<b>Unreal 2</b>	<i>Windows, Linux, Mac OS X, Xbox, Playstation, GameCube</i>
<b>Adobe Flash CS5</b>	Pode desenvolver-se em <i>Windows e MacOS</i>  Exporta para qualquer plataforma que suporte <i>FlashPlayer 10</i>
<b>Torque</b>	<i>Windows, Linux e Mac OS</i>  Exportação para <i>Windows Mac OS, IOS, web browser based</i>
<b>CryEngine</b>	Desenvolvimento e exportação para: <i>Windows, Playstation 3, Xbox 360.</i>
<b>id Tech 4</b>	<i>Windows, Linux, MAC OS X, Xbox, Xbox 360, PS3</i>
<b>3DVIA Virtools</b>	<i>Windows, Mac OS X, Nintendo Wii, Xbox 360</i>
<b>Blender</b>	<i>PC, Mac OS X, Linux</i>

Tabela 8 - Comparação dos vários motores de jogo segundo as características segundo as plataformas de desenvolvimentos e de exportação disponíveis.



Documentação e suporte	
<b>Ogre</b>	Grande número de recursos online, suportados por uma grande comunidade de utilizadores. Bibliografia impressa.
<b>Shiva</b>	Recursos <i>online</i> de elevada qualidade e fóruns com uma comunidade de criadores significativa
<b>Unity 3D</b>	Suporte e documentação online, bem estruturada, acompanhada de uma grande comunidade de utilizadores, que mantém um grande número de fóruns e <i>wikis</i>  Bibliografia impressa, de boa qualidade, com uma abordagem para aprendizagem rápida e destinada a leigos ou entusiastas amadores, dotando-os de todos os conhecimentos para iniciarem o desenvolvimento de jogos
<b>Unreal 2</b>	Boa documentação em recursos eletrónicos, e impressos.  Boa comunidade de programadores
<b>Adobe Flash CS5</b>	Excelentes recursos online e impressos
<b>Torque</b>	Ótimos recursos <i>online</i>
<b>CryEngine</b>	Documentação e formação à medida, providenciados pela <i>CryTek</i>
<b>id Tech 4</b>	Documentação oficial do <i>software</i> , <i>wikis</i> e recursos eletrónicos
<b>3DVIA Virtools</b>	Documentação oficial da <i>Dassault</i> e respetivos recursos online
<b>Blender</b>	Documentação online, e o grande número de livros impressos e em formato digital.

Tabela 9 - Comparação dos vários motores de jogo segundo a documentação disponibilizada

Outros	
<b>Ogre</b>	Os criadores do <i>Ogre</i> não o consideram verdadeiramente um motor de jogo, como os que atualmente existem. O <i>Ogre</i> é somente um motor de síntese de imagem gráfica, que pode ser um motor de jogo com o uso de outros <i>softwares</i> .
<b>Shiva</b>	Versão <i>PLE</i> é extremamente limitada e, termos de funcionalidades no que toca a iluminação e sombras.  Objetos 3D suportados apenas, por exportação no formato <i>Collada</i> e somente vindos dos seguintes <i>softwares</i> : <i>Blender</i> , <i>Cinema4D</i> , <i>Cheetah3D</i> e <i>3D Studio Max</i>
<b>Unity 3D</b>	O <i>pipeline</i> de importação de objetos 3D é extremamente transparente e abrangente. São automaticamente reconhecidos formatos nativos de dos <i>softwares</i> : <i>Maya</i> , <i>Blender</i> , <i>XSI</i> , <i>Cinema 4D</i> , <i>Modo</i> , <i>Lightwave</i> , <i>SketchUp Pro</i> , <i>Wings 3D</i> , <i>Drawing Interchange Files</i> , <i>Cheetah 3D</i> , <i>Autodesk FBX</i> e <i>Carrara</i>  Outros ficheiros automaticamente reconhecidos pelo <i>Unity</i> : <i>Adobe Photoshop</i> , formatos de vídeo <i>mov</i> , <i>avi</i> , <i>asf</i> , <i>mpg</i> , <i>mp4</i> vídeo.  Outros tipos de ficheiros como por exemplo <i>XML</i> pode ser acedidos em <i>Runtime</i> .  <i>Web Player</i> do <i>Unity</i> suportado pelos browsers: <i>Safari</i> , <i>Firefox</i> , <i>Google Chrome</i> , <i>Internet Explorer</i>  Possui uma solução designada por <i>Unity Asset Server</i> , destinada à gestão e armazenamento de <i>assets</i> e suportada por um sistema de gestão de base de dados <i>PostgreSQL</i>
<b>Unreal 2</b>	
<b>Adobe Flash CS5</b>	Flash por si só não é de forma alguma um motor de jogo 3D, necessita sim, da biblioteca <i>Papervison</i> , para poder processar 3D.
<b>Torque</b>	Importação de modelos de qualquer aplicação que possua um exportador no formato <i>Collada</i>
<b>CryEngine</b>	Constitui a plataforma mais avançada para criação de jogos e aplicações interativas. Atualmente o <i>CryEngine</i> é utilizado como ferramenta de <i>sandboxing</i> , pré-visualização cinematográfica e até para produção cinematográfica de animação. Implementa as mais avançadas técnicas de iluminação utilizando para o efeito um filtro <i>high dynamic range</i> .
<b>id Tech 4</b>	Essencialmente constitui um <i>API</i> de síntese de imagem
<b>3DVIA Virtools</b>	
<b>Blender</b>	Não constitui um <i>high end game engine</i> , no entanto tem boas características para prototipagem de jogos

Tabela 10 - Comparação dos vários motores de jogo segundo diversos parâmetros extra.

Os motores de jogo e gráficos analisados, possuem características que lhes permitem implementar uma aplicação de cariz museológico. No entanto e para os objetivos da presente investigação terá de ser criteriosamente escolhido um motor que pelas suas especificidades seja o mais adequado para uma fácil implementação de uma exposição virtual.

No capítulo 6 será efetuada uma comparação entre motores, segundo determinados parâmetros, que permitirá a seleção do que constituirá o suporte tecnológico para a implementação do protótipo.

### **3.3 Implementações de Soluções Virtuais para Património Cultural e Científico**

Muitos museus de ciência possuem já nos seus *websites* públicos representações tridimensionais de objetos pertencentes às suas coleções. A geração de imagens digitais 3D constitui um enorme esforço computacional, limitando assim o detalhe de representação. Associando interatividade, o esforço computacional aumenta consideravelmente, pois geramos imagens em tempo real. Face a este esforço adicional é usual a diminuição do nível de detalhe (texturas, iluminação, sombras).

O problema agrava-se quando se pretende visualizar estas imagens interativas na internet. Limitações no débito de dados fazem com que o tamanho de tais imagens ou aplicações interativas tenha de ser adaptado de forma a permitir uma interação fluida sobre a rede.

Em resumo, a escolha da forma e plataforma na qual vamos apresentar o objeto tridimensional, tem impacto no detalhe da sua representação, e na forma como o utilizador interage com esse mesmo objeto.

Perante estas limitações, e tendo por base as praticas de representação utilizadas pelo Laboratório de Paleobiologia da Universidade *Davis*, o *Science Museum*, o *Musee de Arts et Metiers* e a *Kinematic Models for Design Digital Library*, teremos um panorama em termos de estado da arte para representações tridimensionais e bidimensionais de objetos científicos.

#### **3.3.1 Laboratório de Paleobiologia da Universidade de *Davis*.**

Esta instituição possui uma interessante aplicação *web* que, para além de agrupar os fósseis existentes na sua coleção, apresenta, para cada um deles, um interface baseado numa "*Applet*" de *Java*, que permite manipula-los no espaço 3D (rodar no espaço, translação no espaço, zoom), com um nível de detalhe fidedigno.

A *applet* foi gerada através do seguinte processo (University 2009):

- Digitalização do modelo físico através de *scan* 3D e posterior criação de malha poligonal com os dados do scanner através do *Rapidform* (*software* de criação de malhas poligonais através de dados originais de um scanner) (*Software* 2009).

- *Applet* com motor de interação, criado com o *WireFusion* que constitui uma tecnologia que permite criar rapidamente apresentações 3D interativas para a internet (figuras 3 e 4) (WireFusion 2009; TDT3D 2009).

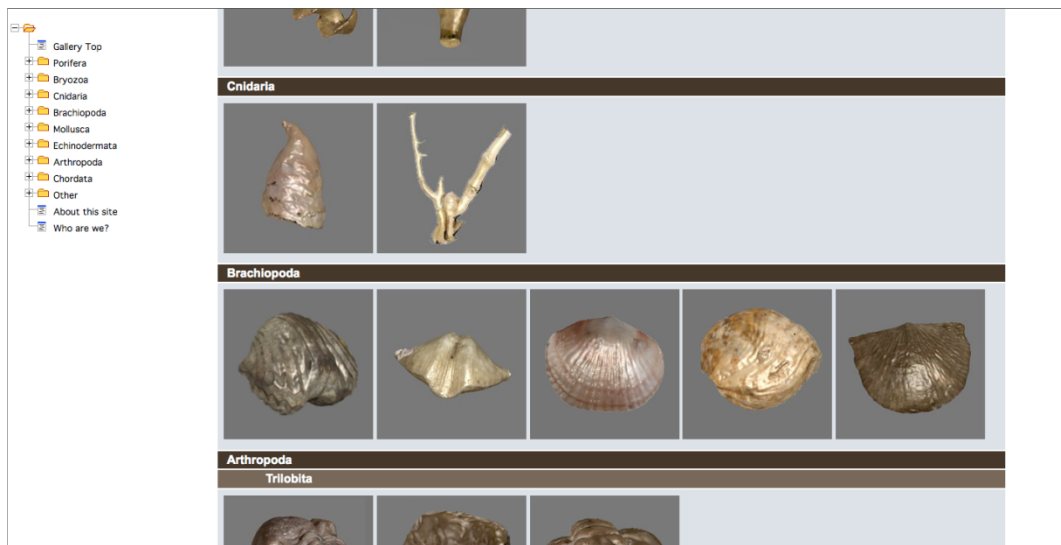


Figura 3 - Interface web do laboratório de Paleobiologia, lista de objetos (fósseis). Fonte (University 2009)

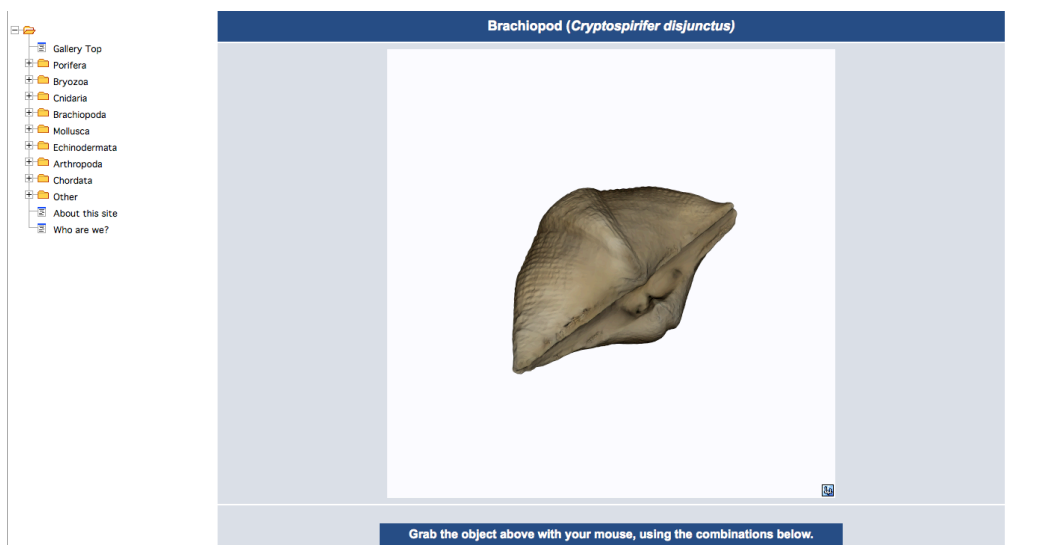


Figura 4 - Detalhe, com interação na manipulação do objeto no espaço 3D através do rato. Fonte (University 2009)

### 3.3.2 Science Museum

O *website* do *Science Museum*, não possui representação 3D do seu espólio. As peças são apresentadas ao utilizador através de fotografias (figura 5).

No entanto o *Science Museum* possui um enorme potencial interativo e educativo sob a forma de jogos multimédia (figura 6) (Museum 2009).

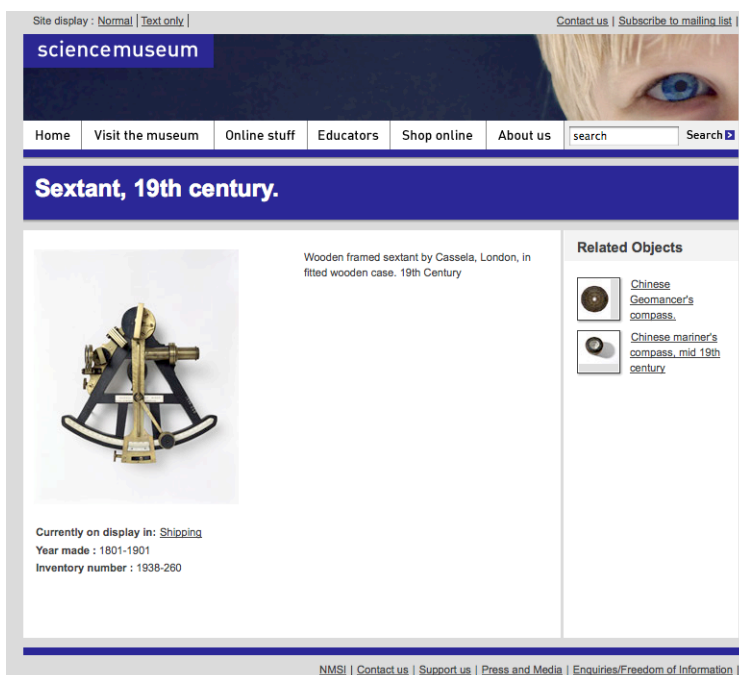


Figura 5 - Coleção do *Science Museum* na web. Fonte (Museum 2009)

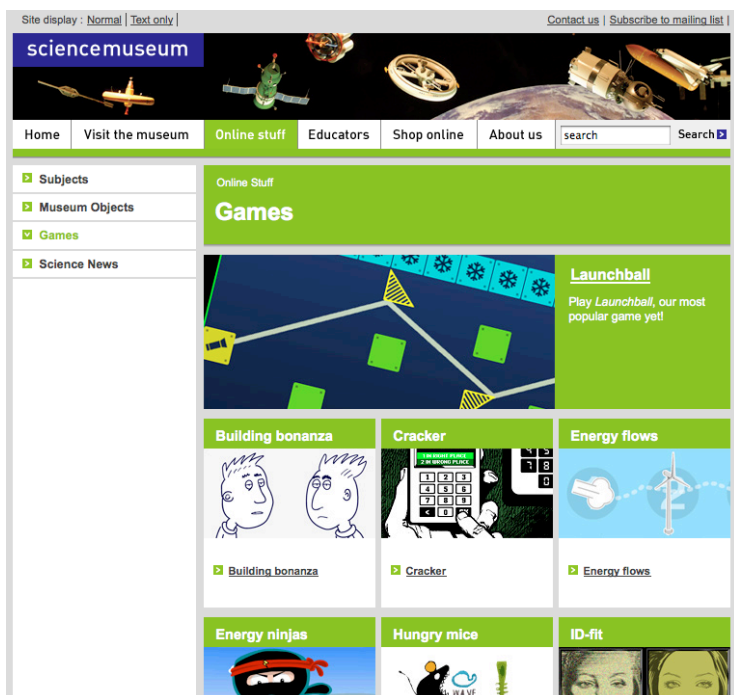


Figura 6 - Jogos interativos do *site web* do *Science Museum*. Fonte (Museum 2009)

### 3.3.3 *Musee de Arts et Metiers*

O *Musee de Arts et Metiers* possui um conjunto de vídeos *QuickTime* (figuras 7 e 8 ), os quais não só visualizam os objetos animados, como também recria experiências com os mesmos.

Estes vídeos *QuickTime*, são produzidos através várias técnicas tais como, vídeo simples pós produzido numa ferramenta de composição de vídeo (ver o vídeo “*Les gazomètres de Lavoisier, 1785*”, o qual retrata a recriação de uma experiencia). Um outro exemplo é o caso do vídeo “*Cinématographe des frères Lumière, 1895*”, para o qual foi utilizado tecnologia de representação e animação 3D, para uma visualização com elevado grau de realismo. Este tipo de vídeos do *Musee de Arts e Metiers*, e tendo em conta o facto de não se destinarem a ser interativos, podem ser produzidos com elevado grau de realismo, uma vez que não vão produzir sobrecarga de processamento computacional para gerar as animações em tempo real (métiers 2007).



Figura 7 - Vídeo de recriação da experiência dos gasómetros de *Lavoisier*. Fonte (Museum 2009)



Figura 8 - Vídeo relativo ao Cinematógrafo dos Irmãos *Lumière*, produzido por animação 3D. Fonte (Museum 2009)

### 3.3.4 Kinematic Models for Design Digital Library

Este *website* constitui uma biblioteca digital de modelos mecânicos e recursos associados, destinados ao ensino da Cinemática. Nesta biblioteca digital os objetos são representados das mais variadas formas (Kinematic Models for Design Digital 2008):

- Vídeo *QuickTime*, produzido através de animação de sequências de fotografias (figura 9).



Figura 9 - Vídeo Produzido por animação baseada em seqüências de fotografias. Fonte (Kinematic Models for Design Digital 2008)

- Vídeo produzido através de tecnologia 3D (figura 10, filme só interativo a nível do controlo do zoom)



Figura 10 - Vídeo Produzido através de tecnologia de modelação e animação 3D. Fonte (Kinematic Models for Design Digital 2008)

- Imagem de modelo CAD (figura 11)

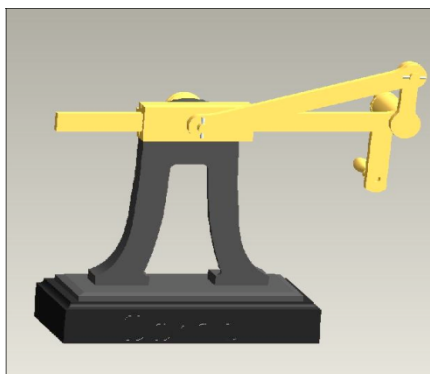


Figura 11 - Imagem de modelo CAD. Fonte (Kinematic Models for Design Digital 2008)

A natureza interativa característica dos museus de ciência e técnica, não está patente nos *websites* dos principais museus de ciência e técnica europeus. São apenas apresentados vídeos e jogos didáticos em 2D. O conceito da exposição virtual e interativa em ambiente 3D não é explorado. Nota-se assim uma lacuna por parte destas instituições em utilizarem aplicações desta natureza, o que enfatiza a relevância da presente investigação.

Neste contexto será feita na próxima secção uma análise de investigações de destaque no campo da representação tridimensional de património cultural e museológico.

### 3.4 Investigações Relevantes

Inúmeros projetos de investigação foram elaborados no âmbito dos museus virtuais e representação 3D de património cultural. Apresentam-se seguidamente investigações relevantes que possuem paralelismo com a temática abordada na dissertação aqui apresentada.

A importância desta secção é óbvia, uma vez que as investigações aqui apresentadas não só reforçam a abordagem a seguir na implementação das metodologias a extrair, mas também do suporte tecnológico para a concretização de exposições 3D.

### 3.4.1 Virtual Heritage System: Modeling, Database & Presentation

Um grupo de investigadores apresentou na 7ª Conferencia Internacional de Sistemas Virtuais e Multimédia um artigo relativo à investigação e desenvolvimento de um sistema de património virtual (*Virtual Heritage System: Modeling, Database & Presentation*). O objetivo desta investigação consistiu no desenvolvimento de um sistema integrado de criação e modelação de objetos 3D de cariz cultural e museológico, bem como o respetivo sistema de armazenamento, catalogação e categorização e finalmente o desenvolvimento de um interface de apresentação desses mesmos objetos.

Usando a mais avançada tecnologia existente de *Scan 3D* e de tecnologias *XML*, estes investigadores do *Imaging Media Research Center, Korea Institute of Science & Technology, Seoul* propuseram e implementaram a arquitetura da figura 12 para este sistema.

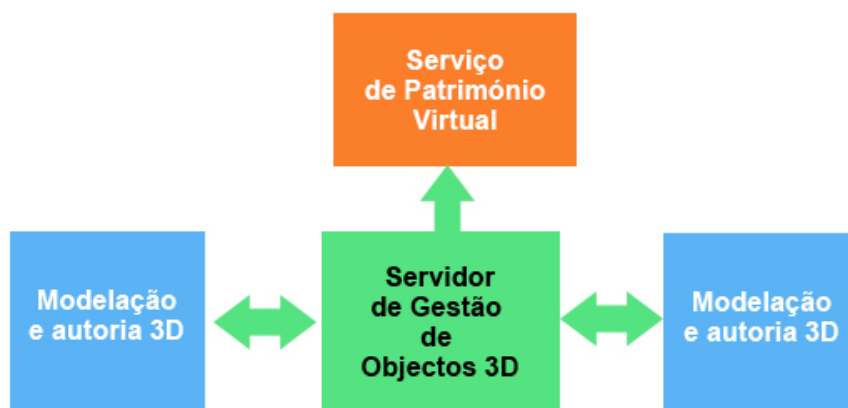


Figura 12 – Estrutura da plataforma desenvolvida. Adaptado (Yong-Moo et al. 2001)

Para cada módulo foram desenvolvidas as seguintes aplicações:

- **Sistema de modelação e autoria 3D** – aquisição através de composição fotográfica ou de *scan 3D* (figura 12) e posterior uso do conversor de nuvem de pontos para polígonos, *Rapidform*.

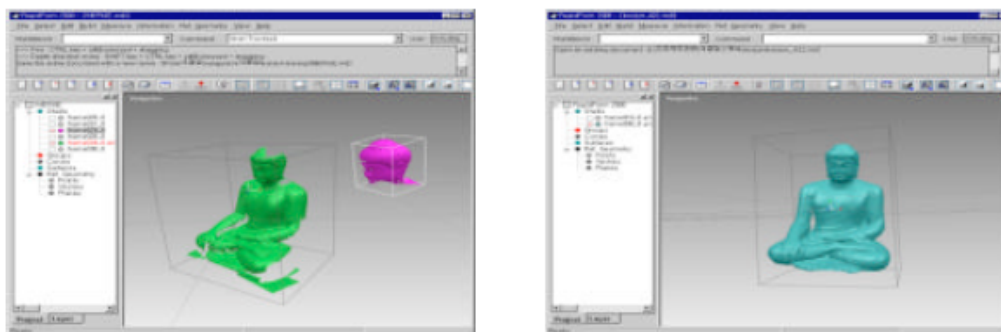


Figura 13 - 7 onversão da nuvem de pontos provenientes do *Scan 3D* (esquerda) para malha poligonal (direita). Fonte (Yong-Moo et al. 2001)



- **Sistema de armazenamento e gestão de objetos 3D** – Utiliza um servidor de base de dados *XML eXcelon* o qual providencia um serviço de armazenamento e apresentação de objetos 3D, tal como ilustrado na figura 14. A razão de se usar um sistema de dados baseados em *XML* prende-se com a interoperabilidade entre sistemas, e pelo facto de se tornar simples encapsular os objetos 3D em *XML* de uma forma consistente.

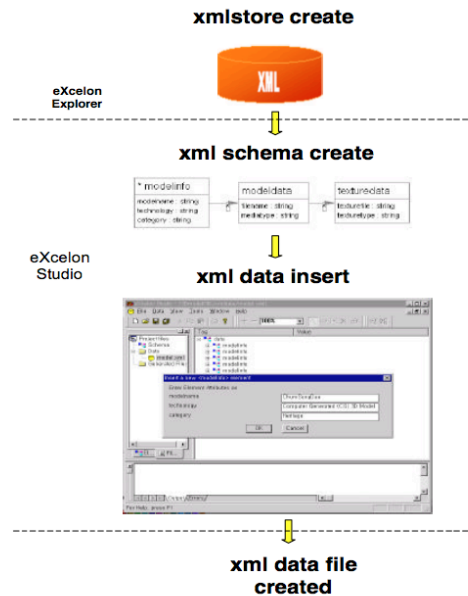


Figura 14 – Sistema de armazenamento de dados 3D. Fonte (Yong-Moo et al. 2001)

- **Sistema de apresentação do património virtual** - os objetos 3D podem ser apresentados de duas formas; ou através de páginas *web* criadas por *Active Server Pages (ASP)*, conforme o diagrama da figura 15, ou apresentadas num auditório de realidade virtual especialmente criado para o efeito, como o ilustrado na figura 16.

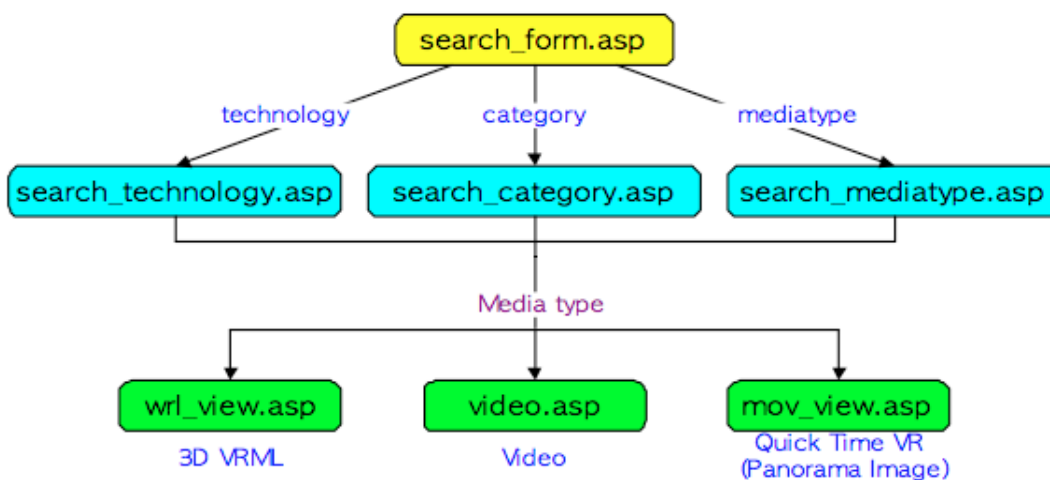


Figura 15 – Esquema de navegação de sistema Web em ASP. Fonte (Yong-Moo et al. 2001)

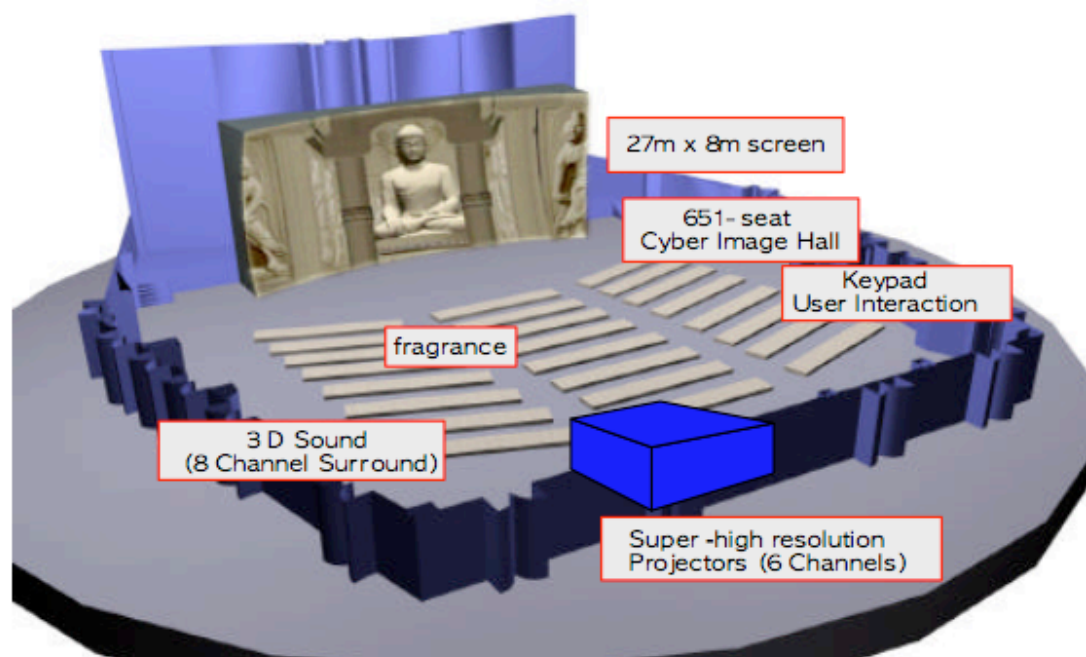


Figura 16 – Auditório interativo de Realidade Virtual. Fonte (Yong-Moo et al. 2001).

Este projeto embora não possua os seus subsistemas integrados num único interface, constituiu um trabalho pioneiro nesta área, constituindo a principal referência para futuros trabalhos como a ARCO e sistemas similares ao utilizado pelo gabinete de Paleobiologia da Universidade de *Davis* (Yong-Moo et al. 2001).

### 3.4.2 ARCO – *Augmented Representation of Cultural Objects*

O ARCO iniciou-se em 2001 como um projeto Europeu (figura 17) cofinanciado pela Comissão Europeia mais em concreto pelo programa da Sociedade de Tecnologia em Informação.

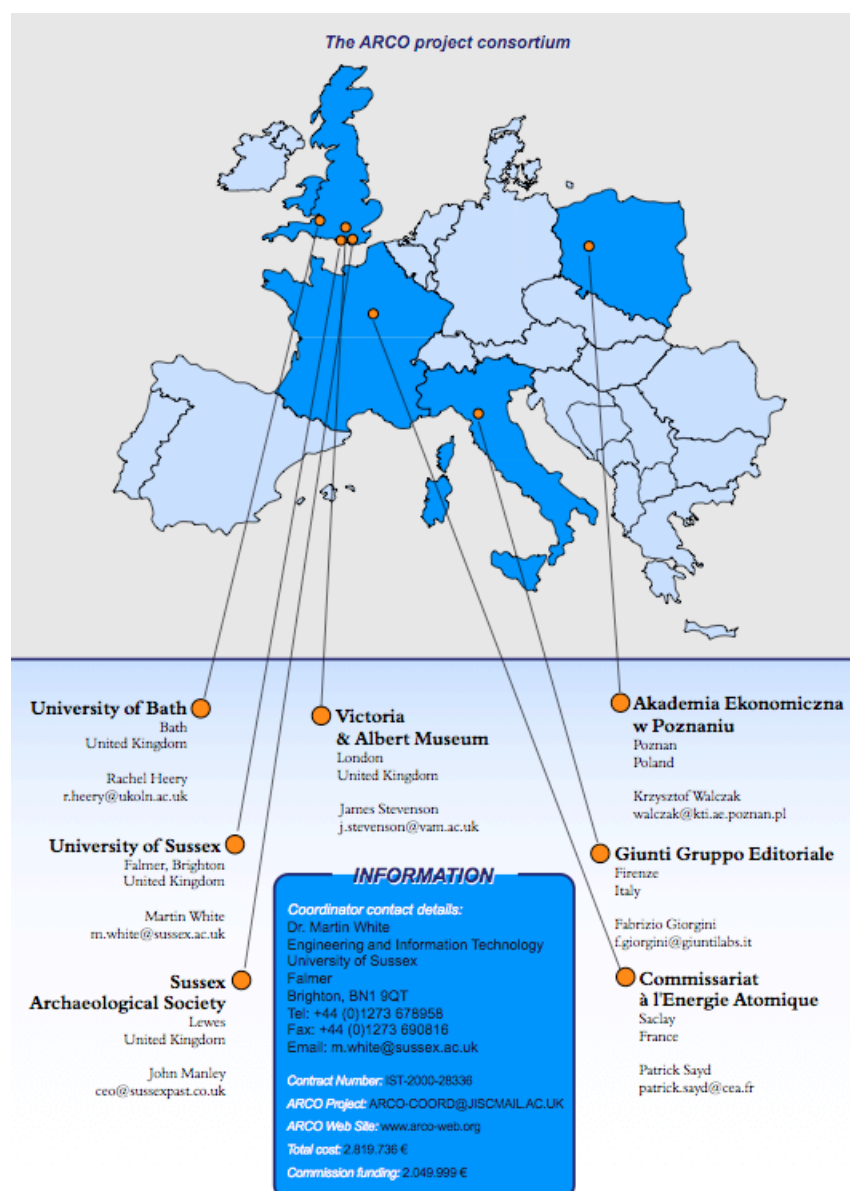


Figura 17 – Entidades integradas ba ARCO. Fonte (White et al. 2004).

O principal objetivo da ARCO foi o de desenvolver um sistema tecnológico fácil de usar baseado não só em tecnologias existentes mas também em tecnologias proprietárias criadas dentro da ARCO. Este sistema destinava-se à representação virtual de objetos museológicos.

#### Componentes do Sistema ARCO:

- **Sistema de modelação de objetos** – Constituído por dois sistemas, um sistema de fotogrametria (*image based modeling*) cuja modelação é baseada na aquisição de varias fotografias de um artefacto, através das quais se compõe um modelo 3D. O segundo sistema é um *software* próprio para modelar e texturizar pequenos objetos (figura 18).

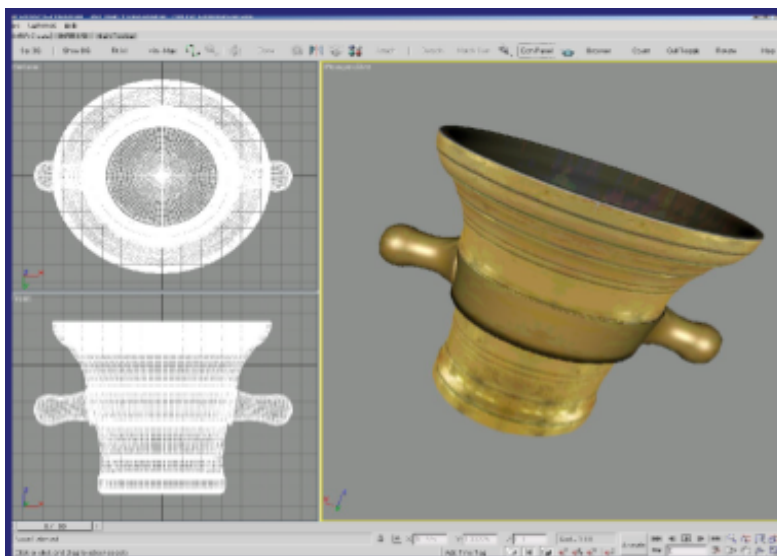


Figura 18 – Interface da ferramenta de modelação ARCO. Fonte (White et al. 2004).

- **ARCO Metadata Schema (AMS)** – Constitui um sistema de metadados que descreve não só a representação do artefacto mas também toda a informação subjacente à sua modelação e apresentação. Este sistema de metadados é constituído por dois standards; o *Dublin Core* e o *Computer Interchange of Museum Information CIMI*.
- **ARCO Content Management Application (ACMA)** – Sistema integrado que permite a um utilizador pertencente à equipa de um museu, aceder à base de dados de objetos e montar a exposição virtual (figura 19).

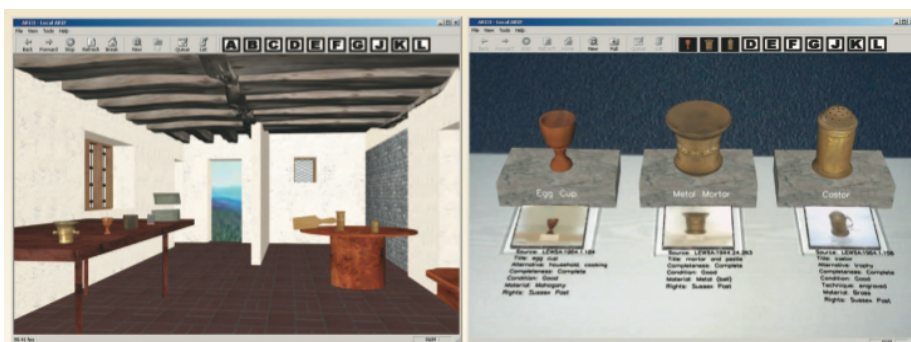


Figura 19 - Interface para montagem das exposições virtuais. Fonte (White et al. 2004).

- **ARCO XML Schemas** – Esquemas XML destinados à descrição de características técnicas e de armazenamento dos objetos museológicos.
- **Base de Dados Relacional de Objetos Culturais.** – Repositório comum de armazenamento de todos os dados relacionados com os diferentes objetos.
- **XML Data Exchange** – XML destinado à interoperabilidade entre os sistemas distribuídos da ARCO.

- **Interfaces de Realidade Aumentada** – Sistema que permite a geração, não só dos interfaces *web* para a apresentação das exposições virtuais mas também para a apresentação dentro do próprio museu de elementos de Realidade Aumentada (figura 20).

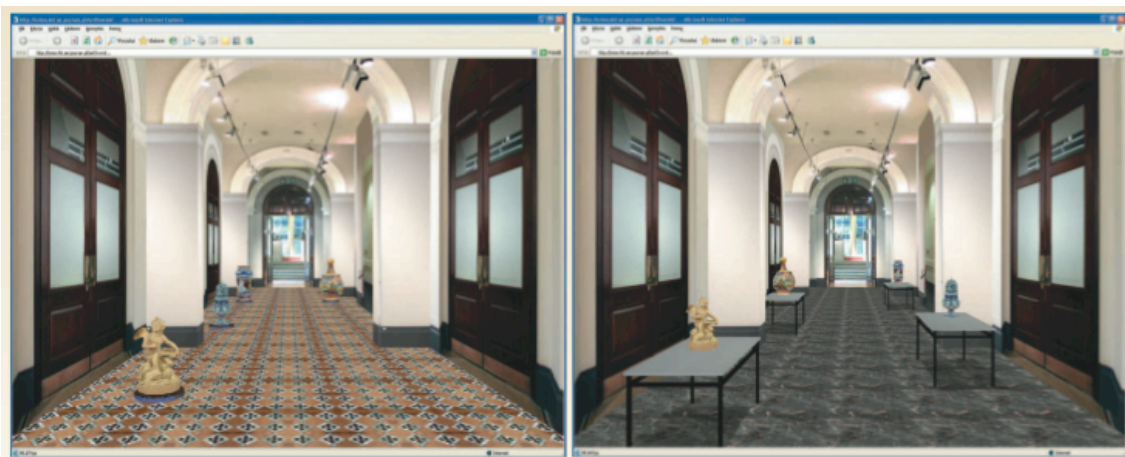


Figura 20 – Exposição virtual apresentada no *web browser*. Fonte (White et al. 2004).

Atualmente o sistema *ARCO* é utilizado pela *Virtual Expo WEB* um instituto dentro da Universidade de *Sussex* (pertencente ao painel de entidades colaboradoras do projeto *ARCO*), que para além de serviços de consultorias na área da museologia digital, utiliza o sistema *ARCO* aliado às mais recentes tecnologias de captura e visualização 3D, para a criação de exposições virtuais.

### 3.4.3 Linguagem de Descrição de Cenas, Baseada em *XML*

Projeto do Departamento de Ciências da Computação e Tecnologia da Universidade de Pequim, que desenvolveu uma linguagem de descrição de cenas, para exposições virtuais intitulado de *XVM* (figura 21).

Esta linguagem permite a separação do ambiente virtual e os objetos museológicos nele contidos. Permite ainda com grande eficiência aceder aos recursos digitais de uma coleção museológica diminuindo assim o esforço da rede.

Foi também implementado com sucesso um sistema de autoria baseado nesta linguagem e uma outra aplicação para visualização da aplicação interativa criada também no âmbito deste projeto (White et al. 2004).

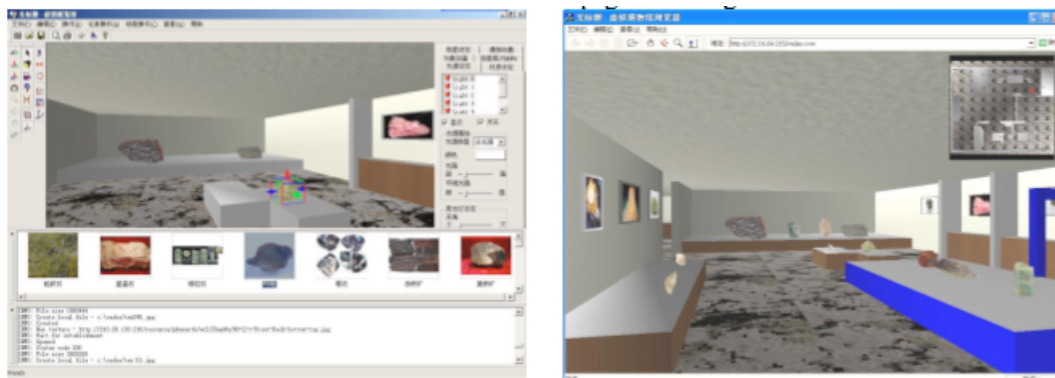


Figura 21 – Ferramenta de autoria e visualizador de XVM. Fonte (White et al. 2004).

Os projetos analisados nesta secção demonstram a validade da investigação, uma vez que possuem ferramentas de criação de exposições virtuais. A limitação destes projetos é que possuem um suporte tecnológico assente em ferramentas proprietárias, que necessitam de um conjunto de sistemas proprietários associados.

