MODELAÇÃO 3D DE AMBIENTES E PERSONAGENS PARA O ESTUDO DA IMITAÇÃO NO AUTISMO

Francisco Moreira Ferreira Cancela

Mestrado em Design e Multimédia
2015/2016

Universidade de Coimbra
Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Informática

· U C ·

MODELAÇÃO 3D DE AMBIENTES E PERSONAGENS PARA O ESTUDO DA IMITAÇÃO NO AUTISMO

Francisco Moreira Ferreira Cancela

Orientação:
Professor António Silveira Gomes
Engenheiro Marco Simões
Professora Maria José Marcelino

Júri:
Professor Licínio Roque
Professor Mauro Costa

Mestrado em Design e Multimédia
2015/2016

Universidade de Coimbra
Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Informática

· U C ·

Resumo

O documento descreve um protótipo produzido a partir da conceção de modelos 3D, animações e recurso à Realidade Virtual enquadrado numa investigação científica sobre a imitação no Autismo, designado nos dias de hoje de Perturbação do Espectro do Autismo. Esta patologia é caracterizada por problemas a nível neurológico que afetam a interação social, a comunicação e os comportamentos. Um dos primeiros sinais identificados no diagnóstico de Perturbação do Espectro do Autismo é a imitação do outro. A imitação desenvolve um papel crucial no neurodesenvolvimento, sendo através dela adquiridas inúmeras competências.

Os portadores de Perturbação do Espectro do Autismo têm dificuldades em colocar-se na posição da pessoa a imitar. No sentido de investigar esta característica do comportamento humano, foram realizados testes com recurso a tecnologias de interação, nomeadamente a Realidade Virtual. Estes testes utilizaram Personagens Virtuais e Ambientes Virtuais, produzidos durante o projeto, com o intuito de avaliar o nível de imitação em crianças com Perturbação do Espectro do Autismo e se o recurso às diferentes Personagens Virtuais influencia ou estimula a imitação, não excluindo completamente a influência dos Ambientes Virtuais. Através da recolha de dados foi possível analisar a influência destas na componente da imitação. Este projeto, mesmo estando encerrado, poderá continuar a ser desenvolvido, sendo no futuro possível criar uma terapia com base na Realidade Virtual para a estimulação da imitação, demonstrando a importância que o Design Digital tem como recurso de apoio num estudo científico e a diferença que poderá fazer na abordagem à Perturbação do Espectro do Autismo.

Palavras-Chave – *Autismo, Perturbação do Espetro do Autismo, Imitação, Modelação e Animação 3D Design de Personagem, Design de Ambiente, Captura de Movimento, Realidade Virtual*

Abstract

This document describes a prototype developed through the production of 3D models, animations and Virtual Reality framed in scientific research on imitation in autism, classified today as Autism Spectrum Disorder. This pathology is characterized by issues at a neurological level that affect social interaction, communication and behavior. One of the earliest signs in the diagnosis of Autism Spectrum Disorder is the imitation of the other. The imitation plays a crucial role in brain development and numerous skills are acquired through it.

Autism Spectrum Disorder carriers have difficulties in placing themselves in the shoes of the person they seek to imitate. To investigate this feature of human behavior, tests were conducted by using interaction technologies, namely Virtual Reality. In these tests, Virtual Characters and Virtual Environments, produced during the project, were used in order to assess the level of imitation in children with Autism Spectrum Disorder and whether the use of different Virtual Characters influences children positively or if it further encourages the copycat behavior. By data gathering, it was possible to determine how these Virtual Characters and Virtual Environments influence the learning of the imitation skill. Even though this project has been concluded, it can be further expanded, allowing the creation of a therapy based on virtual reality for stimulating imitation, demonstrating the importance of digital design as a support resource in a scientific study and the difference it can make in the approach to Autism Spectrum Disorder.

Keywords – *Autism, Autism Spectrum Disorder, Imitation, 3D Modeling and Animation, Character Design, Scenario Design, Motion Capture, Virtual Reality*

Agradecimentos

Destaco o meu especial agradecimento ao orientador do instituto Marco Simões pela sua disponibilidade para ajudar e o seu acompanhamento durante o desenvolvimento deste projeto com sugestões e ideias e, principalmente, pela produção do código da experiência. Sem ele, a experiência nunca teria sido concretizada.

Um particular agradecimento aos orientadores do departamento, António Silveira Gomes, por me ter sempre acompanhado e sugerido diversas ideias e dado diversas opiniões no processo de desenvolvimento dos modelos 3D, e Maria José Marcelino por me ter dado opiniões e sugestões no mesmo processo.

Um enorme agradecimento à equipa do IBILI/ICNAS, que incluí Hélio Gonçalves que me ajudou em algumas questões relacionadas com a modelação, animação e sua importação na tecnologia da Realidade Virtual; Dra. Susana Mouga que me ajudou a esclarecer questões relacionadas com o funcionamento da experiência que influenciaram na conceção das personagens; Prof. Dr. Miguel Castelo Branco pela prestação de comentários e opiniões importantes relacionadas com as questões ciêntificas da patologia de PEA presentes no projeto. Realço Catarina Pinto, Carlos Santos, Félix Duecker, Sónia Ferreira, Andreia Pereira e João Pereira por terem participado nos pré-testes, por terem fornecidos artigos que podiam ser úteis e por terem revisto uma parte da tese. Os restantes membros Tiago Fernandes, José Rebola, Carlos Amaral, João Andrade, Inês Bernardino, Sara Santos, Marco Santos: agradeço o apoio no fornecimento de artigos, na execução da avaliação das personagens, na estruturação do projeto, na execução dos pré-testes e por me proporcionarem e mostrarem uma parte do funcionamento do seu trabalho no local.

Um especial agradecimento à minha mãe por me ter ajudado na obtenção de referências para a estruturação da sala de aula.

Aos colegas de curso e amigos destacando Michael Oliveira, Filipa Diniz e André Dias por me ajudarem na escrita da tese, na participação dos pré-testes da experiência e na gravação das experiências com os portadores de PEA. Já Carolina Dinis, Rita Valejo, Cátia Oliveira, Soraia Oliveira, Hélder Barbosa, Patrícia Alves, Sara Silva e Luís Ribeiro que, durante o desenvolvimento do projeto, enviaram sugestões de eventos e estudos relacionados com autismo, deram opiniões sobre os modelos 3D e a Realidade Virtual, ajudaram-me na estruturação da tese revendo alguns textos e participaram nos pré-testes da experiência.

E, para finalizar, um grande agradecimento à APPDA - Associação Portuguesa para as Perturbações do Desenvolvimento e Autismo – nomeadamente às técnicas, pela simpatia demonstrada, pela cedência das crianças com Autismo e do espaço para a experiência final.

Obrigado a todos!

Índice

Resumo v
Abstract vii
Agradecimentos ix
Índice xi
Lista de Acrónimos xv

1º Capítulo - Introdução 1
1. Contexto/Enquadramento 1
1.1. IBILI 1
2. Motivação 3
3. Estrutura da Dissertação 3

2º Capítulo - Estado da Arte 5
1. Autismo 5
1.1. Abordagem geral 5
1.2. Contexto Histórico 5
1.3. Diagnóstico 6
1.4. Conceito Eu 7
1.5. Prevalência 11
1.6. Imitação e Neurónios em Espelho 12
1.7. Perceção visual no autismo 14
1.8. Perceção da cor no autismo 15
1.9. Realidade Virtual como terapia 16
1.10. Interação de crianças com personagens virtuais 17
2. Design de Interação 20
2.1. Definição 20
2.2. Breve contexto histórico 21
2.3. Usabilidade 22
2.4. Caraterísticas na conceção de um produto de design de interação 23
2.5. Sistema sensorial 25
2.6. Realidade Virtual 27
2.6.1. Definição 27
2.6.2. Breve contexto histórico 28
2.6.3. Navegação 31
2.6.4. Interação 32
2.6.5. Ferramentas do projeto 33
2.6.5.1. Microsoft Kinect® 33
2.6.5.2. Vizard Virtual Reality® 34
2.6.5.3. Brekel Pro Body and Face® 35
3. Modelação e Animaçao 3D 37
3.1. Setores da industria 37
3.2. Processos para conceção da modelação 3D 38
3.2.1. Pré-Produção 38

3.2.2. Produção 38
3.3. Ferramentas do projeto 40
3.3.1. Autodesk 3ds Max® 40
3.3.2. Autodesk MotionBuilder® 41
3.3.3. Mixamo 41
3.4. Design de Personagem Virtual 42
3.4.1. Contexto histórico 42
3.4.2. Estilo visual e anatomia 44
3.4.3. Uncanny Valley e robôs inseridos na investigação ciêntifica 47
3.5. Design de Ambiente Virtual 50
3.5.1. Abordagem geral 50
3.5.2. Exemplos de ambientes virtuais 50
4. Projetos/investigações semelhantes 53
4.1. Modelação 3D de ambientes virtuais para aplicações de reabilitação no autismo 53
4.2. Robótica - Autismo 54
4.3. LIFEisGAME 55
4.4. Invirtua – Interactive Avatars for Autism 58
5. Análise transversal do Estado da Arte 60

3º Capítulo - Objetivos/Metodologias 61
1. Objetivos gerais 61
2. Requisitos/Características 61
3. Objetivos específicos 62
4. Procedimentos dos testes gerais 65
5. Metodologias 67
5.1. Caraterísticas associadas à recolha de dados num estudo 68

4º Capítulo - Plano de Trabalho 69
1. Plano inicial 69
2. Plano final 70

5º Capítulo - Componente Prática 71
1. Design das Personagens Virtuais 71
1.1. Desenhos/Ideias 71
1.1.1. Esboços 71
1.1.2. Avaliações das personagens 75
1.1.3. Desenhos manuais 79
1.1.2.1. Alteração fulcral da direção do projeto 79
1.1.4. Desenhos digitais 84
1.2. Modelação 3D e Rigging 87
1.2.1. Workshop 88
1.2.2. Personagem Geométrica 88
1.2.3. Personagem Robótica 98
1.2.4. Personagem Humana 103
1.2.5. Personagem do participante 113
1.2.6. Rigging 118
1.3. Motion Capture 121

1.3.1. Pesquisa de ferramentas 121
1.3.2. Primeiros passos 122
1.3.3. Processo e características 125
1.3.4. Limitações 129
2. Design dos Ambientes Virtuais 130
2.1. Ideias 130
2.2. Modelação 3D 131
2.2.1. Sala Virtual 131
2.2.2. Sala de Aula 132
2.2.3. Recreio 137
2.3. Animações 139
2.3.1. Lista de Gestos e Características 139
2.3.2. Processo 141
3. Realidade Virtual 144
3.1. Primeiros passos 144
3.2. Exportação dos modelos 3D 145
3.3. Código do Vizard 148
4. Testes e experiência final 151
4.1. Pré-testes de prototipagem 151
4.2. Procedimentos, características e requisitos 152
4.3. Experiência final 155
4.3.1. Dados qualitativos e quantitativos 156
4.4. Notas Finais 159

6º Capítulo - Conclusão 161
1. Perspetivas do futuro 162

Referências 165
Lista de Figuras 175
Anexos 187

Lista de Acrónimos

ADI – Autism Diagnostic Interview;
APPDA - Associação Portuguesa para as Perturbações do Desenvolvimento e Autismo;
ASD – Autism Spectrum Disorder;
AV – Ambientes Virtuais;
DI – Design de Interface;
DSM – Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders;
FMV – Full-Motion Video;
HMD – Head-Mounted Display;
iD – Design de Interação;
IDT – Indivíduos de Desenvolvimento Típico;
IBILI – Institute for Biomedical Imaging and Life Sciences;
ICNAS - Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde;
MMORPGs – Massively Multiplayer Online Role-Playing Games;
NE – Neurónios em Espelho;
NES – Nintendo Entertainment System;
NPC – Non-Playbable Character;
NUI – Natural User Interface;
PEA – Perturbação do Espectro do Autismo;
PGD – Peturbações Globais de Desenvolvimento;
PV – Personagens Virtuais;
RA – Realidade Aumentada;
RV – Realidade Virtual;
SDK – *Software* Development Kit;
SG – Serious Games;
UEEA - Ensino Estruturado para Alunos com Perturbações do Espetro do Autismo.

1º Capítulo - Introdução

1. Contexto/Enquadramento

O projeto desenvolvido enquadra-se num contexto de investigação científica, sendo o produto final uma atividade experimental para recolha de dados quantitativos e qualitativos. O objetivo final desta experiência consistiu em estudar a capacidade de imitação em crianças com Perturbação do Espectro do Autismo (PEA) recorrendo às Personagens Virtuais (PV) e a mecanismos de *Motion Capture*. As componentes principais da dissertação são construídas pelas Personagens Virtuais e Ambientes Virtuais (AV) tridimensionais e animações a serem inseridos na tecnologia de Realidade Virtual (RV). Posteriormente, em conjunto com membros da equipa de investigação do *Institute for Biomedical Imaging and Life Sciences* (IBILI), foram desenvolvidos testes que permitiram e continuarão a permitir a obtenção de dados de inúmeras variáveis associadas ao conceito de imitação, enquadrados no conceito de PEA.

Como se enquadra num projeto experimental científico, este poderia servir como ponto de partida na criação de um *Serious Game* (SG) de reabilitação da capacidade de imitação em crianças com autismo, ou simplesmente como ferramenta de apoio ao diagnóstico.

O público-alvo que foi sempre considerado no desenvolvimento das componentes mencionadas anteriormente foram unicamente os portadores PEA. Quanto à questão dos dados quantitativos e qualitativos a serem obtidos, foram considerados os investigadores da área das ciências ligadas à visão e neurologia que poderão utilizar este projeto como complemento no desenvolvimento das suas investigações.

1.1. IBILI

O IBILI é um instituto de investigação enquadrado na Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, constituído por instalações clínicas e laboratoriais, sendo reconhecido a nível internacional na investigação em ciências da saúde. O instituto proporciona um ambiente de pesquisa, educação e treino que promove uma abordagem multidisciplinar às ciências da saúde, abrangendo e cruzando as áreas de Medicina, Biologia e Engenharia. ("UC.PT - IBILI," 2016).

Este é o local de trabalho da equipa ligada a este projeto. Foi aqui que foram desenvolvidos os pré-testes deste projeto, com recurso aos equipamentos necessários consoante os objetivos propostos.

As investigações desenvolvidas e em curso não se limitam só a este espaço: estes também estão relacionados com outros espaços que incluem o ICNAS (Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde) e o Hospital Pediátrico de Coimbra, que disponibiliza uma sala para a experimentação da RV nas investigações.

A equipa associada ao projeto é constituída pelos seguintes membros:

- Miguel Castelo Branco: Coordenador do IBILI e Investigador Principal do Projeto;
- Marco Simões: Engenheiro Informático, Investigador e Orientador Projeto;
- Susana Mouga: Psicóloga especialista em PEA;
- Hélio Gonçalves: Modelador 3D e Designer.

Relacionado com a RV ligada à área de investigação científica da PEA, um dos projetos que deu origem a destaques em artigos web e jornais consiste na utilização da RV como meio de um *Serious Game*. Desenvolvido por Marco Simões, orientado por Paulo Carvalho da FCTUC e Miguel Castelo Branco do IBILI, este S*erious Game* serve como meio de melhoramento das capacidades sociais em pessoas portadoras de PEA, destacando as crianças. Este inclui aprender a imitar ou reconhecer gestos faciais. Isto é permitido através da interação direta com personagens virtuais geradas no mundo virtual recorrendo a *Head-Mounted Display Oculus Rift®* (explicado na secção da RV), permitindo assim uma maior imersão por parte do utilizador em relação ao ambiente (Senéca, 2011) (Rolão, 2011).

Figura 1. SG em Reportagem RTP. Fonte: Investigadores usam realidade virtual para analisar comportamentos de autistas. (2011, November 24). Retrieved August 01, 2016, from http://www.rtp.pt/noticias/saude/investigadores-usam-realidade-virtual-para-analisar-comportamentos-de-autistas_v502947

Figura 2. SG em reportagem RTP. Fonte: Investigadores usam realidade virtual para analisar comportamentos de autistas. (2011, November 24). Retrieved August 01, 2016, from http://www.rtp.pt/noticias/saude/investigadores-usam-realidade-virtual-para-analisar-comportamentos-de-autistas_v502947

2. Motivação

Considerando o contexto em que se insere a proposta, a razão desta escolha deveu-se à exploração da área da Modelação e Animação 3D. Sendo esta a área de maior interesse para futuros projetos, este projeto permitiu ao autor a aquisição de mais experiência nesse sentido. Durante a licenciatura o autor teve a oportunidade de abordar o *software Blender*, um *software* de código aberto na disciplina *Multimédia I* pertencente ao curso de Design Gráfico no Instituto Politécnico do Cávado e do Ave. Posteriormente, e durante o Mestrado que neste momento frequenta, foi possível abordar os *softwares* do *Cinema4D* e *Rhinoceros* durante as disciplinas de *Modelação e Animação* e *Arquiteturas Virtuais*. Em adição a este, houve sempre uma curiosidade em explorar a componente da Realidade Virtual e o recurso ao *Motion Capture*.

Adicionalmente, como se inseriu na área de investigação científica, este projeto possibilitou uma exploração de um campo, nunca antes abordado, durante a estrutura de ensino previamente frequentada. Foram adquiridas várias noções da estruturação e funcionamento do ramo científico, considerando o tema em causa: a PEA. Foi possível verificar a importância que a Modelação e Animação 3D têm como complemento de um projeto de investigação, não excluindo a importância das restantes áreas interventivas neste estudo.

Na atualidade, a PEA é uma área onde diversos estudos se encontram em constante atualização. Não havendo cura, é necessário encontrar terapias que permitam melhorar a vida dos portadores desta patologia. Os tratamentos incluem o apoio social de especialistas da área da Neurologia e Psicologia em conjunto com apoios tecnológicos que facilitem a adaptação dos portadores à vida do quotidiano. No ramo das tecnologias, alguns aplicativos interativos já foram desenvolvidos e permitem a interação da parte do utilizador.

Neste projeto, em específico, foi analisado a componente da imitação nas PEA com recurso às tecnologias que permitem a interação com as PV's e AV's. Esta componente é explicada na secção *4. Testes e experiência final* do *Capítulo 5*.

3. Estrutura da Dissertação

O relatório é composto pelos seguintes capítulos, além do presente:

- **Capítulo 2 – Estado da Arte.** Este contém informações sobre PEA, Design de Interação, Modelação e Animação 3D e projetos ou investigações semelhantes. Estas informações foram estruturadas a partir de bibliografia da *web*, livros, teses e artigos recolhidos e sugeridos;
- **Capítulo 3 – Objetivos/Metodologias.** Nesta parte são explicados os objetivos do projeto desenvolvido e as metodologias aplicadas;
- **Capítulo 4 – Plano de Trabalho.** Aqui são descritos e compa-

rados os planos de trabalhos inicial e atual, incluindo as razões das mudanças verificadas;

- **Capítulo 5 – Componente Prática.** Aqui é apresentada a componente prática do projeto dividida em diferentes subcomponentes;
- **Capítulo 6 – Conclusão.** Na conclusão são descritas as observações finais.

2º Capítulo - Estado da Arte

1. Autismo

1.1. Abordagem geral

O autismo é uma perturbação crónica do desenvolvimento neurológico evidente antes dos dois anos de idade. Está presente a característica crónica devido ao seu carácter de perturbação neurológica, afetando o indivíduo portador desta perturbação na sua integração social (Oliveira, 2009).

É descrito através das alterações que afetam as relações sociais, a comunicação verbal e não-verbal e o seu comportamento, que é rígido e repetitivo. É possível distinguir esta patologia doutras semelhantes devido à repetibilidade comportamental (Oliveira, 2009).

As causas do autismo ainda permanecem desconhecidas, mas estudos apontam para fatores genéticos e ambientais, apesar de outras perturbações genéticas puderem apresentar sinais clínicos semelhantes (Gillberg & Coleman, 1992). Num estudo mais recente foi concluído que existe uma maior incidência nos indivíduos que apresentam uma deleção numa secção do cromossoma 17. Esta deleção verifica-se unicamente em indivíduos com autismo e esquizofrenia (Moreno-De-Luca et al., 2010). Adicionalmente, reforça-se o caracter genético da patologia devido à elevada heritabilidade, verificando-se em 80% no autismo e esquizofrenia (Carroll & Owen, 2009).

Atualmente, o autismo é categorizado e identificado como Perturbação do Espectro do Autismo (PEA), aglomerando diversos graus e tipologias do autismo que anteriormente eram diagnosticados como patologias diferentes. As diferentes patologias que aglomeraram-se no espectro consistem: Autismo precoce infantil; Autismo infantil; Autismo de Kanner; Autismo de alto-funcionamento; Autismo atípico; Perturbação global do desenvolvimento (PGD); Perturbação desintegrativa infantil; Perturbação de Asperger (American Psychiatric Association, 2013).

1.2. Contexto Histórico

Foi identificado pela primeira vez no ano de 1943 por Leo Kanner - psiquiatra austríaco - que reconheceu esta patologia quando observava uma criança com dificuldades de interação, apelidando-a de *Autistic disturbances of affective contact*[1] (Michaels, 1999). Um ano mais tarde, Hans Asperger - psiquiatra austríaco - descreveu o mesmo padrão em crianças de idade escolar e denominou de *Autistic psychopathy*[2] (Asperger, 1991). Kanner assumiu que a origem desta patologia é inata e biológica,

1 distúrbio autista de contato afetivo

2 fisiopatologia do autismo

provavelmente congénita[3], devido à manifestação precoce e ao défice na interação social aparente nos primeiros meses de vida (Michaels, 1999).

Na década de cinquenta e sessenta, o autismo continuou a ser considerada uma perturbação de carácter emocional devido a fatores externos à criança. Atribuía-se esta causa a carências afetivas pelos progenitores, principalmente maternais. Surgiu assim a *parentectomia*, um método terapêutico que consistia no afastamento do paciente do núcleo familiar (Cohen & Volkmar, 1997). No entanto, nas décadas seguintes, estudos de diferentes nacionalidades incluindo Americanos e Ingleses vieram comprovar que a heterogeneidade etiológica – diferentes origens para a patologia - é de causa genética com marcada hereditariedade, refutando assim a necessidade da *parentectomia* (Muhle, Trentacoste, & Rapin, 2004).