## **4 Metodologia para Produção de Exposições Virtuais.**

Neste capítulo descrevem-se pormenorizadamente todas as etapas que serviram de suporte ao desenvolvimento do protótipo, de acordo com os objetivos gerais e específicos definidos na introdução e com o enquadramento teórico apresentado nos capítulos 2 e 3 da presente dissertação.

Em primeiro lugar serão analisadas as metodologias de planeamento e implementação de exposições físicas. Seguidamente serão analisadas as metodologias de desenvolvimento de vídeo jogos em ambiente 3D.

Finalmente, será efetuada uma análise comparada entre ambas as metodologias com o objetivo de extrair os métodos comuns aos dois paradigmas de implementação. Consegue-se assim descrever um método de implementação de exposições virtuais.

### **4.1 Análise das Metodologias de Planeamento e Implementação de Exposições**

No desenvolvimento de uma exposição todas as considerações de um museólogo ou curador estão focadas na facilitação, apresentação e interpretação da coleções patentes numa exposição. Independentemente do tipo de exposição, será sempre necessário um processo de investigação e interpretação de forma a definir a história ou histórias que uma exposição vai contar ao seu público. Tal como referido na análise bibliográfica efetuada anteriormente, muito deste processo é atualmente desempenhado por redes colaborativas que envolvem elementos possuidores de competências pertencentes a várias áreas do conhecimento.

Resumidamente o desenvolvimento de uma exposição envolve as seguintes etapas (Lord and Lord 2002):

- Formulação do conceito da exposição, constitui a etapa onde é formulado o conceito, tema ou ideia central da exposição.
- Pesquisa de suporte à criação do conceito da exposição.
- Avaliação, desenvolvimento e seleção de coleções, fase em que se analisa quais os objetos adequados para serem exibidos, tendo em conta o tema ou ideia central
- Documentação, organização de toda a documentação formal, associada à exposição
- Conservação onde são definidas as estratégias de conservação dos objetos que serão expostos.
- Preparação do guião da exposição - Esta última etapa implica a elaboração de um documento crucial para todo o processo de planeamento de uma exposição. Nele, é agregada toda a informação recolhida durante a fase preliminar, definindo o conteúdo e propósito da exposição.

Estas etapas estão representadas do processo, no diagrama de atividades da figura 22

Uma análise detalhada de cada uma destas etapas poderá ser consultada no anexo N.



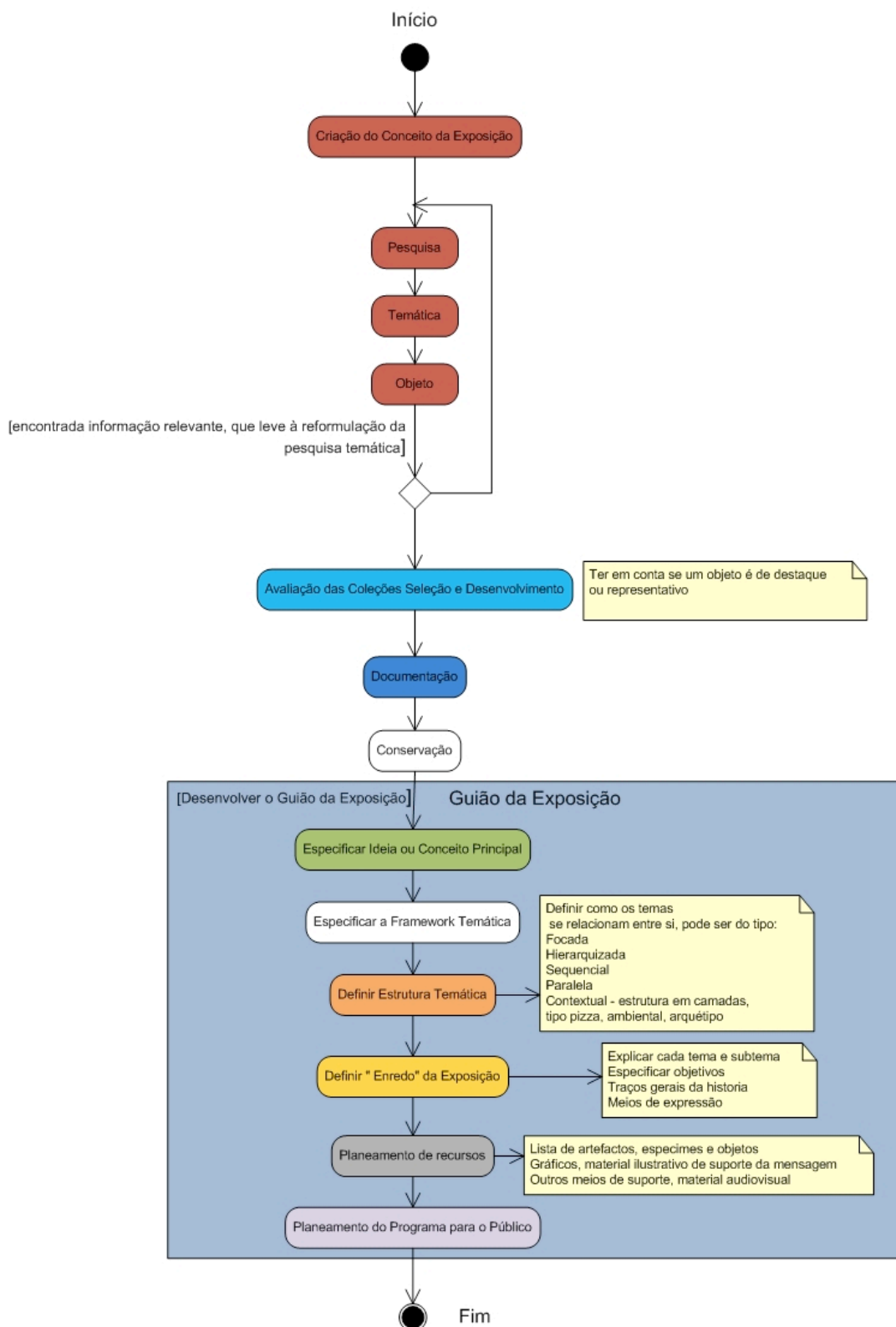


Figura 22 - Diagrama de atividades relativas à metodologia de criação de exposições.

## 4.2 Análise das Metodologias de Desenvolvimento de Jogos de Vídeo em Ambiente 3D

Analisa-se no presente capítulo as etapas de desenvolvimento e produção de jogos de vídeo, este capítulo teve como principal referência as seguintes autores: (John Hight 2008; Simons 2007; Ahearn 2009; Gregory 2009)

A figura 23 indica de uma forma resumida o fluxo de trabalho subjacente ao processo criativo e técnico de desenvolvimento de jogos de vídeo. Uma análise detalhada de cada uma destas etapas poderá ser consultada no anexo O.

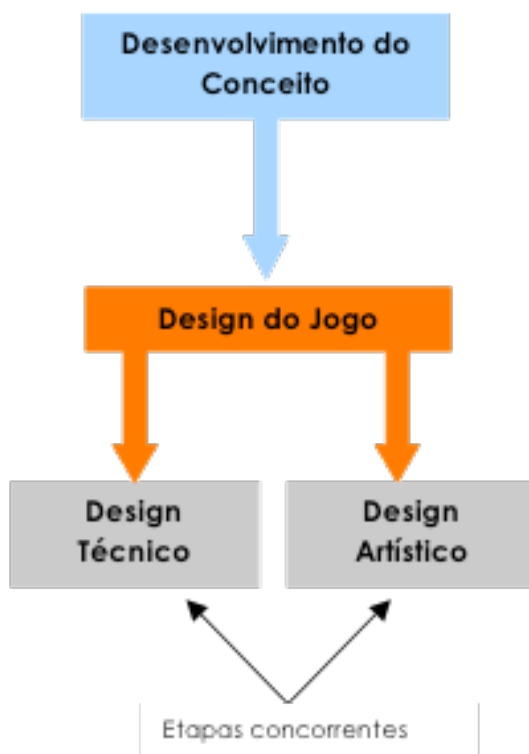


Figura 23 – Processo de desenvolvimento de jogos

### 4.2.1 Criação do Conceito

Entende-se por “conceito”, uma versão curta e resumida da ideia que está por detrás de um vídeo jogo.

O conceito toma a forma de um documento que aborda e dá resposta às seguintes questões:

- De que se trata o jogo?
- Quem comprará o jogo?
- Por que razão o jogo irá ser comprado?
- Porque razão deverá este jogo ser publicado?

### 4.2.2 Design do Jogo

O “design do jogo” define a visão global do jogo e bem como todos os seus elementos criativos. No âmago desta etapa crucial na criação do um vídeo jogo está o desenvolvimento do documento designado por “*Game Design Document*” (*GDD*), e serve de referência para todos os elementos da equipa de produção de um jogo, designers, engenheiros de *software*, designers de som e artistas conceptuais.

O design de um jogo subdivide-se em:

- **Design Técnico**, onde é elaborada a definição o planeamento e a implementação das tarefas técnicas para o desenvolvimento do jogo. Durante o planeamento do design técnico é produzido um documento designando por “*Technical design document*” (*TDD*), muitas vezes o *TDD* é desenvolvido em paralelo com o *GDD* (John Hight 2008).
- **Design Artístico**, onde toda a conceção artística dos elementos gráficos e sonoros a utilizar no jogo, é desenvolvida. Como suporte a esta etapa é criado um guia de arte e estilo para o jogo, que irá definir a arte conceptual de todos elementos constituintes do jogo (personagens, ícones, cenários, ambientes, personagens). É definido também o processo de implementação 2D ou 3D de todos esses elementos (John Hight 2008).

Em detalhe estas etapas estão definidas no diagrama de atividades da figura 24

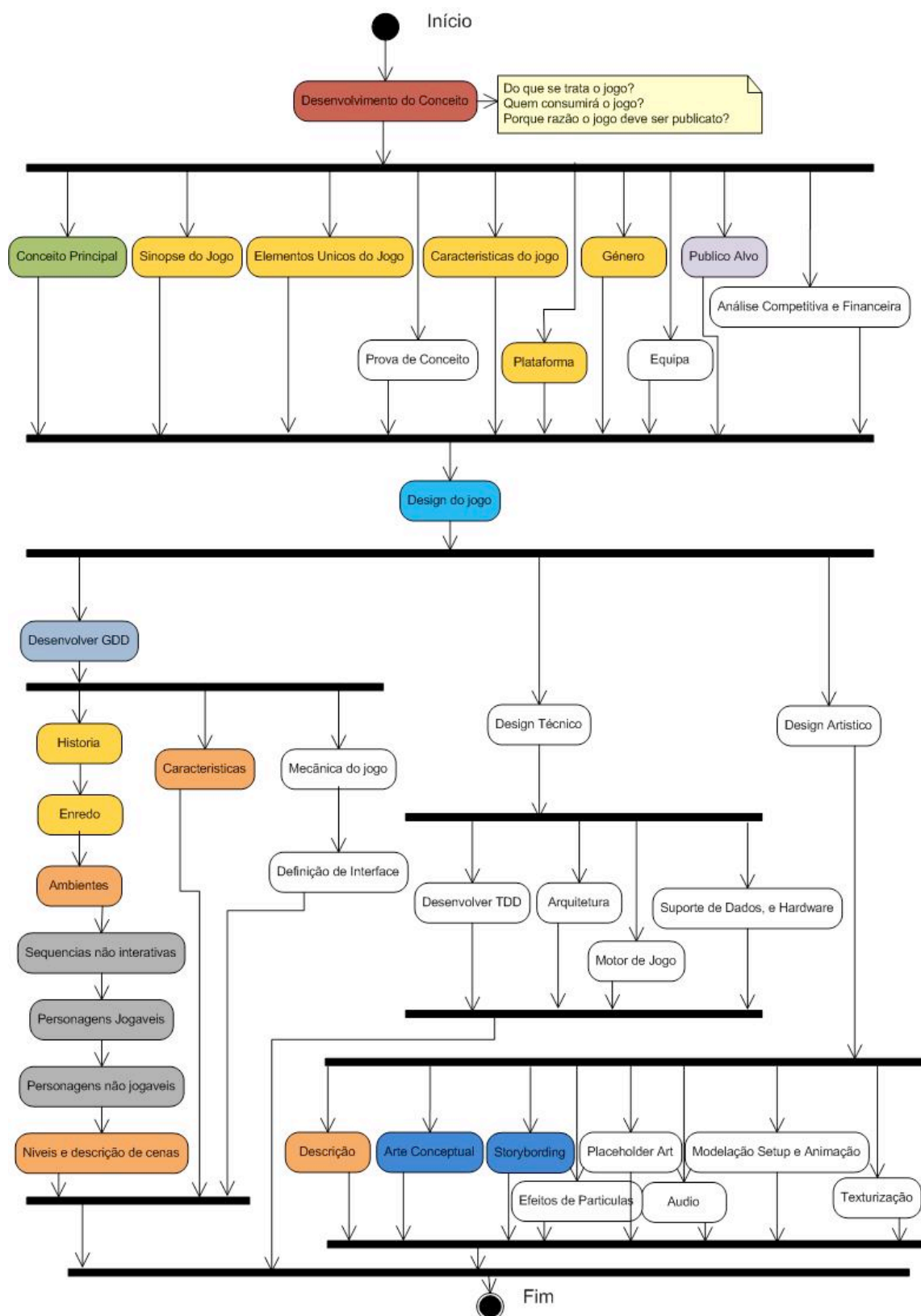


Figura 24 - Diagrama de atividades associadas à metodologia de desenvolvimento de vídeo jogos

### 4.3 Definição das Metodologias para Exposições Virtuais

De acordo com dos dois diagramas de atividade (segundo formalismo UM) definidos, um descrevendo as metodologias associadas à criação de exposições e outro descrevendo as atividades e métodos associados ao desenvolvimento de vídeo jogos, foi elaborada uma análise de similaridade entre ambos.

Procedeu-se à deteção de tarefas que pela sua descrição nas duas secções anteriores, possuem uma natureza comum a ambos os métodos. Estas foram assinaladas com cores iguais, tal como indicado nas figuras 23 e 24.

As atividades a branco não possuem qualquer tipo de correspondência entre metodologias, que se deve ao facto de constituírem atividades especializadas em cada uma das áreas de conhecimento. No entanto, tal não significa que não venham a ser utilizadas, mais concretamente no caso específico de algumas etapas relacionadas com o desenvolvimento de jogos, uma vez que se trata de criar exposições virtuais em ambiente 3D.

Tendo em consideração que os métodos de criação de exposições virtuais se destinam a profissionais da museologia e atendendo à sua “linguagem” específica, utilizar-se-á por base as atividades de desenvolvimento de exposições. Estas serão adaptadas ao contexto digital tridimensional.

Chega-se assim ao modelo da figura 25. Como se pode analisar foram especificadas duas *swimlanes*, uma dedicada a museólogos e outra associada a profissionais de criação de conteúdos 3D interativos.

Apesar da presente investigação não se focar nos profissionais da área da multimédia, os processos que lhes estão associados foram incluídos. Deste modo eles servirão de guia, de forma a garantirem a conformidade dos modelos 3D e respetivas animações (caso sejam necessárias) com o motor de jogo onde serão integrados.

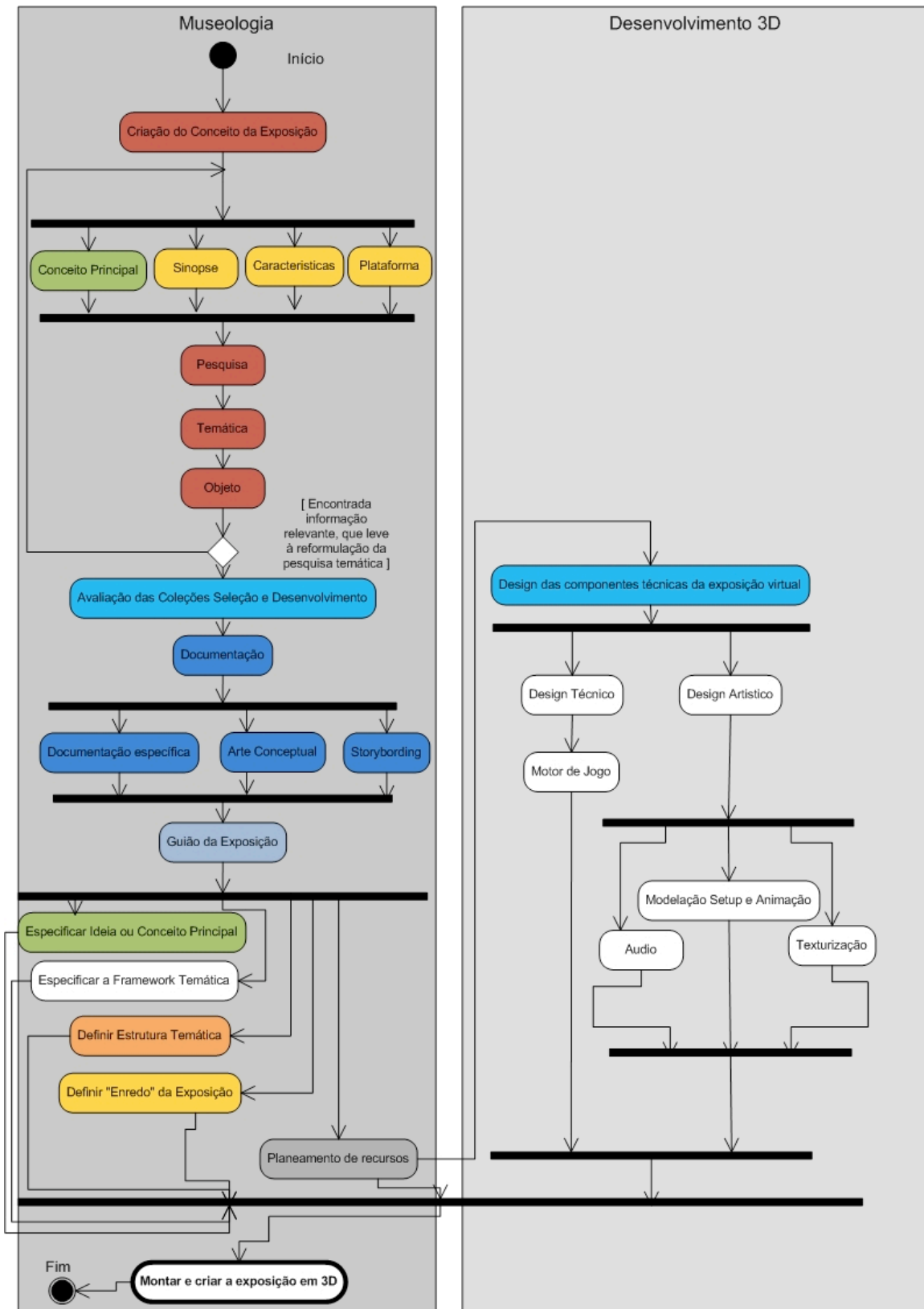


Figura 25 – Diagrama de atividades da metodologia de criação de exposições virtuais em 3D

## 4.4 Descrição dos Métodos para Criação de Exposições Virtuais Atribuídas à equipa Museológica.

Tendo como referência o diagrama da figura 44, descreve-se a metodologia proposta para a criação de exposições virtuais em 3D.

### 4.4.1 Criação do Conceito da Exposição

Formulação do conceito, tema ou ideia central da exposição. Apesar de constituir uma tarefa associada ao curador responsável, muitas vezes poderão estar envolvidos outros *stakeholders* (em determinados casos poderá haver a participação do próprio público).

À criação do conceito da exposição estão associadas as seguintes tarefas

- **Conceito Principal** – constitui uma simples ideia ou tema que define a visão ou a principal ideia por detrás da exposição.
- **Sinopse** – Aborda o tema ou temas da exposição ou o objetivo principal da mesma.
- **Características** – descrição do tipo de interação entre o visitante e a exposição virtual. Estas características deverão ser avaliadas tendo em conta; conceitos físicos e reais associados à mobilidade dos visitantes, elementos que possam potenciar, agregação afetiva com o tema ou história que a exposição quer transmitir, existência de interatividade com os objetos (possibilidade de manipulação, e de replicar o funcionamento de um determinado objeto), disponibilização ou não de metadados associados aos objetos em exposição.
- **Plataforma** – plataforma tecnológica que suportará a exposição virtual; será disponibilizada em contexto *web*, ou em computador local, destinado a dispositivos móveis ou consolas de jogos.

### 4.4.2 Pesquisa

Pesquisa de suporte à criação da exposição virtual. Tal como nas metodologias de criação de exposição reais esta pesquisa pode ser temática ou de objeto. Neste contexto poderá abordar-se por um modelo iterativo (tal como explicado na secção 5.1.2) que engloba ambos os métodos e pode implicar em cada iteração a reformulação das tarefas do ponto anterior.

### 4.4.3 Avaliação de Coleções Seleção e Desenvolvimento

Análise dos objetos adequados para serem exibidos, tendo em conta o tema ou ideia central que foi anteriormente definida. Definem-se os requisitos e planos destinados a possibilitar a concretização dos objetivos da exposição virtual.

Estes requisitos deverão ter em conta os seguintes parâmetros:

**A) Utilizadores e Literacias** - tal como analisado no subcapítulo 2.1.5 poderão haver três tipos de públicos; público geral, investigadores e profissionais, e público escolar (Lin 2009).

**B) Morfologia do espaço virtual e a relação com utilizadores** - Alguns investigadores da área da realidade virtual observaram que os ambientes virtuais carecem da falta de alguma riqueza e do envolvimento que os jogos de vídeo fornecem (Cameron and Kenderdine 2007).

Deste modo, design de um museu virtual, visto como conteúdo, estrutura, funcionalidade, e interação, não deve ser criado de uma forma demasiado padronizada. Ou seja, em vez de se apresentar um espaço *standard* a todos os utilizadores, estes deverão ser personalizados em função dos perfis dos utilizadores.

Para a construção de um perfil de audiência é necessário identificar características nas quais se possa atuar, bem como padrões de utilização. A forma como os utilizadores interagem com a paisagem virtual da exposição faz com que se estabeleça um posicionamento de diálogo, levando a abordar (Cameron and Kenderdine 2007):

- **conceitos de afeto**, demonstrando que o comportamento dos utilizadores é influenciado pela informação emocional dos conteúdos da exposição.
- **conceitos de apreciação**, demonstrando que os utilizadores avaliam a qualidade do produto virtual, e não os conteúdo propriamente ditos.
- **conceitos de julgamento**, levando os utilizadores a avaliar a validade dos conteúdos da exposição virtual através dos seus próprios conjuntos de valores. Este conceito é fortemente dependente dos conhecimentos, literacias e competências eletrónicas.

**C) A materialização do movimento** - A forma particular como os utilizadores habitam espaços virtuais 3D desempenha um papel importante na prática de movimento num ambiente dessa natureza (Cameron and Kenderdine 2007).

Usando como paralelismo os jogos de vídeo, que há muito se debruçaram sobre esta questão, o movimento poderá ser materializado por duas vias, através de movimentação em primeira pessoa ou em terceira pessoa, sendo necessário a criação de uma personagem ou avatar (Cameron and Kenderdine 2007).

#### **D) Níveis de Representação Virtual em Museus**

Como analisado no subcapítulo 2.3.1, representação virtual pode ser classificada em níveis de realismo:

- Hiper-realismo



- Realidades Seletivas
- Abstrações

**E) Processo pedagógico** – Pela descrição do subcapítulo 2.4.1, as exposições virtuais contribuem para os processos pedagógicos, pois permitem:

- A recriação ou até mesmo novas criações de demonstrações para as comunidades acadêmicas e para a comunidade em geral.
- A divulgação das grandes questões da ciência a partir de uma visão atualizada, sensibilizando os públicos mais jovens para as atividades científicas, e projetar o conhecimento junto das populações que a ele não acedem com regularidade.

Em resumo, os criadores de exposições virtuais terão de reconhecer a natureza única das paisagens virtuais providenciando uma navegação que deverá ser clara e que permita uma interação não linear entre espaço virtual e o utilizador.

#### 4.4.4 Documentação

Para além da documentação específica referida no subsecção 5.1.4, e dada a especificidade de uma exposição de cariz digital e tridimensional, seria uma boa prática adotar duas tarefas amplamente difundidas nas indústrias cinematográficas e de vídeo jogos. São elas:

- Arte conceptual, ilustrações coloridas do aspeto que a exposição deverá ter, permite analisar muitos parâmetros técnicos como por exemplo iluminação e ambiente.
- *Storyboard* – ilustrações sequenciais que permitem projetar as animações e elementos interativos que poderão existir na exposição virtual.

#### 4.4.5 Guião da Exposição

Como já referido, o guião da exposição constitui o documento mais crucial para todo o processo de planeamento de uma exposição. Nele, é agregada toda a informação recolhida durante as etapas anteriores, definindo o conteúdo, comportamento interativo (quando existente) e propósito da exposição. Tal como o GDD associado ao desenvolvimento de jogos, o guião da exposição constitui o grande documento de referência, para toda a equipa envolvida no desenvolvimento de uma exposição. É constituído por:

- **Especificação do conceito e ideia (tema) principal da exposição**
- **Especificação da Framework temática.**  
Onde são identificados os temas e tópicos da exposição e estabelecidos os parâmetros que focam o desenvolvimento dos conteúdos da exposição.

- **Definição da Estrutura temática**

Para além de se definir como os temas se relacionam entre si, e de se poder escolher qualquer uma das estruturas temáticas especificadas na alínea C da secção 5.1.6 (conforme o propósito da exposição), define-se também o tipo de ambiente virtual da exposição ou seja:

- Características da exposição virtual, como o detalhe gráfico e tipo de iluminação e interação.
- Descrição dos diferentes espaços virtuais existentes na exposição

- **Guião ou enredo da exposição virtual**

Onde são definidos objetivos, navegação e a descrição de todo e qualquer tipo de comportamento interativo dos objetos ou outros elementos pertencentes à exposição virtual.

- **Planeamento dos recursos**

Onde os artefactos virtuais e informações associadas à exposição são identificados. Identificam-se todas as categorias de elementos e recursos que estarão disponíveis na exposição. Nesta subsecção especifica-se:

- Lista de objetos e elementos de apoio (cenários, expositores ou outro qualquer objeto 3D acessório) que serão utilizados na exposição.
- Definição de quais objetos ou outros elementos que serão animados ou sujeitos a comportamento interativo; Descrição do comportamento destas interações.
- Gráficos, imagens e material ilustrativo de suporte que figurará na exposição virtual.
- Outros meios de suporte, tais como áudio, vídeo ou metadados associados aos objetos expostos.

Na próxima secção serão descritas as tarefas associadas à componente técnica e desenvolvidas por uma equipa com competências na área de produção 3D e desenvolvimento de aplicações interativas em ambiente tridimensional.

No final da secção far-se-á uma descrição da última tarefa “Montar e criar exposição em 3D” (figura 25) que será da competência da equipa de museologia. Enquadrar a referida tarefa na próxima secção e não na atual, prende-se com o facto de esta só ser possível após a conclusão das tarefas da equipa de desenvolvimento 3D.

## 4.5 Descrição dos Métodos para a Criação de Exposições Virtuais Atribuídas à Equipa de Desenvolvimento 3D.

### 4.5.1 Design Artístico

Baseado nas especificações do guião da exposição, serão criados os modelos 3D dos objetos em exposição bem como de todos os elementos existentes na exposição virtual. Teremos assim associado ao design artístico as seguintes etapas, que serão ilustradas com um objeto criado para apoio da presente investigação e pertencente ao espólio museológico do museu da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e que será utilizado no estudo de caso e prova de conceito do capítulo 7.

Uma nota importante a salientar é a possibilidade das etapas de modelação e texturização poderem ser executadas segundo o método descrito no subcapítulo 3.3.1 e utilizado pelo Laboratório de Paleobiologia da Universidade de *Davis*.

Este método consiste na digitalização do modelo físico através de *scanner* 3D e posterior criação da malha poligonal através do *Rapidform* (*software* de criação de malhas poligonais através de dados originais de um *scanner*). Este constitui um método muito mais expedito e adequado para objetos que não possuam componentes móveis, do que o preconizado em seguida. No entanto, e dependendo da qualidade e tamanho do scanner 3D, este processo poderá ter custos financeiros elevados.

#### A) Modelação setup e animação

Etapla destinada a modelar a animar em ambiente 3D, todos os elementos integrantes da exposição virtual.

Existem vários *softwares* que podem ser utilizados nesta etapa, alguns dos quais já mencionado no capítulo 3. No caso particular da presente dissertação foi utilizado o *Blender* como ferramenta de modelação e animação, de forma a representar e animar uma balança aerodinâmica *Philip Harris*. O *Blender* possui várias vantagens, como a versatilidade e integração de um grande número de ferramentas auxiliares ao processo de modelação e, principalmente, o facto de constituir uma ferramenta *open source*, sem custos em termos de licenciamento.

O processo de modelação e animação pode ser descrito pelas seguintes etapas.

- **Análise de referências do objeto a modelar** – A documentação recolhida nas anteriores fases e contida no guião da exposição sobre o objeto a modelar, servirá de referência para o processo de modelação. No caso concreto de objetos destinados a exposições científicas, o acesso a esquemas técnicos fornecidos pelos fabricantes dos objetos originais é fundamental para a construção do conhecimento do objeto e da sua morfologia e forma de montagem.

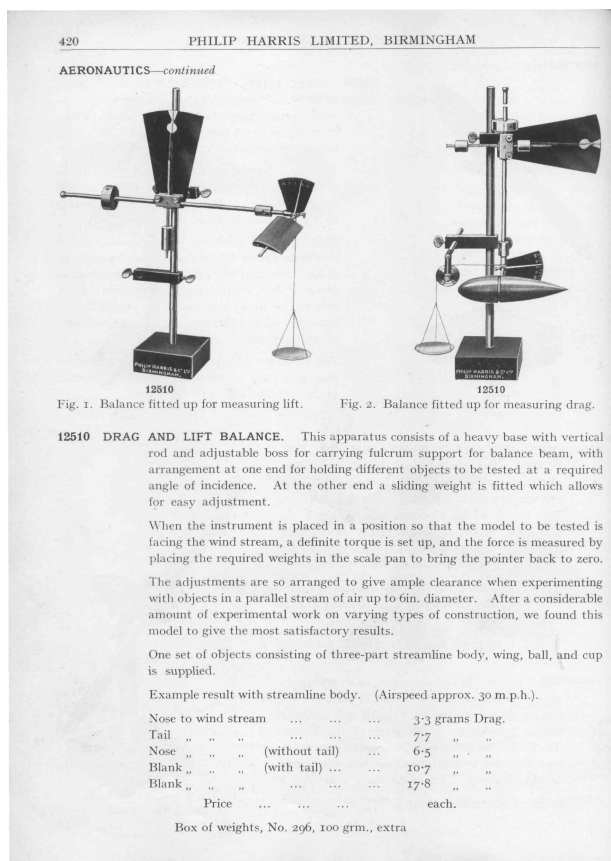


Figura 26 – Especificações originais do fabricante da balança aerodinâmica

- **Modelação** – Modelar o objeto tendo como referência um conjunto de imagens do mesmo. Na maioria das situações convém tirar várias fotografias de vários ângulos de forma a auxiliar o processo de modelação, servindo de referência nas vistas ortogonais. Uma outra questão relativa ao uso de fotografias prende-se com a preservação dos objetos museológicos. Por razões de deterioração ou impossibilidade manipulação recorre-se à fotografia como método de preservação do objeto relativamente a múltiplas manipulações. (John Kundert-Gibbs 2007).

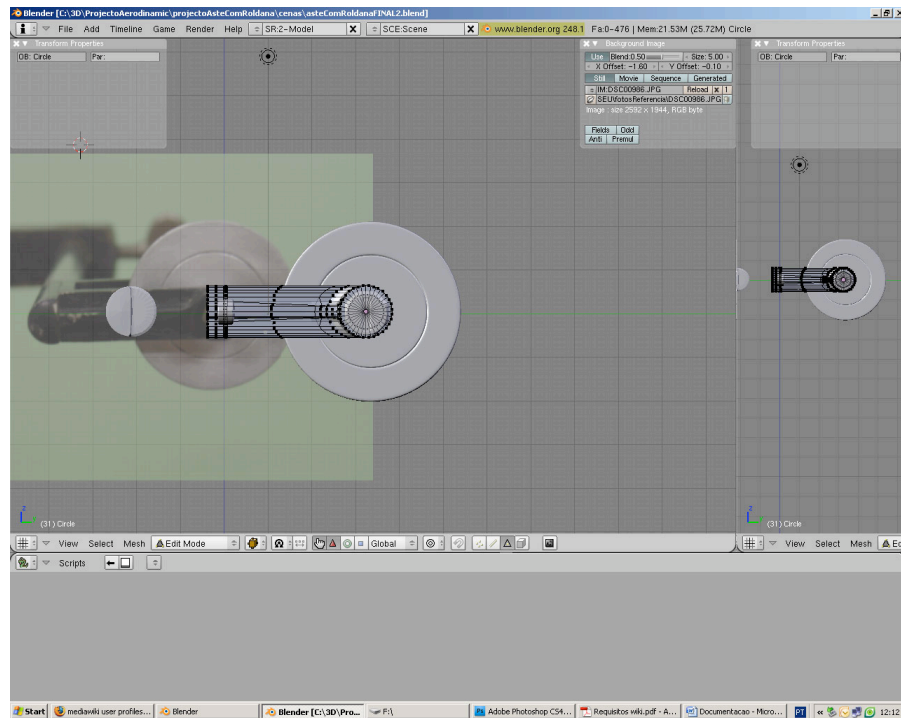


Figura 27 – Modelação de elemento da balança usando imagem de referência

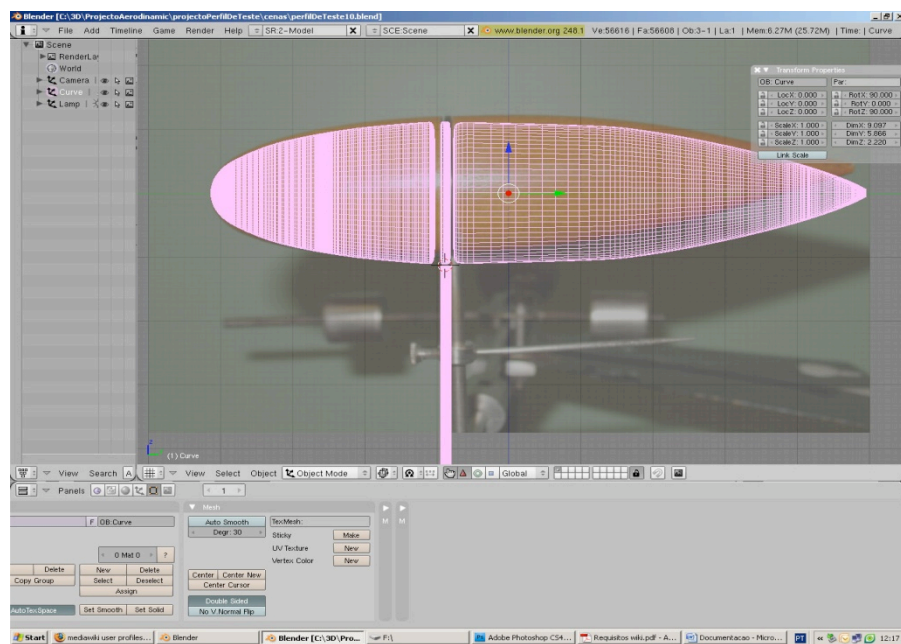


Figura 28 – Outro exemplo da modelação de um dos elementos da balança, usando imagem de referência

Uma situação a ter em conta em processos de modelação de objetos que se destinam a ser integrados num motor de jogo, é a contagem poligonal. Esta deve ser o mais baixa possível de forma a tornar o processo iterativo com o ambiente virtual mais fluído e eficiente (Goldstone 2009). Assim, tendo em atenção este parâmetro de eficiência, deve manter-se a resolução poligonal

baixa e fez-se uso da utilização do *smooth shading* de forma a reduzir o efeito facetado, típico de modelos com pouca resolução.

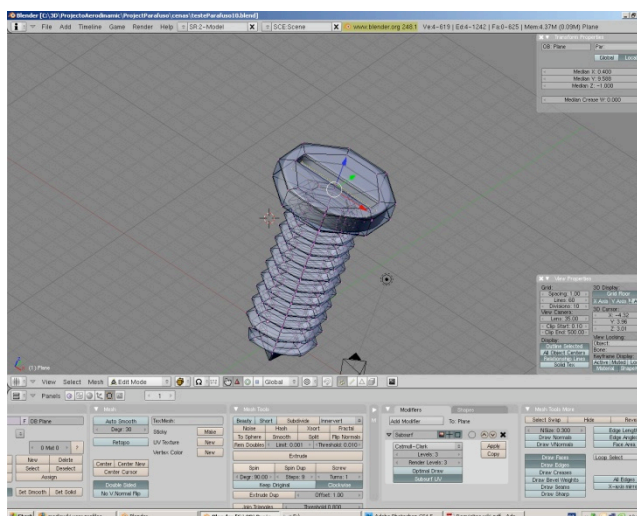


Figura 29 – Modelo de parafuso da balança com *smooth shading* aplicado.

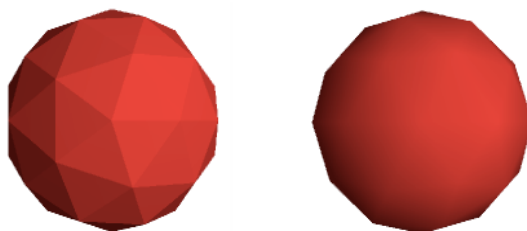
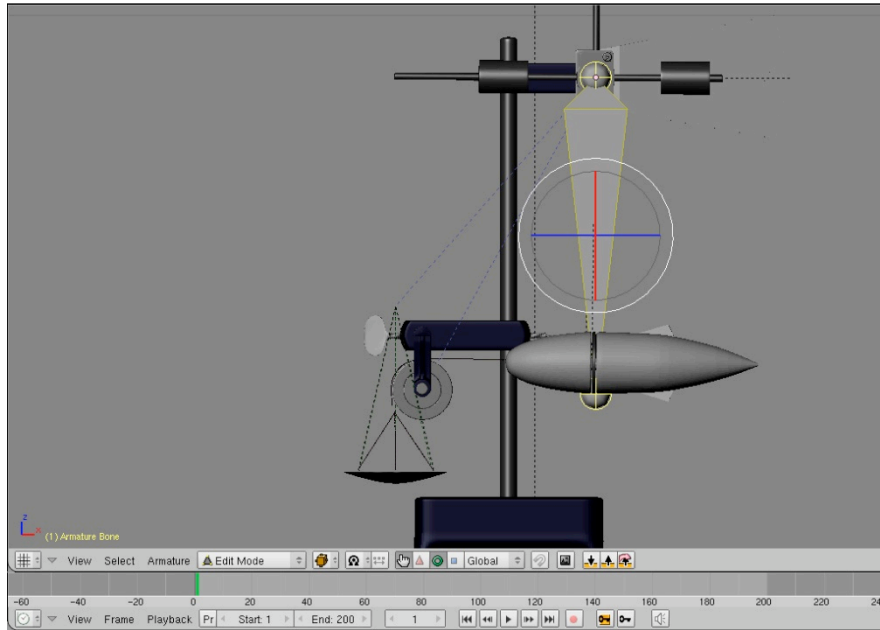


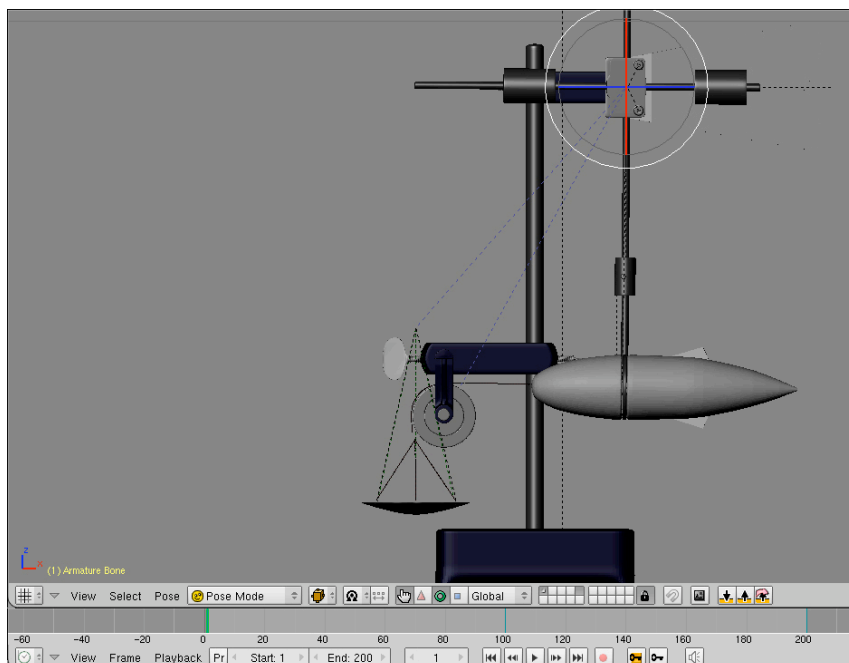
Figura 30 – Esfera de baixa resolução poligonal na esquerda, e a mesma esfera com *smooth shading* no lado direito.