1.3. Diagnóstico

Os sinais clínicos presentes num indivíduo portador de PEA são maioritariamente comportamentais. Um dos guias de diagnóstico mais utilizado consiste no *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*[4] (DSM), manual que define as características presentes em todas as doenças mentais estudadas até ao momento. Foi inicialmente publicado no ano de 1978 e presentemente encontra-se na quinta edição publicada em 2013. É a referência oficial utilizada no diagnóstico destas perturbações.

Citando o referido manual, no diagnóstico da PEA, esta terá de respeitar e seguir cinco critérios: (American Psychiatric Association, 2013)

1. Défices persistentes de comunicação e interação social em diversos contextos.

Aplicam-se um ou mais do que se seguem:

- Défices na reciprocidade social-emocional;
- Défices em comportamentos não-verbais utilizadas na comunicação;
- Défices nas relações interpessoais, nomeadamente a sua criação, desenvolvimento e manutenção da mesma.

2. Padrões de comportamento, interesses, atividades repetitivas e restritas, demonstrando pelo menos dois dos comportamentos que se seguem:

- Movimentos motores, utilização de objetos e falas repetitivas e estereotipadas;
- Insistência nas mesmas questões, fraca aderência a rotinas, padrões comportamentais verbais e não-verbais repetitivos;
- Fixação em interesses muito restritos que são anormais em termos de intensidade e concentração;
- Hiperatividade à receção de sensações, ou interesse atípico nos aspetos sensoriais do ambiente.

3 que acompanha a vida toda

4 Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais

3. Sintomas têm que estar presentes nos primeiros tempos do período de desenvolvimento;

4. Sintomas prejudicam clinicamente as capacidades em termos sociais, ocupacionais e outras áreas do funcionamento.

5. Estes distúrbios não são meramente descritos por uma deficiência intelectual ou atraso do desenvolvimento global. Recorrentemente, a PEA ocorre em simultâneo com a deficiência intelectual. De forma a efetuar diagnósticos comórbidos[5] da PEA e deficiência intelectual, a comunicação social deverá estar abaixo dos níveis de desenvolvimento geral esperados.

Para além deste guia, existem outros métodos de diagnóstico, nomeadamente instrumentos de diagnóstico que permitem uma abordagem direta e indireta de observação do comportamento do indivíduo. Incluem: *Autism Diagnostic Interview* (ADI) (Catherine Lord, Rutter, & Le Couteur, 1994); *Autism Diagnostic Observation Schedule* (Catherine Lord et al., 2000); *The Developmental Dimensional and Diagnostic Interview* (Skuse et al., 2004); *Diagnostic Interview for Social and Communication Disorders* (Leekam, Libby, Wing, Gould, & Taylor, 2002).

Antes de se recorrer a especialistas da área, os próprios pais poderão responder a um questionário denominado de M-CHAT, que ajuda a determinar se o indivíduo em causa é portador de PEA. O teste tem a duração de 2 minutos. É utilizado na identificação da doença em bebés entre os 16 e 30 meses. Devido à facilidade de acesso a este teste, este serve como instrumento fulcral de deteção precoce das PEA (Robins, Fein, & Barton, 2009).

A idade e o nível linguístico são tidos em conta na realização dos testes num determinado indivíduo. A partir destes instrumentos, é possível obter diferentes tipos de dados que inclui a ADI, ou uma abordagem direta ao individuo que inclui entrevista e observação (American Psychiatric Association, 2013).

De forma resumida e conclusiva, a PEA é uma perturbação caracterizada por uma cascata de dificuldades ao longo do desenvolvimento do indivíduo, onde se pode incluir um défice na reciprocidade socio-emocional; défices comportamentais de comunicação não verbais; défices no desenvolvimento, manutenção e compreensão de relações e padrões repetitivos e restritos de comportamentos, interesses ou atividades.

É necessário um diagnóstico prévio para que um indivíduo portador de autismo seja acompanhado o mais cedo possível (Oliveira, 2009).

1.4. Conceito *Eu*

O *eu* é um tópico bastante popular nas neurociências assim como na psicologia, que devido à sua utilização nos vários fenómenos cog-

5 duplo diagnóstico

nitivos de diferentes formas leva a uma dificuldade acrescida na sua definição.

Contudo, ao longo dos tempos vários investigadores tentaram explicar ou definir o *eu* de forma a poder ser aplicado de forma sistemática e coerente. Alguns definiram-no como não sendo uma entidade singular primordial (Tanikawa, 1983). Outros segmentaram-no, nomeadamente Neisser, afirmando a existência de cinco partes de conhecimento próprio. O *eu* ecológico, o *eu* interpessoal, o *eu* no tempo, o privado e o *eu* conceptual. Segundo este autor, o *eu* deixa de ser uma porção cerebral ou mesmo uma porção da pessoa para ser a pessoa como um todo (Neisser, 1993). Em adição a esta definição, outras foram criadas por diferentes autores. Exemplos de Metzinger, um pouco mais extremista em que afirma que não existe tal conceito, mas que sim o *eu* faz parte de um fenómeno de progresso ao longo do tempo. Por contrapartida, Gallagher subdivide o *eu* em duas partes: o *eu mínimo* e o *eu narrativo* (Uddin, 2011). Com estas teorias podemos afirmar a incerteza da determinabilidade do conceito *eu*.

Atualmente vários neurocientistas cognitivos e neuropsicólogos estão a tentar encontrar a zona neural referente ao *eu* no encéfalo[6].

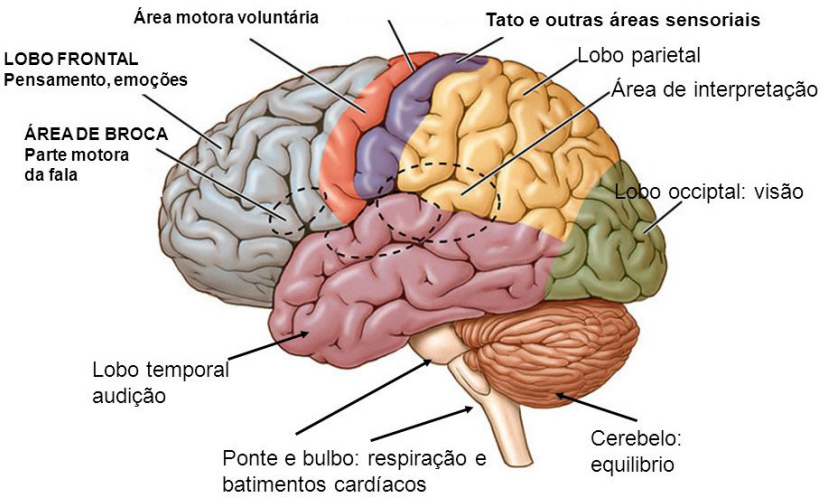


Figura 3. Encéfalo.
Fonte: Sistema Nervoso Resumo - Planeta Biologia. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://planetabiologia.com/sistema-nervoso-resumo/

Questionando-se de quais as regiões e sistemas associados ao autoconhecimento, Gillihan an Farah (2005) propõe a existência de uma barreira entre a fisicalidade do conceito e a psicologia do mesmo, obtendo, finalmente, onde reside neurofisiologicamente o *eu*. A parte física, refere-se ao reconhecimento facial, à intenção e à tomada de perspetivas, enquanto, a parte psicológica refere-se aos traços de personalidade. A sua fonte para tal distinção foi obtida através de imagio -encefalogramas[7], e m que a fisicalidade e a psicologia do *eu* ocupam vastas áreas cerebrais distintas (Lieberman, 2007; Uddin, Iacoboni, Lange, & Keenan, 2007).

O reconhecimento visual pessoal é inerente ao sentido de identidade. Esta capacidade sugere a existência de um conceito *eu* subjacente.

6 o órgão que engloba as componentes todas do cérebro

7 máquina que cria uma imagem do cérebro

Crianças com PEA demonstram um atraso do desenvolvimento desta capacidade (Dawson & McKissick, 1984; Lind & Bowler, 2009; Spiker & Ricks, 1984).

Existe alguma documentação sobre o comportamento das PEA sobre estas capacidades, no entanto, os mecanismos e processos neuronais para este atraso ainda se encontram numa fase muito precoce de investigação (Uddin, 2011).

Utilizando técnicas de ressonância magnética funcional e avaliando a potência de ação em função da visualização de uma face humana, ambas as crianças, ou seja, os Indivíduos de Desenvolvimento Típico (IDT) e as crianças portadores de PEA, têm uma ativação do córtex[8] pré-frontal direito (Uddin, 2011).

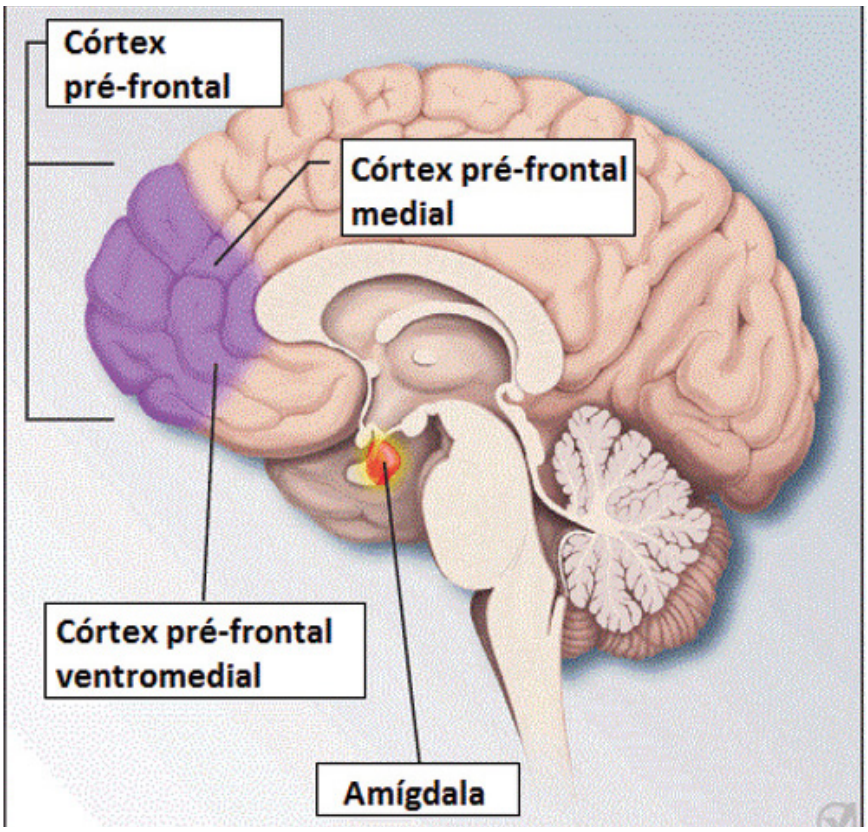


Figura 4. Córtex pré-frontal.
Fonte: Educação dos sentidos. (n.d.). Retrieved August 29, 2016, from http://clickeaprenda.uol.com.br/portal/mostrarConteudo.php?idPagina=28541

Os IDT ativam zonas de reconhecimento facial e de autorreconhecimento facial. Por outro lado, quando submetidas a uma imagem contendo inúmeras faces, no qual a do próprio também está presente, verificam-se que existem diferenças significativas. Estas diferenças não residem na capacidade de identificação ou no comportamento, mas sim no tempo que levam a compreender e a reconhecer a sua própria face nos portadores de PEA. O local associado ao reconhecimento facial pessoal encontra-se ao nível do giro[9] frontal inferior direito (Uddin, 2011).