- **Setup e Animação** - Após a conclusão do processo de modelação de todo o objeto, procede-se à fase de preparação (*setup*) e animação. Devido à integração do presente objeto num motor de jogo, devem-se ter em conta as seguintes práticas associadas à utilização de elementos 3D animados para vídeo jogos ou aplicações interativas 3D.
  - Todas as animações devem ser controladas por *joints* (vulgarmente designadas por ossos), um *joint* é um objeto 3D que não surge durante a síntese de imagem e é utilizado para a criação de esqueletos que, após serem associados a modelos (processo designado por *skinning*) permitem animar o respetivo modelo pela sua manipulação. Este procedimento deve-se ao facto de a maioria dos motores de jogo só aceitarem objetos animados por este processo (designado por *skeletal animation*).



**Figura 31 – Aplicação de um *joint* para controlar a animação do braço principal da balança**

- Outra prática utilizada no desenvolvimento de vídeo jogos, corresponde à forma de como as animações são desenvolvidas de forma a serem controladas no motor de jogo. Assim todas as animações possíveis são elaboradas numa única *timeline*. A ativação de uma animação específica é definida programaticamente no motor de jogo (por exemplo, função que ativa a animação da *frame* 10 à *frame* 80) (Goldstone 2009)



**Figura 32 – *Keyframes* de todas as animações possíveis pelo braço da balança, marcadas pelos traços verticais verdes na *timeline* do *Blender*.**

## B) Texturização

Etapa destinada à atribuição de texturas que simulem os materiais que constituem o objeto.

Dadas as especificidades e otimização a que os modelos 3D necessitam para que possam ser introduzidos num motor de jogo, é recomendável que as texturas destes modelos sejam criadas através de *UV texture mapping* e não através de texturas procedimentais provenientes das ferramentas de modelação (Ahearn 2009).

O processo *UV texture mapping* consiste em “recortar” e planificar uma malha poligonal e colocar-lhe uma imagem adequada que simule o material. Esta imagem é então exportada como uma imagem que textura na perfeição o objeto.

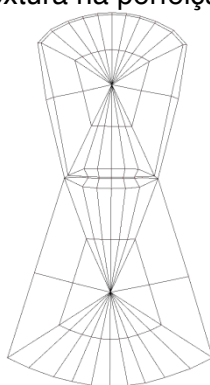


Figura 33 – Planificação da malha poligonal que constitui a escala da balança

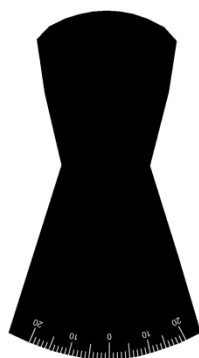
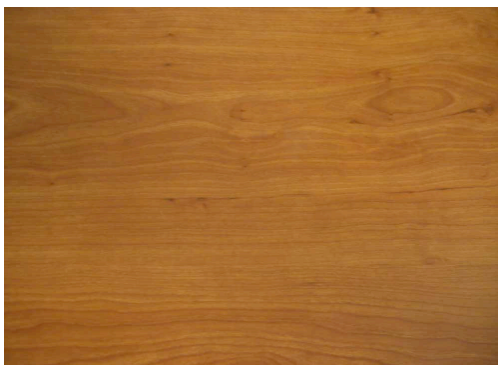


Figura 34 – Textura UV criada para a escala da balança

Uma vez que todos os motores de jogo atuais possuem mecanismos para criação de *bump maps* e reflexos especulares, devem ser criadas imagens com as respetivas versões em escala de cinzentos, que permitem criar rugosidade e reflexos.





**Figura 35 – Imagem de textura de madeira utilizada para o perfil aerodinâmico da balança.**



**Figura 36 – Versão em escala de cinzentos da imagem anterior, destinada a simular a rugosidade dos veios da madeira, e criar reflexos especulares.**

### **c) Áudio**

Levantamento e produção de todo o tipo de efeitos sonoros ou bandas sonoras a serem introduzidos no motor de jogo para utilização na construção da exposição virtual. Preferencialmente devem ser privilegiados os formatos de áudio comprimido por questões de desempenho e eficiência.

## 4.5.2 Design Técnico

Esta tarefa reveste-se de extrema importância, pois consiste em adequar um motor de jogo para a criação de uma exposição virtual, bem como implementar toda a lógica de interação necessária.

Em resumo, no presente capítulo e com base no levantamento e análise de metodologias sólidas, que constituem boas práticas estabelecidas a nível profissional, na área da museologia e na área do desenvolvimento de jogos, definiu-se um método destinado à criação de exposições virtuais em 3D. O processo pelo qual estes métodos foram extraídos, baseou-se nas interseções existentes entre ambas as áreas.

Devido à natureza virtual deste tipo de exposições, foram acrescentados métodos técnicos que se destinam a equipas especializadas que construirão os conteúdos necessários para que profissionais da museologia possam facilmente construir e exibir exposições em 3D. Isto constitui em última análise a tarefa “Montar e criar exposições em 3D” do diagrama de atividades das metodologias extraídas (ver figura 25).

O propósito deste método é o de adequar ao contexto da criação de exposições virtuais em ambiente 3D a componente tecnológica necessária.

Falta abordar uma última e importante questão na área tecnológica, qual o motor de jogo mais adequado à criação de exposições em 3D. Esta resposta será dada não só pela análise dos quadros de características criados no capítulo 3, de análise do estado da arte, mas também no próximo capítulo, onde será especificado e desenvolvido um protótipo de apoio à presente investigação.

## 5 Implementação do Protótipo

Após a descrição da metodologia de criação de exposições virtuais, descrevem-se neste capítulo as etapas de desenvolvimento do protótipo, para posteriormente ser submetido a uma prova de conceito.

O presente capítulo divide-se em duas partes, na primeira parte descreve-se a modelação, usando o standard UML, da arquitetura do protótipo; na segunda parte é descrito o processo de seleção e escolha do motor de jogo, pertencente ao elenco de motores analisados na secção 3.2 do Capítulo 3 de análise do estado da arte.

Posteriormente, serão descritas as configurações e os *scripts* desenvolvidos que, permitirão disponibilizar o motor de jogo selecionado como protótipo destinado à prova de conceito.

### 5.1 Definição da Arquitetura

Na presente secção descreve-se e modela-se a arquitetura do protótipo, quer do ponto de vista dos utilizadores, quer de um ponto de vista dos sistemas que a compõem.

#### 5.1.1 Visão Externa do Sistema na Perspetiva dos Utilizadores.

Nesta secção descrevem-se os atores/utilizadores, intervenientes no processo de criação de exposições virtuais bem como os casos de uso que lhes estão associados.

São também especificados os casos de uso associados aos responsáveis pelo desenvolvimento 3D. Como referido anteriormente, esta especificação serve essencialmente como guia para uma correta integração dos modelos 3D e lógica de interação, com a plataforma tecnológica de suporte.



Atores	Descrição
 <p>Museólogo / Curador</p>	Utilizador que tem como tarefa desenvolver e montar exposições virtuais em 3D.
 <p>3D developer</p>	Utilizador responsável por criar os conteúdos 3D e lógica de interação com o ambiente virtual e demais objetos que constituem a exposição.

Tabela 11 – Atores envolvidos no processo de interação com o sistema de criação de exposições 3D

<b>Monta exposição virtual 3D</b>	
ATORES	Museólogo / Curador
OBJETIVO	Criar e produzir, toda uma exposição virtual em 3D na aplicação de criação de exposições virtuais.
CENÁRIO PRINCIPAL	O utilizador utiliza os modelos de cenários iluminação e objetos, elementos de áudio para produzir a exposição.

Tabela 12 – Descrição do caso de uso “Monta exposição virtual 3D”

<b>Coloca objeto 3D no palco de edição</b>	
ATORES	Museólogo / Curador
OBJETIVO	Colocar no palco um determinado objeto.
CENÁRIO PRINCIPAL	Incluído no caso <b>Monta exposição virtual 3D</b> . O utilizador arrasta um objeto que conste da lista de objetos a serem utilizados na exposição para o palco de edição.

Tabela 13 - Descrição do caso de uso “Coloca objeto 3D no palco de edição”

<b>Manipula objeto 3D no palco de edição</b>	
ATORES	Museólogo / Curador
OBJETIVO	Manipular o objeto depois de estar no palco.
CENÁRIO PRINCIPAL	Incluído no caso <b>Monta exposição virtual 3D</b> . O utilizador por dinâmica <i>drag-and-drop</i> , posiciona, imprime rotações e escala o objeto 3D no palco.

Tabela 14 - Descrição do caso de uso “Manipula 3D no palco de edição”

<b>Cria Iluminação</b>	
ATORES	<i>3D developer</i>
OBJETIVO	Criar iluminação para as cenas criadas no palco de edição.
CENÁRIO PRINCIPAL	O utilizador coloca e posiciona vários tipos de iluminação para compor o ambiente da exposição 3D a ser produzida.

Tabela 15 - Descrição do caso de uso “Cria Iluminação”

<b>Altera e edita as propriedades dos objetos 3D</b>	
ATORES	Museólogo / Curador
OBJETIVO	Alterar as propriedades associados a qualquer objeto que conste do palco de edição.
CENÁRIO PRINCIPAL	Incluído no caso <b>Monta exposição virtual 3D</b> . O utilizador altera as propriedades de cada objeto (objeto 3D, luz ou áudio) e que constam da lista de propriedades que lhe estão associadas.

Tabela 16 - Descrição do caso de uso “Altera e edita as propriedades dos objectos 3D”

<b>Edita áudio</b>	
ATORES	<i>3D developer</i>
OBJETIVO	Editar as componentes de áudio para diferentes objetos.
CENÁRIO PRINCIPAL	O utilizador cria e edita elementos de áudio para o espaço da exposição ou para um objeto específico.

Tabela 17 – Descrição do caso de uso “Edita áudio”

<b>Som ambiente</b>	
ATORES	Museólogo / Curador
OBJETIVO	Atribuir som ambiente para a exposição.
CENÁRIO PRINCIPAL	É uma extensão do caso de uso <b>Edita áudio</b> . O utilizador, se assim desejar, associa um ficheiro áudio, já criado e localizado numa biblioteca de sons, ao ambiente geral da exposição.

Tabela 18 – Descrição do caso de uso “Som ambiente”

<b>Som específico de um objeto</b>	
ATORES	Museólogo / Curador
OBJETIVO	Atribuir som a um objeto específico.
CENÁRIO PRINCIPAL	É uma extensão do caso de uso <b>Edita áudio</b> . O utilizador, se assim o desejar, associa um ficheiro áudio, já criado e localizado numa biblioteca de sons, a um objeto específico que se ativará mediante uma determinada interação.

Tabela 19 – Descrição do caso de uso “Som específico de um objeto”

<b>Testa exposição</b>	
ATORES	Museólogo / Curador
OBJETIVO	Testar a exposição que criou.
CENÁRIO PRINCIPAL	O utilizador à medida que vai criando a exposição, pode ir testando as suas iterações antes de proceder à exportação final.

Tabela 20 – Descrição do caso de uso “Testa exposição”

<b>Testa navegação</b>	
ATORES	Museólogo / Curador
OBJETIVO	Testar a exposição que criou a nível da navegação no espaço virtual.
CENÁRIO PRINCIPAL	É uma extensão o caso de uso <b>Testa exposição</b> . O utilizador entra no modo de teste e avalia se a navegação no espaço virtual está em conformidade como especificado nas etapas de pré produção.

Tabela 21 – Descrição do caso de uso “Testa navegação”

<b>Testa interação</b>	
ATORES	Museólogo / Curador
OBJETIVO	Testar a exposição que criou a nível da interatividade no espaço virtual.
CENÁRIO PRINCIPAL	É uma extensão o caso de uso <b>Testa exposição</b> . O utilizador entra no modo de teste e avalia se a interatividade no espaço virtual está em conformidade como especificado nas etapas de pré produção.

Tabela 22 – Descrição do caso de uso “Testa interação”

<b>Exporta e pública exposição</b>	
ATORES	Museólogo / Curador
OBJETIVO	Exportar a exposição virtual criada, para os suportes de distribuição escolhidos.
CENÁRIO PRINCIPAL	O utilizador depois de testar a exposição exporta a exposição para que esta seja disponibilizada aos utilizadores finais.

Tabela 23 – Descrição do caso de uso “Exporta e pública exposição”

Escolhe plataforma de exportação	
ATORES	Museólogo / Curador
OBJETIVO	Exportar a exposição virtual criada, na plataforma especificada no processo de pré produção.
CENÁRIO PRINCIPAL	Está incluído no caso de uso <b>Exporta e pública exposição</b> . O utilizador depois de testar a exposição exporta a exposição para que esta seja disponibilizada aos utilizadores finais na plataforma ou plataformas que se especificaram.

Tabela 24 – Descrição do caso de uso “Escolhe plataforma de exportação”

Modelar em 3D objetos	
ATORES	3D <i>developer</i>
OBJETIVO	Modelar em 3D objetos que serão exibidos na exposição e todos os acessórios que constituirão o espaço virtual.
CENÁRIO PRINCIPAL	O 3D <i>developer</i> utiliza uma ferramenta de modelação para a criação de todos os objetos pertencentes ao espaço virtual que constituirá a exposição virtual.

Tabela 25 – Descrição do caso de uso “Modelar em 3D objetos”

Texturizar objetos	
ATORES	3D <i>developer</i>
OBJETIVO	Texturizar o objetos que serão exibidos na exposição e todos os acessórios que constituirão o espaço virtual.
CENÁRIO PRINCIPAL	O 3D <i>developer</i> utiliza uma ferramenta de modelação e de edição de imagem para a criação de todas as texturas do espaço virtual que constituirá a exposição virtual. Estas devem ser criadas através de <i>UV texture mapping</i> .

Tabela 26 – Descrição do caso de uso “Texturizar objetos”

Animar objetos	
ATORES	3D <i>developer</i>
OBJETIVO	Animar os objetos que serão exibidos na exposição e todos os acessórios que constituirão o espaço virtual.
CENÁRIO PRINCIPAL	O 3D <i>developer</i> utiliza uma ferramenta de modelação para animação dos objetos pertencentes ao espaço virtual que constituirá a exposição virtual (caso seja necessário). As animações deverão ser feitas através do auxílio de <i>joints</i> . Todas as animações que um objeto poderá ter deverão ser todas animadas numa única <i>timeline</i> .

Tabela 27 – Descrição do caso de uso “Animar objetos”

<b>Desenvolver lógica de interação</b>	
ATORES	3D <i>developer</i>
OBJETIVO	Desenvolver toda a lógica e estruturas de interação da exposição a produzir.
CENÁRIO PRINCIPAL	O 3D <i>developer</i> , desenvolve toda e infraestrutura lógica e de interação para a exposição a ser produzida.

Tabela 28 – Descrição do caso de uso “Desenvolver lógica de interação”

<b>Cria propriedades dos objetos</b>	
ATORES	3D <i>developer</i>
OBJETIVO	Criar novas propriedades para os objetos criados.
CENÁRIO PRINCIPAL	Está incluído no caso de uso <b>Desenvolver lógica de interação</b> O 3D <i>developer</i> desenvolve código personalizado para criar novas propriedades para os objetos que integram a exposição virtual.

Tabela 29 – Descrição do caso de uso “Cria propriedade dos objetos”

<b>Define eventos de interação com cada objeto</b>	
ATORES	3D <i>developer</i>
OBJETIVO	Definir eventos que despoletam ações após uma interação com um objeto.
CENÁRIO PRINCIPAL	Está incluído no caso de uso <b>Desenvolver lógica de interação</b> O 3D <i>developer</i> desenvolve código personalizado para criar funções (associadas a objetos) que despoletam determinadas ações, quando existe uma interação com o objeto.

Tabela 30 – Descrição do caso de uso “Define eventos de interação com cada objeto”

<b>Define controlo de colisões de cada objeto</b>	
ATORES	3D <i>developer</i>
OBJETIVO	Criar sistema de controlo de colisões.
CENÁRIO PRINCIPAL	Está incluído no caso de uso <b>Desenvolver lógica de interação</b> O 3D <i>developer</i> desenvolve código e define sistemas de controlo de colisões que permitem impor restrições no espaço virtual e despoletar interações.

Tabela 31 – Descrição do caso de uso define “Controlo de colisões de cada objeto”



Define lógica de 1ª ou 3ª pessoa	
ATORES	3D <i>Developer</i>
OBJETIVO	Criar lógica do objeto de interação seja ele um avatar em 3ª pessoa ou um controlador em 2ª pessoa.
CENÁRIO PRINCIPAL	Está incluído no caso de uso <b>Desenvolver lógica de interação</b> O 3D <i>developer</i> desenvolve código personalizado para a dinâmica de navegação e interação do controlador que os utilizadores finais da exposição utilizarão para interagir como ambiente virtual. Este pode ser em 1ª ou 3ª pessoa.

**Tabela 32 – Descrição do caso de uso “Define lógica de 1ª ou 3ª pessoa”**

Em resumo apresenta-se o diagrama de casos de utilização da figura 37, que demonstram a visão interna do sistema pelo ponto de vista dos utilizadores da aplicação.

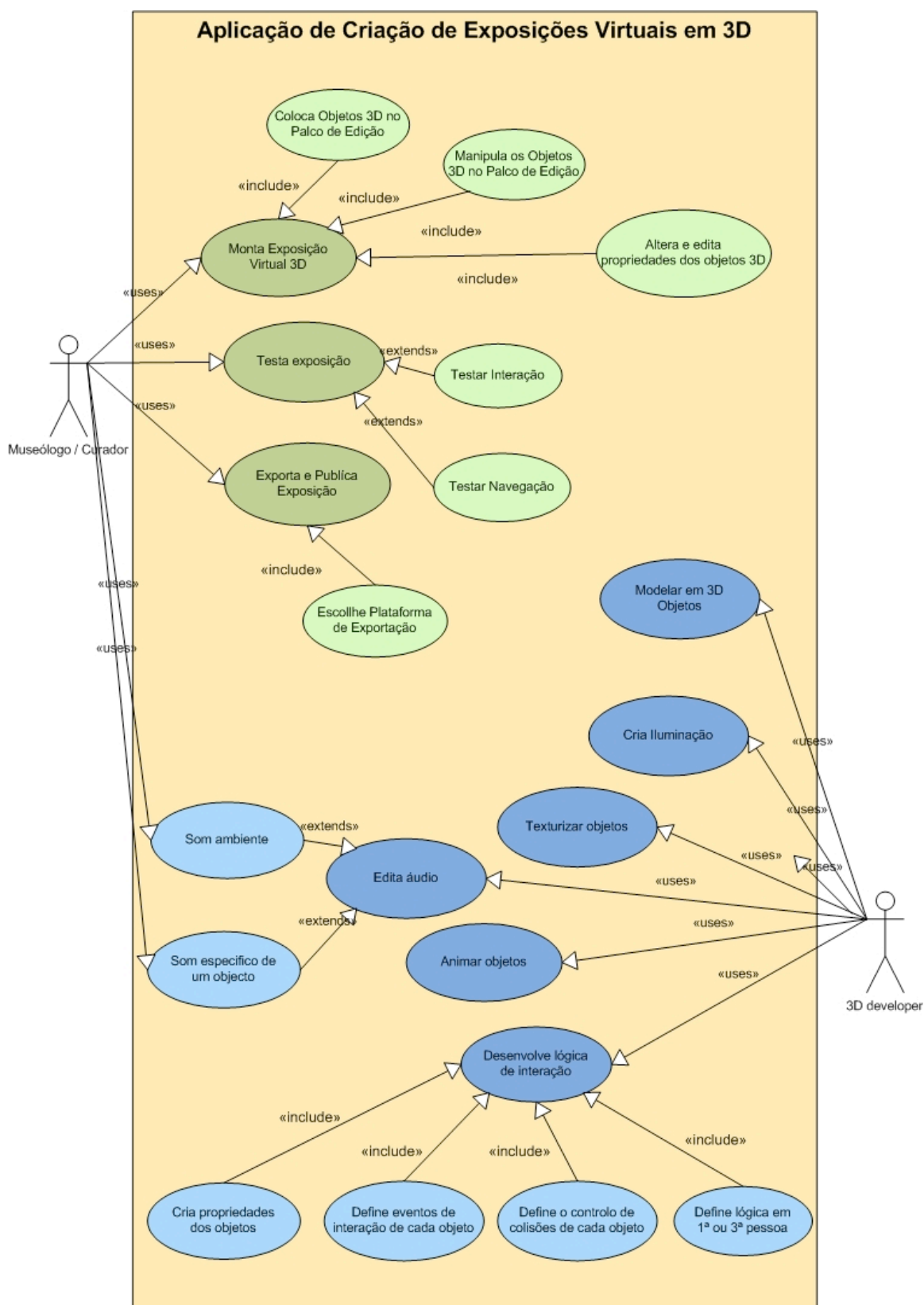
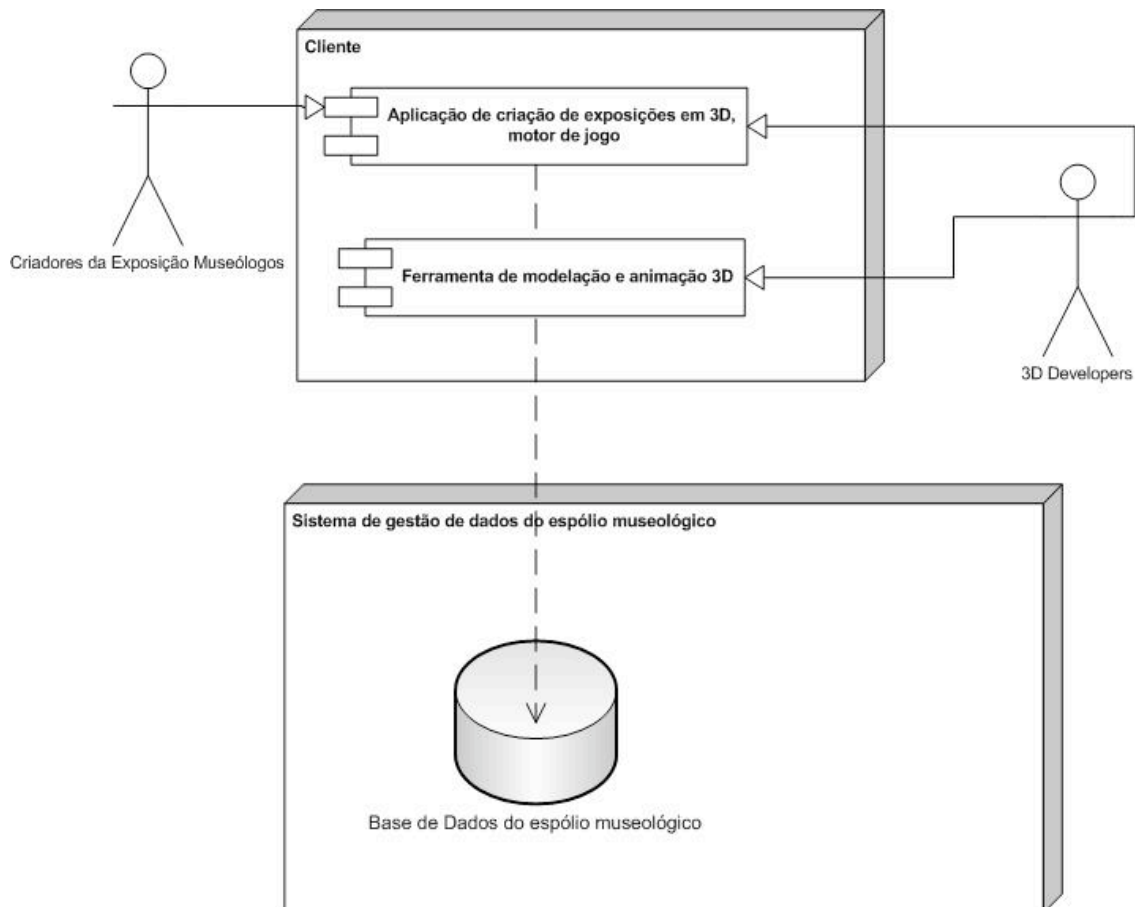


Figura 37 – Diagrama de casos de uso da aplicação de criação de Exposições virtuais em 3D.

### 5.1.2 Arquitetura e Design de Alto Nível

O diagrama de componentes da figura 38 mostra com maior detalhe quais os componentes necessários e a sua localização de forma a suportar o sistema proposto.



**Figura 38 – Diagrama de componentes, da utilização da aplicação de criação de exposições em 3D**

A introdução de um sistema de gestão de dados justifica-se no caso de se necessitar de informação e meta informação para ser exibida na exposição. Esta pode ser acedida dinamicamente por meio de um *web-service* que extrai a informação da base de dados do espólio museológico do museu em questão.

O diagrama de componentes da figura 39, mostra a arquitetura do ponto de vista de um utilizador que “visita” ou acede à exposição virtual criada e instalada localmente ou remotamente num servidor.

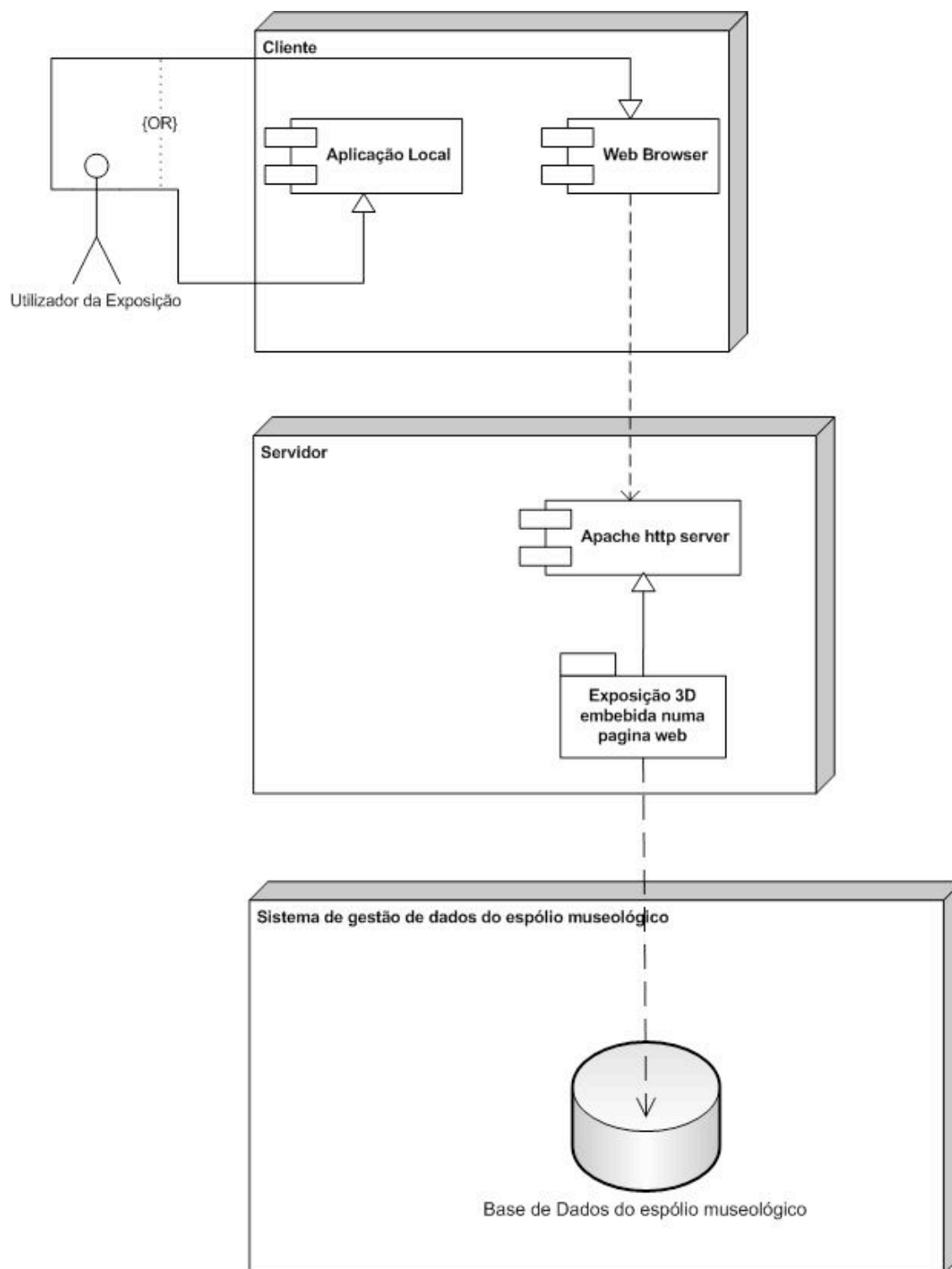


Figura 39 – Diagrama de componentes da exposição virtual criada para interação com o utilizador final

## 5.2 Implementação do Protótipo da Aplicação de Criação de Exposições 3D

Esta secção será inteiramente dedicada à implementação de um protótipo para a aplicação de criação de exposições virtuais. Este protótipo será utilizado como prova de conceito para a componente de suporte tecnológico às metodologias extraídas.

Inicialmente será descrito o processo de seleção de um motor de jogo que servirá o propósito anterior. Numa segunda parte, serão concretizados os desenvolvimentos e implementações destinados a tornar o protótipo apto para a prova de conceito.

### 5.2.1 Seleção da Infraestrutura

No capítulo 3, referente à análise do estado da arte, foram analisados dez motores, gráficos e de jogo. Estes constituem exemplos das mais avançadas ferramentas de desenvolvimento interativo tridimensional existentes no mercado.

O processo de seleção terá como foco principal a questão de investigação, ou seja a possibilidade de personalizar um motor de jogo, de forma a auxiliar um museólogo ou curador na construção de uma exposição virtual em 3D de forma fácil e célere. Deste modo foram organizados os parâmetros de análise especificados nas tabelas da subsecção 3.2.1 por ordem de relevância associada à capacidade de providenciar aos utilizadores uma interação simples e eficiente.

De acordo com o pretendido, a ordem de importância é organizada da seguinte forma (do mais relevante para o menos relevante):

- Facilidade de utilização.
- Curva de aprendizagem.
- Interface.
- Custo.
- Características e SDK disponíveis no motor.
- Plataformas de desenvolvimento e de exportação disponíveis.
- Documentação e suporte.
- Nível de conhecimento do Utilizador.

Tendo em conta os dados especificados na subsecção 3.2.1, expõe-se a seguinte análise dos motores de jogo em termos de:

- **Facilidade de utilização** – Neste parâmetro o *Unity* e o *Shiva* constituem os motores de destaque, seguidos do *Adobe Flash*, *3DVIA Virtools*, *Torque*, *Unreal 2* e *Ogre*.
- **Curva de aprendizagem** – Novamente o *Unity* e o *Shiva*, são os motores que se destacam.

- **Interface** – O *Unity* o *Shiva*, seguidos do *3DVIA Virtools* e *Adobe Flash* constituem os motores com interfaces mais intuitivos e com uma grande gama de ferramentas integradas num único interface.
- **Custo** – O *Ogre*, *Blender* seguidos do *Unity* e *Shiva* (que possuem versões livres para produção independente), posicionam-se como os motores cimeiros neste parâmetro, uma vez que possuem um custo nulo.
- **Características e SDK disponíveis** – O *CryEngine* constitui o mais avançado e completo motor de jogo analisado na presente investigação, não só a nível da qualidade da síntese de imagem mas também dos *SDK*, funcionalidades e características que possui. Este é seguido pelo *Unreal engine*, *Id Tech 4* e, por último, o *Unity* e o *Shiva*.
- **Plataformas de desenvolvimento e exportação** – Os motores *Unity* e *Shiva* são os mais versáteis em termos de exportação, embora algumas plataformas de exportação necessitem de licenças adicionais uma vez que possuem código proprietário.
- **Documentação e suporte** – O *Adobe Flash* e o *Unity* destacam-se nesta categoria, seguidos do *Shiva*. Possuem uma grande quantidade de recursos disponíveis online assim como material impresso e uma comunidade de desenvolvimento bastante ampla.
- **Nível de conhecimento dos utilizadores** – Todos os motores analisados requerem conhecimentos de programação por parte dos seus utilizadores. Na sua maioria estes motores requerem conhecimentos de linguagens de complexidade elevada como o C e o C++. Outros motores como o *Unity*, *Shiva* e *Adobe Flash* possuem linguagens de programação baseadas em funções e com sintaxes de fácil compreensão (Goldstone 2009). Este parâmetro possui importância única e exclusivamente para a equipa de desenvolvimento 3D.

Analisando ainda outras características dos motores mencionados, verifica-se que o *Unity* constitui um motor eficiente na importação de objetos 3D, imagem áudio e vídeo. Este motor importa os modelos texturas e animações de praticamente todas as ferramentas de criação de conteúdos 3D e imagem digital. Tal facto deve-se ao facto do *Unity* se suportar nos exportadores *FBX* ou *Collada*, que praticamente todas as ferramentas possuem. Assim basta que os ficheiros fonte provenientes das ferramentas de criação de conteúdos 3D sejam copiados para a pasta de projeto do *Unity* para que sejam automaticamente importados pelo motor de jogo (Goldstone 2009).

Tendo em conta os parâmetros analisados, a relação qualidade gráfica e o custo livre da versão independente do *Unity*, este constitui a escolha adequada aos propósitos da investigação aqui descrita.

Como nota final e tendo em conta a especificidade da área do património cultural, o *Unity* possui uma base de dados de gestão, armazenamento e catalogação de objetos 3D e outros objetos digitais (possui um custo associado). Este *add-on* faz com que equipas ligadas aos processos curatoriais e equipas ligadas às componentes técnicas

associada ao 3D, possam de uma forma integrada contribuir para uma eficiente construção do conhecimento em torno dos objetos museológicos.

O *Unity* posiciona-se por este conjunto de características, como uma das escolhas mais adequadas para o uso profissional de criação de exposições virtuais 3D, por um custo bastante acessível.

### 5.2.2 Descrição da Implementação

O *Unity* constitui um motor de jogo com um completo sistema de autoria 3D. Uma vez que a implementação do protótipo será suportada por este motor, interessa desenvolver uma descrição relativa a este sistema de desenvolvimento.

Fazem parte do sistema de autoria do *Unity* os seguintes elementos (Technologies 2011):

- **Assets** – Gráficos, imagens, modelos 3D, ficheiros de som e vídeos.
- **Cenas** – ficheiros que define a área de jogo.
- **Game Objects** – Quando um *asset* é utilizado numa cena este, torna-se num novo *Game Object*. Um *Game Object* pode ser sujeito a modificações do tipo; translação, rotação e escala.
- **Components** – Componentes destinadas ao controlo de comportamento, que são associados a *Game Objects*. Estes componentes podem ser:
  - **Rigid Bodys.**
  - **Luzes ou câmaras.**
  - **Emissores de partículas.**
  - **Componentes especialmente criados por scripts.**
- **Scripts** - Código de programação escrito em *Javascript* ou *C#*, destinado a definir toda a lógica de interação de um jogo. É escrito num editor integrado no *Unity*, designado por *Unitron*.
- **Prefabs** – Um *Prefab* (pré-fabricado) é um *Game Object* com a particularidade de constituir um *template* ou protótipo reutilizável. Algumas particularidades de um *Prefab* são:
  - Algo que aparecerá várias vezes no jogo.
  - Um objeto que poderá ser reutilizável noutras aplicações.

Os elementos anteriormente descritos estão integrados num interface que é constituído por cinco áreas distintas (figura 40) que se descrevem seguidamente.

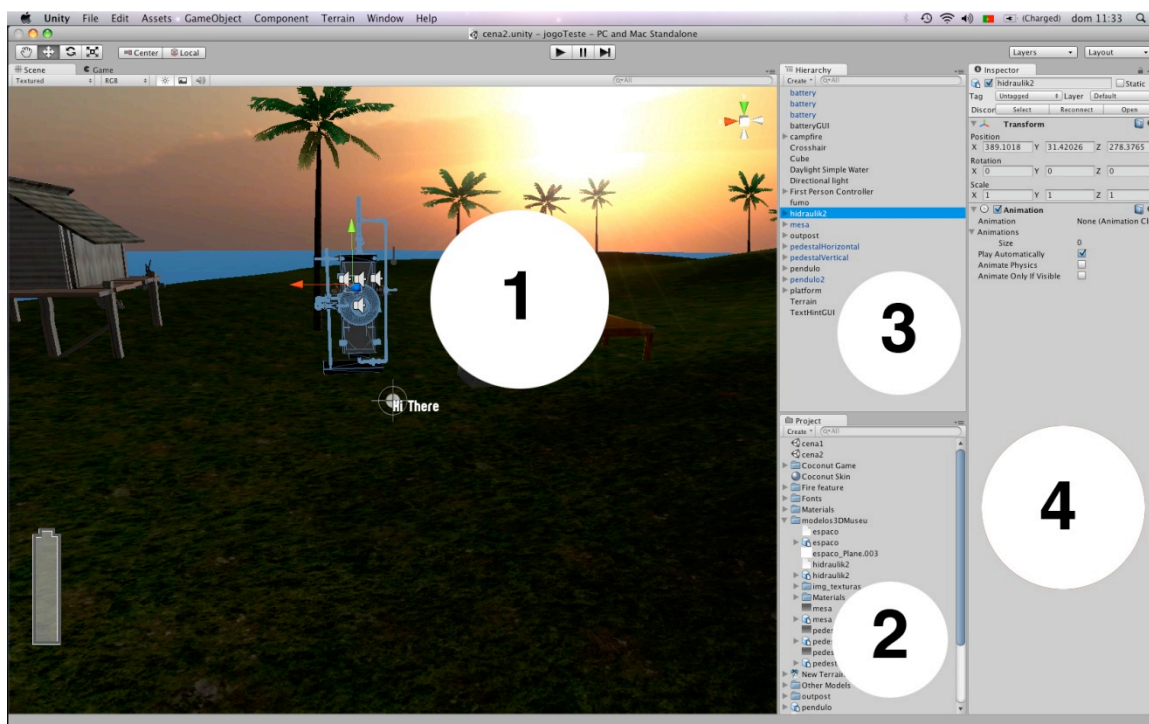


Figura 40 – Interface do *Unity* e por conseguinte do protótipo desenvolvido.

A área 1 constitui o palco de edição de cena. É a zona onde o jogo ou espaço virtual é construído.

A área 2, designada por *Project*, mostra a estrutura e organização do projeto. Lista os *assets* e bibliotecas de objetos existentes na pasta que contém o projeto (jogo) a desenvolver.

No painel 3, designado por *Hierarchy*, apresenta a lista de todos os objetos presentes na Cena.

Finalmente, na área 4, encontra-se o *Inspector*. Qualquer objeto que seja selecionado no *Hierarchy* ou no *Project* tem as suas propriedades (por exemplo, posição, tamanho, textura, material), componentes (por exemplo, *colliders*, sons) e scripts associados, apresentados nesta área.

Em termos de organização de pastas e ficheiros pertencentes a um projeto, esta é como se ilustra na figura 41.



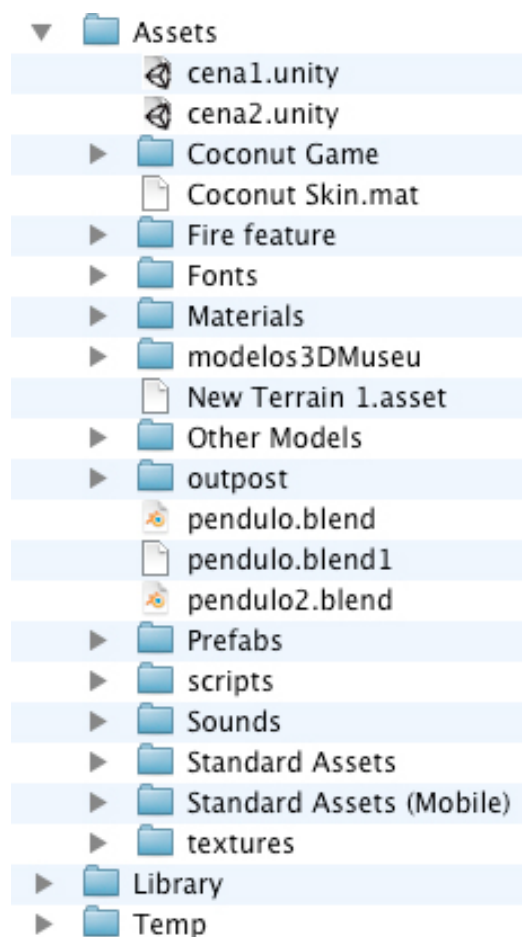


Figura 41 – Organização de um projeto no *Unity*.

Os modelos 3D, scripts, sons ou vídeos que se pretendem importar para o motor de jogo, são colocados no seu formato nativo dentro da pasta *assets* do projeto. Deste modo são automaticamente importados para o motor de jogo.

Assim, para o desenvolvimento do protótipo foram criados no *Blender* e seguindo os métodos definidos na subsecção 5.5.1, os seguintes modelos:

- Plinto horizontal - modelado e texturizado segundo os plintos existente nos locais de exposições do museu da FEUP (figura 42).

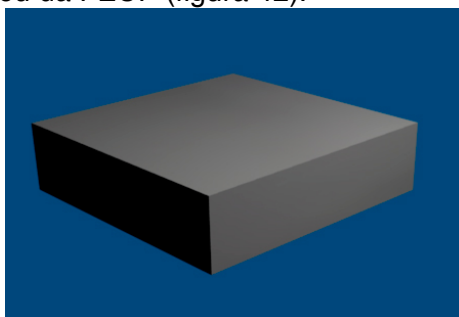


Figura 42 – Plinto horizontal, modelado no *Blender*.

- Plinto vertical - modelado e texturizado segundo os plintos existente nos locais de exposições do museu da FEUP (figura 43).



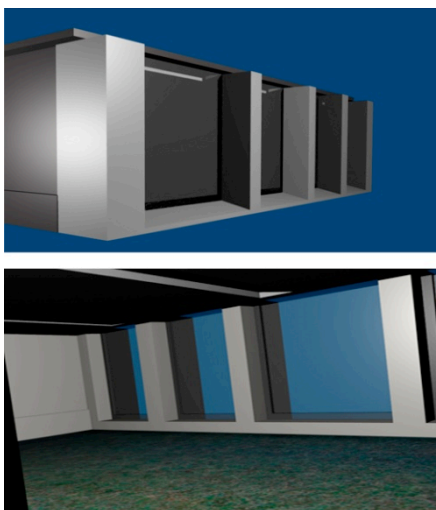
**Figura 43 – Expositor vertical, modelado no *Blender*.**

- Mesa de madeira - modelada e texturizada segundo as mesas existente nos locais de exposições do museu da FEUP (figura 44).



**Figura 44 – Mesa de madeira, modelada no *Blender*.**

- Espaço de exposição – Modelo baseado em um dos espaços de exposição da Biblioteca da FEUP (figura 45).



**Figura 45 – Vista exterior (em cima) e interior (em baixo), de um espaço de exposições do museu da FEUP**

- Balança Aerodinâmica *Philip Harris* (figura 46), pertencente ao espólio do museu da FEUP. Esta balança foi modelada, texturizada e animada segundo o processo descrito em 5.3.1. Este objeto museológico terá para o presente protótipo um caráter interativo.

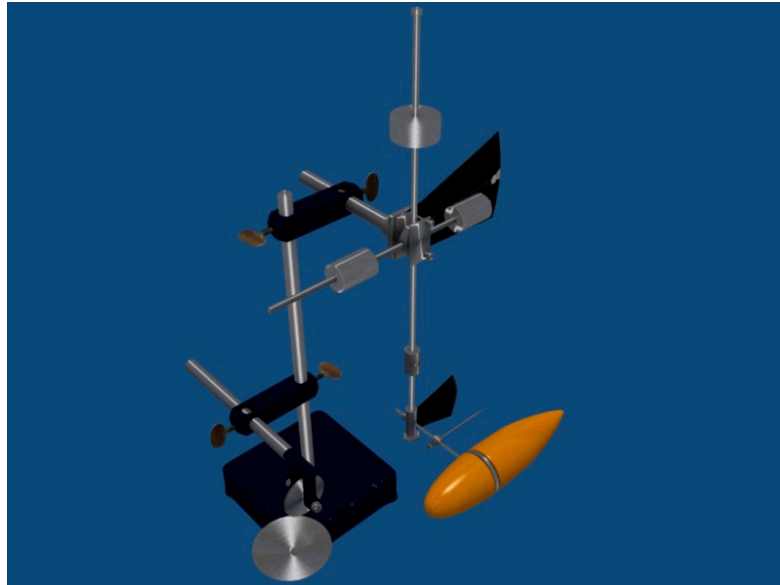


Figura 46 – Modelo animado da balança aerodinâmica *Philip Harris*

- Modelo do dispositivo didático para demonstração do escoamento *Hele-Shaw* (figura 47). Este objeto foi modelado por um aluno do Mestrado em Multimédia, num *software* diferente do *Blender*, o *Cinema 4D*.

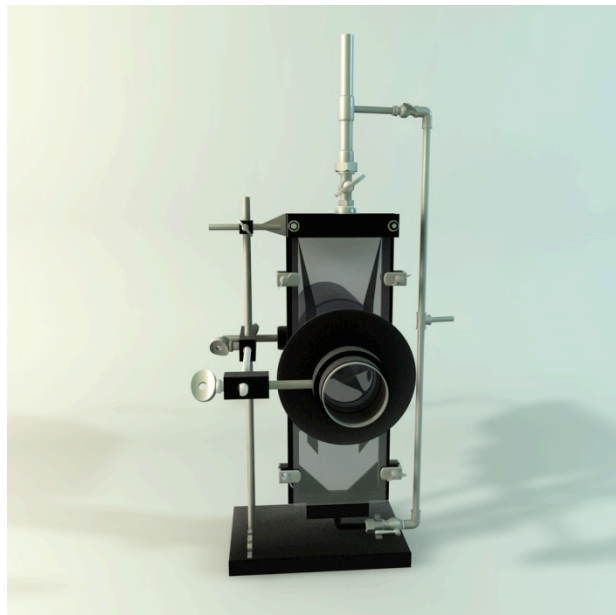


Figura 47 – Modelo 3D do dispositivo didático para demonstração do escoamento *Hele-Shaw*, modelado em *Cinema 4D*

Todos estes modelos, respetivas texturas e ficheiros de áudio necessários, foram guardados numa pasta designada de modelos3DMuseu, que será inserida na pasta *assets* pertencente ao projeto *3D\_Virtual\_Museum\_Prototype*, que será o protótipo a desenvolver.

Após a descrição da estrutura do *Unity* e da criação de todos os conteúdos necessários, será feita agora a descrição da criação do protótipo, que consistiu nas seguintes etapas:

1. Criação do ambiente básico – consiste na criação de um plano de dimensão de 1000m<sup>2</sup> que funcionará como base de suporte a todo o ambiente virtual (figura 48).

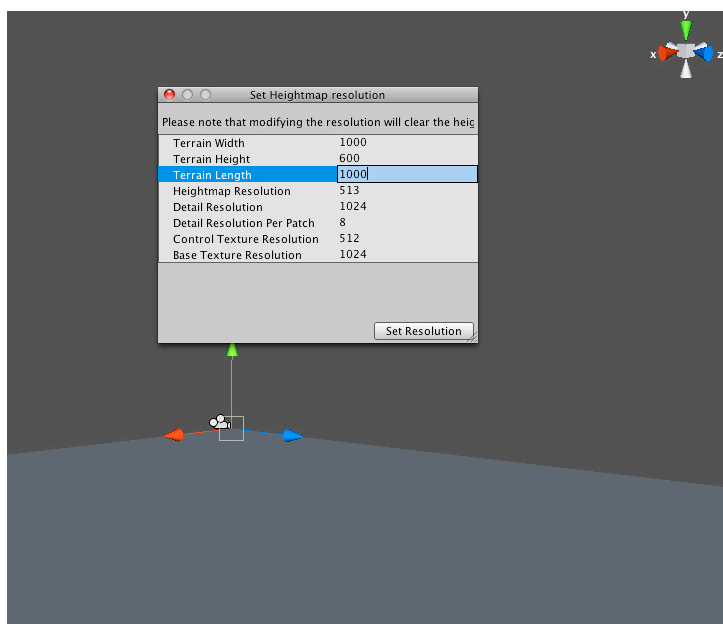


Figura 48 - definição de um espaço de 1000 m<sup>2</sup>

2. Criação de iluminação global e texturização de terreno – Definiu-se uma textura de relva para cobrir o plano anteriormente criado. Depois desta operação de texturização, foi criada e configurada, uma luz direcional que simulará a luz do sol. Finalmente definiu-se uma textura de simulação do céu, designada por *skybox*. O efeito final está ilustrado na figura 49.
3. Foi adicionado o *First Person Controller* – O *First Person Controller* é um objeto que permite o utilizador interagir com o espaço onde se insere. O comportamento possível do *First Person Controller* é similar aos movimentos de um ser Humano possibilitando movimentos em todas as direções. Os movimentos da cabeça humana são simulados através dos movimentos horizontais e verticais da câmara que integra o *First Person Controller*. Este controlador possui também um *collider*, que permite detetar a colisão entre diferentes objetos impedindo que um deles possa atravessar o outro. Um *collider* pode ser agregado a qualquer *game object* ou modelo existente no espaço virtual.

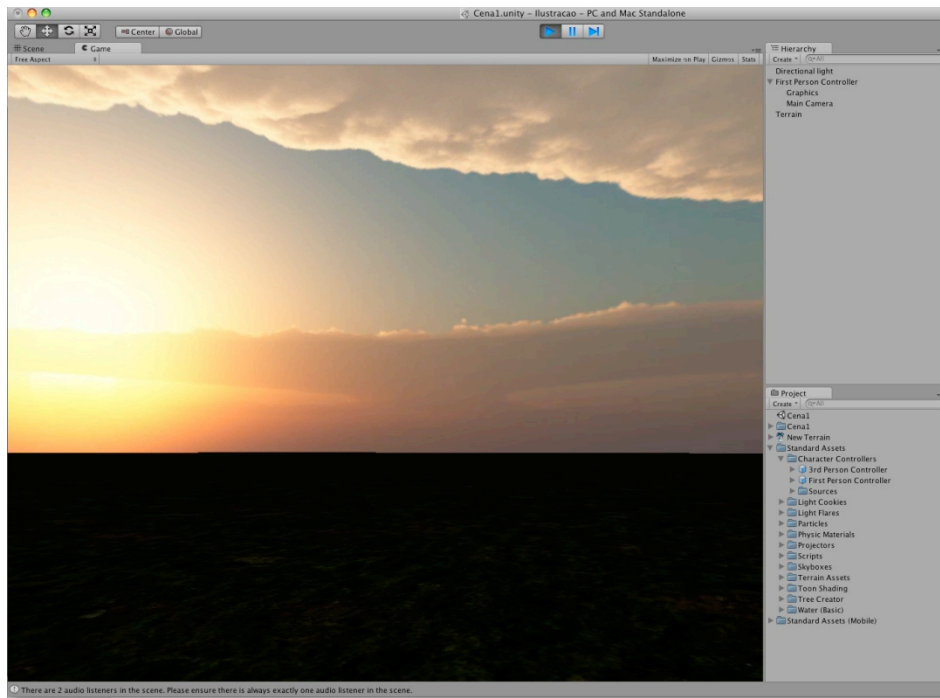


Figura 49 - Espaço básico onde se pode navegar com o *First Person Controller*.

4. Importaram-se todos os modelos 3D e sons necessários à criação do protótipo.
5. Foram associação de *colliders* aos seguintes elementos 3D:
  - a. Um *capsule collider* a envolver o túnel de vento.
  - b. Um *box collider* a envolver a mesa de madeira, os dois plintos, o modelo didático para análise de escoamento *Hele Shaw*, a base e a roldana da balança aerodinâmica.
  - c. Foram criados *mesh colliders* para o prato da balança e o espaço da exposição. Ao *mesh collider* do prato da balança aerodinâmica, foi atribuído um comportamento de um objeto metálico.
6. Implementação da lógica da balança interativa – A lógica de interação foi implementada com um *script* designado por *PlayerCollisionsRayCast*. Este foi criado na pasta *scripts* e posteriormente agregado ao *First Person Controller*. O código desenvolvido neste *script* permitiu implementar:
  - a. O controlo de colisões do *First Person Controller*, através da técnica de *Ray Casting*, através da instanciação de uma variável do tipo *RaycastHit* e posterior chamada do método *Physics.Raycast()*.
  - b. A balança aerodinâmica foi separada 3 animações, uma estática designada por *idle*, uma que, deflete com a ativação do túnel de vento designada por *vento* e uma última designada por *equilíbrio* que é ativada quando um peso cai e equilibra novamente a balança. Para este efeito foi criada um *prefab* de uma esfera metálica que funciona como peso de

equilíbrio (designada por pesos) e ao qual foi associado o *script pesoClean* que permite eliminar o peso ao fim de um minuto. Finalmente foi implementado um sistema de partículas no perfil de teste que simulará o efeito de fumo proveniente do túnel de vento.

- c. Todo o funcionamento interativo foi implementado segundo o diagrama de fluxo que se apresenta na figura 50. Este diagrama está associado à etapa “Design Técnico” das metodologias de criação de exposições virtuais, no diagrama de atividades da figura 25.

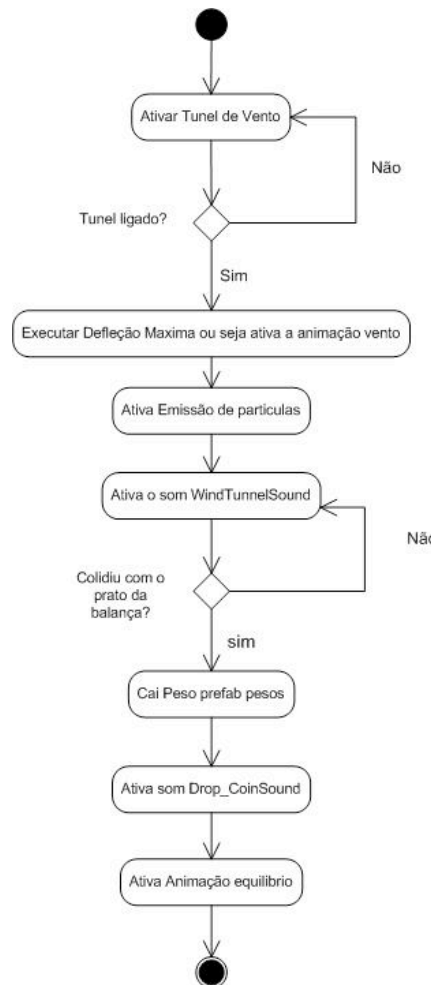


Figura 50 - Diagrama de fluxo da interação com o túnel de vento e a balança aerodinâmica.

- d. Finalmente foi desenvolvido o *script TextHints*, que se destina gerir as instruções relativos às interações da balança aerodinâmica, e navegação no espaço.

Os scripts *PlayerCollisionsRayCast*, *pesoClean* e *TextHints*, estão disponíveis respetivamente nos anexos K, L e M, acompanhados dos comentários que detalham em pormenor a sua implementação.

O protótipo ,(figura 51) assim desenvolvido, permitirá colocar em prática a prova de conceito que será descrita no próximo capítulo.

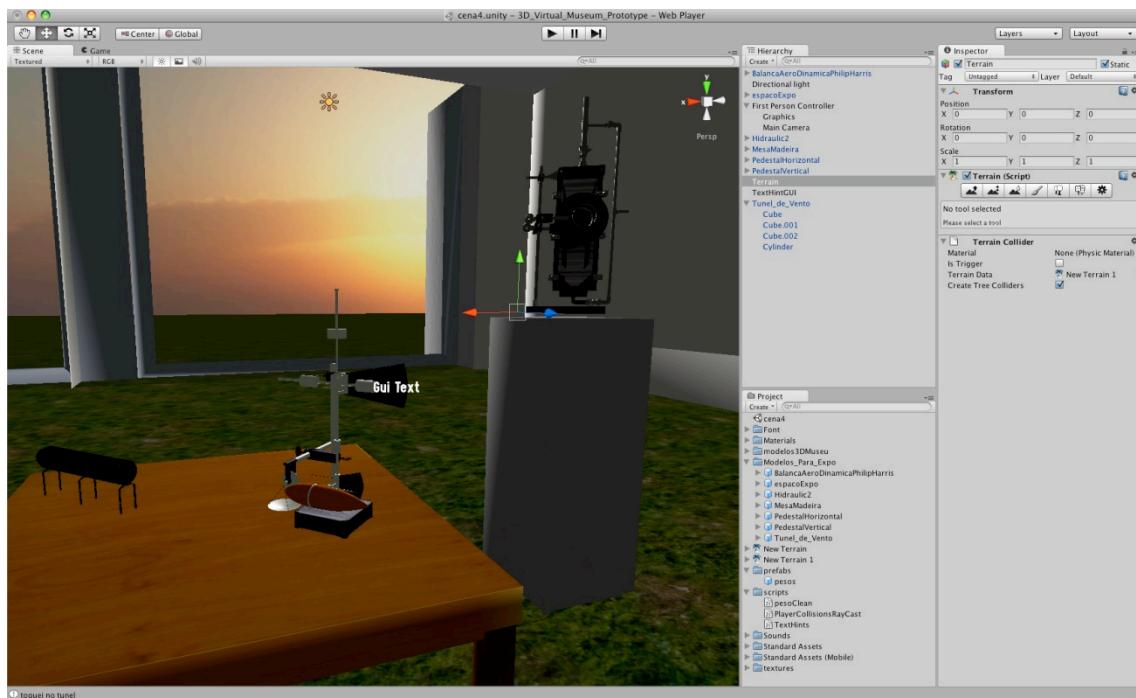


Figura 51 - Protótipo desenvolvido, com uma possível montagem implementada.





## 6 Prova de Conceito

Neste capítulo apresentam-se os procedimentos relativos a prova do conceito. A prova do conceito teve como objetivo a demonstração na prática de que o protótipo corresponde às necessidades para as quais foi desenvolvido.

Devido à natureza empírica da investigação proposta, optou-se por uma abordagem metodológica com recurso a métodos qualitativos complementados com métodos quantitativos, uma vez que a conjugação destes métodos estão centrados no significado e no envolvimento do investigador no processo. Este tipo de métodos exigem um elevado nível de competências analíticas e de comunicação para relatar com fidelidade toda a essência da investigação, refletindo de uma forma holística e detalhada os pontos de vista, não só do investigador, mas também de todos os elementos envolvidos no processo de validação e prova de conceito. Observações, entrevistas, questionários, estudo de casos e análises bibliográficas, constituem as principais fontes de dados para este tipo de metodologias (Taylor 2000).

**A prova do conceito envolveu as seguintes etapas:**

### 6.1 Constituição da Amostra

A validação e prova de conceito assenta num processo de observação, recolha e análise e discussão de dados provenientes de um painel de peritos criteriosamente selecionados para testar o protótipo desenvolvido, constituído por 10 profissionais da museologia e conservação, da cidade do Porto, que se dispuseram a participar no teste de usabilidade.

A opção por um grupo de utilizadores ligados à museologia e conservação no contexto de museus de ciência e técnica, enfatiza não só o caráter único mas também a diversidade da investigação.

### 6.2 Construção de Instrumentos de Recolha de Informação

A utilização de instrumentos que permitem a recolha de dados de natureza qualitativa e quantitativa provenientes de fontes distintas, facilitam o cruzamento, comparação e reforço dos dados recolhidos e de alguma forma minimizar os efeitos de *viés* (Jorge Vala 2006). Descrevem-se de seguida a construção dos instrumentos de recolha de dados.

#### 6.2.1 Construção de um Questionário Sócio Demográfico

Teve o objetivo de caracterizar cada um dos elementos que participaram no teste de usabilidade. Este questionário é constituído pelas seguintes variáveis: faixa

etária, nível académico, atribuições funcionais, relação e índice de conhecimentos na manipulação de ferramentas de criação 3D, utilização de jogos de vídeo e contacto com exposições virtuais (ver anexo A).

### 6.2.2 Construção de Grelha de Observação

A grelha de observação designou-se por “*Grelha de Análise do teste de Usabilidade*”, teve em consideração os seguintes fatores:

- A natureza tridimensional do protótipo necessita de uma abordagem para o seu teste baseada no modelo de interação de ambientes virtuais, orientado a tarefas (Kulwinder Kaur Deol 1999). Este modelo consiste em solicitar a um grupo de utilizadores, a execução de determinadas tarefas pré-definidas, sendo registados pelo investigador:
  - tempos de execução das tarefas,
  - sucesso ou insucesso na sua execução,
  - número de erros,
  - observações relativas ao comportamento do participante .
- Por se tratar de um teste de usabilidade em que foram observados comportamentos ações e comentários dos participantes no estudo, as tarefas foram organizadas segundo o modelo de análise hierárquica de tarefas (Yvonne Rogers 2011). A grelha foi constituída por duas categorias principais:
  - **Uma categoria relativa á interação com o protótipo para gerar exposições**, subdividida em três subcategorias:
    - Manipulação do espaço 3D, constituída por 5 tarefas;
    - Manipulação dos objetos 3D, constituída por 6 tarefas;
    - Agrupamento e montagem dos objetos 3D, constituída por 3 tarefas.
  - **A outra categoria relativa á interação com a exposição criada**, subdividida em duas subcategorias:
    - Navegação no espaço 3D, constituída por 2 tarefas
    - Interação com os objetos, constituída por 2 tarefas.
    - A descrição detalhada de cada tarefa é apresentada no anexo D “Grelha de Análise do teste de Usabilidade”.

### 6.2.3 Construção de Questionário

Questionário específico, designado por “*Teste de protótipo para construção de exposições virtuais*”. (anexo C), tendo com referencial conceptual a tipologia utilizada na “Grelha de Análise do teste de Usabilidade” e como referencial teórico a metodologia da construção dos questionários (Patton 1990; Deshaies1997) (Benjamim Matalon 2006)

A construção deste questionário teve como objetivos:

- Reforçar as perspetivas dos participantes no caso de estudo.
- Quantificar a satisfação dos participantes em relação ao interface do protótipo.
- Avaliar a perceção da utilização do protótipo.
- Constituir uma nova fonte de dados, permitindo o cruzamento de dados e o reforço das observações registadas durante os testes de usabilidade (*Taylor 2000; Lord and Lord 2002*).

Este questionário está dividido em duas partes:

- Com base nas tarefas descritas na categoria “Interação com o protótipo para gerar exposições” da “Grelha de Análise do teste de Usabilidade”, a primeira parte do questionário foi constituída por 11 questões de perguntas de escolha múltipla e 3 questões de resposta aberta.
- Com base nas tarefas descritas na categoria “Interação com a exposição criada” da “Grelha de Análise do teste de Usabilidade”, segunda parte do questionário foi constituída por 6 questões de escolha múltipla e uma de resposta aberta, relacionadas com a interação que o participante desenvolveu com a exposição exportada, tendo como referencial .

### **6.3 Procedimentos para a Execução da Prova de Conceito**

A prova do conceito envolveu os seguintes procedimentos:

- Os teste foram realizados individualmente e na presença do investigador.
- O local do teste variou, de acordo com a disponibilidade dos participantes; alguns testes foram realizados, numa sala de reuniões, na Biblioteca da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Outros foram realizados no próprio local de trabalho do participante, num ambiente isolado e calmo.
- Foi montado no respetivo local da realização do teste, um computador portátil com o protótipo instalado, uma câmara de vídeo digital de forma a enquadrar o ecrã do computador com o objetivo de visualizar a interação do participante com o protótipo.
- Foi feita uma breve apresentação do âmbito da investigação e dada uma explicação de como iria decorrer o teste de interação. Foi solicitado o consentimento informado verbal para a realização do teste. O participante foi ainda informado que não seria filmado o seu rosto, para a preservação da privacidade, foi ainda informado que poderia desistir a qualquer momento do procedimento. Deste modo foi garantido o anonimato e a confidencialidade dos

dados recolhidos, de acordo com os princípios éticos e deontológicos em investigação (Jorge Vala 2006).

- Em seguida foi pedido ao participante o preenchimento do questionário sócio demográfico (constante no anexo A).
- Após o preenchimento do questionário, foi entregue ao participante uma lista plastificada das tarefas a executar (ver anexo H) e um conjunto de instruções muito básicas de manipulação do protótipo (ver anexo I ). Cada tarefa a desempenhar foi lida ao participante pelo investigador.
- Foi dada indicação ao participante para o início da tarefa. Cada tarefa foi cronometrada pelo investigador, que registava o tempo de execução da tarefa, terminada a tarefa o cronometro era parado e eram registados, o tempo de execução, o número de erros, se a tarefa foi concluída com sucesso ou não, bem como os comportamentos e verbalizações importantes do participante durante a execução da tarefa. Estes registos eram feitos numa grelha de observação simplificada tal como especificada no anexo G.
- Finalmente era pedido ao participante o preenchimento do inquérito “Teste de protótipo para criação de exposições virtuais” (anexo C).

Para a confirmação ou para complementar as anotações realizadas pelo investigador na grelha de observação do teste de usabilidade, foram posteriormente visionadas as filmagens dos participantes, sempre que foi necessário confirmar ou completar essas anota.

Reconhece-se que o efeito global do processo de observação pode afetar tanto os participantes no estudo como o investigador, podendo ser adotadas por ambos, condutas apropriadas à execução de uma determinada estratégia comportamental que estes julguem ser as mais adequadas às circunstâncias. (Jorge Vala 2006). Também os indivíduos que respondem a um questionário podem modificar as respostas a cada nova pergunta, em função da percepção global que têm do objetivo visado pelo investigador. A indução das respostas resulta essencialmente de estratégias de comportamento, adoptadas pelos participantes, tendo por objetivo satisfazer ou contrariar hipóteses que crêem serem as formuladas pelo investigador ou transmitir uma impressão favorável de si próprios. (Jorge Vala 2006).

Tendo presente os aspetos referidos anteriormente, adoptaram-se algumas estratégias para tentar eliminar ou minimizar os efeitos de “satisfazer ou contrariar os resultados esperados”. Tanto para a realização do teste de usabilidade, como para o preenchimento dos questionários, o investigador não referiu o desempenho esperado, apenas enfatizou a importância quer do sucesso quer do insucesso da tarefa para a investigação.

## 6.4 Análise estatística dos dados recolhidos

Para o tratamento e análise dos dados recolhidos: questionários; grelha de observação e das visualizações dos registos em vídeo, adotaram-se os seguintes procedimentos:

- Realização de uma análise de conteúdo da grelha de observação e dos vídeos capturados.
- Codificação dos itens que constituem os questionários sócio demográficos e “Teste de protótipo para construção de exposições virtuais”.
- Os dados recolhidos relativos aos questionário e à grelha de análise das observações, foram inseridos e tratados com recurso ao *software PASW Statistics 18*.

As variáveis contínuas são apresentadas como média  $\pm$  desvio padrão, valor mínimo e valor máximo. As variáveis categóricas são expressas em frequências absolutas e relativas. A análise de correlações e das diferenças de medias das variáveis relativas ao tempo de execução da tarefa, número de erros e sucesso/insucesso da tarefa, em função das variáveis sócio demográficas, foram realizadas através dos testes de *Pearson Qui Quadrado*.

Foram consideradas diferenças estatisticamente significativas um valor de  $p < 0,05$ .

Após este processo de análise extraíram-se as conclusões da investigação por análise indutiva, ou seja através de relações de causalidade ou conexões existentes entre dados.

Com os métodos e técnicas anteriormente descritos e que constituem no seu global o suporte à prova de conceito, pretendeu-se apenas a validação do protótipo proposto na presente investigação e não a generalizar os resultados obtidos a toda a população de profissionais da museologia.

## 6.5 Apresentação dos Resultados da Prova do Conceito

Apresentam-se seguidamente as análises estatísticas quantitativas e qualitativas dos dados recolhidos nos testes de usabilidade do protótipo desenvolvido na presente investigação. Procedeu-se para o efeito a uma apresentação sequencial da análise e discussão dos resultados relativos aos questionários: “Sócio demográfico” e “Teste de protótipo para a construção de exposições virtuais” e da grelha de observação “Grelha de Análise dos teste de Usabilidade”.

### 6.5.1 Caracterização da amostra

No teste de usabilidade participaram 10 participantes: 6 do sexo feminino e 4 do sexo masculino. 3 participantes pertenciam à faixa etária entre os 26 e 30 anos. 4 à faixa

etária entre 36 e os 40 anos. 2 tinham idade superior a 40 anos e apenas um tinha idade superior a 55 anos. 4 participantes possuíam como habilitações literárias uma licenciatura; 4 mestrado e 2 uma pós graduação. Relativamente às atribuições funcionais a maioria são museólogos (60%), 2 participantes são gestores de coleções e outros 2 são conservadores de coleções. A maioria (8 participantes), nunca tinham utilizado ferramentas de criação digital de objetos 3D, tendo apenas 2 participantes referido que sim. Metade dos participantes (5), nunca jogaram vídeo jogos; apenas 1 participante jogava com frequência; 4 jogavam com muito pouca frequência. Todos os participantes referiram já terem interagido com exposições virtuais, sendo a Internet o meio mais utilizado, esta experiência centra-se essencialmente em ambientes 2D (70%), sendo que 3 participantes interagiram com exposições em ambientes 3D (ver tabela 33)

Variáveis sócio demográficas	N =10	(%)
<b>SEXO</b>		
Masculino	4	40
Feminino	6	60
<b>FAIXA ETÁRIA</b>		
26-30 anos	3	30
36-40anos	4	40
41-45 anos	1	10
51-55 anos	1	10
>55 anos	1	10
<b>HABILITAÇÕES LITERÁRIAS</b>		
Licenciatura	4	40
Pós graduação	2	20
Mestrado	4	40
Doutoramento	0	0
<b>UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS 3D</b>		
Sim	2	20
Não	8	80
<b>JOGA VÍDEO JOGOS</b>		
Nunca	5	50
Pouca frequência	4	40
Joga frequentemente	1	10
<b>EXP. EXPOSIÇÕES 3D</b>		
Internet	5	50
Software PC pessoal	1	10
CD/DVDROM	1	10
Quiosque eletrónico	2	20
Todas as anteriores	1	10
<b>TIPO EXP. INTERAGIU</b>		
2D	7	70
3D	1	10
2D+3D	2	20
<b>ATRIBUIÇÕES FUNCIONAIS</b>		
Museólogos	6	60%
Conservadores	2	20%
Gestores de Coleções	2	20%

**Tabela 33 - Caracterização dos participantes no teste de usabilidade**

Os dados apresentados, revelam que a amostra é relativamente homogénea relativamente às variáveis demográficas (sexo; faixa etária , habilitações literárias), com o ligeiro predomínio do sexo feminino e da faixa etária < a 40 anos. A amostra também

se revela bastante homogénea relativamente ao contacto com exposições virtuais, sendo o principal meio a internet. Contudo, relativamente aos contactos com ferramentas que envolvem tecnologia virtual em 3D, verifica-se uma grande heterogeneidade, a grande maioria nunca teve qualquer tipo de contacto, com este tipo ferramentas

### 6.5.2 Resultados do Questionário “Teste de protótipo para a construção de exposições virtuais”

Os dados relativos à organização dos painéis do interface do protótipo apresentados na tabela 34, revelam que 50% dos participantes acharam que estava bem organizada; 40% que estava organizada, apenas um participante achou a interface muito desorganizada.

Em relação à informação das funcionalidades dos elementos do interface 80% considerou-a auto explicativo e 20% bastante auto explicativo, nenhum participante considerou a informação ambígua ou pouco auto explicativa.

A visualização do interface foi referida por 50% dos participantes como apelativa e pelos restantes 50% bastante apelativa ou consistente.

Categorias	Itens	Respostas	F (Nº)	%
ORGANIZAÇÃO DO INTERFACE DO PROTÓTIPO	A organização dos diferentes painéis, achou que era:	Muito desorganizada	1	10
		Desorganizada	0	0
		Organizada	4	40
		Bem organizada	5	50
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>
	A informação sobre função diversos elementos, achou que era:	Ambígua	0	0
		Pouco auto explicativa	0	0
		Auto explicativa	8	80
		Bastante auto explicativa	2	20
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>
	A visualmente do interface do protótipo, achou que era:	Inconsistente	0	0
		Pouco apelativo	0	0
		Apelativo	5	50
		Bastante apelativo e consistente	5	50
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Tabela 34 – Dados relativos à organização do interface do protótipo

Pela análise dos resultados anteriores pode, considerar-se que a organização dos elementos constitutivos do interface estão adequados para uma utilização clara e bastante acessível pelos participantes.

Os dados apresentados na tabela 35, relativamente à execução das tarefas de manipulação do espaço 3D, revelam que 70% dos participantes acharam as tarefas de manipulação do espaço 3D pouco difíceis, 10% achou que eram fáceis e 20%, acharam as tarefas difíceis. Nenhum dos participantes achou as tarefas bastante difíceis.

A nível do controlo das tarefas de manipulação do espaço 3D, 70% acharam que tiveram um controlo preciso apenas 10% achou que este controlo era pouco preciso e outros 10% classificaram o controlo muito impreciso.

A dimensão do espaço 3D foi referida por 50 % dos participantes como possuindo uma dimensão média e pelos restantes 50% uma dimensão elevada.

<b>Categorias</b>	<b>Itens</b>	<b>Respostas</b>	<b>F (Nº)</b>	<b>%</b>
<b>EXECUÇÃO DAS TAREFAS DE MANIPULAÇÃO DO ESPAÇO 3D</b>	Globalmente a execução das tarefas de manipulação do espaço 3D, achou que eram:	Bastante difíceis	0	0
		Difíceis	2	20
		Pouco difíceis	7	70
		Fáceis	1	10
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>
	Ao executar as tarefas de manipulação do espaço 3D, achou que possuía um controlo:	Muito impreciso	1	10
		Pouco preciso	1	10
		Preciso	7	70
		Bastante preciso	1	10
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>
	Achou o espaço 3D possuía uma dimensão:	Bastante reduzida	0	0
		Reduzida	0	0
		Média	5	50
		Elevada	5	50
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

**Tabela 35 – Dados relativos à execução das tarefas de manipulação espaço 3D**

Os participantes consideraram, face a estes resultados, que as tarefas de manipulação do espaço 3D, com a dimensão disponibilizada, eram, na sua grande maioria, de controlo preciso e de fácil manuseamento.

Os dados apresentados na tabela 36, relativos à manipulação dos objetos 3D, revelam que, 60 % dos participantes, não tiveram qualquer tipo de dificuldade em colocar objetos no espaço 3D, 40 % afirmaram ter tido dificuldades em colocar alguns objetos, mais especificamente:

- 3 participantes sentiram dificuldade em colocar a mesa;
- 1 participante sentiu dificuldade em colocar a balança aerodinâmica.



Em relação às operações de translação, rotação e escala dos objetos 3D, 30 % dos participantes, não tiveram qualquer tipo de dificuldade neste tipo de operações; no entanto, 70%, tiveram dificuldades na manipulação dos seguintes objetos:

- 3 participantes sentiram dificuldades na manipulação da mesa;
- 3 participantes sentiram dificuldade na manipulação da balança aerodinâmica;
- 1 participante sentiu dificuldade em manipular o túnel de vento.

Finalmente, em relação ao comportamento do sistema, 70 % dos participantes, considerou o comportamento do sistema como preciso, enquanto que 30%, dos participantes considerou este comportamento como aceitável.

<b>Categorias</b>	<b>Itens</b>	<b>Respostas</b>	<b>F (Nº)</b>	<b>%</b>
TAREFAS DE MANIPULAÇÃO DOS OBJETOS 3D	Na manipulação dos objetos 3D, que nível de dificuldade sentiu na sua colocação no espaço 3D	Bastante dificuldade	0	0
		Dificuldade em alguns objetos:		40
		Mesa	3	
		Balança	1	
		Sem dificuldade	6	60
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>
	Na manipulação dos objetos 3D, que nível de dificuldade sentiu na sua manipulação (translação, rotação e escala)	Bastante dificuldade	0	0
		Dificuldade em alguns objetos:		70
		Mesa	3	
		Balança	3	
		Túnel	1	
	Sem dificuldade	3	30	
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>
	Durante a execução das tarefas de manipulação dos objetos 3D, como caracteriza o comportamento do sistema	Muito lento	0	0
		Lento	0	0
Aceitável		3	30	
Preciso		7	70	
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>	<b>100</b>	

**Tabela 36 – Dados relativos às tarefas de manipulação dos objetos 3D**

Desta análise parece resultar que a maioria dos participantes considera fácil e precisa a manipulação dos objetos, no entanto, alguns objetos, como o túnel de vento, a balança e a mesa, levaram alguns participantes a terem dificuldades na sua manipulação.

Na tabela 37, relativa à tarefa de agrupamento de objetos 3D, observa-se que em termos de agrupamento de objetos, 80% dos participantes, considerou a tarefa pouco complexa, enquanto 20% a considerou simples. Relativamente ao comportamento do sistema, 80% considerou-o preciso e 20% aceitável.

<b>Categorias</b>	<b>Itens</b>	<b>Respostas</b>	<b>F (Nº)</b>	<b>%</b>
TAREFAS DE AGRUPAMENTO DOS OBJETOS 3D	Nas tarefas de agrupamento dos objetos 3D, como as caracteriza em termos de complexidade	Muito complexas	0	0
		Complexas	0	0
		Pouco complexas	8	80
		Simples	2	20
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>
	Durante a execução das tarefas de agrupamento dos objetos 3D, como caracteriza o comportamento do sistema	Muito lento	0	0
		Lento	0	0
		Aceitável	2	20
		Preciso	8	80
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

**Tabela 37 – Dados relativos às tarefas de agrupamento dos objetos 3D**

Assim, pode deduzir-se que, os processos de agrupamento são, simples e precisos.

Na tabela 38 analisa-se o processo de interação com a exportação da exposição.

Em relação ao processo de exportação, 90% dos participantes considerou este procedimento simples e 10% considerou-o, pouco complexo.

Em termos de visualização das instruções de navegação 30% dos participantes, visualizou sem nenhuma dificuldade, 50% visualizou as instruções e somente 20% demonstraram que tiveram dificuldade em visualizar as instruções.

A nível da movimentação no espaço 50% classificou esta tarefa como simples, 40% pouco complexa, e somente 1 participante achou a movimentação complexa.

A resposta do sistema foi para 30% dos participantes bastante precisa e, para 70% precisa.

Em termos de percepção dos elementos no espaço virtual, todos os participantes, 100%, visualizaram todos os objetos.

Finalmente, em relação à aproximação dos modelos aos seus homónimos reais, 80% achou-os similares e 20% muito similares

<b>Categorias</b>	<b>Itens</b>	<b>Respostas</b>	<b>F (N°)</b>	<b>%</b>
INTERAÇÃO COM A EXPOSIÇÃO EXPORTADA	Achou o processo de exportação:	Muito complexo	0	0
		Complexo	0	0
		Pouco complexo	1	10
		Simple	9	90
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>
	Visualizou correctamente as instruções de navegação escritas no ecrã	Não consegui visualizar	0	0
		Visualizei com alguma dificuldade	2	20
		Conseguí visualizar	5	50
		Conseguí visualizar sem nenhuma dificuldade	3	30
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>
	Achou a movimentação no espaço (utilizando teclas e rato)	Muito complexo	0	0
		Complexo	1	10
		Pouco complexo	4	40
		Simple	5	50
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>
	Achou a resposta do sistema de movimentação no espaço	Muito preciso	0	0
		Pouco preciso	0	0
		Preciso	7	70
		Bastante preciso	3	30
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>
	Reconheceu todos os elementos existentes no espaço virtual?	Não consegui reconhecer a totalidade dos elementos	0	0
		Reconheci alguns elementos: Quais?	0	0
		Reconheci todos os elementos	10	100
		<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>
	Como caracteriza a aproximação entre os objetos 3D com os seus equivalentes reais?	Nada similares	0	0
		Vagamente similares	0	0
Similares		8	80	
Muito similares		2	20	
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>	<b>100</b>	

Tabela 38 – Dados relativos à interação com a exposição exportada

A opinião dos participantes relativamente ao processo de criação da exposição virtual é pois a, de que, o processo é bastante simples. A interação com o espaço virtual gerado pelo protótipo também é simples e preciso e reconheceram perfeitamente todos os elementos constituintes do espaço virtual. A maioria dos participantes acharam os objetos disponíveis no espaço virtual similares aos seus homónimos reais.

Os resultados das perguntas abertas são apresentados na tabela 39. Optou-se por transcrever as opiniões dos participantes de forma a garantir a fiabilidade das

interpretações e com o objetivo de se reduzir o efeito de enviesamento resultante das interpretações do investigador (Jorge Vala 2006).