8 conjunto dos canais do cérebro

9 canal volumoso pertencente ao lobo, lobo pertencente ao córtex e córtex pertencente ao encéfalo

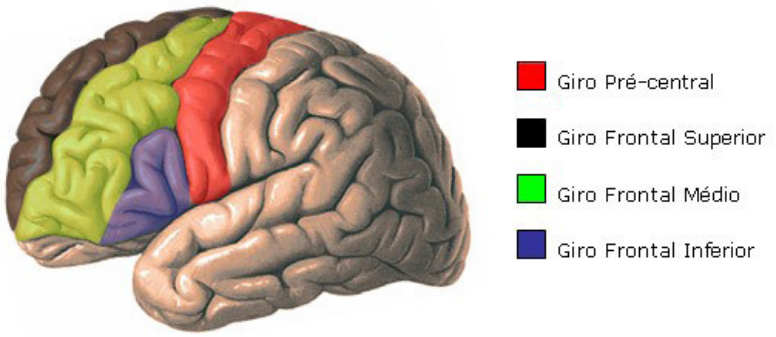


Figura 5. Giro frontal inferior direito. Fonte: Telencéfalo. sistemanervoso-central. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://sistemanervosocentral.jimdo.com/telencéfalo

Sendo assim, existe uma falta de partilha neuronal das representações do *eu* e dos *outros* nas crianças portadoras de PEA.

Apesar de os estudos não demostrarem que existe um défice nesta capacidade, apenas um atraso, ainda não existem dados suficientes referentes à capacidade de reconhecimento facial em portadores de PEA. Parece uma falha incompreensível dado o grau elevado da importância do reconhecimento do próprio, continuando a existir uma investigação mais direcionada na topografia cerebral[10] utilizando imagens de faces não familiares. Estes estudos pretendem estudar mais a capacidade de reconhecimento de emoções através da face, quer sejam em pessoas não conhecidas ou utilizando pessoas famosas (Uddin, 2011).

Inicialmente, pensava-se que o giro fusiforme na região cortical era responsável pela reduzida capacidade de perceção das emoções faciais devido à sua redução em pessoas com PEA. No entanto, a replicabilidade destes testes com hipoatividade[11] do giro fusiforme não demostraram os mesmos resultados. Poucos estudos investigaram o reconhecimento facial, mas os que existem concluíram que a atividade do giro fusiforme é igual em IDT tal como nos que apresentam PEA. Em condições propícias, as crianças com PEA conseguem fazer uma ativação da zona referida de forma típica (Uddin, 2011).

Em suma, os estudos focaram-se principalmente no reconhecimento das emoções faciais em detrimento do reconhecimento facial do próprio e sua identidade (Uddin, 2011).

Outra forma de manifestação física do *eu* é a capacidade de iniciação, ou seja, de ser o iniciador ou o gerador de determinada ação que provoca uma causa. Vários comportamentalistas concluíram não existir défices nesta capacidade iniciadora. De realçar, que quando um portador de PEA aprende uma atividade motora, o sistema motor/propriocetivo fica mais sensibilizado permitindo associações neuronais mais fortes do que nos IDT (Uddin, 2011).

O processo de reconhecimento do próprio, a nível psicológico, ocorre nas estruturas equatoriais do córtex, mais particularmente no córtex pré-frontal ventromedial[12]. Demonstrado em testes em que estes tinham de atribuir adjetivos à sua personalidade realizando pro-

10 técnica de aplicação de elétrodos na cabeça, gerando num *software* um mapeamento da atividade destes elétrodos em forma de gráfico

11 redução da atividade

12 uma das regiões do cortéx pré-frontal

cessos de autorreconhecimento (Uddin, 2011).

A PEA provoca uma redução da atividade do córtex pré-fontral ventromedial que envolvem juízos de valor no *eu* e nos *outros*. Quando comparada a ativação desta região cerebral em IDT e portadores de PEA, verifica-se que nos IDT existe uma menor atividade referente ao conhecimento de outros e uma grande atividade no conhecimento do próprio. Nos PEA, esta atividade encontra-se com valores muito semelhantes quando questionados sobre si próprios ou sobre temas de outros. Conclui-se, então, que estes quando analisam a si próprios ou outros, a sua atividade e reação são semelhantes, verificando-se que não conseguem atribuir a qualquer outra pessoa o conceito de identificação deste como outra pessoa. Isto poderá explicar a sua dificuldade em se relacionarem com estas, já que tentam perceber o *outro* através do conceito *eu* (Uddin, 2011).

Pressupõe-se então que exista de facto uma redução na atividade do córtex pré-frontal ventromedial que leva a um anormal conhecimento do *eu* e, associado a outros processos complexos, poderão originar alguns problemas de sociabilização (Uddin, 2011).

Nos portadores de PEA, o *eu* também é afetado pelo facto de estes apresentarem uma menor memória autobiográfica quando comparados com IDT com a mesma idade, género e quociente de inteligência. Assim, como estes apresentam dificuldade em extrair experiências úteis das memórias, ocorre uma falha na capacidade de utilizar o passado para construir o seu *eu* presente (Uddin, 2011).

Atualmente, verificou-se uma mudança radical dos paradigmas estudados em relação aos portadores de PEA, que se focam principalmente na compreensão do seu *eu* e do seu reconhecimento como indivíduo. A sua representação física encontra-se intacta, a capacidade de iniciação não aparenta défices, contudo a capacidade para se auto-avaliar, auto-conhecer e a memória autobriográfica encontram-se alterados (Uddin, 2011).

1.5. Prevalência

A prevalência é um conceito utilizado em estatística ou epidemiologia[13]. Resumidamente, consiste na medição em proporção da quantidade de pessoas portadoras de doenças num determinado momento. Esta medida é estática e relaciona-se com um período de tempo em que ocorreu a recolha das informações que pode durar desde dias até anos. Esta permite determinar se a doença na população é rara ou comum, sendo fulcral no entendimento e recolha de dados da parte dos especialistas da área em causa (Wagner, 1998). A fórmula do cálculo da prevalência é a seguinte:

$$P = \frac{\text{número de indíviduos afetados num determinado momento}}{\text{total de individuos estudados}}$$

13 ciência que estuda as epidemias levantando dados quantitativos

A epidemiologia desta patologia tem vindo a ser estudada desde 1964, ano em que o primeiro estudo foi desenvolvido por Victor Lotter. No seu estudo que se divide em duas fases, Lotter teve em conta 78.000 crianças com idades entre os oito e dez anos que se encontravam a frequentar a escola em *Middlesex* na Inglaterra. Na primeira parte, rastreou-as e, na segunda parte, observou-as. Ele decidiu aplicar os critérios de diagnóstico de Kenner. Foi possível evidenciar uma prevalência de autismo clássico no valor de 4.1/10.000 e de PEA no valor de 7.8/10.000 (Lotter, 1967). Desde aí foram desenvolvidos vários estudos nesse sentido, e foi possível comprovar que a prevalência subiu consideravelmente. A patologia passou de raro com valores de 4 a 5/10.000 a muito comum com valores de 70 a 100/10.000, conclusões tiradas por Guiomar Oliveira (Oliveira et al., 2007). Adicionalmente, considerando as crianças abaixo dos oito anos e as categorias de PEA, a prevalência mais atualizada desta poderá incluir valores entre 60 a 70/10.000, enquanto a perturbação autística poderá rondar valores entre 10 a 30/10.000 (Oliveira et al., 2007).

É possível concluir que a prevalência tem aumentado consideravelmente. Só não foi comprovado se é devido ao número crescente de casos de portadores de PEA, ou se advém de critérios de diagnóstico mais rigorosos.

1.6. Imitação e Neurónios em Espelho

A caraterística da imitação de comportamentos de outros indivíduos é reduzida ou nula em indivíduos portadores de PEA (American Psychiatric Association, 2013). O projeto tem como base fulcral a imitação, sendo assim esta apresenta uma elevada importância e é fundamental a sua compreensão. Foi explorada com o intuito de posteriormente compreender as dificuldades que os portadores de PEA evidenciam e possivelmente solucionar algumas delas.

A imitação consiste na cópia da ação de outro indivíduo, quer seja visual ou auditiva. Está intimamente ligada à atribuição de estados mentais a outros indivíduos, tendo em conta que o fator mais importante para o sucesso da imitação é a conversão do plano de ação original na perspetiva do indivíduo a imitar para a sua perspetiva (Williams, Whiten, Suddendorf, & Perrett, 2001).

No autismo foi possível averiguar a existência de um défice de imitação através de estudos realizados nesse sentido (Sally J. Rogers & Pennington, 1991; Sally J Rogers, 1999; Smith & Bryson, 1994; Whiten, Brown, & Bråten, 1998). Deduziu-se que: "*consistent finding that people with autism do not readily imitate the actions of others*"[14] (Smith & Bryson, 1994); querendo com isto dizer que não imitam prontamente a ação dos outros, levando então à questão da existência de um atraso temporal. Rogers executou um estudo da magnitude do défice de imitação, analisando dois grupos

14 resultados obtidos comprovam que austistas não imitam de forma espontânea

distintos: portadores de PEA e IDT. Este detetou diferenças de um e meio desvios padrão entre estes dois grupos, sendo que no grupo de portadores de PEA era mais reduzido, ou seja, o défice nos portadores de PEA é mais acentuado (S J Rogers, Bennetto, McEvoy, & Pennington, 1996). Outro estudo comprovou a existência da deficiência motora (Peter Hobson & Anthony Lee, 1999), levando a que Rogers (Sally J Rogers, 1999) conclua que "*every methologically rigorous study so far published has found an autism-specific deficit in motor imitation*"[15], que evidencia um decréscimo na funcionalidade motora da imitação.

De forma a entender as dificuldades inscritas neste défice, foram levantadas algumas hipóteses: a imitação de gestos sem sentido parecem ser mais afetadas do que as imitações de ações com objetos (S J Rogers et al., 1996); crianças foram testadas no sentido de imitar uma ação não convencional com um objeto comum, verificando-se que facilmente cometeriam erros (Smith & Bryson, 1994); os erros de reversão (Sally J Rogers, 1999; Smith & Bryson, 1994; Whiten et al., 1998), ou seja, a dificuldade que têm em colocar-se na perspetiva do indivíduo a imitar, traduzindo exatamente aquilo que observam. Estes fatores justificam a existência de défices na capacidade básica de mapear ações de outros em si próprios, especialmente em ações mais complexas (Williams et al., 2001).