Tarefas de manipulação 3D	Tarefas manipulação objetos 3D	Tarefas agrupamento objetos 3D	Tarefas interação exposição exportada
"Manipulação fácil apenas dificuldade no início ambientar ao sistema; intuitivo "	Exp. intuitiva; dificuldade em encontrar as instruções as tarefas interação com a balança	"Fácil utilização; apelativo"	"Muito boa aplicação de fácil interação; fácil uso e entendimento dos objetos"
"Tendo em conta que esta foi a primeira experiência parece-me que correu bem, apesar de todas as dificuldades inerentes a uma primeira utilização"	"A maioria das dificuldades advêm da falta de experiência com manipulação em objetos 3D, que serão facilmente resolvidas com a prática"	"Foi a tarefa mais difícil de realizar. Não consegui mesmo concluí-la"	"É um procedimento bastante interessante que necessita apenas de prática na manipulação de objetos 3D, de modo a ser fruído na sua plenitude, como grande contributo para uma exposição"
"A opinião com que fiquei é que parecia mais difícil do que na realidade, por isso tive mais dificuldade no início"	"Em algumas situações foi difícil realizar as tarefas, mas por não compreender o funcionamento, depois de superada essa dificuldade inicial não tive mais problemas na manipulação dos objetos "	"Não consegui selecionar o grupo de mesa, balança e tubo para arrastar até ao espaço expositivo "	"Pareceu-me muito interessante. Gostei de passear pelos espaços e explorar os objetos"
"Boa experiência, fácil de manusear, com bastante interesse para a execução de trabalhos expositivos"	"Fácil manipulação"	"Tarefa mais complexa, mas de fácil execução depois de estarmos mais familiarizados com a aplicação"	" Tarefa que tive mais dificuldade a executar, contudo não me parece de difícil manuseamento "
"Tive algumas dificuldades com a utilização dos controlos(rato/teclado. Relativamente à execução considero que não tive nenhuma dificuldade especial. Essencialmente experienciei alguma impaciência que se prendem com a minha postura pessoal face às tecnologias"	"Positiva desmitificando alguns receios que geralmente sinto de interação com meios virtuais"	"Positiva "	"Bastante interativa e amigável"
"Uma vez interiorizados os comandos, torna-se relativamente fácil"	" O mesmo relativamente ao espaço 3D"	"Foi relativamente fácil "	"As minhas limitações têm a ver com a gestão combinada do rato e das teclas"
"Foi um pouco difícil por falta de experiência minha na manipulação deste tipo de sistema"	"Difícil. Precisava de um pouco mais de experiência com o sistema"	"Simples nos comandos comuns nesta tarefa "	"Foi simples e intuitiva, sendo que os objetos estavam mal situados e invertidos por minha culpa o que dificultou a tarefa"
"São tarefas que exigem muita experimentação/exploração para dominar e compreender a linguagem que tem como base. Desperta vontade de passar muito tempo a experimentar"	"Permitem visualizar a totalidade do objeto com muito pormenor situação que muitas em contexto de exposição não é possível. Para mim a mais fácil ver o objeto em funcionamento"	"Foi relativamente simples criar interação entre os objetos e esta tarefa permite a criação de cenários"	"Perspetivo a possibilidade de se recriar exposições, ou conceber ou criar de raiz apenas no espaço virtual. Esta possibilidade poderá tornar mais acessíveis as coleções dos museus"
"Domina-se o ecrã"	"Fácil de manipular"	"Nada difícil, mas melhora com mais manipulação"	"É uma forma aproximada e permite visualizar em pormenor, será mais facilitada para quem hábitos de uso da Net"

Tabela 39 - Resultados das perguntas abertas do questionário

Durante a realização das tarefas de manipulação 3D, as opiniões dos participantes enfatiza o facto da sua dificuldade ou insucesso estar relacionada com o facto de ser a primeira vez que utilizam este tipo de ferramenta. As dificuldades de alguns participantes eram no controlo do rato e teclado. Acreditam que com treino a tarefa

passaria a ser de fácil execução. Todos referem que a experiência desta tarefa foi positiva.

Nas tarefas de manipulação dos objetos 3D, os participantes voltam a referir a falta de experiência. Alguns participantes referiram a dificuldade com a manipulação de alguns objetos, mas afirmam que com treino a tarefa seria executada sem dificuldade. Todos classificam a experiência como positiva.

Nas tarefas de agrupamento de objetos apesar da maioria (6 participantes) terem referido que foi fácil ou pouco difícil, alguns participantes consideraram que foi a tarefa mais difícil, nomeadamente no agrupamento da mesa; balança e túnel, e que não a concluíram.

Relativamente às tarefas de interação com a exportação da exposição, as opiniões são na grande maioria muito favoráveis, tendo apenas um participante referido que foi a tarefa em que teve mais dificuldades. A maioria dos participantes reforça que as dificuldades na realização das tarefas está relacionada com a falta de treino e não com as funcionalidades da aplicação. Elogiam a aplicação quer numa perspetiva lúdica expressa pela frase *“Pareceu-me muito interessante. Gostei de passear pelos espaços e explorar os objetos”*. Assim como na sua aplicabilidade e utilidade para a montagem de exposições virtuais *“ Perspetivo a possibilidade de se recriarem exposições, ou de conceber ou criar de raiz apenas no espaço virtual. Esta possibilidade poderá tornar mais acessíveis as coleções dos museus”* e *“É um procedimento bastante interessante que necessita apenas de prática na manipulação de objetos 3D, de modo a ser fruído na sua plenitude, como grande contributo para uma exposição”*.

### 6.5.3 Resultados da Grelha de Análise dos Testes de Usabilidade

Nas tabelas seguintes (da tabela 40 à 44) apresentam-se os resultados obtidos para cada tarefa, em função de tempo de execução, número de erros e sucesso ou insucesso na concretização da tarefa.

Tarefa a executar	Tempo de execução (Segundos) N= 10	Nº erros N=10	Sucesso/Insucesso N= 10	
			Sucesso	Insucesso
1 - No mini eixo situado no canto superior direito da janela do espaço 3D, seleccione os diferentes eixos colorido para ter acesso às vistas segundo os eixos y, x e z. Voltar a colocar a vista em perspetiva, clicando no cubo central desse manipulador.	26,10 ±25,3 (9-79)	0,20±,42(0-1)	10 (100%)	
2 - Arrastar o espaço 3D, na vertical e na horizontal, premindo e arrastando o botão do meio do rato	22,60±30,9 (5-107)	0,50±0,71(0-2)	10 (100%)	
3 - Rodar a câmara de visualização do espaço 3D nos eixos horizontais e verticais, premindo e arrastando o botão direito do rato.	18,60±18,78 (6-62)	0,20±0,42 (0-1)	10 (100%)	
4 - Efetuar zoom no espaço 3D, atuando na roda central do rato.	9,60±6,70 (3-25)	0,10±,32 (0-1)	10 (100%)	
5 - Selecionar o <i>First Person Controller</i> do painel <i>Hierarchy</i> e efetuar as 3 últimas tarefas.	47,60±32,93 (15-116)	0,70±,82(0-2)	10 (100%)	
<b>GLOBAL</b>	86,42±58,40(27-200,6)	1,14±1,36 (0-3,40)	10 (100%)	

Tabela 40 - Manipulação do espaço 3D do protótipo

Os resultados apresentados na tabela 40, revelam que os participantes gastaram em média  $86,42 \pm 58,40$  segundos na execução das tarefas de manipulação do espaço 3D. Verificando-se uma grande variabilidade no tempo de execução da tarefa, apresentando um tempo mínimo de 27 segundos e um tempo máximo de aproximadamente 200 segundos. Verifica-se uma média baixa de erros ( $1,14 \pm 1,36$ ). Todas as tarefas foram concluídas com sucesso. De salientar que a tarefa mais demorada foi a tarefa 5, que também apresenta, o maior número de erros.

Tarefa a executar	Tempo de execução (Segundos) N= 10	Nº erros N=10	Sucesso/Insucesso N= 10	
			Sucesso	Insucesso
6 - Arrastar todos os objetos disponíveis no painel <i>Project</i> , dentro da pasta Modelos_Para_Expo para o espaço 3D, sem estarem sobrepostos. Esta tarefa é conseguida premindo o botão esquerdo e arrastando o objeto.	82± 62,53 (38-242)	0,50±,71 (0-2)	8 (80%)	2 (20%)
7 - Selecionar o objeto espacoExpo no espaço 3D, premir tecla F para o centrar e efetuar um zoom, para que este fique enquadrado na janela do espaço 3D.	55,40±49,65 (15-178)	0,70±,95 (0-3)	9 (90%)	1 (10%)
8 - Premir sequencialmente as teclas; w, e, r para aparecerem respetivamente os manipuladores de translação, rotação e escala.	9,30±6,24 (4-24)	0,10±0,32 (0-1)	10 (100%)	
9 - Selecionar o manipulador de translação, premir o botão esquerdo e arrastar o manipulador verde dos y para baixo, até ao momento em que o chão não desaparece na relva.	67,60±44,14 (11-156)	0,80±0,42 (0-1)	7 (70%)	3 (20%)
10 - Selecionar o manipulador de rotação e rodar o objeto 45 graus no eixo dos y. Para tal ir ao painel <i>Inspector</i> e onde diz <i>Rotation</i> introduzir o valor 45 no parâmetro y.	41,60±30,93 (10-96)	0,50±,53 (0-1)	8 (80%)	2 (20%)
11 - Selecionar o objeto Hidraulic2 no painel <i>Hierarchy</i> e premir F. Selecionar o manipulador de escala com a tecla apropriada. Reduzir ligeiramente o tamanho do objeto, premindo e arrastando o botão esquerdo do rato no centro do manipulador	123,40±84,37 (13-295)	2,40±1,35 (1-4)	8 (80%)	2 (20%)
<b>GLOBAL</b>	379,30±146,80(183-607)	1,14±1,36(0-3,40)	83% (70-100)	10,7%(10-20)

**Tabela 41 – Manipulação dos objetos 3D**

Os resultados da tabela 41, estão relacionados com a manipulação dos objetos 3D. O tempo médio gasto pelos participantes na manipulação dos objetos 3D foi de  $379,30 \pm 146,80$  segundos, havendo uma grande variabilidade no tempo de execução, valor mínimo médio de 183 segundos e o valor máximo médio de 607 segundos. O número médio de erros global foi baixo de  $1,14 \pm 1,36$ . Globalmente houve uma elevada taxa de concretização das tarefas de manipulação como se pode ver na coluna de sucessos. A tarefa 11 constitui a tarefa que mais tempo demorou a ser concluída ( $123,40 \pm 84,37$  segundos), tendo tido também o maior número de erros ( $2,40 \pm 1,35$ ), mas com uma taxa de sucesso de 80%.

A tarefa 8 foi a mais rápida a ser concluída teve menos erros e uma taxa de sucesso de 100

Tarefa a executar	Tempo de execução (Segundos) N= 10	Nº erros N=10	Sucesso/Insucesso	
			Sucesso N= 10	Insucesso
12 - Colocar os objetos Tunel_de_Vento e BalancaAeroDinamicaPhilipHarris em cima do objeto MesaMadeira, procedendo para o efeito às operações de translação e escala necessárias.	506,30±416,28 (121-1493)	2,90±1,73 (1-7)	7 (70%)	3 (20%)
13 - Premindo a tecla <i>shift</i> , selecionar a mesa a balança e o túnel de vento (o conjunto criado anteriormente). Arrastar o conjunto para o interior do espaçoExpo.	236,30±147,19 (69 – 571)	2,30±1,49 (0-5)	4(40%)	6 (60%)
14 - Aceder a <i>File I Build Settings</i> . Selecionar <i>Web Player</i> e clicar <i>Build and Runn</i>	46,20±21,70 (23-93)	0,30±0,48 (0-1)	9 (90%)	1 (10%)
<b>GLOBAL</b>	758±406,04(197,67-1622,33)	5,3±2,98(1-12)	66,7%(40-90)	33,3% (10-60)

Tabela 42 – Agrupamento de diferentes objetos

Podemos observar na tabela 42, relativamente ao agrupamento de objetos, que o tempo médio global para a concretização destas tarefas foi de 758±406,04 segundos com uma variabilidade significativa de tempo 198 segundos a 1622 segundos, o número médio de erros foi elevado, de 5,3±2,98. Observa-se globalmente uma boa taxa de sucesso nesta categoria de tarefas.

A tarefa com maior número de erros foi a tarefa 12, tendo tido também o tempo médio global de execução mais elevado de 506,30±416,28 segundos. A sua taxa de sucesso foi de 70%

A tarefa 14 possui o menor tempo de execução 46,20±21,70 segundos, o menor número de erros (0,30±0,48) e uma taxa de sucesso de 90 %.

Tarefa a executar	Tempo de execução (Segundos) N= 10	Nº erros N=10	Sucesso/Insucesso	
			Sucesso N= 10	Insucesso
15 - Leia as instruções que surgem no ecrã	23,80±12,03 (11-46)	0,10±,31 (0-1)	10 (100%)	
16 - Usar as teclas W, S, A, D e os movimentos do rato para entrar dentro do espaçoExpo	233,00±198,55 (31-547)	0,20±,42 (0-1)	10 (100%)	
<b>GLOBAL</b>	140,30±110,39(27,50-319,50)	0,20±0,35(0-2)	10 (100%)	

Tabela 43 – Navegação no espaço

A tabela 43, associada às tarefas de navegação do espaço 3D, apresenta um tempo médio global de 140,30±110,39 segundos e uma variabilidade significativa de 28 a 320 segundos. O número médio de erros é muito baixo, 0,20±0,35 e possui uma taxa de sucesso de 100%. A tarefa 15 é a que apresenta menor tempo médio de execução e menor número de erros.

Tarefa a executar	Tempo de execução (Segundos) N= 10	Nº erros N=10	Sucesso/Insucesso	
			N= 10 Sucesso	Insucesso
<b>17</b> - Navegue para junto do túnel de vento e quando surgirem as instruções clique no botão esquerdo do rato ou na tecla <i>ctrl</i> . Terá de ouvir um som do túnel de vento e o movimento da balança aerodinâmica.	206,30±129,45 (34-467)	0,90±,32 (0-1)	8 (80%)	2 (20%)
<b>18</b> - Vá para junto da balança aerodinâmica e quando surgirem as novas instruções clique no botão esquerdo ou na tecla <i>ctrl</i> . Terá de ouvir um som de algo a cair numa superfície metálica, ver uma esfera a cair na prato da balança e a respetiva deflexão da ponta de perfil da balança.	150,90±123,64 (17-410)	0,90±,88 (0-3)	6 (60%)	4 (40%)
<b>GLOBAL</b>	281,75±132,86(87-496,50)	1,35±=0,41(1-1,5)	70%(60-80)	30%(20-40)

Tabela 44 – interações com os objetos

A tabela 44, associada às interações com os objetos, possui um tempo médio global elevado na execução das suas tarefas, 281,75±132,86 segundos e uma variabilidade elevada, dos 87 segundos aos 497 segundos. A taxa de erros é reduzida 1,35±=0,41, e a maioria dos participantes conseguiu concluir esta tarefa com sucesso.

A tarefa 17 possui o maior tempo médio global de execução, 206,30±129,45 segundos, e a maior taxa global de sucesso 80%.

A tarefa 18 apresenta o menor tempo médio global de execução 150,90±123,64 segundos, possui um maior número de erros 0,90±,88 e uma menor taxa de sucesso somente 60%.

Seguidamente apresentam-se os resultados das análises estatísticas (teste de diferenças Qui- Quadrado), relativos às variáveis sócio demográficas, com o objetivo de verificar, de que forma estas características, podem influenciar os resultados obtidos na realização das diferentes tarefas do teste de usabilidade.

Os resultados apresentados na tabela 45, revelam que não existem diferenças estatisticamente significativas na realização das tarefas do teste de usabilidade em função do género.



SEXO	Tempo de execução (Segundos)		N° erros		Sucesso/Insucesso	
	<i>p</i>	Sig.	<i>p</i>	Sig.	<i>p</i>	Sig.
MANIPULAÇÃO ESPAÇO 3D	0,350	ns	0,442	ns	Variável constante*	
MANIPULAÇÃO OBJETOS 3D	0,350	ns	0,559	ns	0,330	ns
AGRUPAMENTOS OBJETOS 3D	0,350	ns	0,301	ns	0,439	ns
NAVEGAÇÃO ESPAÇO 3D	0,442	ns	0,375	ns	Variável constante	
INTERAÇÃO OBJETOS 3D	0,350	ns	0,435	ns	0,528	ns

**Tabela 45 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função do sexo**

\*assumiu apenas um valor (sucesso)

De acordo com os resultados apresentados na tabela 46, a idade não teve qualquer efeito no desempenho das tarefas, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas relativas à faixa etária dos participantes.

FAIXA ETÁRIA	Tempo de execução (Segundos)		N° erros		Sucesso/Insucesso	
	<i>p</i>	sig	<i>p</i>	sig	<i>p</i>	sig
MANIPULAÇÃO ESPAÇO 3D	0,297	ns	0,082	ns	Variável constante	
MANIPULAÇÃO OBJETOS 3D	0,297	ns	0,224	ns	0,305	ns
AGRUPAMENTOS OBJETOS 3D	0,297	ns	0,348	ns	0,410	ns
NAVEGAÇÃO ESPAÇO 3D	0,383	ns	0,100	ns	Variável constante	
INTERAÇÃO OBJETOS 3D	0,297	ns	0,167	ns	0,273	ns

**Tabela 46 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função da faixa etária**

Verifica-se pela análise da tabela 47, não existirem diferenças estatisticamente significativas no desempenho das tarefas em função das habilitações literárias dos participantes.

HABILITAÇÕES LITERÁRIAS	Tempo de execução (Segundos)		Nº erros		Sucesso/Insucesso	
	p	sig	p	sig	p	sig
MANIPULAÇÃO ESPAÇO 3D	0,333	ns	0,180	ns	Variável constante	
MANIPULAÇÃO OBJETOS 3D	0,333	ns	0,378	ns	7,25	0,510
AGRUPAMENTOS OBJETOS 3D	0,333	ns	0,508	ns	3,75	0,710
NAVEGAÇÃO ESPAÇO 3D	0,220	ns	0,970	ns	Variável constante	
INTERAÇÃO OBJETOS 3D	0,333	ns	0,720	ns	4,33	0,623

**Tabela 47 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função das habilitações literárias**

As atribuições funcionais não influenciaram o desempenho dos participantes, pela análise do quadro 48 não se verificam diferenças estatisticamente significativas.

ATRIBUIÇÕES FUNCIONAIS	Tempo de execução (Segundos)		Nº erros		Sucesso/Insucesso	
	p	sig	p	sig	p	sig
MANIPULAÇÃO ESPAÇO 3D	0,333	ns	0,241	ns	Variável constante	
MANIPULAÇÃO OBJETOS 3D	0,333	ns	0,633	ns	0,184	ns
AGRUPAMENTOS OBJETOS 3D	20,0	0,333	0,241	ns	0,442	ns
NAVEGAÇÃO ESPAÇO 3D	0,220	ns	0,222	ns	Variável constante	
INTERAÇÃO OBJETOS 3D	0,333	ns	0,155	ns	0,222	ns

**Tabela 48 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função das atribuições funcionais**

De acordo com os dados apresentados no quadro 49, existem diferenças estatisticamente significativas no desempenho das tarefas de agrupamento dos objetos 3D. Os participantes com experiência em ferramentas 3D, deram menos erros e concluíram a tarefa com sucesso relativamente aos restantes participantes que nunca utilizaram ferramentas 3D.

UTILIZAÇÃO FERRAMENTAS 3D	Tempo de execução (Segundos)		Nº erros		Sucesso/Insucesso	
	p	sig	p	sig	p	sig
MANIPULAÇÃO ESPAÇO 3D	0,350	ns	0,125	ns	Variável constante	
MANIPULAÇÃO OBJETOS 3D	0,350	ns	0,440	ns	0,287	ns
AGRUPAMENTOS OBJETOS 3D	0,442	ns	<b>0,007</b>	< 0,050	<b>0,019</b>	<0,05
NAVEGAÇÃO ESPAÇO 3D	0,550	ns	0,189	ns	Variável constante	
INTERAÇÃO OBJETOS 3D	0,350	ns	0,091	ns	0,120	ns

**Tabela 49 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função da experiência com ferramentas 3D**

Os dados da tabela 50, revelam que experiência ou inexperiência em jogar vídeo jogos, não teve qualquer influência no desempenho das tarefas dos participantes, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas.

JOGADOR DE VIDEO JOGOS	Tempo de execução (Segundos)		Nº erros		Sucesso/Insucesso	
	p	sig	p	sig	p	sig
MANIPULAÇÃO ESPAÇO 3D	0,330	ns	0,735	ns	Variável constante	
MANIPULAÇÃO OBJETOS 3D	0,330	ns	0,450	ns	0,824	
AGRUPAMENTOS OBJETOS 3D	0,330	ns	0,123	ns	0,677	
NAVEGAÇÃO ESPAÇO 3D	0,220	ns	0,446	ns	Variável constante	
INTERAÇÃO OBJETOS 3D	0,330	ns	0,675	ns	0,731	ns

**Tabela 50 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função da experiência com vídeo jogos**

Pela análise dos dados das tabelas 51 e 52, verifica-se não existirem diferenças estatisticamente significativas no desempenho das tarefas entre os participantes que interagem com exposições virtuais quer em ambiente 2D, 3D ou 2D/3D.

INTERAÇÃO EXPOSIÇÕES VIRTUAIS	Tempo de execução (Segundos)		Nº erros		Sucesso/Insucesso	
	p	sig	p	sig	p	sig
MANIPULAÇÃO ESPAÇO 3D	0,281	ns	0,323	ns	Variável constante	
MANIPULAÇÃO OBJETOS 3D	0,281	ns	0,142	ns	0,850	ns
AGRUPAMENTOS OBJETOS 3D	0,281	ns	0,500	ns	0,753	ns
NAVEGAÇÃO ESPAÇO 3D	0,134	ns	0,266	ns	Variável constante	
INTERAÇÃO OBJETOS 3D	0,281	ns	0,815	ns	0,907	ns

**Tabela 51 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função da experiência de interação com exposições virtuais**

TIPO DE EXPOSIÇÕES VIRTUAIS COM QUE INTERAGIU	Tempo de execução (Segundos)		Nº erros		Sucesso/Insucesso	
	p	sig	p	sig	p	sig
MANIPULAÇÃO ESPAÇO 3D	0,333	ns	0,493	ns	Variável constante	
MANIPULAÇÃO OBJETOS 3D	0,333	ns	0,429	ns	0,930	ns
AGRUPAMENTOS OBJETOS 3D	0,333	ns	0,406	ns	0,868	ns
NAVEGAÇÃO ESPAÇO 3D	0,220	ns	0,227	ns	Variável constante	
INTERAÇÃO OBJETOS 3D	0,333	ns	0,860	ns	0,920	ns

**Tabela 52 - Desempenho no teste de usabilidade do protótipo em função do tipo de experiências virtuais**

A análise estatística efetuada não confirma o sexo, faixa etária, habilitações literárias, as atribuições funcionais, ser ou não jogador de vídeo jogos; a interação com exposições virtuais em ambientes 2D ou 3D, como fatores de diferenciação no desempenho das tarefas do teste de usabilidade.

Os dados revelam que apenas os participantes que utilizam ou já utilizaram ferramentas de criação digital 3D, deram menos erros no agrupamento dos objetos 3D e foram os que mais sucesso tiveram na conclusão da tarefa. Estes dados sugerem que o fator experiência ou familiarização com ferramentas 3D, facilita este tipo de tarefas.

Os dados da análise de conteúdo das observações são consistentes com os resultados apresentados. A tarefa de agrupamento dos objetos 3D, foi a tarefa, em que a grande maioria dos participantes tiveram mais dificuldades e cometeram mais erros. Foi também a tarefa que os participantes referiram no questionário “Teste de protótipo para a construção de exposições virtuais”, como a mais difícil e atribuíram essa dificuldade à falta de treino.

## 6.5.4 Resultados da Análise de Conteúdo das Observações da Grelha de Análise dos testes de Usabilidade

As análises de conteúdo das observações recolhidas durante a realização dos testes de usabilidade, são apresentados na tabela 46.

Subcategorias	Tarefa a executar	Padrões Observados	Comentários Relevantes dos participantes
Manipulação do espaço 3D do protótipo	1 - No mini eixo situado no canto superior direito da janela do espaço 3D, seleccione os diferentes eixos coloridos para ter acesso às vistas segundo os eixos Y, X e Z. Voltar a colocar a vista em perspectiva, clicando no cubo central desse manipulador.	Tarefa executada com sucesso por todos os participantes, sem grande ambiguidade	
	2 - Arrastar o espaço 3D, na vertical e na horizontal, premindo e arrastando o botão do meio do rato.	A maioria dos participantes executou a tarefa corretamente, embora alguma ambiguidade com o botão central do rato e a esfera de rotação, tenha levado 3 participantes a cometer erro na tarefa, erro este que foi logo corrigido	
	3 - Rodar a câmara de visualização do espaço 3D nos eixos horizontais e verticais, premindo e arrastando o botão direito do rato.	Execução perfeita desta tarefa por parte de todos os participantes	
	4 - Efetuar zoom no espaço 3D, atuando na roda central do rato.	Execução perfeita desta tarefa por parte de todos os participantes	
	5 - Selecionar o <i>First Person Controller</i> do painel <i>Hierarchy</i> e efetuar as 3 tarefas anteriores (4, 3 e 2).	Execução globalmente bem sucedida, erros que surgiram foram corrigidos com uma nova leitura das instruções	
Manipulação dos objetos 3D	6 - Arrastar todos os objetos disponíveis no painel <i>Project</i> , dentro da pasta <i>Modelos_Para_Expo</i> para o espaço 3D, sem estarem sobrepostos. Esta tarefa é conseguida premindo o botão esquerdo e arrastando o objeto.	Tarefa executada com sucesso. Problemas pontuais de sobreposição do edifício espaço expo, dada a sua grande dimensão.	C - "...é muito grande a área se fosse maior ainda espalhava mais..." E - "ei o edifício é enorme!.."
	7 - Selecionar o objeto <i>espacoExpo</i> no espaço 3D, premir tecla F para o centrar e efetuar um zoom, para que este fique enquadrado na janela do espaço 3D.	Tarefa globalmente bem executada, com pontuais esquecimentos em premir a tecla F ou aceder ao painel correto do interface	B - "ah! Pois é aqui"
	8 - Premir sequencialmente as teclas; W, E e R para aparecerem respetivamente os manipuladores de translação, rotação e escala.	Tarefa executada com sucesso por todos os participantes, tendo todos compreendido a diferença entre manipuladores.	
	9 - Selecionar o manipulador de translação, premir o botão esquerdo e arrastar o manipulador verde dos y para baixo, até ao momento em que o chão não desaparece na relva.	Tarefa executada com sucesso pela globalidade dos participantes, no entanto existiu uma tendência geral para enterrar o edifício. Em alguns casos surge o erro de utilizar o manipulador de escala.	B - "Acho que estou a fazer asneira..." J - "...é importante ter experiencia..."
	10 - Selecionar o manipulador de rotação e rodar o objeto 45 graus no eixo dos y. No painel <i>Inspector</i> e no campo <i>Rotation</i> introduzir o valor 45 no parâmetro y.	Tarefa globalmente executada com sucesso, em termos de erros pontuais de referir uso de manipulador errado e alguma dificuldade em encontrar o parâmetro y do campo <i>Rotation</i> do <i>painel Inspector</i> .	
	11 - Selecionar o objeto <i>Hidraulic2</i> no painel <i>Hierarchy</i> e premir F. Selecionar o manipulador de escala com a tecla apropriada. Reduzir ligeiramente o tamanho do objeto, premindo e arrastando o botão esquerdo do rato no centro do manipulador	Tarefa em que surgiu alguma dificuldade na deteção do painel <i>Hierarchy</i> e na utilização do manipulador de escala.	A - "...ainda agora fiz isso...", "...pois já sei com era..." B - "...ai que já fiz asneira..." F - "...isto é intuitivo..."
Agrupamento de diferentes objetos (montagens)	12 - Colocar os objetos <i>TuneL_de_Vento</i> e <i>BalancaAeroDinamicaPhilipHarris</i> em cima do objeto <i>MesaMadeira</i> , procedendo para o efeito às operações de translação e escala	Tarefa na qual se evidenciou dificuldades na perceção do espaço 3D, nomeadamente no alinhamento dos objetos. Esta tarefa causa alguma confusão aos participantes, no entanto estes apercebem-se dos problemas de perceção e alinhamento incorreto dos objetos, levando-os a usar estratégias alternativas na manipulação do espaço e no	A - "...ah ia-me esquecendo do túnel de vento". C - "...Não consigo ver a balança..." E - " porque não cresce o túnel?... ele devia crescer, então?", "...não deve estar com era mas pronto..", "- eu não

Subcategorias	Tarefa a executar	Padrões Observados	Comentários Relevantes dos participantes
Agrupamento de diferentes objetos (montagens)	necessárias.	uso dos manipuladores de escala e translação para um correto posicionamento. Nota-se globalmente que com uma exploração mais profunda ou treino conseguiriam facilmente colmatar estas dificuldades de percepção.	estou conformada com isto..." F - "...Pois é vejo a mesa e não vejo o túnel..." "...ai que estou a ficar completamente perdida..." "...isto começa a ficar cada vez mais intuitivo..." H - "...a minha dificuldade é o saber onde estou..." "... Tenho dificuldades pois só vejo eixos..."
	13 - Mantendo premida a tecla <i>shift</i> , selecionar a mesa, a balança e o túnel de vento (o conjunto criado anteriormente). Arrastar o conjunto para o interior do espaçoExpo.	Dificuldades pontuais no agrupamento, e seleção dos objetos. Alguns erros associados ao uso do manipulador errado. Tarefa onde a dificuldade de percepção era notória, podendo esta ser eliminada com treino e uma maior utilização do protótipo	B - "...acho que não consigo selecionar a mesa..." "... diz "...tenho tudo fora outra vez" D - "...não estou a conseguir por tudo dentro, isto está a desselecionar..." I - "...algo me está a escapar..."
	14 - Aceder a <i>File   Build Settings</i> . Selecionar <i>Web Player</i> e clicar em <i>Build and Run</i> .	Execução perfeita desta tarefa por parte de todos os utilizadores à exceção de um dos participantes	
Navegação no espaço	15 - Leia as instruções que surgem no ecrã	As instruções no ecrã são lidas sem ambiguidade.	
	16 - Usar as teclas W (frente), S (recuar), A (deslocar para a esquerda), D (deslocar para a direita) e os movimentos do rato para entrar dentro do objeto espaçoExpo.	Todos os participantes conseguem navegar no espaço 3D por eles criado. No entanto, a maioria dos utilizadores não tem no início da navegação uma interação conjunta entre teclas e rato. Nota-se com o desenrolar da navegação que, o binómio teclado e movimentos do rato começa a ser utilizado. Surge por vezes alguma desorientação	A - "...andei um pouco perdido, nunca me habituei a trabalhar com rato e teclas, mas é fácil..." C - "Acho que a porta está do outro lado, isto não é entrada pois não?", "...isto é difícil de controlar..." D - "...ah perdi-me" E - "...onde está a porta?..."
Interações com os objetos	17 - Desloque-se em direção ao objeto <i>Túnel de Vento</i> e, quando surgirem as instruções, clique no botão esquerdo do rato ou na tecla <i>ctrl</i> . Irá ouvir o som de funcionamento do túnel de vento e ver a balança aerodinâmica em movimento.	Em geral e devido à má colocação nas tarefas anteriores, dos objetos mesa de madeira, túnel de vento e balança aerodinâmica, alguns participantes tiveram dificuldades em ativar as instruções que davam início à interação. Conseguem, apesar de alguma frustração e confusão chegar a estes objetos, uma vez que em alguns casos estes estavam no ar. Nestas situações os participantes negociaram com sucesso o uso das teclas de subida e descida.	B - "...não era suposto aparecerem instruções?" C - "...enfim a minha exposição é mais ao ar livre e com objetos pequeninos..." D - "...Estou perdida, estou mesmo perdida" E - "isto faz-me vertigens...não me sinto segura aqui em cima", "porque é que isto não faz o que promete?...estou frustrada" H - "...isto é o túnel?..." "...já devia ter aparecido qualquer coisa?..."
	18 - Desloque-se em direção à balança aerodinâmica e, quando surgirem as novas instruções, clique no botão esquerdo ou na tecla <i>ctrl</i> . Irá ouvir um som de algo a cair numa superfície metálica, ver uma esfera a cair no prato da balança e observar a deflexão da ponta de perfil da balança.	Em geral e devido à má colocação nas tarefas anteriores, dos objetos mesa de madeira, túnel de vento e balança aerodinâmica, alguns participantes tiveram dificuldades em ativar as instruções que davam início à interação. Conseguem, apesar de alguma frustração e confusão chegar a estes objetos, uma vez que em alguns casos estes estavam no ar. Nestas situações os participantes negociaram com sucesso o uso das teclas de subida e descida.	A "Complicado é perceber o sítio certo onde se tem que clicar no objeto, era melhor ter um marco ou algo que indica-se." F - "...isto é tão sensível ui..."

**Tabela 53 – Análises de conteúdo das observações recolhidas durante a realização dos testes de usabilidade**

A análise de conteúdo das observações apresentadas permitem extrair as seguintes conclusões:

- Em relação à **manipulação do espaço 3D**, todas as tarefas foram realizadas com sucesso e sem dificuldade.
- Na **manipulação dos objetos 3D**, as tarefas foram executadas com sucesso havendo erros pontuais a nível de seleção de objetos e utilização do manipulador correto. Foram registadas algumas reações de surpresa pela dimensão de alguns objetos.
- Nas tarefas de **agrupamento de diferentes objetos**, os participantes tiveram dificuldades pontuais na seleção e agrupamento dos objetos. Outra dificuldade observada prende-se com a percepção do posicionamento no espaço 3D, embora

uma utilização prolongada do protótipo, levasse intuitivamente os utilizadores a aperceberem-se deste erro e a executar as correções necessárias.

- Não se observaram dificuldades a assinalar na exportação da exposição criada.
- Na **experiência de navegação da exposição exportada**, as instruções foram lidas e percecionadas sem dificuldade. A navegação propriamente dita causou alguma desorientação inicial, no entanto a maioria dos utilizadores navegou sem dificuldades no espaço 3D. De referir que a maioria dos utilizadores não coordenou a navegação no espaço 3D entre rato e teclado.
- Os participantes tiveram alguma dificuldade na **interação com os objetos**. Tal facto ficou a dever-se ao mau posicionamento dos mesmos a quando da sua colocação no protótipo.

Em resumo, com os resultados obtidos nos testes de usabilidade e após o seu cruzamento com os dados do questionário “Teste de protótipo para construção de exposições virtuais”; e com os tempos de execução, número de erros, o sucesso/insucesso da tarefa, e tendo ainda em atenção a análise de conteúdo das observações realizadas, é possível afirmar que as perceções dos participantes, as observações quantitativas e as observações qualitativas são bastante coincidentes. Assim, pode deduzir-se com algum risco associado à reduzida dimensão da amostra, que o protótipo desenvolvido é de fácil utilização e que, mesmo uma gama de utilizadores inexperientes consegue, executar a grande maioria das tarefas com êxito.

A interpretação destes resultados, exige alguma prudência na sua generalização, por se tratar de uma amostra não probabilística, intencional e disponível, de reduzida dimensão. A dificuldade de conseguir amostras grandes é muito frequente em investigações de âmbito restrito e específico (profissionais de museologia de ciência e técnica) com elevada dispersão geográfica.





## 7 Conclusões e Trabalho Futuro.

A presente investigação teve como objetivo principal o desenvolvimento de um método tecnológico para a implementação de exposições virtuais, em ambiente tridimensional, destinado a museus de ciência e técnica. Para a persecução dos objetivos propostos realizou-se, inicialmente, um estudo teórico baseado na revisão bibliográfica e no contributo de vários investigadores sobre a relação entre a museologia e as tecnologias de representação digital. Efectuou-se uma revisão da literatura técnica associada às tecnologias de modelação e de motores para o desenvolvimento de jogos de vídeo, em ambiente tridimensional. Com base na revisão teórica construiu-se o enquadramento conceptual de suporte ao método tecnológico desenvolvido.

Extraíram-se as metodologias de suporte à implementação de exposições virtuais através da interceção dos métodos de criação de exposições físicas e dos métodos de desenvolvimento de vídeo jogos. Estes métodos permitiram a integração de um suporte tecnológico de implementação de exposições virtuais, tendo sido desenvolvido um protótipo com uma arquitetura adequada aos objetivos propostos.

O protótipo desenvolvido foi submetido a um teste de usabilidade com recurso a um painel de peritos (museólogos, conservadores e gestores de coleções), utilizando instrumentos de recolha de dados qualitativos e quantitativos, tendo por objetivo avaliar a facilidade de utilização da ferramenta.

Com a prova de conceito conseguiu-se responder à questão inicial de investigação através do desenvolvimento de uma ferramenta baseada na personalização de um motor de jogo, permitindo que museólogos de ciência e técnica executem tarefas inerentes à criação de exposições virtuais, em ambiente 3D, com relativa facilidade. É de salientar que as metodologias de produção de exposições virtuais não foram objeto de teste, por envolverem procedimentos de elevada morosidade e exigirem a sua validação em contextos reais.

A recetividade positiva do protótipo enfatiza a relevância da continuidade de uma investigação desta natureza. O protótipo desenvolvido pode ser aplicado, sem modificações significativas, a qualquer tipo de museu, podendo também servir de ferramenta de apoio, ou prototipagem, à criação de exposições físicas, permitindo a análise da alocação de espaço, ou da disposição dos objetos a expor.

### 7.1 Trabalho Futuro

Os atuais paradigmas de desenvolvimento de aplicações multimédia são baseados em processos participativos com os utilizadores finais dos sistemas a desenvolver. A presente investigação foi desenvolvida tendo por base sólidos requisitos teóricos, e um suporte tecnológico que já possuía um estudo de usabilidade prévio (o motor de jogo).

Uma das próximas etapas a realizar, de forma a refinar o protótipo desenvolvido, seria a implementação e personalização de novas funcionalidades, tendo em conta a participação ativa dos utilizadores finais, ou seja, a comunidade de museólogos e curadores.

Neste contexto e, tendo em conta os problemas de perceção do espaço 3D, seria importante implementar um sistema de visualização multivista, incluindo uma vista em perspetiva e duas ortogonais; uma segundo o eixo dos y e outra sobre o eixo dos x. Crê-se que, deste modo, os problemas de posicionamento por parte dos utilizadores possam ser eliminados. Este processo requer treino prévio, dada a dificuldade que alguns utilizadores têm na integração de vistas ortogonais.

Um importante desenvolvimento futuro é a implementação de um *web service*, que permita associar a um objeto 3D a ficha de catálogo armazenada na base de dados do acervo a que o seu homónimo real pertence.

Futuramente, é fundamental testar a metodologia desenvolvida em contextos reais de exposições museológicas de ciência e técnica, em ambiente tridimensional.

Implementar uma rede social colaborativa para permitir a partilha de acervos digitais 3D para a criação de exposições virtuais.

## Bibliografia Citada

Ahearn, Luke. 2009. *3D Game Textures*. Second ed. Oxford: Focal Press

Assembleia da República. 2004. Lei Quadro dos Museus Portugueses. In *Lei n.º 47/2004*, edited by A. A. d. República. Diário da República I Série A: Diário da República.

Autodesk. *Autodesk Maya 2009* [accessed August 9, 2011]. Available from <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?id=7635018&siteID=123112>.

Balbed, M. A. M., N. Ibrahim, and A. M. Yusof. 2008. Implementation of Virtual Environment Using VIRTTOOLS. Paper read at Computer Graphics, Imaging and Visualisation, 2008. CGIV '08. Fifth International Conference on.

Benjamim Matalon, Rodolphe Ghiglione. 2006. *O Inquérito - Teoria e Prática*: Celta.

Blender.org. *Blender 2009* [accessed August 9, 2011]. Available from <http://www.Blender.org/>.

Cameron, Fiona, and Sarah Kenderdine, eds. 2007. *Theorizing digital cultural heritage a critical discourse, Media in transition*. Cambridge [etc.]: MIT Press.

CRYTEK. *Crytek 2011* [accessed August 10, 2011]. Available from <http://www.crytek.com/>.

Daly, L., and D. Brutzman. 2007. X3D: Extensible 3D Graphics Standard [Standards in a Nutshell]. *Signal Processing Magazine, IEEE* 24 (6):130-135.

Dassault Systèmes, SolidWorks Corp. *3D CAD Design Software SolidWorks 2011* [accessed August 11, 2011]. Available from <http://www.solidworks.com/>.

Delicado, Ana. 2008. Produção e reprodução da ciência nos museus portugueses. *Análise Social* vol. XIII (1): 55-77.

DesuraNET Pty, Ltd. *modb 2011* [accessed August 10, 2011]. Available from <http://www.moddb.com/engines/id-tech4>.

DevMaster.net. *DevMaster.net - Your source for game development 2011* [accessed August 10, 2011]. Available from <http://www.devmaster.net/>.

Frost, C. Olivia. 2002. When the Object is Digital: Properties of Digital Surrogate: Objects and Implications for Learning. In *Perspectives on object-centered learning in museums*, edited by S. G. Paris. Mahwah, N.J. London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

- Games, Epic. *Unreal Technology*. Epic Games 2011 [accessed August 10, 2011]. Available from <http://www.unrealengine.com/>.
- Goldstone, Will. 2009. *Unity Game Development Essentials*. Birmingham: Pack Publishing.
- Gonçalves, M. E. 2000. *Ciência, Política e Participação*. Edited by M. E. I. Gonçalves, *Cultura Científica e Participação Pública*. Oeiras: Celta.
- Gregory, Jason. 2009. *Game engine architecture*. Massachusetts: A.K.Peters, Ltd.
- Hess, Roland. 2009. *The Essencial Blender*. Amersterdam: Blender Foundention.
- Huhtamo, Erkki. 2002. On the Origins of the Virtual Museum. *Virtual Museums and Public Understanding of Science and Culture*, [http://nobelprize.org/nobel\\_organizations/nobelfoundation/symposia/interdisciplinary/ns120/lectures/huhtamo.pdf](http://nobelprize.org/nobel_organizations/nobelfoundation/symposia/interdisciplinary/ns120/lectures/huhtamo.pdf).
- John Hight, Jeannie Novac. 2008. *Game Development Essentials - Game Project Management*. New York: Thomson Delmar Learning.
- John Kundert-Gibbs, Eric Kunzendorf, Dariush Derakhshani, Mick Larkins, Erik Keller, Boaz Livny, Mark E.A. de Sousa. 2007. *Mastering MAYA 7*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc.
- Jorge Vala, Maria Benedicta Monteiro. 2006. *Psicologia Social*. 7th ed: Fundação Calouste Gulbenkian
- Kinematic Models for Design Digital, Library. *Reuleaux Collection of Mechanisms and Machines at Cornell University* 2008 [accessed August 11, 2011]. Available from [http://kmoddl.library.cornell.edu/rx\\_collection.php](http://kmoddl.library.cornell.edu/rx_collection.php).
- Kulwinder Kaur Deol, Alistair Sutcliffe and Neil Maiden. 1999. A design advice tool presenting usability guidance for virtual environments. *WORKSHOP ON USER CENTERED DESIGN AND IMPLEMENTATION OF VIRTUAL ENVIRONMENTS*.
- Lewis, Geoffrey D. *Encyclopedia Britannica – Academic Edition* [accessed August 9, 2011]. Available from <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/398814/museum>.
- Lin, Chao-Yu. 2009. Investigating the potential of on-line 3D virtual environments to improve access to museums as both an informational and educational resource PhD, Faculty of Art and Design De Montfort University, De Montfort University Montfort.
- Lord, B., and G.D. Lord. 2002. *The manual of museum exhibitions*: AltaMira Press.
- Lourenço, M. C. 2005. Between two worlds: The distinct nature and contemporary significance of university museums and collections in Europe, Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris.

- Macdonald, Sharon. 2002. *Behind the scenes at the Science Museum*. Oxford: Berg.
- Maxon. *MAXON: Home Cinema 4D* 2011. Available from <http://www.maxon.net/en/home.HTML>.
- Medina, Susana, João Pedro Pêgo, Célia Machado, João Carlos Aires, and João Rebelo. *Building a collaborative network for the digital representation of engineering collections*: Humboldt-Universität zu Berlin, International Committee for University Museums and Collections (UMAC).
- métiers, Musée des arts et. *Musée des arts et métiers*. Musée des arts et métiers 2007 [accessed August 11 2011]. Available from <http://www.arts-et-metiers.net/musee.php?P=191&lang=fra&flash=f>.
- Microsoft. *MSDN* 2011 [accessed August 10, 2011]. Available from <http://msdn.microsoft.com/en-us/aa937791>.
- Miles, Roger. 1993 Exhibiting learning. *MUSEUMS JOURNAL* 93 (5):27-28.
- MINOLTA, KONICA. *VIVID 910-Non-contact 3D Digitizer I KONICA MINOLTA* 2009 [accessed August 9, 2011]. Available from <http://www.konicaminolta.com/instruments/products/3d/non-contact/vivid910/index.HTML>.
- Museum, Science. *Science Museum-online stuff-games*. 2009 [accessed August 9, 2011]. Available from <http://www.sciencemuseum.org.uk/onlinestuff/games.aspx>.
- Code of ethics for museums 21ª Assembleia Geral do ICOM*.
- Paul Tondeur, Jeff Winder. 2009. *Papervision 3D Essentials*. Birmingham: Packt Publishing.
- PolyTrans. *PolyTrans home page* 2008 [accessed 17-02-2009]. Available from <http://www.okino.com/conv/conv.htm>.
- Saiful Ariffin Baba, Hanafizan Hussain, and Zarina Che Embi. 2007. An Overview of Parameters of Game Engine *IEEE MULTIDISCIPLINARY ENGINEERING EDUCATION MAGAZINE* 2 (3):3.
- Schweibenz, W. 1998. The "Virtual Museum": new perspectives for museums to present objects and information using the Internet as a knowledge base and communication system. In 6. *Internationalen Symposiums fur Informationswissenschaft (ISI '98)*, edited by H. H. S. Zimmermann, Volker. Prag: Zimmermann, Harald H./Schramm, Volker.
- Software, XOR. Rapidform; 3D Scanning Software with Reverse Engineering, Inspection, Scanning* 2009 [accessed August 9, 2011]. Available from <http://www.rapidform.com>.
- Sousa, João Carlos C. Aires de. 2008. *Modelação 3D de Objetos Museológicos*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Stonetrip. *Shiva 3D Game Engine Development tools* 2010 [accessed August 10, 2011]. Available from <http://www.stonetrip.com/>.

SYSTEMES, DASSAULT. *3DVIA Virtools* 2011 [accessed August 10, 2011]. Available from <http://www.3ds.com/products/3dvia/3dvia-virttools/>.

Taylor, George R. 2000. *Integrating quantitative and qualitative methods in research*. Lanham: University Press of America.

TDT3D. *TDT3D : Autodesk Maya to Demicron WireFusion* 2009 [accessed August 9, 2011]. Available from [http://www.tdt3d.be/articles\\_viewer.php?art\\_id=43](http://www.tdt3d.be/articles_viewer.php?art_id=43).

Technologies, Unity. *Unity 3D* 2011 [accessed August 10, 2011]. Available from <http://unity3d.com/>.

Torus Knot, *Software*. *Ogre* 2009 [accessed August 10, 2011]. Available from <http://www.Ogre3d.org/>.

Trenholme, David, and Shamus Smith. 2008. Computer game engines for developing first-person virtual environments. *Virtual Reality* 12 (3):181-187. University, Davis. *3D Museum* 2009 [accessed August 11, 2011]. Available from <http://3dmuseum.geology.ucdavis.edu/>.

Vieira, Susana Maria Moreira de Figueiredo Medina. 2008. Ligações On/Off : reflexões sobre a construção de redes de colaboração entre museus e produtores de ciência e técnica na Universidade do Porto. Mestrado, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto.

White, M., F. LiarokAPIs, N. Mourkoussis, A. Basu, J. Darcy, P. Petridis, M. Sifniotis, and P. Lister. 2004. ARCOLite-an XML based system for building and presenting virtual museum exhibitions using Web3D and augmented reality. Paper read at Theory and Practice of Computer Graphics, 2004. Proceedings.

WireFusion. *WireFusion - Realtime interactive 3D for internet marketing, 3D configurators and product visualizations* 2009 [accessed August 9, 2011]. Available from <http://www.demicron.com/wirefusion/>.

Yong-Moo, Kwon, Kim Ig-Jae, Ahn Sang Chul, Ko Heedong, and Kim Hyung-Gon. 2001. Virtual Heritage System: Modeling, Database & Presentation. In *Proceedings of the Seventh International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM'01)*: IEEE Computer Society.

Yvonne Rogers, Helen Sharp, Jenny Preece. 2011. *Interaction Design: Beyond Human - Computer Interaction*. 3rd ed: Wiley.

## Bibliografia Consultada

Anderson, Eike Falk. 2009. Serious Games in Cultural Heritage. State-of-the-Art Report, [http://coventry.academia.edu/EikeFalkAnderson/Papers/110808/Serious\\_Games\\_in\\_Cultural\\_Heritage](http://coventry.academia.edu/EikeFalkAnderson/Papers/110808/Serious_Games_in_Cultural_Heritage).

Apple. Apple - QuickTime - Technologies - QuickTime VR 2009 [accessed August 9, 2011]. Available from <http://www.apple.com/quicktime/technologies/qtvr/>.

CBS Interactive. GameSpot Video Games, Video Game Reviews. CBS Interactive Inc 2011. Available from <http://www.gamespot.com/>.

Cerulli, Cristina. 1999. Exploiting the Potential of 3D Navigable Virtual Exhibition Spaces . Museums and the *Web* <http://www.archimuse.com/mw99/papers/cerulli/cerulli.HTML>

Deshaies, Bruno. 1997. Metodologia da Investigação em Ciências Humanas, Epistemologia e Sociedade. Instituto Piaget: Lisboa.

Eric Miller, Paul Thuriot, Jeff Unay. 2006. Hyper-Realistic Creature Creation: Alias.

Freixo, Manuel João Vaz. 2011. Metodologia Científica - Fundamentos Métodos e Técnicas. 3rd ed: Instituto Piaget.

GarageGames. *Torque 3D* 2011 [accessed August 10, 2011].

Goldman, Daniel R. 2007. A framework for video annotation, visualization, and interaction. PhD Thesis, University of Washington.

Gustav, Tax. 2004. Introducing participatory design in museums. In Proceedings of the eighth conference on Participatory design: Artful integration: interweaving media, materials and practices - Volume 1. Toronto, Ontario, Canada: ACM.

initiative, Dublin Core Metadata. Dublin Core Metadata initiative, 2011-07-22 [accessed August 8, 2011]. Available from <http://dublincore.org/>.

Krzysztof, Walczak, and Cellary Wojciech. 2003. X-VRML for Advanced Virtual Reality Applications. *Computer* 36 (3):89-92.

Laurel, Brenda. 2003. Design Research Methods and Perspectives. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Macdonald, Sharon. 2002. Behind the scenes at the Science Museum,

Marconi, Marina de Andrade, and Eva Maria Lakatos. 1993. Técnicas de Pesquisa. 2ª edição revista e ampliada ed. São Paulo: Editora Atlas S.A.

Martijn van Welie, Gerrit C. van der Veer, Anton Eliëns. 1999. Breaking down Usability. In INTERACT: IFIP International Conference on Human Computer Interaction, edited by V. U. A. d. B. Faculty of Computer Science. Edinburgh, Scotland.

Sarkis, Mona. 1993. Interactivity Means Interpassivity. *Media Information Australia* (69):13-16.

Severson, J. 2001. Prospects and challenges for creating historic virtual environments for museum exhibition. Paper read at Virtual Systems and Multimedia, 2001. Proceedings. Seventh International Conference on.

Silva, Alberto Manuel Rodrigues da, and Carlos Alberto Escaleira Videira. 2005. UML, metodologias e ferramentas CASE linguagem de modelação UML, metodologias e ferramentas CASE na concepção e desenvolvimento de sistemas de Informação, Tecnologias. Lisboa: Centro Atlantico, Lda.

Vertebrate Paleobiology Lab of the University of California, Davis. 3D Museum – Vertebrate Paleobiology Lab of the University of California, Davis 2009 [accessed August 9, 2011]. Available from <http://3dmuseum.geology.ucdavis.edu/frame.HTML>.

Virtools. Virtools 2009 [accessed August 9, 2011]. Available from <http://www.virttools.com/>.

Walczak, K., W. Cellary, and M. White. 2006. Virtual museum exhibitions. *Computer* 39 (3):93-95.

Wazlawick, Raul Sidnei. 2009. Metodologia de pesquisa para ciência da computação. Rio de Janeiro: Elsevier.

Wei, Lu, Zeng Dinghao, and Pan Jingui. 2008. An XML-based scene description language for 3D virtual museum. Paper read at Information Technology Interfaces, 2008. ITI 2008. 30th International Conference on.

White, The University of Sussex Michael Gkion and Martin. Virtual Expo *WEB* 2009 [accessed August 9, 2011]. Available from <http://www.arco-web.org/Virtual/technology.php>.

Wilson, Leatitia. 1993. Interactivity or Interpassivity: a Question of Agency in Digital Play. <http://hypertext.rmit.edu.au/dac/papers/Wilson.pdf>.



## **Anexos**



## **Anexo A - Caracterização dos participantes do estudo**



## Anexo A

### Caracterização dos Participantes do Estudo

Código do inquirido

#### Dados Iniciais

##### Idade

20 -25  26-30  31-35  36-40  41-45  46-50  51 - 55  >55

##### Sexo

Feminino  Masculino

##### Habilitações

Licenciatura  Pós graduação  Mestrado  Doutoramento

##### Atribuições Funcionais

### Proximidade às tecnologias virtuais 3D

#### 1 Já utilizou software para criação de modelos 3D (por exemplo, Maya, 3D Studio Max, Blender, Cinema 4D)

Sim  Não

#### 2 Joga vídeo-jogos em ambiente 3D

Nunca  Jogo com pouca frequência  Jogo com bastante frequência

### Experiência com exposições virtuais (responder somente se teve contacto com este tipo de exposições)

#### 1 Através de que meio interagiu com a exposição virtual? (pode escolher mais do que uma opção)

CD / DVD ROM  Internet  Software instalado num computador pessoal  Quiosque electrónico ou outro dispositivo criado propositadamente para a exposição virtual  Outro meio (descreva qual)

#### 2 A(s) exposição(ões) virtual(ais) com que interagiu ou teve contacto era(m):

Exposições em ambiente 2D  Exposições em ambiente 3D  Exposição com sistema de realidade aumentada  outro tipo (descrever sucintamente)



## **Anexo B - Guião de atividades designado por “Teste de Protótipo”**





## Anexo B

---

Guião da atividade designada por “Teste de Protótipo”, a ser desempenhada por cada participante.

---

### **Guião da Atividade**

#### **Objetivos:**

Apoio ao processo de validação do protótipo desenvolvido. A presente atividade serve como ferramenta de observação e recolha de dados, mais concretamente:

- Recolher dados relativos à usabilidade do protótipo produzido perante o público alvo;
- Recolher impressões sobre o protótipo.

#### **Público alvo:**

Profissionais da área da museologia (curadores, museólogos, conservadores, gestores de coleções)

#### **Duração:**

Não exceder 1 hora e 10 minutos de duração.

#### **Material Utilizado:**

- Computador portátil com o protótipo instalado.
- Questionário de caracterização sócio demográfica, constante no anexo A.
- Questionário constante no anexo C.
- Grelha de observação do anexo D
- Lista de tarefas a executar (plastificada).
- Instruções básicas do protótipo
- Câmara de vídeo digital + tripé.
- Telemóvel com cronómetro.

#### **Suporte e análise de informação:**

Toda a actividade de cada participante nos testes de usabilidade será registada em vídeo digital, capturado em cada sessão .

A informação relativa às tarefas será registada na grelha de observação constante no anexo D. No final dos testes de usabilidade, o utilizador terá de responder a um questionário sobre a sua experiência de utilização do protótipo (questionário do anexo C).

## **Questões éticas associadas ao teste de usabilidade.**

O nome dos intervenientes é mantido confidencial, e os dados recolhidos só poderão ser utilizados no âmbito da presente investigação.

Os utilizadores que foram alvo do teste em questão, deram o seu consentimento verbal para serem filmados. A qualquer momento poderão, por sua livre vontade, terminar e abandonar o teste.

## **Metodologia de condução da tarefa:**

### **1º parte**

- Breve introdução à investigação em causa;
- Pedir ao utilizador de teste para preencher o questionário constante no anexo A. Este questionário tem como objectivo a recolha de informação preliminar sobre o utilizador e o seu conhecimento de tecnologias de cariz tridimensional, a sua experiência com jogos de vídeo e exposições virtuais.
- Breve demonstração do protótipo, as suas funcionalidades, ferramentas e interface;

### **2ª parte**

- Fornecer ao inquirido a lista de tarefas a executar e as instruções básicas do protótipo.
- Informar o inquirido de que cada tarefa será lida pelo investigador, e após essa leitura será dada a informação para iniciar a tarefa. Cada tarefa será cronometrada e durante a sua execução o investigador registará por escrito, observações e comentários relevantes do inquirido relativamente à tarefa que está a desempenhar.
- Pedir ao entrevistado que, perante o computador portátil no qual está instalado o protótipo, execute as seguintes tarefas:
  - 1 - No mini eixo situado no canto superior direito da janela do espaço 3D, seleccione os diferentes eixos coloridos para ter acesso às vistas segundo os eixos Y, X e Z. Voltar a colocar a vista em perspectiva, clicando no cubo central desse manipulador.
  - 2 - Arrastar o espaço 3D, na vertical e na horizontal, premindo e arrastando o botão do meio do rato.
  - 3 - Rodar a câmara de visualização do espaço 3D nos eixos horizontais e verticais, premindo e arrastando o botão direito do rato.

- 4 - Efectuar *zoom* no espaço 3D, actuando na roda central do rato.
- 5 - Seleccionar o *First Person Controller* do painel *Hierarchy* e efectuar as 3 tarefas anteriores (4, 3 e 2).
- 6 - Arrastar todos os objetos disponíveis no painel *Project*, dentro da pasta *Modelos\_Para\_Expo* para o espaço 3D, sem estarem sobrepostos. Esta tarefa é conseguida premindo o botão esquerdo e arrastando o objeto.
- 7 - Selecionar o objeto *espacoExpo* no espaço 3D, premir tecla F para o centrar e efectuar um *zoom*, para que este fique enquadrado na janela do espaço 3D.
- 8 - Premir sequencialmente as teclas; W, E e R para aparecerem respectivamente os manipuladores de translação, rotação e escala.
- 9 - Selecionar o manipulador de translação, premir o botão esquerdo e arrastar o manipulador verde dos y para baixo, até ao momento em que o chão não desaparece na relva.
- 10 - Selecionar o manipulador de rotação e rodar o objecto 45 graus no eixo dos y. Para tal ir ao painel *Inspector* e onde diz *Rotation* introduzir o valor 45 no parâmetro y.
- 11 - Selecionar o objecto *Hidraulic2* no painel *Hierarchy* e premir F. Selecionar o manipulador de escala com a tecla apropriada. Reduzir ligeiramente o tamanho do objecto, premindo e arrastando o botão esquerdo do rato no centro do manipulador.
- 12 - Colocar os objectos *Tunel\_de\_Vento* e *BalancaAeroDinamicaPhilipHarris* em cima do objecto *MesaMadeira*, procedendo para o efeito às operações de translação e escala necessárias.
- 13 – Mantendo premida a tecla *shift*, seleccionar a mesa, a balança e o túnel de vento (o conjunto criado anteriormente). Arrastar o conjunto para o interior do *espacoExpo*.
- 14 - Aceder a *File | Build Settings*. Selecionar *Web Player* e clicar em *Build and Run*.
- 15 - Leia as instruções que surgem no ecrã.
- 16 - Usar as teclas W (frente), S (recuar), A (deslocar para a esquerda), D (deslocar para a direita) e os movimentos do rato para entrar dentro do objecto *espacoExpo*.
- 17 - Desloque-se em direção ao objecto *Tunel\_de\_Vento* e, quando surgirem as instruções, clique no botão esquerdo do rato ou na tecla *ctrl*. Irá ouvir o som de funcionamento do túnel de vento e ver a balança aerodinâmica em movimento.

- 18 – Desloque-se em direção à balança aerodinâmica e, quando surgirem as novas instruções, clique no botão esquerdo ou na tecla ctrl. Irá ouvir um som de algo a cair numa superfície metálica, ver uma esfera a cair no prato da balança e observar a deflexão da ponta de perfil da balança.

Após a conclusão da tarefa por parte do inquirido será registado pelo investigador na sua grelha de observação os seguintes dados: tempo de execução, numero de erros, registo de sucesso ou insucesso da concretização da tarefa.

### **3ª parte**

- Solicitar ao entrevistado o preenchimento do inquérito especificado no anexo C.

## **Anexo C - Teste de protótipo para a construção de exposições virtuais.**



## Anexo C

### Teste de protótipo para construção de exposições virtuais

#### Identificação do inquirido:

- Código: \_\_\_\_\_

#### Questões relacionadas com a interação que teve com o protótipo em teste.

- Em relação à organização dos diferentes painéis do interface do protótipo, achou que esta era:
  - Muito desorganizada.
  - Desorganizada.
  - Organizada.
  - Bem organizada.
  
- Relativamente à informação sobre a função dos diversos elementos do interface, achou que esta era:
  - Ambígua
  - Pouco auto-explicativa
  - Auto-explicativa.
  - Bastante auto-explicativa.
  
- Visualmente achou que o interface do protótipo era:
  - Inconsistente.
  - Pouco apelativo.
  - Apelativo.
  - Bastante apelativo e consistente.
  
- Globalmente e em relação à facilidade de execução das tarefas de **manipulação do espaço 3D**, achou que estas eram:
  - Bastante difíceis.
  - Difíceis.
  - Pouco difíceis.
  - Fáceis.
  
- Ao executar as tarefas de **manipulação do espaço 3D**, achou que possuía um controlo:
  - Muito impreciso.
  - Pouco preciso.
  - Preciso.
  - Bastante preciso.
  
- Achou que o espaço 3D possuía uma dimensão:

- Bastante reduzida.
- Reduzida.
- Media.
- Elevada.

- Nas tarefas de **manipulação do espaço 3D**, qual é a sua opinião sobre a experiência que teve.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- Em relação à **manipulação dos objectos 3D**, que nível de dificuldade sentiu na sua colocação no espaço 3D:

- Bastante Dificuldade.
- Dificuldade em alguns objectos.  
Indique quais os objectos em que teve dificuldade  
\_\_\_\_\_
- Sem dificuldade.

- Em relação à **manipulação dos objectos 3D**, que nível de dificuldade sentiu na sua manipulação (translação, rotação e escala)

- Bastante dificuldade.
- Dificuldade em alguns objectos.  
Indique quais os objectos que teve dificuldade  
\_\_\_\_\_
- Sem dificuldade.

- Durante a execução das tarefas de **manipulação dos objectos 3D**, como caracterizaria o comportamento do sistema.

- Muito lento.
- Lento.
- Aceitável.
- Preciso.

- Nas tarefas de **manipulação dos objectos 3D**, qual é a sua opinião sobre a experiência que teve.



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- Nas tarefas de **agrupamento dos objectos 3D**, como as caracterizaria em termos de complexidade:

- Muito complexas.
- Complexas.
- Pouco complexas.
- Simples.

- Durante a execução das tarefas de **agrupamento dos objectos 3D**, como caracterizaria o comportamento do sistema:

- Muito lento.
- Lento.
- Aceitável.
- Preciso.

- Nas tarefas de **agrupamento dos objectos 3D**, qual é a sua opinião sobre a experiência que teve.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Questões relacionadas com a interação que desenvolveu com a exposição exportada.**

- Achou o processo de exportação:

- Muito complexo.
- Complexo.

- Pouco complexo.
- Simples.

- Visualizou correctamente as instruções de navegação escritas no ecrã?

- Não consegui visualizar.
- Visualizei com alguma dificuldade.
- Consegui visualizar.
- Consegui visualizar sem nenhuma dificuldade.

- Achou a movimentação no espaço (utilizando teclas e rato):

- Muito complexo.
- Complexo.
- Pouco complexo.
- Simples.

- Achou a resposta do sistema de movimentação no espaço:

- Muito impreciso.
- Pouco preciso.
- Preciso.
- Bastante preciso.

- Reconheceu todos os elementos existentes no espaço virtual (ex. céu, chão, edifício e objectos)?

- Não consegui reconhecer a totalidade dos elementos.
- Reconheci alguns elementos.  
Enumere quais

- Reconheci todos os elementos.

- Como caracteriza a aproximação entre os objectos 3D com os seus equivalentes reais?

- Nada similares.
- Vagamente similares.
- Similares.
- Muito similares.

- Nas tarefas de **interação com a exposição exportada**, qual é a sua opinião global da experiência?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## **Anexo D - Grelha de análise do teste de usabilidade**



Anexo D

Grelha de Análise do teste de Usabilidade

Código do Inquirido \_\_\_\_\_

Categoria	Subcategorias	Tarefa a executar	Pontos de Atenção	Tempo de execução	Índice de sucesso	Taxa de erros	Observações
Interação com o protótipo para gerar exposições	Manipulação do espaço 3D do protótipo	<b>1</b> - No mini eixo situado no canto superior direito da janela do espaço 3D, seleccione os diferentes eixos coloridos para ter acesso às vistas segundo os eixos Y, X e Z. Voltar a colocar a vista em perspectiva, clicando no cubo central desse manipulador.	Observar se o utilizador detecta o <i>Gyzmo</i> e clica nos eixos coloridos para as várias vistas				
		<b>2</b> - Arrastar o espaço 3D, na vertical e na horizontal, premindo e arrastando o botão do meio do rato.	Ver se arrasta para cima e para baixo o espaço 3D Atenção aos movimentos das mãos se não se engana				
		<b>3</b> - Rodar a câmara de visualização do espaço 3D nos eixos horizontais e verticais, premindo e arrastando o botão direito do rato.	Ver se consegue rodar a câmara, e novamente estar atento às mãos se não se engana				
		<b>4</b> - Efectuar <i>zoom</i> no espaço 3D, actuando na roda central do rato.	Movimento do dedo na roda				
		<b>5</b> - Seleccionar o <i>First Person Controller</i> do painel <i>Hierarchy</i> e efectuar as 3 tarefas anteriores (4, 3 e 2).	Ver se encontra o painel e o <i>controller</i> e analisar os erros nas mãos				
	Manipulação dos objectos 3D	<b>6</b> - Arrastar todos os objetos disponíveis no painel <i>Project</i> , dentro da pasta <i>Modelos_Para_Expo</i> para o espaço 3D, sem estarem sobrepostos. Esta tarefa é conseguida premindo o botão esquerdo e arrastando o objeto.	Ver se encontra a pasta. Ver se encontra o painel Ver se arrasta todos os objectos , e não se engana nos movimentos do rato				
		<b>7</b> - Selecionar o objeto <i>espacoExpo</i> no espaço 3D, premir tecla F para o centrar e efectuar um <i>zoom</i> , para que este fique enquadrado na janela do espaço 3D.	Ver se encontra o objecto e faz correctamente o <i>zoom</i> . Analisar os dedos no rato				
		<b>8</b> - Premir sequencialmente as teclas; W, E e R para aparecerem respectivamente os manipuladores de translação, rotação e escala.	Ver se se engana ao premir as teclas				
		<b>9</b> - Selecionar o manipulador de translação, premir o botão esquerdo e arrastar o manipulador verde dos y para baixo, até ao momento em que o chão não desaparece na relva.	Ver se não se engana no manipulador. Analisar os dedos				
		<b>10</b> - Selecionar o manipulador de rotação e rodar o objecto 45 graus no eixo dos y. No painel <i>Inspector</i> e no campo <i>Rotation</i> introduzir o valor 45 no parâmetro y.	Ver se não se engana no manipulador e se consegue encontrar o inspector. E se consegue encontrar o campo.				
		<b>11</b> - Selecionar o objecto <i>Hidraulic2</i> no painel <i>Hierarchy</i> e premir F. Selecionar o manipulador de escala com a tecla apropriada. Reduzir ligeiramente o tamanho do objecto, premindo e arrastando o botão esquerdo do rato no centro do manipulador	Ver se executa as tarefas correctamente( peça e manipulador). Analisar os movimentos e as mãos no rato.				

	Agrupamento de diferentes objectos (montagens)	<b>12</b> - Colocar os objectos Tunel_de_Vento e BalancaAeroDinamicaPhilipHarris em cima do objecto MesaMadeira, procedendo para o efeito às operações de translação e escala necessárias.	Estar atento à ordem de organização, aos erros de teclas, erros de manipulador e erros e ações no rato.				
		<b>13</b> - Mantendo premida a tecla <i>shift</i> , seleccionar a mesa, a balança e o túnel de vento (o conjunto criado anteriormente). Arrastar o conjunto para o interior do espaçoExpo.	Ver se consegue seleccionar tudo ver ansiedades etc.				
		<b>14</b> - Aceder a <i>File   Build Settings</i> . Seleccionar <i>Web Player</i> e clicar em <i>Build and Run</i> .	Analisar se segue o procedimento				
Interação com a exposição criada	Navegação no espaço	<b>15</b> - Leia as instruções que surgem no ecrã	Atenção à leitura				
		<b>16</b> - Usar as teclas W (frente), S (recuar), A (deslocar para a esquerda), D (deslocar para a direita) e os movimentos do rato para entrar dentro do objecto espaçoExpo.	Analisar o movimento dos dedos e se consegue orientar no espaço 3D, nervosismo e anotar tudo isso				
	Interações com os objectos	<b>17</b> - Desloque-se em direção ao objecto Tunel_de_Vento e, quando surgirem as instruções, clique no botão esquerdo do rato ou na tecla <i>ctrl</i> . Irá ouvir o som de funcionamento do túnel de vento e ver a balança aerodinâmica em movimento.	Análise anterior e se consegue ativar o túnel, analisar nervosismo				
		<b>18</b> - Desloque-se em direção à balança aerodinâmica e, quando surgirem as novas instruções, clique no botão esquerdo ou na tecla <i>ctrl</i> . Irá ouvir um som de algo a cair numa superfície metálica, ver uma esfera a cair no prato da balança e observar a deflexão da ponta de perfil da balança.	Análise anterior e se consegue colocar o peso. Tarefa difícil.				

Descrição dos parâmetros:

- **Pontos de atenção** – Alertas de atenção que o observador/conductor do teste deve ter sobre a execução das tarefas.
- **Tempo de execução** – tempo despendido pelo utilizador na execução da tarefa, medido em segundos.
- **Índice de sucesso** – indicação de, tarefa executada com “*sucesso*” ou “*insucesso*” na execução da tarefa.
- **Taxa de erros** – indicação do numero de erros cometidos na execução da tarefa. Entende-se por erro, por exemplo o facto de seleccionar num objecto errado, manipulador errado ou aceder a um painel e errado.
- **Observações** – reações pertinentes detectadas durante o teste de usabilidade, por exemplo, nervosismo ansiedade ou comentários relevantes.

**Anexo E - Análise de conteúdo das observações recolhidas na grelha de análise dos testes de usabilidade.**





## Anexo E

### Análise de conteúdo das observações recolhidas na grelha de análise do teste de Usabilidade (1)

Subcategorias	Tarefa a executar		Código do Inq. A ____	Código do Inq. B ____	Código do Inq. C ____	Código do Inq. D ____	Código do Inq. E ____
Manipulação do espaço 3D do protótipo	1 - No mini eixo situado no canto superior direito da janela do espaço 3D, selecione os diferentes eixos coloridos para ter acesso às vistas segundo os eixos Y, X e Z. Voltar a colocar a vista em perspectiva, clicando no cubo central desse manipulador.	Observar se o utilizador detecta o <i>gyzmo</i> e clica nos eixos coloridos para as várias vistas	Detectou o <i>gyzmo</i> , os eixos coloridos e o centro do <i>gyzmo</i> .	Encontra o <i>gyzmo</i> , e clica em todos os eixos e no final no centro do <i>gyzmo</i> .	Inicia o teste com muita apreensão inicial  Clica no cubo central em primeiro lugar, teve de ler e consultar as instruções	Inicia o teste com muito entusiasmo e vontade e experimentar o protótipo  Encontra o <i>gyzmo</i> , e clica em todos os eixos e no final no centro do <i>gyzmo</i> .	Inicia o teste dizendo "Sou completamente avessa a tecnologias".  Executa tudo na perfeição
	2 - Arrastar o espaço 3D, na vertical e na horizontal, premindo e arrastando o botão do meio do rato.	Ver se arrasta para cima e para baixo o espaço 3D Atenção aos movimentos das mãos se não se engana	Manipulou perfeitamente o rato e os seus movimentos, assim como o espaço.	Manipula e executa tudo na perfeição	Clicou continuamente com o movimento apropriado do rato no <i>gyzmo</i> ,só quando o apontador do rato saiu do <i>gyzmo</i> é que executou bem a tarefa	Comete um erro inicial e faz zoom , mas depois prime o botão do centro e executa bem a tarefa.	Executa tudo na perfeição
	3 - Rodar a câmara de visualização do espaço 3D nos eixos horizontais e verticais, premindo e arrastando o botão direito do rato.	Ver se consegue rodar a câmara, e novamente estar atento às mãos se não se engana	Manipulou bem o rato, e os movimentos da câmara.	Manipula tudo na perfeição.	Conseguiu com os toques e movimentos apropriados do rato , executar a tarefa.	Manipula tudo na perfeição	Executa tudo bem mas faz uma volta de 360 °
	4 - Efectuar <i>zoom</i> no espaço 3D, actuando na roda central do rato.	Movimento do dedo na roda	Rodou bem a roda do meio do rato	Movimenta bem a roda do rato	Movimenta bem a roda do rato	Tudo perfeito	Executa tudo bem
	5 - Selecionar o <i>First Person Controller</i> do painel <i>Hierarchy</i> e efectuar as 3 tarefas anteriores (4, 3 e 2).	Ver se encontra o painel e o <i>controller</i> e analisar os erros nas mãos	Executou todas as tarefas na perfeição, e acedeu ao painel sem qualquer tipo de dificuldade	Executa todo bem, e re-lê o guião.	Executou dois erros ao tentar mover o espaço, moveu a câmara	Executa tudo bem, mas no rodar a câmara engana-se nos movimentos do rato, mas apercebe-se e volta a executar bem.	Executa o procedimento correctamente executa sempre um movimento de 360°
Manipulação dos objectos 3D	6 - Arrastar todos os objetos disponíveis no painel <i>Project</i> , dentro da pasta <i>Modelos_Para_Expo</i> para o espaço 3D, sem estarem sobrepostos. Esta tarefa é conseguida premindo o botão esquerdo e arrastando o objeto.	Ver se encontra a pasta. Ver se encontra o painel Ver se arrasta todos os objeto , e não se engana nos movimentos do rato	Erro pois sobrepõe o espaçoExpo com a balança aerodinâmica. No final de arrastar todos os objectos, procura navegar no espaço 3D para observar o interior do espaçoExpo, consegue este propósito. Quando vê a balança comete sucessivos erros ao, tentar arrastar a balança. Isto porque tem o manipulador de escala e a única coisa que consegue é aumentar e diminuir o objecto.	Executa todas as etapas pedidas pela tarefa com os movimentos correctos do rato. Fica preocupada e diz – " Sinto que perdi algo pelo caminho"	Coloca todos os objectos com os moimentos adequados do rato, mas estes estão muito espaçados entre si e diz " ...é muito grande a área se fosse maior ainda espalhava mais..."	Tudo perfeito na execução	Pequena dificuldade com o edifício – "ei o edifício é enorme..." Apercebe-se que o objecto do edifício é comporto por vários elementos ao seleciona-los. Arrasta os outros elementos, e no final conta-os para confirmar.
	7 - Selecionar o objeto espaçoExpo no espaço 3D, premir tecla F para o centrar e efectuar um zoom, para que este fique enquadrado na janela do espaço 3D.	Ver se encontra o objecto e faz correctamente o zoom. Analisar os dedos no rato	Nesta tarefa apesar de bem sucedida comete os seguintes erros: não seleciona o objecto no <i>Hierarchy</i> , selecciona directamente no palco 3D. Outro erro não clica na tecla F e não enquadra bem.	Conseguiu reconhecer o objecto no palco 3D, mas não o consegue seleccionar, e como tal não clica na tecla F. No entanto conseguem com a manipulação do espaço e zoom enquadrar e dá por terminada a tarefa. No fim quando lhe re-li a tarefa e relembro o <i>hierarchy</i> diz "ah! Pois é aqui"	Selecionou no <i>Project</i> e não no palco 3D, volta a ler instruções e efectua um zoom muito grande, e só depois vai ao <i>hierarchy</i> e executa bem a tarefa.	Algumas dificuldades a seleccionar, mas consegue e tudo é executado na perfeição.	Executa tudo na perfeição
	8 - Premir sequencialmente as teclas; W, E e R para aparecerem respectivamente os manipuladores de translação, rotação e escala.	Ver se se engana ao premir as teclas	Mesmo não tendo referido que deveria seleccionar o objecto espaçoExpo, consegue selecciona-lo e acede bem a todos os manipuladores com as teclas W, E, e R	Não se engana nas teclas e prime todas as teclas.	Conseguiu activar todas as teclas na ordem correcta.	Tudo executado na perfeição	Efectua tudo na perfeição e volta a verificar o manipulador da translação

	9 - Selecionar o manipulador de translação, premir o botão esquerdo e arrastar o manipulador verde dos y para baixo, até ao momento em que o chão não desaparece na relva.	Ver se não se engana no manipulador. Analisar os dedos	Enterrou todo o edifício, não sendo este o propósito da tarefa, fora esta questão manipulou bem com o rato.	Enterra o edifício, activa no <i>gyzmo</i> a vista de topo e diz – "Acho que estou a fazer asneira..."	Começa por enterrar o edifício mas depois sobe e coloca-o na posição correcta	Erro inicial usou escala , mas viu que estava a diminuir e apercebeu-se do erro, releu as instruções e executou tudo bem.	Enterra o edifício, acha que não é isso que se pretende e volta a ler as instruções e executa bem a tarefa.
	10 - Selecionar o manipulador de rotação e rodar o objecto 45 graus no eixo dos y. No painel <i>Inspector</i> e no campo <i>Rotation</i> introduzir o valor 45 no parâmetro y.	Ver se não se engana no manipulador e se consegue encontrar o inspector. E se consegue encontrar o campo,.	Selecionou o manipulador, tendo rodado em y e nos restantes eixos.	Selecciona o manipulador correcto, vai para o campo <i>rotation</i> , mas vê que não é essa e encontra o <i>rotation</i> e preenche bem o parâmetro y.	Seleciona bem o manipulador e efectua correctamente a colocação do parâmetro.	Selecionou o manipulador errado, apercebeu-se , seleciona o correto executa tudo bem.	Foi logo ao <i>rotation</i> e colocou bem o valor
	11 - Selecionar o objecto Hidraulic2 no painel <i>Hierarchy</i> e premir F. Selecionar o manipulador de escala com a tecla apropriada. Reduzir ligeiramente o tamanho do objecto, premindo e arrastando o botão esquerdo do rato no centro do manipulador	Ver se executa as tarefas correctamente, peça, e manipulador. Analisar os movimentos as mãos no rato.	Engana-se nas teclas e usa o manipulador errado – "...ainda agora fiz isso..." fica ansioso. Recorda-se - "...pois já sei com era..." usa o manipulador correcto mas não reduz. Manipulação correcta do rato, múltiplos clics.	Lê atentamente as instruções da tarefa, erra no manipulador, não prime logo a tecla F, relê e diz "...ai que já fiz asneira..." seleciona objeto mas não no <i>hierarchy</i> . Vai premindo as teclas erra no manipulador novamente. Consegue selecionar o objeto novamente seleciona o manipulador correcto e reduz o tamanho.	Vai ao painel <i>Project</i> e não ao <i>hierarchy</i> , clica mal no objecto e altera-lhe o nome, Arrasta novamente o objecto, para o palco (sente-se perdida), clica constantemente no terreno e no painel <i>Project</i> .	Não seleciona o objecto no <i>Hierarchy</i> mas sim na cena, executa o premir da tecla F e depois seleciona o manipulador e depois usa-o para escalar..aumenta e diminui e finalmente diminui.	Procura o painel e encontra o Hidraulic, mas depois desseleciona e volta novamente a selecionar , Prime o F, mas por erro do motor este se não estiver no campo de visão não centra. Manipula o espaço para o ver , seleciona o manipulador e reduz o tamanho.
Agrupamento de diferentes objectos (montagens)	12 - Colocar os objectos <i>Tunel_de_Vento</i> e <i>BalançaAeroDinamicaPhilipHarri s</i> em cima do objecto <i>MesaMadeira</i> , procedendo para o efeito às operações de translação e escala necessárias.	Estar atento à ordem de organização, aos erros de teclas, erros de manipulador e erros de acções no rato.	Coloca a balança em cima da mesa, devido à utilização das instruções, encontra outra forma de aceder aos manipuladores de translação, usando os botões que se encontram em cima da área do palco 3D. Volta a ler a tarefa e diz "...ah ia-me esquecendo do túnel de vento". Coloca o túnel em cima da mesa mas engana-se na manipulação de escala do túnel de vento.	Seleciona a mesa de madeira e prime F, tenta selecionar o túnel de vento, mas sem sucesso, depois de tentar novamente, activa o manipulador de translação para o túnel . No entanto sente-se perdida quanto à colocação do objecto. Oscila entre clics na mesa e no túnel.. Volta a clicar na mesa centra novamente com F, consulta as instruções, clica na vista dos x, faz zoom , clica uma última vez no túnel e dá por terminada a tarefa.	Seleciona constantemente no painel <i>Project</i> sente-se frustrada e nervosa, lê as instruções da segunda tarefa, engana-se e manipula o espaço. Arrasta novamente a mesa de madeira, sente-se perdida e consulta as instruções. Arrasta novamente a balança, e activa o manipulador de rotação, arrasta novamente o túnel de vento e executa uma rotação do túnel de vento – "...Não consigo ver a balança...", consegue aceder aos manipuladores no topo da cena 3D, mas não encontra a balança pois esta está enterrada.	Dificuldade ao selecionar os objectos. Após conseguir selecionar, compreende bem os manipuladores, mas aumenta a mesa reposiciona o túnel de vento e a balança mas estes não estão em cima da mesa.	Seleciona o túnel e vai reduzindo o túnel, questiona-se " porque não cresce o túnel?... ele devia crescer, então?" Seleciona e desseleciona o túnel mas desagrega-o. Apesar disso consegue recompô-lo. – "...não deve estar com era mas pronto...". Coloca-o em cima da mesa, encontra no <i>hierarchy</i> a balança e reduz a balança, sente dificuldades em escalar a balança. Fica perdida mas volta às instruções - " eu não estou conformada com isto..." . Ao ter reduzido a balança não se apercebeu que esta estava enterrada, entretanto apercebe-se e reposiciona-a na superfície. Mas ao manipular o tamanho e a movimentar a volta a enterrar a balança , mais uma vez recupera-a para a superfície. Fica frustrada pois não tem uma percepção clara do espaço 3D e termina a tarefa.
	13 - Mantendo premeida a tecla <i>shift</i> , selecionar a mesa, a balança e o túnel de vento (o conjunto criado anteriormente). Arrastar o conjunto para o interior do espaçoExpo.	Ver se consegue seleccionar tudo ver ansiedades etc.	Erra na seleção dos objectos, não clica primeiro na mesa, não clica em todos os objectos, ao colocar dentro do espaço fica tudo menos o túnel.	No espaço 3D seleciona tudo mas diz "...acho que não consigo seleccionar a mesa..." embora esta esteja seleccionada. Volta a re - selecionar tudo, mas não arrasta o conjunto, Volta a selecionar tudo e consegue arrastar, vai manipulando o espaço para posicionar os objectos, des seleciona tudo volta a selecionar, mas perde o túnel, desseleciona tudo novamente e volta a selecionar só a mesa e move só a mesa. Tenta compor o conjunto e diz "...tenho tudo fora outra vez", Tenta novamente, mas no processo de selecção desagrega a balança, faz zoom para analisar melhor", começa a ficar frustrada e dá por terminada a tarefa.	Analisa a pergunta . Múltiplos erros pois tenta selecionar sempre no painel <i>Project</i> . Vai ao painel <i>Hierarchy</i> e tenta sem sucesso selecionar os vários objectos.	Mexe no terreno e depois na mesa. Dificuldades na seleção – "...não estou a conseguir por tudo dentro, isto está a desseleccionar..." corrige e seleciona os objectos, embora alguns elementos destes não tenham sido seleccionados (apoios do túnel de vento). O que ficou seleccionado ficou dentro do espaço.	Erros nas seleções seleciona e desseleciona, fica confusa e re-lê as instruções, Consegue selecionar tudo e introduzir no espaço.