Abordando o aspeto neurológico, foi permitido detetar uma componente neurológica situada no córtex pré-frontal denominado de Neurónios em Espelho (NE) (Rizzolatti et al., 1996). Estes neurónios foram descobertos primeiramente em primatas, chimpanzés e orangotangos. São utilizados quando os animais executam uma ação específica, ou quando visualizam um indivíduo que está a executar uma ação equivalente, estabelecendo uma ligação direta com a componente da imitação (Williams et al., 2001). Apesar de este grupo de neurónios não poder ser estudado com as mesmas metodologias no ser humano, as propriedades dos NE supõem-se ser semelhantes devido ao funcionamento do córtex motor humano. Através da interpretação de eletromiográfos[16], é possível compreender a estimulação transcraniana através de propriedades de magnetismo. A ativação de uma zona cerebral leva à formação de uma potencial ação, conduzido através dos neurónios sob a forma de energia elétrica até aos órgãos efetores, nomeadamente os músculos. Este processo vai permitir concluir se existe ativação de zonas cerebrais associadas ao processo em questão e concluir se existe esse potencial e se ocorre um atraso ou não.

Os NE funcionam como uma união entre o que é visualizado e o que é realizado. Até ao momento estes neurónios foram investigados no sentido do movimento e utilização das mãos (Williams et al., 2001). Estas ações poderão também estar ligadas a expressões faciais, comunicação verbal, movimento dos olhos e as abstrações de alto nível (D. I. I. Perrett & Emery, 1994; D. I. Perrett et al., 1989).

15 todos os estudos rigorosos e metódicos específicos para o autismo publicados até então identificam um défice motor na imitação

16 gráficos que medem a atividade elétrica do músculo

Estes neurónios poderão servir como justificação da disfunção de imitação presente nas PEA. A hipótese mais simples supõe-se ser uma falha ou disfunção no desenvolvimento do sistema dos NE (Williams et al., 2001). Tal disfunção poderá prevenir e interferir com a imitação, levando a uma formação/coordenação prejudicada de representações próprias dos outros, que estão na base da proliferação dos problemas autísticos (Sally J. Rogers & Pennington, 1991). Isto permite justificar também o porquê dos portadores de PEA não conseguirem desenvolver as capacidades sociais recíprocas que incluem a atenção em conjunto, reconhecimento gestual e linguagem.

1.7. Perceção visual no autismo

Numa investigação realizada por Bogdashina (Bogdashina, 2003) foi possível averiguar alguns sinais clínicos analisados na observação de portadores de PEA. Estes poderão ser classificados portadores de PEA com hiper-sensibilidade e hipo-sensibilidade.

Na hiper-sensibilidade os sinais clínicos incluem: concentração em pequenas camadas de pó; descontentamento pela escuridão e luzes brilhantes e pelas fontes luminosas intermitentes; foco direcionado para o chão a maioria das vezes; cobrir ou fechar os olhos quando expostos a luzes intensas (Simmons et al., 2009)

Na hipo-sensibilidade os sinais clínicos incluem: fascínio pela luz; olhar intensamente para os objetos e pessoas; posicionar dedos e objetos à frente dos olhos; fascínio com reflexos e objetos coloridos brilhantes; passar as mãos à volta dos contornos dos objetos (Simmons et al., 2009).

A perceção visual também engloba a componente social. Estes incluem: indicação socialmente dirigida incomum; dificuldades na interpretação de gestos; contacto de olhos incomum; dificuldade com interpretação de expressões faciais; dificuldade em seguir a atenção de outros indivíduos; dificuldades na atenção em conjunto (C Lord et al., 2000).

Face ao reconhecimento facial nas PEA, diversos estudos foram desenvolvidos (Simmons et al., 2009). Alguns deles evidenciaram dificuldades em tarefas de identificação da face, enquanto outros refutaram esta descoberta, principalmente quando as caras dos indivíduos identificados são familiares. Existem opiniões e estudos que colidem em relação a este tema, levando a que as interpretações e correntes científicas apresentem estas divergências.

Face à interpretação das expressões faciais, é importante relembrar que os portadores têm dificuldades nessa componente. Investigações denunciam estas dificuldades nos mais diversos aspetos desta interpretação (Simmons et al., 2009). Na componente da emoção evidente nas expressões faciais, alguns estudos evidenciaram défices, em particular o medo, tristeza, e expressões negativas (Simmons et al., 2009). Outro estudo liderado por Adolphs demonstrou que não há nenhuma diferen-

ça significativa na identificação de expressões faciais comparando os grupos de IDT e PEA (Adolphs, Sears, & Piven, 2001). Outro estudo feito por Back, Ropar e Mitchell evidenciou que os portadores de PEA são capazes de interpretar expressões faciais complexas só nalgumas circunstâncias (Back, Ropar, & Mitchell, 2007).

Na identificação do género do indivíduo a partir de faces, estudos desenvolvidos evidenciam que a *performance* dos portadores de PEA foi reduzida, podendo dever-se à informação localizada na região dos olhos (Simmons et al., 2009). Portadores de PEA apresentam, em comparação com os IDT, uma dificuldade acrescida na capacidade para identificar a idade através da face dos indivíduos (Gross, 2002, 2005, 2008; Hobson, 1987).

Na identificação de objetos, mais uma vez os estudos concluem que as capacidades de processamento dos objetos de indivíduos com PEA são equivalentes às de IDT (Simmons et al., 2009), havendo só alguns estudos que indicam que as dificuldades se limitam a objetos sociais, sabendo que as faces são consideradas uma classe de objetos especial, com um sistema de processamento neuronal próprio. No entanto, poderão denunciar outras anomalias no processamento visual (Simmons et al., 2009).

1.8. Perceção da cor no autismo

A cor é dividida em três categorias: cambiante que representa os pigmentos de cor, saturação que representa a vivacidade da cor, brilho que representa a quantidade de luz presente na cor.

Partindo destas definições, num estudo que analisa a perceção da cor nalgumas vertentes, comparando crianças portadoras de PEA com IDT, duas experiências foram aplicadas (Franklin, Sowden, Burley, Notman, & Alder, 2008). Na primeira experiência foi posto em causa a precisão da perceção da cor recorrendo às tarefas de *visual search*[17] e *delayed matching-to-sample*[18]. Entre os dois grupos testados, diferenças significativas foram evidenciadas. Em comparação com IDT, crianças portadoras de PEA foram menos eficazes na identificação do alvo colorido nas duas tarefas, considerando todo o espaço cromático existente. Isto demonstra que estas têm uma perceção de cor menos precisa. Já a segunda experiência, foi desenvolvida no sentido de estudar a discriminação cromática e a perceção categórica das cores dos dois grupos de estudo. Foi aplicado a tarefa *target detection*[19], desenvolvido para testar a capacidade de discriminação das cores em crianças utilizando as variáveis de precisão e velocidade (Franklin, Pilling, & Davies, 2005). Foi possível verificar que portadores de PEA foram menos eficazes nessa discriminação em comparação com IDT. Comprova-se que estes não são só menos precisos na discriminação de cores dentro de uma determinada cate-

17 pesquisa visual

18 tarefa de correspondência a um exemplo apresentado

19 procura do alvo

goria de cor, mas também são menos precisos entre duas categorias de cor diferentes (entre a categoria de cor vermelha e verde por exemplo) (Franklin et al., 2008).

Através destas duas experiências pode-se verificar que portadores de PEA têm mais dificuldades em detetar as diferenças de cores dentro de uma determinada categoria. Isto poderá sugerir uma ligação a estudos que comprovam que têm uma forte obsessão por cores contrastantes(Wolff, 2005). Apesar desta dificuldade, a perceção da categoria da cor mantém-se intacta, não havendo diferença entre os portadores de PEA e IDT nesse sentido.

1.9. Realidade Virtual como terapia

Atualmente o avanço das tecnologias nas mais diversas áreas, em específico o Design de Interação (iD), permitiu um desenvolvimento mais aprofundado de projetos e estudos que permitam melhorar a vida da sociedade. A tecnologia focada neste subtópico é a Realidade Virtual, aplicada a portadores de PEA, que permite gerar Ambientes Virtuais de treino para que estes possam praticar as atividades do dia a dia num ambiente seguro.

Na RV podemos evidenciar as sete características importantes que permitem uma interação mais gratificante e significativa por parte do utilizador: (Strickland, 1997)

- *Controllable Input Stimuli*[20] – A RV permite a introdução de um ou mais estímulos sensoriais pertinentes para a efetuação do teste interativo;
- *Modification of Generalization*[21] – A mudança pouco significativa de um ambiente, como por exemplo num ambiente urbano, a alteração apenas da cor de um edifício permite uma absorção mental visual de forma a aumentar a atenção do portador de PEA - que vai de encontro com o défice de atenção - para que possa reparar gradualmente nessas pequenas diferenças;
- *Safer Learning Situation*[22] – O treino virtual permite um ambiente menos perigoso em comparação com a realidade, no qual é possível desenvolver capacidades de atividades do dia a dia. Possibilita também uma margem de erro muito menor. A adaptação do portador de PEA em relação ao ambiente vai aumentando à medida que este se torne mais complexo, levando no final a um ambiente mais semelhante ao mundo real;
- *A Primarily Visual/Auditory World*[23] – A RV foca-se mais no sentido da visão e audição, tendo estes dois sentidos sido os mais efetivos a ensinar aos portadores de PEA os conceitos do imaginário (Park & Youderian, 1974);

20 introdução de estímulos controlados

21 generalização modificada

22 situação de aprendizagem segura

23 um mundo primordialmente visual/audição

- *Individualized Treatment*[24] – Cada indivíduo portador de PEA apresenta sinais clínicos diferentes, podendo demonstrar uma variação de capacidades e comportamentos em diferentes dias (Ellis & Kaiser, 1993). Tendo em conta esta informação, é necessário preparar um ambiente individualizado e personalizado para que o treino composto tenha resultados eficazes;
- *Preferred Computer Interactions*[25] – A partir do computador é possível estabelecer tarefas e desafios que permitam melhorar as interações sociais das crianças, algo que seria mais difícil se fosse um ser humano a abordar a aprendizagem da interação social em portadores com défices sociais. Esta técnica tem sido aplicada desde o ano de 1978, quando os computadores foram utilizados para efetuar terapias de desenvolvimento da linguagem com crianças portadoras de PEA (Colby, 1968). Estudos comprovaram a vantagem da utilização dos computadores como terapia (S. H. A. Chen & Bernard-Opitz, 1993; Plienis & Romanczyk, 1985; Zarr, 1994). Os computadores em conjunto com outros componentes de *hardware* permitem gerar mundos virtuais levando a que as crianças aprendam o básico da interação social de uma forma consistente e aceitável;
- *Trackers*[26] – A utilização de *trackers* de corpo e cabeça oferecem várias vantagens, sendo que uma delas é a ligação da atividade física a uma máquina que analisa essas ações. Os AV's permitem interações não-verbais sem o acompanhamento de um professor, sendo importante para aqueles indivíduos que não consigam comunicar.

Considerando estes fatores, dois casos de estudos aplicando a tecnologia da RV foram desenvolvidos (Strickland, 1997). A partir deles foi possível concluir que a RV permite criar ambientes computorizados que se adaptem às necessidades dos portadores de PEA. Adicionalmente, a RV proporciona aos portadores das PEA ambientes seguros no tratamento de determinadas características. A continuação do desenvolvimento de novos estudos a nível mundial continuará a permitir um melhor ensinamento da adaptação e reação ao mundo real da parte dos portadores de PEA.