	14 - Aceder a <i>File   Build Settings</i> . Selecionar <i>Web Player</i> e clicar em <i>Build and Run</i> .	Analisar se segue o procedimento	Segue sem erros todo o procedimento.	Segue bem o procedimento mas clica varias vezes no <i>web player</i> , depois de ver que está selecionado , continua o procedimento correctamente. Enquanto se aguarda a exportação comenta – "Isto não parece difícil, até é intuitivo e é fácil , mas é preciso prática.	Dificuldades em encontrar o <i>web player</i> ,mas consegue efectuar a exportação.	Executa o procedimento na perfeição	Alguma hesitação na procura das opções
Navegação no espaço	15 - Leia as instruções que surgem no ecrã	Atenção à leitura	Leu bem todas as intruções.	Lê tudo bem	Lê bem as instruções	Lê as instruções todas	Consegue ler as instruções todas.
	16 - Usar as teclas W (frente), S (recuar), A (deslocar para a esquerda), D (deslocar para a direita) e os movimentos do rato para entrar dentro do objecto <i>espacoExpo</i> .	Analisar o movimento dos dedos e se consegue orientar no espaço 3D, nervosismo e anotar tudo isso	Clica no espaço, não faz um uso simultâneo de rato e teclas, mas consegue entrar no espaço e comenta – "...andei um pouco perdido, nunca me habituei a trabalhar com rato e teclas , mas é fácil...	Usa as teclas, faz pouco uso do rato, mas consegue concretizar a tarefa.	Dificuldade em navegar, no espaço 3D, está continuamente a rodar, finalmente ao fim de 1 minuto desloca-se com o w, navega, e acha o ritmo de deslocação lento. Neste caso para a inquirida o espaço expo está muito longe. Enquanto se movimenta, apercebe-se da movimentação com o rato, mas navega essencialmente com as teclas. Ao chegar ao edifício sente dificuldade em entrar – "Acho que a porta está do outro lado, isto não é entrada pois não?" Usa constantemente as teclas, fica um pouco frustrada – "...isto é difícil de controlar...". Entretanto vê a porta e consegue entrar.	Ao navegar no espaço fica desorientada "...ah perdi-me" mas controla +/- as teclas perde-se um pouco mas entra.	Inicialmente sente-se desorientada, começa a deslocar-se, mas usa muito as teclas questiona-se – "...onde está a porta..." começa lentamente a ter controlo nas teclas e no rato encontra entrada e entra.
Interações com os objectos	17 - Desloque-se em direção ao objecto <i>Tunel de Vento</i> e, quando surgirem as instruções, clique no botão esquerdo do rato ou na tecla <i>ctrl</i> . Irá ouvir o som de funcionamento do túnel de vento e ver a balança aerodinâmica em movimento.	Análise anterior e se consegue activar o túnel, analisar nervosismo	Chega ao túnel de vento mas não conseguiu que surgissem logo as instruções, ao navegar em torno do túnel surgem as instruções. mas não se apercebe logo, passados alguns segundos, apercebe-se e clica com o rato activa o túnel de vento mas não viu a balança a movimentar-se.	Fica ansiosa, faz pouco uso do rato. Chegando perto do túnel de vento diz "...não era suposto aparecerem instruções?". Está confusa na navegação do espaço 3D. Começa a ter algum controlo entre navegação com teclas e rato, mas começa a ficar frustrada, nota no espaço que não colocou nada direito. Dá a tarefa por terminada.	Comenta "...enfim a minha exposição é mais ao ar livre e com objectos pequeninos...", desloca-se coma tecla w pois o túnel está longe. Finalmente contacto com o túnel e consegue activa-lo após ver as instruções.	Movimenta-se em direção ao túnel mas verifica que estes estão no ar e não se lembra das teclas que permitem ir para cima e diz "...Estou perdida, estou mesmo perdida" dá por terminada a tarefa.	Verifica na prática que os objectos estão no ar e não em cima da mesa, prime a tecla r para subir e afirma – "isto faz-me vertigens... não me sinto segura aqui em cima". Desloca-se para junto do túnel de vento a não aprecem logo as instruções e fica frustrada e diz – "porque é que isto não faz o que promete?...estou frustrada" finalmente consegue com que surjam as instruções e activa o túnel de vento.
	18 - Desloque-se em direção à balança aerodinâmica e, quando surgirem as novas instruções, clique no botão esquerdo ou na tecla <i>ctrl</i> . Irá ouvir um som de algo a cair numa superfície metálica, ver uma esfera a cair no prato da balança e observar a deflexão da ponta de perfil da balança.	Análise anterior e se consegue colocar o peso. Tarefa difícil. No final diz "é um dinâmica nova, mas ao fim de algumas utilizações fica-se a perceber...", "...é intuitivo..."	Dirige-se para a balança mas não encontra o ponto de interacção da balança, por isso navega de forma a encontrar as instruções. Por fim encontra clica no rato e ouve e vê o peso a cair. Afirma – "Complicado é perceber o sítio certo onde se tem que clicar no objecto, era melhor ter um marco ou algo que indica-se.	Continua confusa detecta a balança e aproxima-se dela, mas não se aproxima o suficiente para que as instruções surjam, fica frustrada e nervosa, questionando "...não sei o que falta...". dá por terminada a tarefa.	Começa e perceber a dinâmica de movimento e interação e vai ao encontro da balança e no contacto vê as segundas instruções e activa a queda do peso e movimento da esfera.	Pelo mesmo motivo não consegue aceder à interação da balança.	Orienta-se para a balança , alinha-se com as teclas e explora o ponto de interacção até surgirem as instruções , e ativa a ultima simulação

## Anexo E

### Análise de conteúdo das observações recolhidas na grelha de análise dos teste de Usabilidade (2)

Subcategorias	Tarefa a executar		Código do Inq. F____	Código do Inq. G____	Código do Inq. H____	Código do Inq. Sr I____	Código do Inq. Sr J____
Manipulação do espaço 3D do protótipo	1 - No mini eixo situado no canto superior direito da janela do espaço 3D, seleccione os diferentes eixos coloridos para ter acesso às vistas segundo os eixos Y, X e Z. Voltar a colocar a vista em perspectiva, clicando no cubo central desse manipulador.	Observar se o utilizador detecta o <i>Gyzmo</i> e clica nos eixos coloridos para as várias vistas	Execução perfeita de todas as tarefas	Execução perfeita da tarefa	Execução perfeita da tarefa	Execução perfeita da tarefa	Engana-se no botão (questiona muito) mas depois consegue a tarefa.
	2 - Arrastar o espaço 3D, na vertical e na horizontal, premindo e arrastando o botão do meio do rato.	Ver se arrasta para cima e para baixo o espaço 3D Atenção aos movimentos das mãos se não se engana	Um erro, pois executou primeiro um zoom. Mas depois executou as tarefas requeridas	Execução perfeita da tarefa	Execução perfeita da tarefa	Erra pois roda a câmara mas com o uso certo do rato cumpre a tarefa	Execução perfeita da tarefa
	3 - Rodar a câmara de visualização do espaço 3D nos eixos horizontais e verticais, premindo e arrastando o botão direito do rato.	Ver se consegue rodar a câmara, e novamente estar atento às mãos se não se engana	Execução perfeita das tarefas.	Execução perfeita da tarefa	Execução perfeita da tarefa	Execução perfeita da tarefa. " Depois de fazer isto até se gosta de brincar com isto..."	Erros la ao mini eixo mas depois leu a conseguiu a tarefa.
	4 - Efectuar <i>zoom</i> no espaço 3D, actuando na roda central do rato.	Movimento do dedo na roda	Execução perfeita das tarefas	Execução perfeita da tarefa	Execução perfeita da tarefa mas alguma hesitação	Execução perfeita da tarefa	Erro inicial clica no botão do meio mas depois roda
	5 - Selecionar o <i>First Person Controller</i> do painel <i>Hierarchy</i> e efectuar as 3 tarefas anteriores (4, 3 e 2).	Ver se encontra o painel e o <i>controller</i> e analisar os erros nas mãos	Execução perfeita das tarefas	Execução perfeita da tarefa	Execução perfeita da tarefa	Não ia conseguindo fazer o zoom mas fez ao ler as instruções de tarefa.	Erro desselecciona e selecciona o objecto
Manipulação dos objectos	6 - Arrastar todos os objetos disponíveis no painel <i>Project</i> , dentro da pasta <i>Modelos_Para_Expo</i> para o espaço 3D, sem estarem sobrepostos. Esta tarefa é conseguida premindo o botão esquerdo e arrastando o objeto.	Ver se encontra a pasta. Ver se encontra o painel Ver se arrasta todos os objectos , e não se engana nos movimentos do rato	Execução perfeita das tarefas e boa organização dos objectos	Selecciona o espaço expo e depois apaga e volta a recoloca-lo para não se sobrepor a outro objecto.	Execução perfeita da tarefa	Execução perfeita da tarefa	Os objectos estão sobrepostos
	7 - Selecionar o objeto <i>espacoExpo</i> no espaço 3D, premir tecla F para o centrar e efectuar um zoom, para que este fique enquadrado na janela do espaço 3D.	Ver se encontra o objecto e faz correctamente o zoom. Analisar os dedos no rato	Perfeita organização das tarefas.	Um erro só , moveu o objecto , mas conseguiu executar a tarefa.	Foi ao painel <i>Project</i> e vendo que não seleccionava nada foi seleccionar no palco 3D	Execução perfeita da tarefa	Tem muitas hesitações mas consegue completar a tarefa.

3D	7 - Selecionar o objeto espaçoExpo no espaço 3D, premir tecla F para o centrar e efectuar um zoom, para que este fique enquadrado na janela do espaço 3D.		Perfeita organização das tarefas.	Um erro só , moveu o objecto , mas conseguiu executar a tarefa.	Foi ao painel Project e vendo que não selecionava nada. foi selecionar no palco 3D	Execução perfeita da tarefa	Tem muitas hesitações mas consegue completar a tarefa.	
	8 - Premir sequencialmente as teclas; W, E e R para aparecerem respectivamente os manipuladores de translação, rotação e escala.	Ver se se engana ao premir as teclas	Perfeita execução das tarefas e confirmação da tecla w	Execução perfeita da tarefa	Execução perfeita da tarefa	Execução perfeita da tarefa	Execução perfeita da tarefa	Execução perfeita da tarefa
	9 - Selecionar o manipulador de translação, premir o botão esquerdo e arrastar o manipulador verde dos y para baixo, até ao momento em que o chão não desaparece na relva.	Ver se não se engana no manipulador. Analisar os dedos	Tende inicialmente a enterrar o edifício, vendo que tal não faz sentido lê novamente a questão e coloca na posição correcta – "...isto é intuitivo..."	Execução perfeita da tarefa	Lê as instruções mas desce, e enterra, voltando a ler as instruções recoloca para cima na posição correcta.	Erro, usa o manipulador de escala , e fica confuso com o uso dos manipuladores	Erro nos manipuladores, confunde os manipuladores. Diz – "...é importante ter experiencia..."	
	10 - Selecionar o manipulador de rotação e rodar o objecto 45 graus no eixo dos y. No painel <i>Inspector</i> e no campo <i>Rotation</i> introduzir o valor 45 no parâmetro y.	Ver se não se engana no manipulador e se consegue encontrar o inspector. E se consegue encontrar o campo..	Executou todas as tarefas corretamente. "...eu estou habituada a trabalhar com o <i>canvas</i> ..."	Execução perfeita da tarefa	Execução perfeita da tarefa	Executou a tarefa mas enganou-se só rodou o tecto	Tem dificuldade em ver o painel <i>hierarchy</i> e dificuldade em ver o <i>rotation</i>	
	11 - Selecionar o objecto <i>Hydraulic2</i> no painel <i>Hierarchy</i> e premir F. Selecionar o manipulador de escala com a tecla apropriada. Reduzir ligeiramente o tamanho do objecto, premindo e arrastando o botão esquerdo do rato no centro do manipulador	Ver se executa as tarefas correctamente peça, manipulador. Analisar os movimentos as mãos no rato.	Consulta as instruções, e aumentou antes de diminuir	Usa os vários manipuladores, e vê que não está a conseguir diminuir, lê as instruções e encontra o manipulador correcto e escala.	Só comete um erro acede ao painel Project.	Não foi logo ao <i>Hierarchy</i> e usou inicialmente mal os manipuladores do rato mas corrigiu e conseguiu reduzir globalmente.	Não vê bem os painéis, errou no manipulador pois actuou nos z e depois corrige.	
Agrupamento de diferentes objectos (montagens)	12 - Colocar os objectos <i>Tunel_de_Vento</i> e <i>BalançaAeroDinamicaPhilipHarri</i> s em cima do objecto <i>MesaMadeira</i> , procedendo para o efeito às operações de translação e escala necessárias.	Estar atento à ordem de organização, aos erros de teclas, erros de manipulador e erros e acções no rato.	Coloca os objectos através da vista de y em cima da mesa de madeira. Sente-se um pouco perdida, devido à distancia, não perceciona bem os objectos. Repara que tem de fazer um zoom para ver. Passado algum tempo vê a balança aerodinâmica. Vai ao painel <i>hierarchy</i> , e clica constante mente no palco 3D e diz "...ah já sei..." e detecta que o túnel esta enterrado, "...Pois é vejo a mesa e não vejo o túnel..." faz zoom..."...ai que estou a ficar completamente perdida...", recorda-se dos manipuladores, selecciona os objectos e no manipulador de translação dos y puxa o objecto para cima. Começa a ter a percepção correcta da posição das coisa – "...isto começa a ficar cada vez mais intuitivo..." Utiliza as vistas xyz , apercebe-se dos erros de percepção e orienta os objectos para estarem em cima da mesa.	Dificuldades nas seleções clics sucessivos. Usa bem os manipuladores de escala: utiliza o manipulador de translação e coloca a mesa para cima, ajusta. Consegue fazer seleções mas usando o painel <i>Hierarchy</i> e coloca aparentemente bem na mesa a balança e o túnel. Mas devido a problemas de percepção do espaço 3D, os elementos não estão correctamente colocados.	Engana-se e acede ao painel Project, arrastou outro objecto, mas eliminou o que estava a mais. – "...a minha dificuldade é o saber onde estou...". Tem dificuldade em encontrar no espaço 3D os objectos, faz <i>zoom out</i> para os ver. Detecta os objectos e selecciona o objecto com o manipulador correcto e arrasta-os para perto uns dos outro. Mas no processo selecciona o chão e move-o para cima. Tenta posicionar o túnel e a balança em cima da mesa, e efectua zoom e verifica que estes estão enterrados. Tem dificuldades na percepção dos objectos e em coloca-los à superfície. " Tenho dificuldades pois só vejo eixos..."	Arrastou uma nova mesa, está perdido, e faz múltiplos clica, arrasta um novo túnel de vento. Começa a ficar confuso, prime tecla r quando devia premir tecla w, duvida se está em cima ou não da mesa e como tal tenta ver por outra perspectiva.. termina a tarefa pois diz que - "...algo me está a escapar..."	Voltou a arrastar novamente todos os objectos, aumentou e rodou a mesa, seleccionou o túnel reduziu o seu tamanho e colocou em cima da mesa, Seleccionou a balança, escalou e colocou em cima da mesa mas no fundo não estavam por causa da perspetiva.	
	13 - Mantendo premeida a tecla <i>shift</i> , seleccionar a mesa, a balança e o túnel de vento (o conjunto criado anteriormente). Arrastar o conjunto para o interior do espaçoExpo.	Ver se consegue seleccionar tudo ver ansiedades etc.	Executa as tarefas correctamente e pergunta "...Não dá para fazer um <i>group</i> ?..."	Selecciona os objetos, mas não os move escala-os. De tal forma que é a escala que inverte-os. Para a colocação no espaço expo , aumenta o tamanho do edifício. Começa a ficar confuso com a manipulação de objectos. Tenta usar a rotação para colocar a mesa	Arrasta o espaço usando o <i>gyzmo</i> vista de cima e coloca o espaço em cima dos outros objectos.	Está a arrastar o espaço a não o conjunto, desselecciona tudo e volta a seleccionar tudo e depois começa a arrastar. Muda de perspectiva, desselecciona e quando volta a seleccionar, selecciona o espaço e enterra o edifício – "...e pá perdi a mesa...", mas	Dificuldade inicial, mas com o manipulador z não viu que se desalinham e ficaram dentro do edifício.	

				direita. Aumenta ainda mais o espaço expo, manipula o estaco para este ficar em contacto com a relva, tenta recolocar as peças em cima da mesa mas não fica tudo dentro		continua a tentar – "...não estou a ver mas sei aqui ha alguma forma de fazer isto, é complicado"	
	14 - Aceder a <i>File / Build Settings</i> . Selecionar <i>Web Player</i> e clicar em <i>Build and Run</i> .	Analisar se segue o procedimento	Tarefa executada correctamente.	Tarefa executada correctamente	Execução perfeita da tarefa	Hesita no <i>save</i>	Dificuldade em encontrar o botão <i>build and run</i>
Navegação no espaço	15 - Leia as instruções que surgem no ecrã	Atenção à leitura	Tarefa executada correctamente	Tarefa executada correctamente	Execução perfeita da tarefa	Execução perfeita da tarefa - "...e pá isto é muita instrução..."	Execução perfeita da tarefa e anota as instruções
	16 - Usar as teclas <i>W</i> (frente), <i>S</i> (recuar), <i>A</i> (deslocar para a esquerda), <i>D</i> (deslocar para a direita) e os movimentos do rato para entrar dentro do objecto espaçoExpo.	Analisar o movimento dos dedos e se consegue orientar no espaço 3D, nervosismo e anotar tudo isso	Quase não faz uso do rato, somente teclas, sem querer activa o túnel de vento, e clica varias vezes	Coordena perfeitamente, teclas e rato, perfeito uso do <i>R / D</i> cima / baixo	Negoceia bem o controlo combinado entre teclas e rato	Movimenta pouco o rato, mas usa a tecla para cima e para baixo posiciona-se para onde tem de ir, mas faz constantes clics pois está à espera que algo aconteça com o clic. Avança e vai contra o vidro. Consegue entrar mas faz quase uso exclusivo das teclas.	Viu o edifício e dirige-se para ele, usando teclas inicialmente, mas depois negoceia o movimento com rato. Tem dificuldade em perceber a porta, mas negoceia bem as teclas para entrar recua e alinha para poder entrar.
Interações com os objectos	17 - Desloque-se em direção ao objecto <i>Tunel_de_Vento</i> e, quando surgirem as instruções, clique no botão esquerdo do rato ou na tecla <i>ctrl</i> . Irá ouvir o som de funcionamento do túnel de vento e ver a balança aerodinâmica em movimento.	Analise anterior e se consegue activar o túnel, analisar nervosismo	Vai para junto do túnel mas já o tinha activado e clica varias vezes. Dá por terminada a tarefa	Vê que os objectos estão no ar, sobe para ficar ao seu nível, tenta que as instruções surjam, anda em torno do objecto, clicando, mas não consegue colidir de forma a que surjam as instruções	Consegue ir para junto do túnel mas questiona-se "...isto é o túnel?..." no entanto não consegue ao fim de varias tentativas que as instruções surjam e não activa nada "...já devia ter aparecido qualquer coisa?..."	Não consegue activar as instruções ou túnel de vento	Vê o túnel de vento e dirige-se para ele, vê as instruções e activa-o, o túnel estava dentro de uma laje do edifício.
	18 - Desloque-se em direção à balança aerodinâmica e, quando surgirem as novas instruções, clique no botão esquerdo ou na tecla <i>ctrl</i> . Irá ouvir um som de algo a cair numa superfície metálica, ver uma esfera a cair no prato da balança e observar a deflexão da ponta de perfil da balança.	Analise anterior e se consegue colocar o peso. Tarefa difícil.	Vai para junto da balança, ao usar o rato diz – "...isto é tão sensível ui..." alinha-se e pela balança tenta encontrar o ponto de interação, diz "...interessante o por do sol é muito bonito...". Encontra o ponto de interação vê as instruções e activa a interação.	Não percebe bem qual é a balança. "...esta não é a balança pois não?...Não consegue que as instruções surjam e vai tentando clicar. Sem sucesso.	Devido ao anterior, não consegue activar a balança e diz "...seria interessante poder por cada clic cair uma esfera..."	Não consegue activar as instruções ou interações da balança. "...Termino por aqui, assim não dá"	Engana-se nas teclas, mas tenta ver se surgem as instruções. Não está a conseguir, tenta uma nova aproximação mas sem sucesso.

## **Anexo F - Análise de conteúdo das observações recolhidas na grelha de usabilidade. Padrões detectados**





## Anexo F

### Análise de conteúdo das observações recolhidas na grelha de análise dos teste de usabilidade. Padrões detetados

Subcategorias	Tarefa a executar	Padrões Observados	Comentários Relevantes dos Inquiridos
Manipulação do espaço 3D do protótipo	1 - No mini eixo situado no canto superior direito da janela do espaço 3D, selecione os diferentes eixos coloridos para ter acesso às vistas segundo os eixos Y, X e Z. Voltar a colocar a vista em perspectiva, clicando no cubo central desse manipulador.	Tarefa executada com sucesso por todos os inquiridos, sem grande ambiguidade	
	2 - Arrastar o espaço 3D, na vertical e na horizontal, premindo e arrastando o botão do meio do rato.	A maioria dos inquiridos executou a tarefa correctamente, embora alguma ambiguidade com o botão central do rato e a esfera de rotação, tenha levado 3 inquiridos a cometer erro na tarefa, erro este que foi logo corrigido	
	3 - Rodar a câmara de visualização do espaço 3D nos eixos horizontais e verticais, premindo e arrastando o botão direito do rato.	Execução perfeita desta tarefa por parte de todos os inquiridos	
	4 - Efectuar zoom no espaço 3D, actuando na roda central do rato.	Execução perfeita desta tarefa por parte de todos os inquiridos	
	5 - Selecionar o <i>First Person Controller</i> do painel e efectuar as 3 tarefas anteriores (4, 3 e 2).	Execução globalmente bem sucedida, erros que surgiram foram corrigidas com nova leitura das instruções	
Manipulação dos objectos 3D	6 - Arrastar todos os objetos disponíveis no painel <i>Project</i> , dentro da pasta Modelos_Para_Expo para o espaço 3D, sem estarem sobrepostos. Esta tarefa é conseguida premindo o botão esquerdo e arrastando o objeto.	Tarefa executada com sucesso, com problemas pontuais de sobreposição do edifício espaço expo dada a sua grande dimensão.	C - "...é muito grande a área se fosse maior ainda espalhava mais..." E - "ei o edifício é enorme!."
	7 - Selecionar o objeto <i>espacoExpo</i> no espaço 3D, premir tecla F para o centrar e efectuar um zoom, para que este fique enquadrado na janela do espaço 3D.	Tarefa globalmente bem executada, com pontuais esquecimentos em premir a tecla F ou aceder ao painel correcto do interface	B - "ah! Pois é aqui"
	8 - Premir sequencialmente as teclas; W, E e R para aparecerem respectivamente os manipuladores de translação, rotação e escala.	Tarefa executada com sucesso por todos os inquiridos, tendo todos compreendido a diferença entre manipuladores.	
	9 - Selecionar o manipulador de translação, premir o botão esquerdo e arrastar o manipulador verde dos y para baixo, até ao momento em que o chão não desaparece na relva.	Tarefa executada com sucesso pela globalidade dos inquiridos, no entanto existiu uma tendência geral para enterrar o edifício. Em alguns casos surge o erro de utilizar o manipulador de escala.	B - "Acho que estou a fazer asneira..." J - "...é importante ter experiencia..."
	10 - Selecionar o manipulador de rotação e rodar o objecto 45 graus no eixo dos y. No painel <i>Inspector</i> e no campo <i>Rotation</i> introduzir o valor 45 no parâmetro y.	Tarefa globalmente executada com sucesso, em termos de erros pontuais de referir uso de manipulador errado e alguma dificuldade em encontrar o parâmetro y do campo <i>Rotation</i> do <i>panel inspector</i> .	
11 - Selecionar o objecto <i>Hidraulic2</i> no painel <i>Hierarchy</i> e premir F. Selecionar o manipulador de escala com a tecla apropriada. Reduzir ligeiramente o tamanho do objecto, premindo e arrastando o botão esquerdo do rato no centro do manipulador	Tarefa em que surgiu alguma dificuldade na detecção do painel <i>hierarchy</i> e na utilização do manipulador de escala.	A - "...ainda agora fiz isso...", "...pois já sei com era..." B "...ai que já fiz asneira..." F - "...isto é intuitivo..."	
Agrupamento de diferentes objectos (montagens)	12 - Colocar os objectos <i>Tunel_de_Vento</i> e <i>BalancaAeroDinamicaPhilipHarris</i> em cima do objecto <i>MesaMadeira</i> , procedendo para o efeito às operações de translação e escala necessárias.	Tarefa na qual se evidenciou dificuldades na percepção do espaço 3D, nomeadamente no alinhamento dos objectos. Esta tarefa causa alguma confusão aos inquiridos, no entanto estes apercebem-se dos problemas de percepção e alinhamento incorrecto dos objectos, levando-os a usar estratégias alternativas na manipulação do espaço e no uso dos manipuladores de escala e translação para um correcto posicionamento. Nota-se globalmente que com uma exploração mais profunda ou treino conseguiriam facilmente colmatar estas dificuldades de percepção.	A - "...ah ia-me esquecendo do túnel de vento". C - "...Não consigo ver a balança..." E - " porque não cresce o túnel?... ele devia crescer, então?", "...não deve estar com era mas pronto...", "...eu não estou conformada com isto..." F - "...Pois é vejo a mesa e não vejo o túnel...", "...ai que estou a ficar completamente perdida...", "...isto começa a ficar cada vez mais intuitivo..." H - "...a minha dificuldade é o saber onde estou...", " Tenho dificuldades pois só vejo eixos..."
	13 - Mantendo premeida a tecla <i>shift</i> , seleccionar a mesa, a balança e o túnel de vento (o conjunto criado anteriormente). Arrastar o conjunto para o interior do <i>espacoExpo</i> .	Dificuldades pontuais no agrupamento, e seleção dos objectos. Alguns erros associados ao uso do manipulador errado. Tarefa onde a dificuldade de percepção era notória, podendo esta ser eliminada com treino e uma maior utilização do protótipo	B - "...acho que não consigo seleccionar a mesa...", diz "...tenho tudo fora outra vez" D - "...não estou a conseguir por tudo dentro, isto está a desseleccionar..." I - "...algo me está a escapar..."
	14 - Aceder a <i>File / Build Settings</i> . Selecionar <i>Web Player</i> e clicar em <i>Build and Run</i> .	Execução perfeita desta tarefa por parte de todos os utilizadores à excepção de um dos inquiridos	
Navegação no espaço	15 - Leia as instruções que surgem no ecrã	As instruções no ecrã são lidas sem ambiguidade.	
	16 - Usar as teclas W (frente), S (recuar), A (deslocar para a esquerda), D (deslocar para a direita) e os movimentos do rato para entrar dentro do objecto <i>espacoExpo</i> .	Todos os inquiridos conseguem navegar no espaço 3D por eles criado. No entanto, a maioria dos utilizadores não tem no início da navegação uma interação conjunta entre teclas e rato. Nota-se com o desenrolar da navegação, que o binómio teclado e movimentos do rato começa a ser utilizado. Surge por vezes alguma desorientação	A - "... andei um pouco perdido, nunca me habituei a trabalhar com rato e teclas, mas é fácil..." C - "Acho que a porta está do outro lado, isto não é entrada pois não?", "...isto é difícil de controlar..." D - "...ah perdi-me" E - "...onde está a porta?..."
Interações com os objectos	17 - Desloque-se em direção ao objecto <i>Tunel_de_Vento</i> e, quando surgirem as instruções, clique no botão esquerdo do rato ou na tecla <i>ctrl</i> . Irá ouvir o som de funcionamento do túnel de vento e ver a balança aerodinâmica em movimento.	Em geral e devido à má colocação nas tarefas anteriores, dos objectos mesa de madeira, túnel de vento e balança aerodinâmica, alguns inquiridos tiveram dificuldades em activar as instruções que davam início à interação. Conseguem, apesar de alguma frustração e confusão chegar a estes objectos, uma vez que em alguns casos estes estavam no ar. Nestas situações os inquiridos negociaram com sucesso o uso das teclas de subida e descida.	B - "...não era suposto aparecerem instruções?" C - "...enfim a minha exposição é mais ao ar livre e com objectos pequeninos..." D - "...Estou perdida, estou mesmo perdida" E - "isto faz-me vigetens...não me sinto segura aqui em cima", "porque é que isto não faz o que promete?...estou frustrada" H - "...isto é o túnel?...". "...já devia ter aparecido qualquer coisa?..."

	<p>18 - Desloque-se em direção à balança aerodinâmica e, quando surgirem as novas instruções, clique no botão esquerdo ou na tecla <i>ctrl</i>. Irá ouvir um som de algo a cair numa superfície metálica, ver uma esfera a cair no prato da balança e observar a deflexão da ponta de perfil da balança.</p>	<p>Em geral e devido à má colocação nas tarefas anteriores, dos objectos mesa de madeira, túnel de vento e balança aerodinâmica, alguns inquiridos tiveram dificuldades em activar as instruções que davam início à interação. Conseguem, apesar de alguma frustração e confusão chegar a estes objectos, uma vez que em alguns casos estes estavam no ar. Nestas situações os inquiridos negociaram com sucesso o uso das teclas de subida e descida.</p>	<p>A "Complicado é perceber o sítio certo onde se tem que clicar no objecto, era melhor ter um marco ou algo que indica-se."  F - "...isto é tão sensível ui..."</p>
--	--	--	--

A - "Isto não parece difícil, até é intuitivo e é fácil, mas é preciso prática, "é um dinâmica nova, mas ao fim de algumas utilizações fica-se a perceber...", "... é intuitivo..."

J - "...é importante ter experiência..."

F "...isto começa a ficar cada vez mais intuitivo..."

## **Anexo G - Grelha de análise dos testes de usabilidade de trabalho pessoal**



Anexo G

Grelha de Análise dos teste de Usabilidade de Trabalho Pessoal

Código do Inquirido \_\_\_\_\_

Categoria	Subcategorias	Tarefa a executar	Pontos de Atenção	Tempo de execução	Sucesso Insucesso	Nº erros	Observações
Interação com o protótipo para gerar exposições	Manipulação do espaço 3D do protótipo	1 -	Observar se o utilizador detecta o <i>Gyzmo</i> e clica nos eixos coloridos para as varias vistas				
		2 -	Ver se arrasta para cima e para baixo o espaço 3D Atenção aos movimentos das mãos se não se engana				
		3	Ver se consegue rodar a câmara, e novamente estar atento às mãos se não se engana				
		4	Movimento do dedo na roda				
		5	Ver se encontra o painel e o <i>controller</i> e analisar os erros nas mãos				
	Manipulação dos objectos 3D	6	Ver se encontra a pasta. Ver se encontra o painel Ver se arrasta todos os				

		<b>6</b>	objectos , e não se engana nos movimentos do rato				
		<b>7</b>	Ver se encontra o objecto e faz correctamente o zoom. Analisar os dedos no rato				
		<b>8</b>	Ver se se engana ao premir as teclas				
		<b>9</b>	Ver se não se engana no manipulador. Analisar os dedos				
		<b>10</b>	Ver se não se engana no manipulador e se consegue encontrar o inspector. E se consegue encontrar o campo,.				
		<b>11</b>	Ver se executa as tarefas correctamente peça, manipulador. Analisar os movimentos as mãos no rato.				
		<b>12</b>	Estar atento à ordem de organização, aos erros de teclas, erros de manipulador e erros e acções no rato.				
	<b>Agrupamento de diferentes objectos (montagens)</b>	<b>13</b>	Ver se consegue				

			seleccionar tudo ver ansiedades etc.				
		<b>14</b>	Analisar se segue o procedimento				
Interação com a exposição criada	Navegação no espaço	<b>15</b>	Atenção à leitura				
		<b>16</b>	Analisar o movimento dos dedos e se consegue orientar no espaço 3D, nervosismo e anotar tudo isso				
	Interações com os objectos	<b>17</b>	Análise anterior e se consegue activar o túnel, analisar nervosismo				
		<b>18</b>	Análise anterior e se consegue colocar o peso. Tarefa difícil.				

Descrição dos parâmetros:

- **Pontos de atenção** – Alertas de atenção que o observador/conductor do teste deve ter sobre a execução das tarefas.
- **Tempo de execução** – tempo despendido pelo utilizador na execução da tarefa, medido em segundos.
- **Índice de sucesso** – indicação de, tarefa executada com “sucesso” ou “insucesso” na execução da tarefa.
- **Taxa de erros** – indicação do número de erros cometidos na execução da tarefa. Entende-se por erro, por exemplo o facto de seleccionar num objecto errado, manipulador errado ou aceder a um painel e errado.
- **Observações** – reações pertinentes detectadas durante o teste de usabilidade, por exemplo, nervosismo ansiedade ou comentários relevantes.





## **Anexo H - Teste de protótipo para construção de exposições virtuais**



## Anexo H

### Teste de protótipo para construção de exposições virtuais

#### P.f. execute as seguintes tarefas:

1 - No mini eixo situado no canto superior direito da janela do espaço 3D, selecione os diferentes eixos coloridos para ter acesso às vistas segundo os eixos Y, X e Z. Voltar a colocar a vista em perspectiva, clicando no cubo central desse manipulador.

2 - Arrastar o espaço 3D, na vertical e na horizontal, premindo e arrastando o botão do meio do rato.

3 - Rodar a câmara de visualização do espaço 3D nos eixos horizontais e verticais, premindo e arrastando o botão direito do rato.

4 - Efectuar *zoom* no espaço 3D, actuando na roda central do rato.

5 - Seleccionar o *First Person Controller* do painel *Hierarchy* e efectuar as 3 tarefas anteriores (4, 3 e 2).

6 - Arrastar todos os objetos disponíveis no painel *Project*, dentro da pasta *Modelos\_Para\_Expo* para o espaço 3D, sem estarem sobrepostos. Esta tarefa é conseguida premindo o botão esquerdo e arrastando o objeto.

7 - Selecionar o objeto *espacoExpo* no espaço 3D, premir tecla F para o centrar e efectuar um *zoom*, para que este fique enquadrado na janela do espaço 3D.

8 - Premir sequencialmente as teclas; W, E e R para aparecerem respectivamente os manipuladores de translação, rotação e escala.

9 - Selecionar o manipulador de translação, premir o botão esquerdo e arrastar o manipulador verde dos y para baixo, até ao momento em que o chão não desaparece na relva.

10 - Selecionar o manipulador de rotação e rodar o objecto 45 graus no eixo dos y. Para tal ir ao painel *Inspector* e onde diz *Rotation* introduzir o valor 45 no parâmetro y.

11 - Selecionar o objecto *Hidraulic2* no painel *Hierarchy* e premir F. Selecionar o manipulador de escala com a tecla apropriada. Reduzir ligeiramente o tamanho do objecto, premindo e arrastando o botão esquerdo do rato no centro do manipulador.

12 - Colocar os objectos *Tunel\_de\_Vento* e *BalancaAeroDinamicaPhilipHarris* em cima do objecto *MesaMadeira*, procedendo para o efeito às operações de translação e escala necessárias.

13 - Mantendo premida a tecla *shift*, seleccionar a mesa, a balança e o túnel de vento (o conjunto criado anteriormente). Arrastar o conjunto para o interior do *espacoExpo*.

14 - Aceder a *File | Build Settings*. Selecionar *Web Player* e clicar em *Build and Run*.

15 - Leia as instruções que surgem no ecrã.

16 - Usar as teclas W (frente), S (recuar), A (deslocar para a esquerda), D (deslocar para a direita) e os movimentos do rato para entrar dentro do objecto *espacoExpo*.

17 - Desloque-se em direcção ao objecto *Tunel\_de\_Vento* e, quando surgirem as instruções, clique no botão esquerdo do rato ou na tecla *ctrl*. Irá ouvir o som de funcionamento do túnel de vento e ver a balança aerodinâmica em movimento.

18 - Desloque-se em direcção à balança aerodinâmica e, quando surgirem as novas instruções, clique no botão esquerdo ou na tecla *ctrl*. Irá ouvir um som de algo a cair numa superfície

metálica, ver uma esfera a cair no prato da balança e observar a deflexão da ponta de perfil da balança.

**Obrigado pela colaboração.**

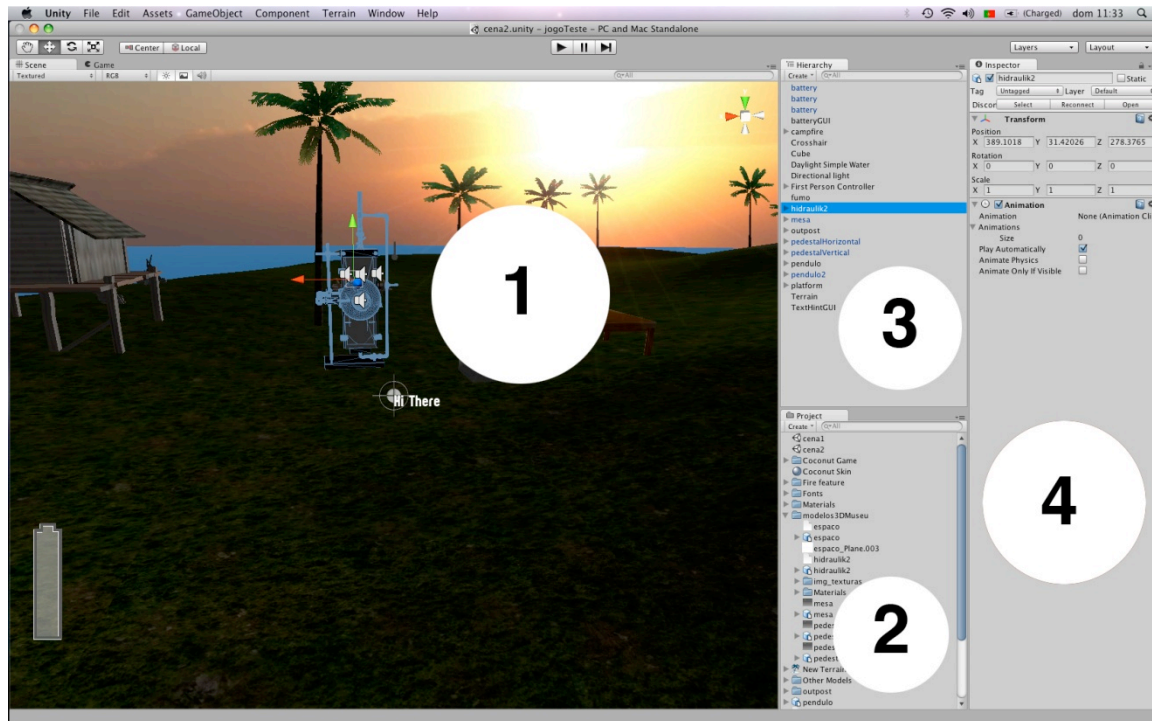
## **Anexo I - Guia resumido de instruções.**



## Anexo I

# Guia resumido de instruções

## Interface



1 - constitui o palco de edição de cena. É a zona onde o jogo ou espaço virtual é construído.

2 - designada por *Project*, mostra a estrutura e organização do projecto. Lista os *assets* e livrarias de objectos existente na pasta que contem o projecto (jogo) a desenvolver.

3 - designado por *Hierarchy*, possui a lista de todos os objectos presentes na Cena.

4 - encontra-se o *Inspector*. Qualquer objecto que seja seleccionado no *Hierarchy* ou no *Project* tem as suas propriedades (por exemplo, posição, tamanho, textura, material), componentes (por exemplo, *colliders*, sons) e scripts associados, apresentados nesta área.



Para mover a cena 3D na vertical e horizontal - Manter premido o botão do meio do Rato e arrastar na horizontal e na vertical



Para mover a camara 3D na vertical e horizontal - Manter premido o botão direito do rato e arrastando na vertical e na horizontal



Para fazer zoom (aumentar e diminuir) - rodar a esfera central do Rato



### Mini eixo

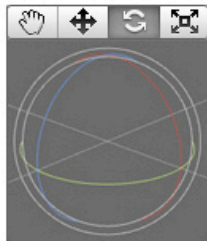
Clicando em cada um dos eixos coloridos X, Y ou Z, poderemos visualizar diferentes vistas da cena (topo e laterais)

Clicando no cubo do meio, voltamos a estar em vista de perspectiva.