1.10. Interação de crianças com personagens virtuais

A atenção conjunta é de extrema importância para os indivíduos com PEA, já que lhes permite trazer benefícios a inúmeros níveis, de salientar os progressos alcançados ao nível da linguagem (Charman, 2003; Sigman & Ruskin, 1999). Define-se como uma coordenação entre duas pessoas e um objeto, requerendo que exista a capacidade de direcionar

24 tratamento individualizado

25 interações computorizadas preferidas

26 localizadores

a atenção para o pretendido. Esta capacidade adquire-se instintivamente e resulta de forma espontânea de momentos sociais em IDT. Todavia, pessoas com PEA apresentam uma dificuldade extrema, quer seja na capacidade para se focar em algo referido, quer seja para a inferência social. Sem estas, a atenção conjunta não resulta. Estes indivíduos nem sempre ultrapassam esta barreira e quando o fazem é com bastante esforço.

Atualmente, a informação referente à interação dos portadores de PEA com AV's é limitada, assim como com PV's. As pesquisas anteriores não são claras e são pouco conclusivas. Programas de interação social e de concentração baseados numa PV dependem sempre da compreensão deste organismo como um ser intencional. Este ser apresentará intenções, desejos e obviamente capacidade diretiva. Se for interpretado como um organismo inanimado ou um desenho animado em que o espectador irá observá-lo de forma passiva, sem que estabeleça uma relação bidirecional de comunicação, leva a que o seu comportamento deixe de ser relevante e o seu desenvolvimento comprometido (Behne, Carpenter, & Tomasello, 2005).

É referido que a atenção conjunta ou a focagem mútua deve ocorrer primeiro do que a focagem num objeto, sendo crucial para estabelecer a relação de mutualidade entre o iniciador e o respondente (Pellicano & Macrae, 2009). Para tal, deve-se assumir que a intenção que a PV transmite é de elevada importância para que este processo ocorra.

Num estudo em que o objetivo era obter uma resposta de indivíduos com PEA, em que estes após a indicação pela PV deveriam tocar num objeto por ela evidenciado, conclui-se que não existe uma relação entre ação correta e a idade do sujeito. Ainda assim, estes foram capazes de selecionar a opção correta disponibilizada num ecrã tátil, apesar de muitas das vezes o fazerem fora do tempo pretendido. A precisão média destes encontra-se acima dos 90% nas várias tentativas a que foram submetidas, em média 23.12 tentativas. O tempo limitado de contacto com a PV não foi significativo já que estes rapidamente aprenderam a resposta correta, sendo que existia uma relação no padrão nas respostas incorretas. As primeiras seis tentativas foram as que apresentaram maior número de erros; a partir deste valor a maior parte dos participantes selecionava a resposta correta. Um pequeno grupo de indivíduos manteve a casualidade de erro até às doze tentativas (12 indivíduos dos 32 em estudo). 3 portadores de PEA estabeleceram consecutivamente os mesmos erros, apresentando uma interação com o ecrã tátil ao acaso e nenhuma interação com a PV (Alcorn et al., 2011).

A importância deste estudo é fundamental para este projeto já que permite compreender que as crianças com PEA são capazes de aprender a seguir o iniciador, sendo este uma PV, compreendendo as suas intenções e respondendo em função dos gestos e ações por ele iniciados. A rapidez de aprendizagem coloca em causa a literatura até então conhecida, contradizendo-a, já que foi concluído que apresentam uma taxa de aprendizagem e de rapidez bem superior à sugerida pela

literatura antiga. Estas conclusões são cruciais para compreender a interpretação e desenvolvimento dos mesmos a nível psicológico. Outra conclusão surpreendente passível de ser constatada é o facto das crianças com PEA serem iniciadoras de processos sociais com a PV, algo que não é tipicamente característico do seu comportamento. Para além de que também se sentiram motivadas para partilhar a sua experiência devido ao AV, assim como descreve-lo como bastante interessante e nobre. Conclui-se que as AV's e PV's são ferramentas potencialmente importantes para construir e oferecer uma estrutura de interação social positiva, alargando a interação do PEA com diferentes pessoas da sua rede social (Alcorn et al., 2011).

2. Design de Interação

2.1. Definição

"In the same way that industrial designers have shaped our everyday life through objects that they design for our offices and for our homes, interaction design is shaping our life with interactive technologies – computers, telecommunications, mobile phones, and so on. If I were to sum up interaction design in a sentence, I would say that it's about shaping our everyday life though digital artifacts – for work, for play, and for entertainment"

Gillian Crampton Smith, interview of January 30, 2002 (Moggridge, 2007)

O Design de Interação (iD) engloba a concretização de produtos digitais que permitam apoiar as pessoas no seu dia a dia e trabalho (Jennifer Preece, Rogers, & Sharp, 2002). O ser humano utiliza este componente como método de auxílio às diversas áreas da sua vida, através do desenvolvimento de componentes de *hardware*, tais como computadores e telemóveis, ou *softwares* apropriados para o âmbito em questão. Hoje em dia todos os seres humanos de países desenvolvidos de diferentes faixas etárias têm acesso à tecnologia computacional, sendo necessário tê-los em conta no desenvolvimento de soluções tecnológicas de computação eficientes. Estas soluções deverão ser imersivas, e não intrusivas, entrando de forma subtil no quotidiano da vida das pessoas.

No desenvolvimento desta tecnologia, que inclui o *software* e o *hardware*, Davide Liddle menciona três etapas (Moggridge, 2007): *enthusiast stage*[1] - em que entusiastas não se influenciam pela dificuldade tecnológica; *professional stage*[2] - em que os indivíduos que utilizam esta tecnologia não a compram, como por exemplo nos escritórios das empresas em que os empregados utilizam computadores adquiridos pela empresa; *consumer stage*[3]- em que se tem em conta a compra de produtos de fácil acesso aos consumidores, sem ser necessário muito tempo no manuseamento do equipamento. É importante referir que na criação de um produto, para além da estruturação da ideia, é também necessário ter em conta que o público-alvo consiga interagir eficazmente. A partir daqui surge o conceito de *usabilidade*.

Dentro do iD insere-se uma categoria interdisciplinar extremamente comum - a Interação Humano-Computacional (IHC). O IHC estuda a forma como as pessoas interagem com os computadores e até que ponto os computadores estão ou não desenvolvidos no sentido de permitir uma boa relação com os seres humanos. Preocupa-se com a implementação, o design e a evolução dos sistemas de computação para a utilização por parte do ser humano (Jennifer Preece et al., 2002).

1 etapa entusiasta

2 etapa profissional

3 etapa de consumidor

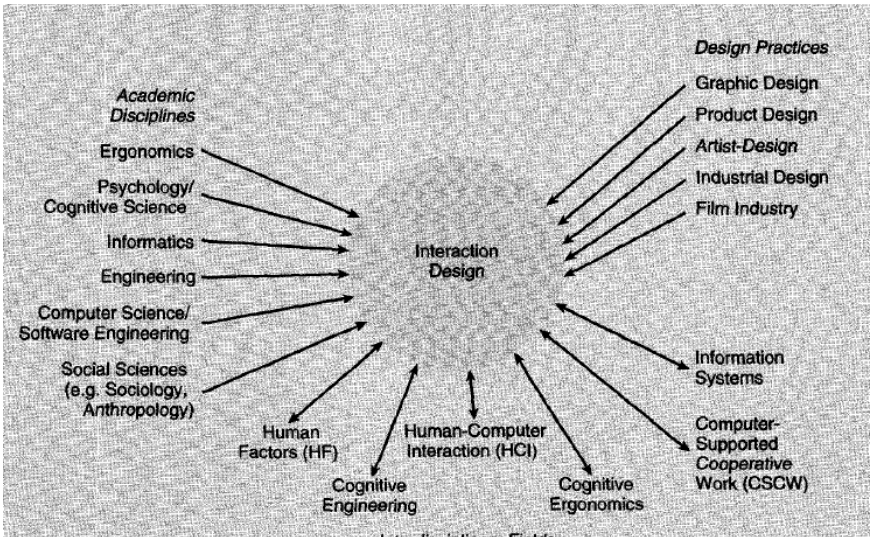


Figura 6. Esquema de relações com disciplinas académicas, práticas de design e campos interdisciplinares. Fonte: Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2002). Interaction design: Beyond human-computer interaction. New York, NY: J. Wiley & Sons.

O iD também se relaciona com os Fatores Humanos, Ergonomia Cognitiva e Engenharia Cognitiva. Estes designam a preocupação com a conceção de sistemas que correspondam aos objetivos dos utilizadores, em que cada campo aborda metodologias diferentes. Já as disciplinas académicas incluem a Ergonomia, Psicologia, Informática, Engenharia, Ciência Computacional e Ciências Sociais. Relativamente às práticas de design, inserem-se o Design Gráfico, Design de Produto, Design Artístico, Design Industrial e a Indústria Cinematográfica (Jennifer Preece et al., 2002).

Conclui-se que os especialistas do iD têm um papel importante na instituição do tipo de componente mais efetivo e esteticamente mais apelativo na área em questão. No final desenvolvem um produto que seja útil para o público-alvo da área envolvida.

2.2. Breve contexto histórico

O século XX foi o culminar do desenvolvimento dos conceitos do iD e Design de Interface (DI), reunindo uma sucessão de evoluções tecnológicas.

Na altura em que foram concebidas as primeiras ferramentas de *hardware* pelos engenheiros, estas eram de acesso único. Devido à *interface* do computador, confusa e mal estruturada, estes eram de facto os únicos a conseguirem utilizá-las. Eram constituídas por vários painéis com teclas e códigos que permitiam o controlo dos registos internos (J. Preece et al., 1994). Posteriormente, surgiram os monitores, que levou ao desenvolvimento de um novo conceito do DI por volta dos anos 70 e 80 (Grudin, 1990).

Surgiu, então, o desafio de desenvolver computadores acessíveis ao público em geral, que permitissem a gestão de tarefas que envolvessem o conhecimento humano. Para completar este desafio, cientistas das Ciências Computacionais desenvolveram linguagens de programação de alto nível, arquiteturas de sistemas, métodos de *design* de *software* e linguagens baseadas em comandos. Os psicólogos forneceram infor-

mação sobre as capacidades do ser humano. Consequentemente ambos cooperaram de forma a desenhar *interfaces* de utilizador funcionais (Jennifer Preece et al., 2002).

Em meados dos anos 80 surgiu uma nova cascata de tecnologias computacionais que incluem: reconhecimento de voz, multimédia, visualização de informação e realidade virtual. Isto permitiu outras metodologias na aplicação de um produto digital a ser desenvolvido de forma a abranger um maior número de indivíduos (Jennifer Preece et al., 2002).

As áreas de educação e treino - como as forças militares - foram as que receberam mais atenção na altura, através da utilização de ambientes de aprendizagem interativa, *software* de educação e simuladores de treino (Jennifer Preece et al., 2002). Nos anos 90, surgiram novos meios tecnológicos tais como as redes de computador, computação móvel e sensores infravermelhos. Isto possibilitou a criação de aplicações de diversas áreas para todas as pessoas, que incluem a vida no trabalho, em deslocamento, na escola, no entretenimento. Poderá ter acesso a estas aplicações em conjunto com alguém ou sozinho. As áreas de intervenção foram estendidas e permitiram novos métodos na aprendizagem, no trabalho ou no modo de viver. Houve, ainda na década supramencionada, a necessidade de estender as equipas de design multidisciplinares para incluir outros tipo de especialistas, que incluem os sociologistas e antropologistas, especialistas que têm uma perceção diferente dos psicólogos. Com esta equipa ainda mais desenvolvida e abrangente, a partir das capacidades de cada especialista e a sua utilização em conjunto, seria possível entender diferentes formas de desenvolver aplicações de sistemas interativos(Jennifer Preece et al., 2002).

Recentemente, nos anos 00, o destaque foi atribuído à produção de novas alternativas na componente *hardware*. Um bom exemplo são os ecrãs de grande dimensão interativos. Evidenciou-se a importância dos engenheiros com conhecimentos de *hardware*, *software* e eletrónica no desenvolvimento de produtos e dispositivos que permitissem uma melhor comunicação entre eles (Jennifer Preece et al., 2002).

2.3. Usabilidade

Anteriormente à conceção do produto, dever-se-ia considerar sempre o público-alvo relacionando-se com o conceito de usabilidade. A usabilidade tem a sua origem no vocábulo *útil*. O produto deverá ser produzido de forma a corresponder às necessidades das pessoas do dia a dia. Mas, para além da sua utilidade, é necessário ter em conta a funcionalidade e a sua qualidade estética. (Vince, 2004). Um exemplo é o *EyeToy Webcam*® que foi concebido para atuar, contrariamente aos controladores tradicionais, utilizando a movimentação física do seu utilizador, processando o movimento captado de qualquer objeto ou pessoa, permitindo uma interação com o conteúdo digital do videojogo (Richard Marks, 2010). Não obstante, este poderá ter outro tipo de

utilidade como a de uma *webcam* comum em que é possível efetuar videochamadas recorrendo a *softwares* desenvolvidos para essa finalidade.

Figura 7. EyeToy®.
Fonte: Genuine Playstation 2 Eye Toy Camera BLACK Sony PS2 PS3 Official EyeToy • £7.99. (n.d.). Retrieved August 28, 2016, from http://picclick.co.uk/Genuine-Playstation-2-Eye-Toy-Camera-BLACK-Sony-291846250896.html

2.4. Caraterísticas na conceção de um produto de design de interação

Na criação de um produto de iD é necessário considerar alguns fatores (Vince, 2004):

Na fase inicial é necessário criar um *mental model* [4], que descreve a forma como se realizará a interação. Quando o designer entra no processo de desenvolvimento do produto já tem em conta a sua interatibilidade. O desafio passa pela transmissão da ideia de interação do designer para o utilizador, que testa o produto sem haver comunicação verbal. Um exemplo é o equipamento *Kinect®*, em que o consumidor conseguirá automaticamente assumir, na sua observação, que caso vá executar algum *software* recorrendo a este, saberá que deverá interagir através de gestos do corpo (Vince, 2004).

Figura 8. Família a utilizar o Kinect.
Fonte: Taking aim at game consoles - USATODAY.com. (n.d.). Retrieved July 26, 2016, from http://usatoday30.usatoday.com/tech/gaming/2011-06-05-e3-mobile-gaming_n.htm

De seguida, surge a necessidade de um *reassuring feedback*[5]. Quando é executada uma determinada ação, por parte do utilizador, o ideal é ser apresentado algo que indique que a ação foi realizada ou não com

4 modelo mental

5 feedback aliviante

sucesso. Voltando ao exemplo do *Kinect*®, quando este é utilizado como controlo para o videojogo *Kinect Sports Season 2* da *Xbox One*®, é possível evidenciar na televisão o *feedback* em tempo real conforme os gestos captados do utilizador (Vince, 2004).

Figura 9. Kinect Sports Season 2. Fonte: Kinect Sports Season 2 gets monthly DLC, first one available (for free) starting today. (n.d.). Retrieved July 26, 2016, from http://123kinect.com/kinect-sports-season-monthly-dlc-today/28113/

O conceito de *navigability*[6]é essencial na compreensão da localização do utilizador, mais associado aos ecrãs dos dispositivos. Tal como no exemplo anterior descrito, é possível verificar que o jogador se encontra num campo virtual de futebol americano. (Vince, 2004).

A *consistency*[7] é também importante, apesar de não estar inerente neste projeto. Esta característica determina a homogeneidade da ação numa parte dum sistema, afetando de igual forma as restantes partes do mesmo. No manuseamento de diversos aplicativos de *software* do sistema operativo, muitos deles partilham diversos atalhos de teclado. Um exemplo é nos editores de texto, em que ao clicar na tecla *enter* é adicionado um parágrafo. A *consistency* também se refere à organização das opções situadas na aba principal de um aplicativo de *software* (Vince, 2004).

O *intuitive interaction*[8] consiste no entendimento imediato da utilização do produto, em que o utilizador necessita de um processamento mental baixo. Isto permite atingir os objetivos pretendidos com mais facilidade. Por exemplo, se queremos transmitir os nossos movimentos, conforme o que queremos, a uma Personagem Virtual num videojogo recorrendo ao *Kinect*®, sabemos exatamente como o devemos fazer sem necessidade de um processamento mental complexo (Vince, 2004).

É fulcral desenhar um produto em que se reconhece o seu *behavior*[9], aglomerado à *quality*[10], despertando uma reação ou sensação no participante quando interage com o produto em questão. Esta envolve parte da responsividade, como por exemplo da interação com o menu principal do videojogo *Eyetoy Play*®. Com os gestos corporais captados

6 navegação
7 consistência
8 interação intuitiva
9 comportamento
10 qualidade

pelo dispositivo *Eyetoy webcam*[11] em que à junção do *feedback* visual verifica-se um *feedback* auditivo, transparecendo a sensação de plenitude na navegação do menu.

Figura 10. Eyetoy Play Menu.
Fonte: H. (2014). HatCHeTHaZ Plays: EyeToy: Play - PS2 - 1080p. Retrieved July 26, 2016, from https://www.youtube.com/watch?v=WAftpiUNY0E

É permitido então relacionar e recorrer aos sentidos de toque, audição e visão na execução de uma determinada ação, aumentando a qualidade da experiência (Vince, 2004).

Aplicando as características anteriormente mencionadas, é importante considerá-las consoante o contexto em que se inserem (Vince, 2004).

2.5. Sistema sensorial

Na conceção do produto interativo há que considerar o sistema sensorial do ser humano.

O nosso sistema sensorial é constituído por cinco sentidos. Estes aglomeram-se no conceito de *Perception*[12]. A perceção consiste na recolha de informação através dos diferentes órgãos sensoriais. É considerado um processo complexo devido à inclusão adicional de outros processos cognitivos como a memória, a atenção e a linguagem. Por norma, os produtos desenvolvidos são limitados, por ordem de importância à visão, audição e toque. Adicionalmente o limite imposto remonta ao rato e teclado. Porém, hoje em dia são desenvolvidos outros tipos de soluções que recorrem a tecnologias semelhantes que transcendem a visão única sobre a tela de um computador. Estas tecnologias incluem a Realidade Virtual e Realidade Aumentada (RA) (Jennifer Preece et al., 2002).

11 dispositivo de captação de vídeo e gestos

12 perceção

A visualização de uma tela de ecrã não toma partido da visão periférica[13] que o ser humano possui. Considerando esta conclusão, os designers começaram a preocupar-se com a inclusão deste conceito nos seus produtos. Salienta-se uma aplicação que foi exibida em Londres denominada de *Visions of Japan* entre os anos 1991-92. Uma exibição realizada baseando-se num dos conceitos da arquiteta Arata Isozaka (Moggridge, 2007). Esta exposição dividiu-se em três temas dividida em três salas: *The Realm of Cliché*[14]- em que apresenta exemplos de obras de arte relacionadas com a cerimónia do chá, por exemplo; *The Realm of Kitsch*[15] - que se encontra em análise o conceito de competição inerente nos jogos e desportos; *The Realm of Simulation*[16] - em que apresenta um compartimento imersivo, permitindo uma visualização mais abrangente do conteúdo. Neste último compartimento existem telas que cobrem o chão e as paredes, que permitem a visualização de imagens em movimento. Para além da utilização da visão periférica, este permite uma maior imersão por parte do utilizador no espaço. Estas abordagens exigem enormes custos na sua execução pelo que são pouco utilizadas. Por isso, as tecnologias de RV e RA são as mais viáveis, permitindo uma imersão mais elevada do que a mencionada anteriormente, com recurso, por exemplo, ao *Head-Mounted Display*.

Figura 11. Compartimentos 1, 2 e 3. Fonte: Moggridge, B. (2007). Designing interactions. Cambridge, MA: MIT Press.

Em relação ao sentido do toque, denota-se a sua importância na conceção de produtos de interação. As qualidades do toque poderão incluir o sentir a textura da superfície e a forma do objeto em causa (Moggridge, 2007).

Na interação com os computadores, o utilizador é limitado pela tela visual e som como meios de *output*[17]e pelo rato e teclado como meios de *input*[18]. Considerando estas limitações, este sentido aplica-se em dispositivos ou objetos que tirem mais partido do mesmo. Exemplos como os telemóveis, ou fora do contexto das tecnologias, os utensílios

13 propriedade da visão que permite a perceção do que está fora do foco principal

14 o reino do cliché

15 o reino do tosco

16 o reino da simulação

17 receção

18 introdução

de cozinha.

Atualmente, o grupo Tangible Media Groups do MIT Media Lab, liderado por Hiroshi Ishii desenvolve projetos que quebrem a barreira do toque. Isto permitirá incorporar as dimensões físicas do toque na *interface*. Este conceito é denominado de *Tangile Bits* (Moggridge, 2007).

2.6. Realidade Virtual

2.6.1. Definição

"Virtual reality is the effort to create an encompassing, simulated environment that provides a natural and intuitive way for humans to interact with computers." (NSA, 2011)

Partindo da citação referida, a RV é uma tecnologia que permite a criação de ambientes gerados, simulados e criados em função das necessidades dos utilizadores nas diferentes áreas da sociedade. É permitida a interação por parte do utilizador com os computadores de uma forma imersiva e intuitiva. Ao contrário de outras tecnologias, esta permite incutir no utilizador a sensação e vontade de querer tocar nos ambientes e objetos virtuais gerados tal como se existissem na realidade. Estes objetos são concretizados por modelação 3D e posteriormente inseridos num mundo virtual permitindo a navegação e interação com os mesmos. Para que a navegação e interação sejam eficientes, é necessário renderizar os objetos 3D em tempo real que por consequência exige computadores mais potentes (Vince, 2004).

A indústria da RV começou a tornar-se popular na década de 80, abrangendo diferentes suportes como os programas televisivos, exibições, conferências, entre outros. Na atualidade foram desenvolvidas configurações considerando os equipamentos *Head-Mounted Displays* (HMD's), computadores, sistemas de ecrãs de grandes dimensões e mesas virtuais. Em conjunto com estes sistemas, as possibilidades que a RV permite são infinitas. Seria possível, por exemplo, visitar a Lua sem nunca retirar os pés do planeta Terra. O projeto *Apollo 11 Virtual Experience* possibilita-nos esse tipo de experiência, recorrendo ao equipamento HMD.