### Click esquerdo do rato, selecciona objecto



Translate Tool - Hotkey "W"



Rotate Tool - Hotkey "E"



Scale Tool - Hotkey "R"

### Tecla F, centra a cena no objecto seleccionado



## **Anexo K - *Script PlayerCollissionsRayCast***



## Anexo K

---

### *Script PlayerCollisionsRayCast*

---

```
/*
 *
 *          logica para player e controlo de colisões
 *
 */
/*****

/*****MEMBROS*****/

private var equilibrioOn: boolean = false; //verifica se a simulação está no ultimo estado
private var tunelOn: boolean = false; //verifica se a simulação inicial está activa
private var resetTimer: float; // contador que inicia quando a pora fica aberta para poder ao deste fechar
//private var currentObject: GameObject; //guarda o objecto que se colidiu
private var currentObject : GameObject;

//inicialização das particulas de fumo
private var emissorFumo : GameObject;
emissorFumo = GameObject.Find("PerfilTeste");
private var fumo : ParticleEmitter;
fumo = emissorFumo.GetComponent(ParticleEmitter);

//inicialização do objecto plataforma para subir na vertical
private var plataforma : GameObject;
plataforma = GameObject.Find("First Person Controller");

//tentar subir o prato
//private var plate: GameObject;
//plate = GameObject.Find("Prato");

//-----

public var peso : Rigidbody; //vai guardar o rigidbody do peso
public var WindTunnelSound: AudioClip; //para que seja permitido o drag-drop de sound clip para som do
tunel de vento
public var PesoDropSound: AudioClip; //para que seja permitido o drag-drop de sound clip da queda do
peso

/*****

/*****METODOS*****/

function Start(){//CONSTRUTOR

    fumo.emit = false;
    //instruções de uso

}

function Update () {
```

```

//IMPLEMENTAÇÃO DE RAY CAST
var hit : RaycastHit;
//plate.transform.Translate(0, 0, Time.deltaTime);//pretende levantar o prato mas nao funciona!!!

if(Input.GetButton("sobe")){//tratamento do movimento vertical do First PersonControler enquanto
se prime r ou f

        SobeDesce();

};

if (Physics.Raycast(transform.position, transform.forward, hit, 5)){

        //trata a colisão com o tunel de vento
        if(hit.collider.gameObject.Find("Tunel_de_Vento") && tunelOn == false){
                print("toquei no tunel");
                TextHints.message = "Activar Tunel de Vento? pressionar ctrl ou click direito...";
                TextHints.textOn = true;

                if(Input.GetButtonUp("Fire1")){// se for premido o disparo ou ctrl...activa a
animação

                        currentObject = GameObject.Find("BalancaAeroDinamicaPhilipHarris");

                        //activar particulas e
                        fumo.emit = true;

                        Animus(WindTunnelSound, "tunel", "vento", currentObject);//anima

                }

        }

        //trata colisão com a balança para equilibrar, mas só quando o tunel for activado
        if(hit.collider.gameObject.tag == "Prato" && equilibrioOn == false && tunelOn == true){
                //este ramo é par tratar a segunda parte da simulação
                TextHints.message = "Equilibrar Balança? pressionar ctrl ou click direito...";
                TextHints.textOn = true;

                if(Input.GetButtonUp("Fire1")){

                        currentObject = GameObject.Find("BalancaAeroDinamicaPhilipHarris");

                        //respawn do peso
                        var newPeso : Rigidbody = Instantiate(peso,
Vector3(GameObject.Find("Prato").transform.position.x, GameObject.Find("Prato").transform.position.y-1,
GameObject.Find("Prato").transform.position.z), transform.rotation);
                        newPeso.name = "peso";
                        Physics.IgnoreCollision(GameObject.Find("Roldana").collider,
newPeso.collider, true);//ignora colisão com o collider perto do prato que está na roldana

                        Animus(PesoDropSound, "equilibrio", "equilibrio",
currentObject);//segunda animação

                }

        }

}

```

```

//caso não tenha activado o tunel de vento
if(hit.collider.gameObject.tag == "Prato" && equilibrioOn == false && tunelOn == false){
    //este ramo é par tratar a segunda parte da simulação
    TextHints.message = "Para iniciar deve activar o tunel de vento!";
    TextHints.textOn = true;

}

}

//reset da simulação
if(tunelOn ==true && equilibrioOn == true){

    resetTimer +=Time.deltaTime;
    if(resetTimer > 60){

        resetTimer = 0.0;
        tunelOn = false;
        equilibrioOn = false;

        //desactivar as particulas
        fumo.emit = false;

        TextHints.message = "Simulação reinicializada, pode testar de novo!!!...";
        TextHints.textOn = true;

    }

}

}

}
/**Função ou metodo que activa as animações necessárias, quando activa o tunel ou quando se coloca o
peso***/

function Animus (aClip : AudioClip, flag : String, animName : String, thisObj : GameObject){

    //var plate: GameObject;
    //plate = GameObject.Find("Prato");

    audio.PlayOneShot(aClip);

    if (flag == "tunel"){

        tunelOn = true;

    }

    } else if (flag == "equilibrio"){

        equilibrioOn = true;

    }

}

```

```
        thisObj.animation.Play(animName);
    }
    /*****/

    /***** função de controlo da subida e descida o FPC *****/
    function SobeDesce(){

        var Speed : float = 10.0;
        var translation : float ;

        translation = Input.GetAxis("sobe")* Speed*Time.deltaTime;
        plataforma.transform.Translate(0,translation, 0);

    }
    /*****/

    @script RequireComponent(AudioSource)
```

## **Anexo L - *Script pesoClean***





## Anexo L

---

### *Script pesoClean*

---

```
//limpeza dos cocos
```

```
function Start () {
```

```
    Destroy(gameObject, 60);
```

```
}
```



## **Anexo M - *Script TextHints***



## Anexo M

---

### Script TextHints

---

```
/******GESTÃO DAS MENSAGENS DE GUI******/

//INICIALIZAÇÕES

static var textOn : boolean = false;
static var message : String;
static var timer : float = 0.0;

//FUNÇÃO DE INICIALIZAÇÃO
function Start(){

    timer = 0.0;
    textOn = false;
    guiText.text = "INSTRUCTIONS \n W/S ---- mover frente ou tras\n A/D ---- mover esquerda ou
direita \n R/F ---- mover para cima ou baixo";//um componente
}

function Update () {

    if(textOn){

        guiText.enabled = true;
        guiText.text = message;
        timer += Time.deltaTime;

    }
    if(timer >= 5){

        textOn = false;
        guiText.enabled = false;
        timer = 0.0;

    }

}

}
```



## **Anexo N - Metodologias de planeamento e implementação de exposições.**





## **Anexo N - Metodologias de Planeamento e Implementação de Exposições**

### **Formulação do Conceito da Exposição.**

Constitui a primeira etapa no desenvolvimento de uma exposição, como tal, é nesta fase que se formula o conceito, tema ou ideia central da exposição. Apesar de constituir uma tarefa associada ao curador responsável, muitas vezes poderão estar envolvidos outros *stakeholders* (em determinados casos poderá haver a participação do próprio público) (Lord and Lord 2002).

### **Pesquisa**

A concretização eficaz de uma ideia depende em larga medida na qualidade da pesquisa de suporte.

Existem 2 tipos de pesquisa associada ao suporte do tema principal de uma exposição

- Pesquisa temática – que providencia uma ampla base de informação contextual e desenvolve as ferramentas necessárias para a narrativa da exposição.
- Pesquisa de objecto – centrada na recolha de documentação, artefactos, espécimes, gráficos ou material audiovisual. Estes elementos constituirão os materiais com os quais se construirá a exposição.

Em muitos museus utilizam-se ambos os tipos de pesquisa como parte do processo que leva à formulação da temática principal da exposição. Estando estas cada vez mais centradas em sólidos temas e ideias, o processo de pesquisa é assim mais focado e objectivo, permitindo refinar o tema ou ideia principal da exposição (Lord and Lord 2002).

Ambas as abordagens tornam-se de certa forma num processo iterativo, onde uma pesquisa temática abrangente poderá apontar para a necessidade de um determinado objecto, implicando assim uma pesquisa de objectos. A informação daqui extraída poderá levar a uma alteração da ideia ou temática principal, despoletando uma nova pesquisa temática (Lord and Lord 2002).

Alguma atenção terá de haver neste processo, uma vez que este não poderá continuar indefinidamente, correndo-se o risco de colocar em causa os prazos de abertura da exposição. Prevendo situações imponderáveis, algum tempo de folga deverá ser alocado para a possível descoberta de questões pertinentes durante a fase de pesquisa (Lord and Lord 2002).

### **Avaliação, desenvolvimento e seleção de coleções.**

Dado que um número significativo de exposições surgem em torno de objectos, é nesta fase que se analisa quais os objectos adequados a serem exibidos, tendo em conta o tema ou ideia central que foi anteriormente definida. É também nesta fase

que se definem os requisitos e planos destinados a possibilitar a concretização dos objectivos da exposição.

Aquisições, solicitação de empréstimos são também definidos nesta fase.

Considerações quantitativas e qualitativas terão de ser consideradas ou seja (Lord and Lord 2002):

- Em termos quantitativos, deverá ser avaliado se um determinado espólio representa adequadamente os aspectos culturais e científicos da exposição.
- Em termos qualitativos, poderá haver a necessidade de analisar, procurar ou adquirir um determinado objecto que possui uma morfologia adequada para ser exposto, ou então, encontrar uma fonte adequada de artefactos que estejam em sintonia com o conceito ou tema da exposição.

Nesta demanda, dever-se-á ter em consideração, na escolha dos objectos da colecção, se estes constituem **objectos de destaque** ou **objectos representativos** (Lord and Lord 2002):

- **Objectos de destaque** são os objectos que pelas suas características constituem os melhores exemplos da categoria à qual pertencem.
- **Objectos representativos**, constituem objectos que mostram por exemplo, o modo de vida, características de uma espécie ou ferramentas e tecnologias utilizadas.

Algumas exposições utilizam ambos os tipos de objectos mas em diferentes localizações(Lord and Lord 2002).

### **Documentação**

A documentação não se restringe aos seus registos de catalogação mas também à gestão do movimento de um determinado objecto dentro e fora do museu, ou seja, documentação que permite o rastreio do objecto em causa. A documentação é também importante no processo de exposição como base interpretativa do objecto exposto(Lord and Lord 2002).

### **Conservação**

Constitui um importante requisito associado a um objecto pertencente a uma determinada colecção.

A conservação pode ser dividida em dois tipo (Lord and Lord 2002):

- Conservação preventiva, que permite retardar a deterioração de um objeto.
- Conservação de restauro, destina-se a repor o objecto no seu original estado de conservação.

As boas práticas de conservação para museus podem ser definidas pelas seguintes regras:

- Inspeção por parte de um conservador qualificado de todos os objetos, tendo este a decisão final relativamente à inclusão de um objecto numa determinada exposição.
- Redacção e preparação de um relatório de estado com recomendações relativas à manipulação e cuidados com o objeto na exposição.
- Supervisão do local onde um determinado objeto será exposto (tipos de expositores, condições de temperatura e humidade).
- Especificação e monitorização de questões de segurança.

O processo de conservação engloba em si um processo de gestão de risco associado às colecções expostas. Esta gestão surge em consequência de se assumir que todas as exposições apresentam inevitavelmente um risco para os objetos expostos. Deste modo são tomadas medidas que minimizem ou de preferência eliminem riscos desta natureza (Lord and Lord 2002).

### **Preparação do guião da exposição**

Esta última etapa implica a elaboração de um documento crucial para todo o processo de planeamento de uma exposição. Nele, é agregada toda a informação recolhida durante a fase preliminar, definindo o conteúdo e propósito da exposição.

É neste documento que todos os elementos envolvidos no processo de planeamento e design recorrem como referência. O propósito deste guião é o de sumariar o conteúdo da exposição e formular a estrutura temática em torno da qual os conteúdos serão organizados e onde as questões fundamentais são exploradas (Lord and Lord 2002).

Basicamente o guião inclui 6 componentes:

- A. **Ideia ou conceito principal**, muitas vezes expressa como uma questão que a exposição irá explorar (por exemplo, a ideia principal numa exposição de ciência poderá ser a explicação de um determinado achado num novo campo de investigação)
- B. **Framework temática**, onde são identificados os temas e tópicos da exposição.  
Os temas de uma exposição estabelecem parâmetros que focam o desenvolvimento dos conteúdos da exposição. Tipicamente os temas ou tópicos constroem-se sobre a ideia principal.
- C. **A estrutura temática**, onde se define como os temas se relacionam entre si. A estrutura seleccionada guiará os próximos passos da fase de planeamento. As estruturas temáticas mais comuns são (Lord and Lord 2002):
  - **Estrutura focada** onde se estabelece um único tema central, em torno do qual todos os subtemas se agregam.

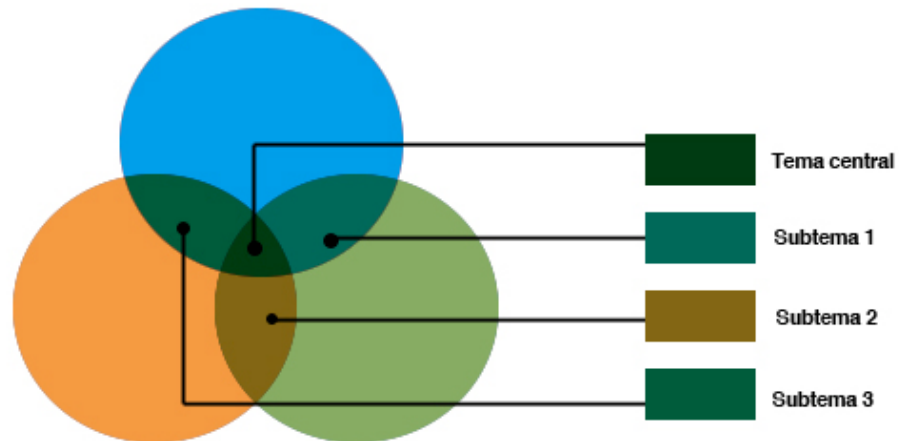


Figura 1 – Esquema típico de uma estrutura focada. Adaptado (Lord and Lord 2002)

- **Estrutura temática hierarquizada**, onde tópicos e temas são ordenados de forma hierárquica de acordo com as suas relações de subordinação.

Os temas ou ideias gerais estão localizados no topo, ramificando-se para os níveis inferiores em ideias e temas mais específicos. Este tipo de estrutura permite gerir e organizar grandes quantidades de dados e é normalmente utilizada em exposições de colecções tipológicas (por exemplo, Museus de história natural) (Lord and Lord 2002).

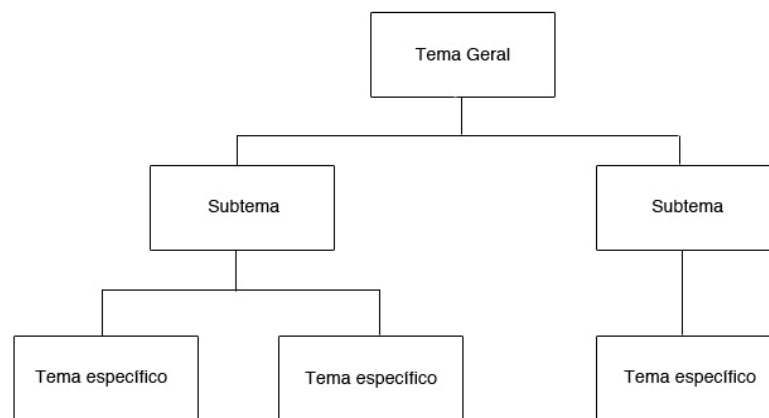


Figura 2 – Estrutura temática hierarquizada. Adaptado (Lord and Lord 2002)

- **Estrutura temática sequencial**, constituem as estruturas mais comuns nos museus. Um exemplo deste tipo de estruturas são exposições onde as colecções são organizadas cronologicamente.
- **Estrutura temática paralela**, exposições em que cada tópico é apresentado de forma independente, embora se utilize frequentemente uma ordem de apresentação similar de forma a facilitar análises comparativas.

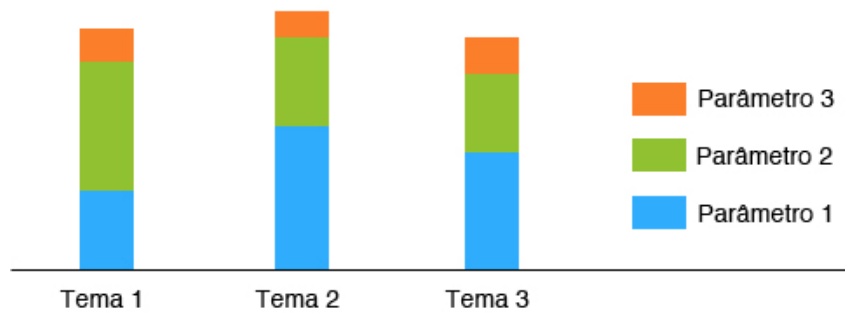


Figura 3 – Estrutura temática paralela. Adaptado (Lord and Lord 2002).

- **Estrutura temática em matriz**, organização que permite ao visitante explorar a exposição ao longo de vários eixos (Lord and Lord 2002).

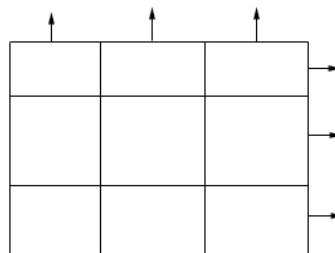


Figura 4 – Estrutura temática em matriz. Adaptado (Lord and Lord 2002)

- **A Estrutura temática contextual**, é constituída por vários modelos de organização dos temas, os quais se encontram dentro de uma super estrutura destinada a providenciar um contexto geral (Lord and Lord 2002).

Resumidamente as estruturas contextuais são:

- **Estrutura em camadas** (*onion*) – os temas e as ideias principais encontram-se no centro e vão sendo revelados camada a camada (por exemplo, Explicação de uma batalha).
- **Estrutura em pizza** – ideias e temas individuais são abordados de forma independente dentro da mesma galeria. Esta estrutura é de grande relevância uma vez que é o paradigma dos museus de ciência.



Figura 5 – Estrutura temática contextual em pizza. Adaptado (Lord and Lord 2002)

- **Estrutura ambiental** – Os tópicos são apresentados num ambiente recriado, providenciando deste modo um contexto e uma experiência mais enriquecedora.

- **Estrutura em arquétipo** – A organização das colecções espelha uma realidade externa, funcionando como analogia. É esperado que o visitante generalize do específico para o geral.
- D. **O guião ou “enredo”**, no qual são expressas as mensagens principais da exposição (Lord and Lord 2002). Esta subsecção é crucial para a exposição. Nela são definidas:
- a. **Componente** - explicação de cada tema ou subtema.
  - b. **Objectivos** – comunicação dos objectivos associados a cada tema ou subtema. Estes contextualizam a formulação da mensagem e auxiliam a selecção dos artefactos e outros meios.
  - c. **Traços gerais da “história”** – Apresenta-se o conteúdo informal para cada mensagem que se quer transmitir. Constitui um guia à preparação do plano de interpretação dos textos da exposição.
  - d. **Meios de expressão** – Sugestões dos tipos de meios utilizados para transmitir o “enredo.”
- E. **Planeamento de recursos**, onde os artefactos, espécimes, informações e objetos são identificados. Após a conclusão do guião do enredo, fica a faltar definir e identificar todas as categorias de recursos que estarão disponíveis na exposição (Lord and Lord 2002). Nesta subsecção especifica-se:
- a. Lista de artefactos, espécimes e objectos que serão utilizados na exposição.
  - b. Gráficos, material ilustrativo de suporte à mensagem que se pretende transmitir com a exposição.
  - c. Outros meios de suporte, tais como; material audiovisual, multimédia ou aplicações interactivas digitais.
- F. **Planeamento do programa público**, especificação das actividades de apoio associadas à exposição. Define-se que tipo de material impresso ou digital para será utilizado nas actividades públicas (Lord and Lord 2002).

## **Anexo O - Metodologias de desenvolvimento de vídeo jogos**





## Anexo O – Metodologias de desenvolvimento de vídeo jogos

### Criação do Conceito

Entende-se por “conceito”, uma versão curta e resumida da ideia que está por detrás de um vídeo jogo. Estes conceitos são criados por uma pequena equipa, constituída no máximo por seis elementos. Os elementos chave para a criação do conceito são (John Hight 2008):

- **O Produtor** – responsável pela supervisão do processo conceptual e pela documentação das decisões tomadas.
- **O Director Criativo** – responsável por apresentar as ideias chave relativas ao jogo a criar, lidera / modera o processo de discussão entre os restantes membros da equipa.
- **O Designer Principal** – responsável pela supervisão e execução do processo de design do vídeo jogo.
- **Um Artista Conceptual** – criação da arte conceptual e do *storyboarding*, que ilustrarão o conceito proposto.
- **O Director Técnico** – contribui para a criação do conceito, descrevendo as capacidades tecnológicas do jogo a criar, por exemplo, *software* que possa ser usado ou criado para a implementação do jogo a criar. Este elemento avalia também a viabilidade tecnológica do conceito.

O conceito toma a forma de um documento que aborda e dá resposta às seguintes questões:

- De que se trata o jogo?
- Quem comprará o jogo?
- Por que razão o jogo irá ser comprado?
- Porque razão deverá este jogo ser publicado?

O documento do conceito é então estruturado com as seguintes secções (John Hight 2008; Simons 2007):

**1 – Conceito Principal** – constitui uma simples frase que define a visão ou a principal ideia por detrás do jogo (por exemplo, “Jogo tipo Parque Jurássico, onde os dinossauros usam lança mísseis”).

**2 – Premissa ou Sinopse do Argumento do Jogo** – Aborda o tema filosófico do jogo ou o objectivo principal do protagonista do jogo. (por exemplo, “*Snake Plisken* elemento das forças especiais, terá de por fim a uma conspiração internacional para destruir todos os sistemas de informação do planeta”).

**3 – Elementos Únicos e Vendáveis do Jogo** – elementos que poderão levar os potenciais jogadores a dizer “*que ideia fantástica*” ou “*isto é mesmo divertido*”. Por

regra na indústria dos vídeo jogos o conceito de um qualquer jogo deverá ter pelo menos três “*elementos únicos e vendáveis*”.

**4 – Características do Jogo** – descrição do tipo de interação entre o jogador e jogo. Estas características deverão ser avaliadas tendo em conta os “*Elementos Únicos Vendáveis*”. Exemplos de características:

- Ponto de vista (jogo em primeira ou terceira pessoa)
- *Online* / Multi-jogador.
- Número de Níveis
- Veículos, armas, acessórios, usados nos jogos.
- Uso de reconhecimento de voz ou não.
- Jogo desenvolvido para visualização em alta definição ou não.

**5 – Género** – os jogos são categorizados em géneros, são eles:

- **Ação** - Combate, plataformas, corridas, disparo.
- **Aventura** - baseados na resolução de problemas.
- **Ação-Aventura** - híbrido dos dois géneros anteriormente descritos.
- **Role-Playing** - baseado nos antigos jogos de tabuleiro *Dungeons and Dragons* no qual a sua personagem vai tendo cada vez mais características e poderes.
- **Massive Multiplayer Online Role Playing Game** – jogo com as características anteriores mas jogado online.
- **Puzzles** – resolução de puzzle mentais ou visuais.
- **Estratégia** – jogos baseados em gestão e tomada de decisões.
- **Simulação** – Simulação de aviões, automóveis ou outro tipo de veículos. Simulação de situações de conflito.
- **Desporto**
- **Terror e Sobrevivência.**

**6 – Plataforma** – plataformas de hardware a que se destina o jogo. Estas poderão ser:

- **Consolas** – plataformas dedicadas a jogos, com interface simples e compacto.



Figura 1 – Consolas de terceira geração; *Xbox 360, Playstation 3 e Nintendo Wii*. Fonte (John Hight 2008)

- **Computadores Pessoais (PC / Mac)** - possuem poucas restrições de hardware uma vez que surgem constantes upgrades a nível de processadores, memória e controladores gráficos. No entanto são mais dispendiosos que as consolas, e os interfaces entre jogador e jogo não são tão compactos e usáveis como os das consolas. São ainda fortemente dependentes do sistema operativo.



Figura 2 – Computador pessoal. Fonte (Lord and Lord 2002)

**7 - Público Alvo** – descrição das características do público alvo a que se destina o jogo (idade, género, localização geográfica, nível sócio económico e educacional).

**8 – Análise Competitiva** – descrição de jogos que poderão atrair o mesmo público alvo ao qual se destina o jogo proposto. Efectua-se ainda uma análise comparativa dos jogos que poderão ser concorrentes do jogo proposto.

**9 – Análise financeira** – secção na qual o produtor argumenta porque é que o jogo deve ser publicado. Nesta secção estarão especificados itens como por exemplo orçamentos, projecção de vendas e retorno do investimento.

**10 – Equipa** - descrição da equipa de desenvolvimento bem como dos currículos de cada um dos elementos.

**11 – Prova de Conceito** – apresentação que demonstra os aspectos principais do jogo, pode ser um simples *storyboard*, ou até um protótipo interactivo.

Após a elaboração do conceito e respectivo documento, este será apresentado a uma editora especializada a qual financiará a produção do jogo.

## Design do Jogo

O “design do jogo” define a visão global do jogo e bem como todos os seus elementos criativos.

No âmago desta etapa crucial na criação de um vídeo jogo está um documento designado por “*Game Design Document*” (*GDD*). Este documento é muitas vezes referido pelos profissionais desta área como a “Bíblia”, pois serve de referência para todos os elementos da equipa de produção de um jogo, designers, engenheiros de *software*, designers de som e artistas conceptuais.

O *GDD* será criado pela equipa de design, dirigida pelo director criativo.

O designer principal e os designers de jogo concentram-se em pormenores como, a definição dos níveis do jogo e tipos de missões envolvidas no jogo.

O director técnico e a equipa de programação revêem todos os designs do jogo, e providenciam aconselhamento sobre a viabilidade de implementação de determinadas decisões de design.

O director artístico e artistas conceptuais contribuem com toda a componente de arte conceptual, esboços e ideias para a criação de todos os aspectos visuais de um jogo.

O director de som e designers de som, ajudam na criação do “estado de espírito” e “tom” do jogo, providenciando para este efeito sons e bandas sonoras.

O produtor providencia a boa fluidez de trabalho dos diversos colaboradores envolvidos no processo transmitindo-lhes, as “visões” do director do criativo e do designer principal (Simons 2007; John Hight 2008).

Assim os elementos constituintes de um bom design de jogo e consequentemente de um bom GDD são os seguintes (John Hight 2008):

- **História** - todos os jogos contam uma história esta história é contada através de:
  - **Um enredo**, e respectivos pontos chave.
  - **Ambientes** (cenários e locais).
  - **Guião**, para diálogos lineares e para diálogos adaptativos e ramificados ( que dependem das acções do jogador). Para ambos, adoptaram-se standards da indústria cinematográfica para os diálogos que surgem durante o jogo.
  - **Sequências não interactivas**, ou cenas cinemáticas pré renderizadas que poderão servir de encadeamento entre a transição de níveis. Estas são planeadas através do uso de *storyboards* tal como se de uma produção cinematográfica de tratasse.

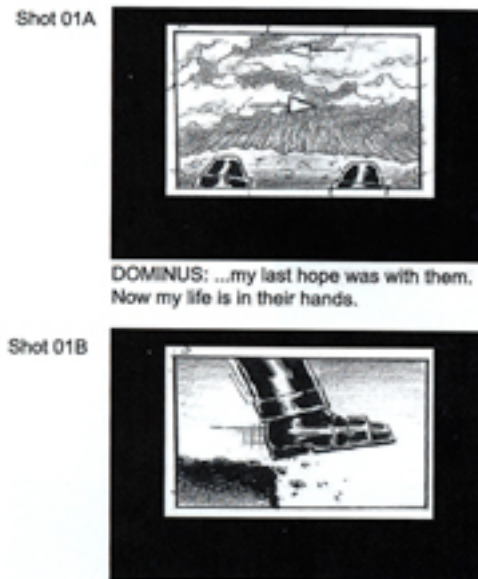


Figura 3 – *Storyboard* de uma cena cinematográfica. Fonte (John Hight 2008)

- **Personagem jogável** - Personagem ou elemento que controlamos, constitui o nosso avatar ou personificação do jogador no jogo. Poderão haver várias personagens jogáveis ou exércitos inteiros delas. Estas possuem pontos fortes e vulnerabilidades.
- **Personagens não jogáveis** – São as personagens que o protagonista do jogo interage e encontra no decorrer do jogo. Poderão ser inimigos ou personagens de apoio e figuração. Tal como as personagens jogáveis, possuem também os seus pontos fortes e vulnerabilidades.
- **Características** – Descrição de características do jogo a produzir; poderá ser algo como:
  - Gráficos extremamente detalhados.
  - Iluminação dinâmica e sombras.
  - Uso de uma equipa perita em cenas de combate.
- **Mecânica de jogo** – Esta secção do GDD descreve como e de que forma o jogo se desenrola, é aqui que se faz uma descrição do que torna único o jogo que pretendemos desenvolver. Esquemas de *Save / Load* são definidos nesta secção bem como todo o “ritmo” do jogo.
- **Níveis e Descrição das Cenas** – definição dos níveis do jogo bem como das cenas (designadas por “*in-game scenes*”) que irão surgir no jogo, ou seja, os planos de câmara que vão ser usados à medida que jogamos.
- **Definição do Interface** – definição do interface de hardware (teclas ou botões dos controladores que são atribuídos às ações da personagem jogável), bem como de todo o sistema de menus que existem no jogo.

## Design Técnico

O design técnico é a etapa que permite a definição, planeamento e implementação das tarefas técnicas para o desenvolvimento do jogo.

Durante o planeamento do design técnico é produzido um documento designado por “*Technical Design Document*” (*TDD*), muitas vezes o *TDD* é desenvolvido em paralelo com o *GDD* (John Hight 2008).

Os principais elementos a especificados no *TDD* são os seguintes (Gregory 2009; John Hight 2008; Simons 2007):

**1 – Arquitectura**, onde é feita uma descrição e modelação de todo o *software* envolvido no jogo. Definem-se normas de codificação e *API* necessárias.

## **2 – Ferramentas Utilizadas**

Todos os elementos envolvidos na equipa de desenvolvimento de um jogo de vídeo utilizam ferramentas por forma a implementarem todos os elementos constituintes do jogo, sejam eles artísticos ou elementos pertencentes à lógica de jogo.

Nesta etapa de desenvolvimento técnico, o hardware envolvido para a produção de vídeo jogos consiste essencialmente em sistemas *PC Linux* ou *Mac, High – end*. Nestes sistemas são instalados os respectivos *SDK* proprietários de cada uma das plataformas; *PS3, Xbox 360 (XNA), Nintendo Wii (Dolphin)* entre outros.

As principais ferramentas utilizadas para a criação dos elementos artísticos do jogo de vídeo são:

**Software de modelação e animação 3D** – para modelação e setup de animação de elementos 3D do jogo (personagens, cenários, iluminação, texturas).

**Software de edição de imagem** – para criação digital de toda a arte conceptual, bem como das texturas utilizadas.

**Software de edição de vídeo** – Utilizado para edição de vídeo das cenas cinemáticas do jogo.

**Software de edição de áudio** – Ferramentas de edição áudio multi-pistas, são utilizadas pelos engenheiros de som, na composição de bandas sonoras de um jogo.

## **3 – Motor de Jogo**

Tal como foi analisado nos capítulos 2 e 3, um motor de jogo é um *software* destinado ao desenvolvimento da dinâmica interna que permite gerar toda a lógica que lhe está associada, ou seja, inteligência artificial, processamento dos componentes gráficos, detecção de colisões, sistemas de física (partículas, gravidade e outros efeitos). No contexto do processamento gráfico, toma especial relevo a síntese de imagem 3D em tempo real, no qual são manipulados os polígonos de todos os objectos gráficos que surgem no jogo, sejam eles sistemas de partículas, iluminação, texturas. Deste modo o motor de jogo deverá ser seleccionado de acordo com os requisitos técnicos do jogo. A figura 36 ilustra alguns dos processamentos envolvidas no tratamento gráfico efectuado por um motor de jogo.

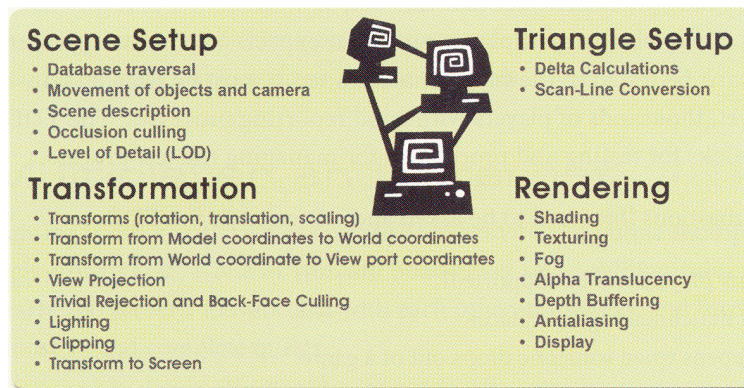


Figura 4 – Exemplo do processamento gráfico de um motor de jogo. Fonte (John Hight 2008).

#### 4 – Suporte de Dados (I/O)

Uma das tecnologias que devem ser contempladas num vídeo jogo são os sistemas de suporte de dados, estes podem ser suportes ópticos (*CD-ROM*, *DVD*, *Blue Ray*, ou *UMD*) ou podem simplesmente ser disponibilizados via *web*.

#### 5 – Considerações Relativas a Hardware

O jogo deverá ser projectado tendo em conta a plataforma a que se destina. Como dever-se-á ter atenção ao número de polígonos que um determinado elemento 3D possui, uma vez que existe limitações impostas pelo processador gráfico pode processar.

Assim sendo devem ter-se sempre em consideração os factores de desempenho do hardware:

- *Frame-rate* médio, mínimo e máximo.
- Número de polígonos processados por segundo.
- Utilização máxima da memória
- Tempos máximos de carregamento de dados
- Carga máxima do *CPU*
- Compatibilidades (*drivers* etc).

#### Design Artístico

Esta etapa aborda toda a concepção artística dos elementos gráficos e sonoros a utilizar no jogo. Como suporte a esta etapa é criado um guia de arte e estilo para o jogo, que irá definir a arte conceptual de todos elementos constituintes do jogo (personagens, ícones, cenários, ambientes, personagens). É definido também o processo de implementação 2D ou 3D de todos esses elementos.

O fluxo de trabalho para o design e criação artística é constituído pelas seguintes etapas:

##### 1- Descrição

Descrição textual da personagem, ambiente, cenário, adereços veículo e qualquer outro elemento existente.

## 2 - Arte Conceptual

Desenhos e ilustrações de todos os elementos constituintes do jogo (personagens, ambientes, cenários, adereços, veículos, vestuário, elementos de interface, ícones etc)



Figura 5 – Ilustração conceptual para o jogo *Star Wars The Force Unleashed* da Lucas Arts TM. Adaptado (CBS Interactive 2011).

## 3 – Storyboard

Esboços da sequência de planos das cenas do jogo. Esta técnica foi adoptada da indústria cinematográfica.

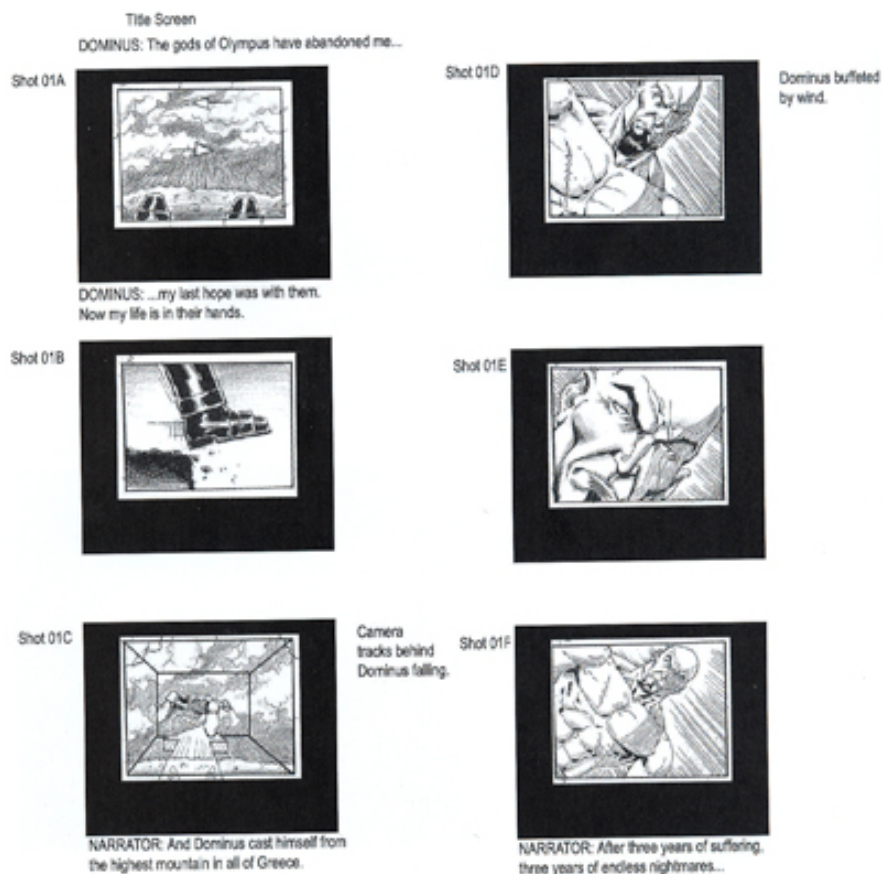


Figura 6 – Storyboard do Jogo *God of War* da Sony Tm. Fonte (John Hight 2008)

## 4 – Modelos de Baixa Resolução (designado por *placeholder art*)

Constituem modelos 3D temporários que servem somente o propósito de marcar e testar a alocação de espaço dos elementos finais que deverão ser adicionados numa fase posterior.



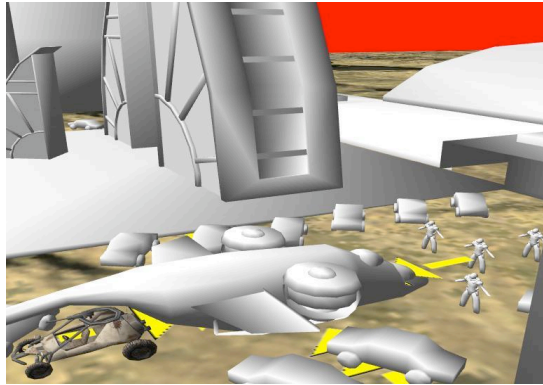


Figura 7 – Exemplo de uso de modelos de baixa resolução. Fonte (John Hight 2008)

## 5 – Modelação e Setup de Elementos Animados

Esta etapa consiste na modelação de alta resolução do elemento a criar, passando por um modelo *wireframe*, posteriormente para um modelo de textura e *shading* (material) básicos.

O passo seguinte consiste na criação do esqueleto *IK* (*joint skeleton*) com as restrições necessárias para posterior manipulação. Em seguida é feito o processo designado por *skinning*, que consiste em associar o esqueleto *IK* ao modelo. Por fim são criados os manipuladores que irão permitir a animação da personagem.

A seguinte figura ilustra o processo anteriormente descrito.

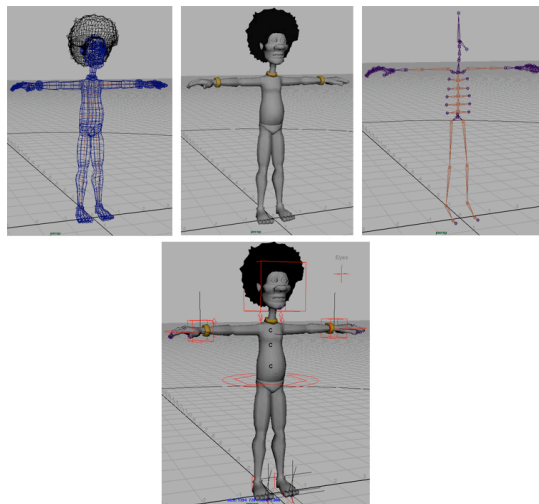


Figura 8 – Processo de preparação de uma personagem para animação.

## 6 – Texturização e Atribuição de Materiais

Atribuição de texturas e materiais adequados à representação dos elementos do jogo. Esta tarefa pode ser conseguida, por exemplo, por texturização procedimental, através da configuração de parâmetros no editor de materiais do motor de jogo ou *software* de modelação 3D ou pelo processo de *UV texture mapping*, onde o modelo é recortado e uma imagem da textura é colocada em cima.

## 7 – Iluminação

Criação de toda a iluminação virtual das cenas pertencentes a um jogo, fazendo para o efeito, o uso de algoritmos de iluminação global tais como o *Image base lighting* que utiliza imagens com elevada gama dinâmica de luz e de outros algoritmos tais como *Raytracing* e *Radiosity*.

## **8- Animação**

Criação das cenas cinemáticas ou pré-renderizadas, bem como dos ciclos de animação de todos os elementos constituintes do jogo.

Algumas técnicas utilizadas para este fim poderão passar por simples roscopia, ou *motion capture*.

## **9 – Efeitos de Partículas**

Criação de elementos como poeira, chamas, chuva, vento, e explosões.

## **10 – Áudio**

Construção e edição de todos os sons, bandas sonoras e criação de vozes para as personagens