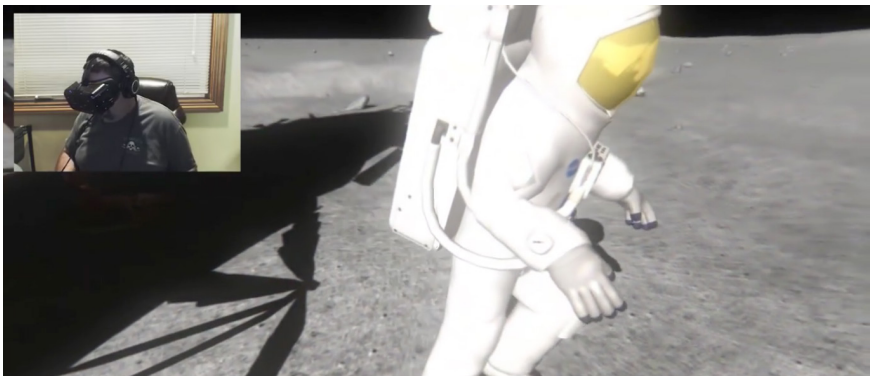


Figura 12. Apollo 11 Virtual Experience. Fonte: Tears of Joy - My Dad w/Oculus Rift DK2 and Apollo 11 VR. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from https://www.youtube.com/watch?v=NGVxud9N2gQ

Pode ser útil na educação, para futuros médicos que pretendam adquirir conhecimentos práticos cirúrgicos sem recorrer ao mundo real,

ou até como um teste de condução sem nunca recorrer a um automóvel. Pode adicionalmente aplicar-se no setor militar e de entretenimento. A RV vem servir principalmente como substituição de elementos reais por elementos virtuais, ao contrário da criação de mundos imaginários. No entanto, dependendo do contexto em que se insere, poderão ser criados os devidos mundos imaginários (Vince, 2004).

Nos dias de hoje o utilizador poderá recorrer aos cinco sentidos na utilização da RV, sendo que o visual e a audição continuam a ser os mais utilizados. Esta tecnologia em constante desenvolvimento está a mudar a forma de interação mais direta entre o ser humano e o computador, possibilitando soluções mais eficazes e úteis na sua aplicação nas áreas do trabalho - destaca-se a área da medicina, militar e do entretenimento.

2.6.2. Breve contexto histórico

O conceito da RV remonta a simuladores de voo. O exemplo mais significativo deste tipo de simuladores é o projeto *Link Trainer*[19]. Foi atualizado até aos anos 50, e tornou-se um dos simuladores mais famosos durante a Segunda Guerra Mundial. Este permitiu treinar os pilotos em condições realísticas sem sacrificar a sua segurança (Museum Roberson & Science Center, 2000).

Figura 13. Link Trainer.
Fonte: School of Engineering students checking the operation of a ground aviation trainer for pilots. (n.d.). Retrieved August 30, 2016, from http://d.lib.ncsu.edu/collections/catalog/0004824

Durante a mesma altura, o projeto *Sensorama* foi produzido na década de 50 por Morton Heilig, tendo sido o lançamento oficial no ano de 1962.

Figura 14. Sensorama.
Fonte: Theory and Re search in HCI: Morton Heilig, Pioneer in Virtual Reality Research. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.telepresenceoptions.com/2008/09/theory_and_research_in_hci_mor/

Foi uma das primeiras máquinas multissensoriais que permitia ao utilizador assistir a um filme e interagir com ele através dos sentidos

19 1929, Edwin A. Link

de olfato, visão e audição. Para ser utilizado, o participante teria de se sentar numa cabine de madeira, observar um ecrã de grandes dimensões e segurar os guiões. Era levado numa viagem de bicicleta através de *Brooklyn*; ou através de uma viagem de helicóptero pela Califórnia; ou numa viagem num descapotável com uma mulher loira; ou assistia a uma visualização de uma *performance* de dança. Admitia uma viagem visual associada aos cheiros, sons estereoscópicos, um banco balançante, guidões vibratórios e uma corrente de ar a soprar sobre o utilizador. As ideias da utilização multissensorial contribuíram para um avanço da tecnologia da RV neste sentido (NSA, 2011).

No ano de 1968, Ivan Sutherland, um informático Americano, em conjunto com colegas do *MIT's Lincoln Laboratory* desenvolveu o primeiro HMD conhecido como *Sword of Damocles* (Sutherland, 1996).

Figura 15. Sword of Damocles. Fonte: HoloLens Devs. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.hololensdevs.com/category/history/

É um dispositivo que apresenta um ecrã metálico suspenso e situado na cabeça do utilizador, o que permitia vistas apropriadas que variavam conforme o movimento da cabeça, limitado só pelas direções esquerda e direita no próprio mundo. Os objetos gerados fugiam muito à realidade, por apresentarem só linhas de desenho simples (Vince, 2004). No entanto, foi um projeto inovador que permitiu o avanço da componente da imersão do utilizador dentro do espaço virtual, tendo sido considerado um culminar em comparação com projetos anteriormente desenvolvidos na computação gráfica e interação humano-computacional. Foi aqui que o conceito de RV começou a emergir (Sutherland, 1996) (Vince, 2004).

Existiram avanços progressivos abrangendo as décadas de 60 a 90. Durante esse período, as capacidades dos gráficos computacionais progrediram de desenhos *wireframe*[20] a visualizações sombreadas e renderização foto-realística, permitindo uma ligação mais íntima com o mundo real (Foley, Dam, Feiner, & Hughes, 1996). Os avanços na visualização dos gráficos computacionais mudaram a forma como o ser humano interage com os computadores, gerando assim novos métodos interativos e *interfaces* que tomavam como vantagem os sistemas de janela, dispositivos de apontamento interativo e as interfaces gráficas de

20 esqueletos estruturais

utilizador (NSA, 2011).

É importante referir que foi na altura dos 80 que o termo Realidade Virtual foi implementado por Jaron Lanier. As suas áreas de especialidade abrangem a ciência de computadores, escrita e composição musical ("Jaron Lanier's Bio," n.d.).

Figura 16. Jaron Lanier.
Fonte: Jaron Lanier's Homepage. (n.d.). Retrieved August 03, 2016, from http://www.jaronlanier.com/

Lanier fundou a *VPL Research*, a primeira empresa que comercializou vários produtos relacionados com a RV, nas quais se destacam o *DataGlove*, um produto em forma de luva que serve como controlo e o *EyePhone*, um HDM que permite a imersão da parte do utilizador num mundo virtual em que os ecrãs LCD implementados transmitem imagens diferentes de forma a aumentar a profundidade ("VPL Research Jaron Lanier - Virtual Reality," n.d.).

Figura 17. EyePhone e DataGlove.
Fonte: Jaron Lanier's EyePhone: Head And Glove Virtual Reality In The 1980s |. (n.d.). Retrieved August 29, 2016, from http://flashbak.com/jaron-laniers-eye-phone-head-and-glove-virtual-reality-in-the-1980s-26180/

Foi no fim dos anos 80 que Lanier liderou a equipa que desenvolveu pela primeira vez os mundos virtuais em que se podiam inserir diversas pessoas, utilizando como controlo o HDM e também os primeiros *avatars*[21] ("Jaron Lanier's Bio," n.d.). Um dos exemplos mais atuais na área engloba vários projetos desenvolvidos no *Jet Propulsion Laboratory* pertencente à NASA, situado no Instituto Tecnológico da Califórnia. Neste espaço estão a ser desenvolvidos projetos que utilizam a tecnologia da RV no sentido de investigação na área da astronomia. Realçando o projeto *Building Immersive Environments*, um projeto que recorre aos

21 personagens virtuais representativas do controlador

equipamentos de *Oculus Rift*®[22] e *VICON*®[23] para utilização como controlos na interação com ambientes virtuais representativos dos espaços reais dos planetas. Isto permite estudos analíticos destes espaços por parte de cientistas da área ("Jet Propulsion Laboratory," 2016).

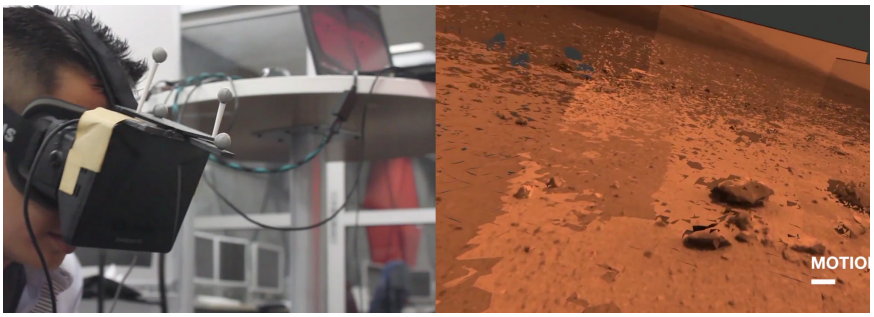


Figura 18. Building Immersive Environments.
Fonte: O. (2013). Building Immersive Environments. Retrieved August 01, 2016, from https://www.youtube.com/watch?v=nrcj-90M-f8

Podemos verificar que o culminar destas evoluções permitem nos dias de hoje a criação de *interfaces* que permitam uma maior imersividade em ambientes mais fidedignos.

2.6.3. Navegação

A RV poderá ser dividida em tecnologia imersiva e não imersiva.

Na RV imersiva, a navegação é possível através da identificação da posição da cabeça do utilizador no espaço dimensional X, Y e Z. Mas apesar desta liberdade garantida, o utilizador é limitado pelos equipamentos em utilização. Por exemplo, considerando a utilização de um HMD, é criado um mundo virtual de grande dimensão, mas o utilizador encontra-se na realidade num espaço inferior ao mundo virtual. Adicionalmente, os cabos que fazem a ligação entre o HMD e o computador são de pequena dimensão. A tecnologia *head-tracking*[24] é limitada na distância, restringindo o movimento do utilizador. Todavia, existem outros tipos de soluções que permitem ao utilizador avançar no mundo virtual através de um dispositivo extra, como a utilização adicional de um *hand-held 3D mouse*. Dependendo dos controlos pressionados, o utilizador avança no espaço (Vince, 2004).

Figura 19. 3D Mouse.
Fonte: Startup Manus maakt zich op voor gamebeurs E3 - e52. (2015). Retrieved January 23, 2016, from https://e52.nl/startup-manus-maakt-zich-op-voor-gamebeurs-e3/

Considerando a navegação na RV não imersiva, é necessário recorrer a técnicas diferentes. A RV não imersiva recorre a projeções de ecrã ou simuladores de treino, deixando de fora o equipamento HDM. Visto não termos acesso à tecnologia *head tracking*, é necessário recorrer

22 HMD mais atual

23 sistema de *Motion Capture*

24 tecnologia que identifica a posição da cabeça

a alternativas que permitem mover em todas as direções. Estas incluem *hardwares* ou ferramentas de interface especiais (Vince, 2004).

Em adição ao dispositivo 3D *mouse* mencionado anteriormente, pode-se recorrer a um *joystick*, como o *Spaceball*.

Figura 20. Spaceball da SpaceTec. Fonte: MINDFLUX - Spacetec Spaceball 3003 FLX. (n.d.). Retrieved January 25, 2016, from http://www.mindflux.com.au/products/spacetec/3003flx.html

Estes dispositivos permitem aplicar as três direções em ações de rotação e translação usando a dimensão espacial XYZ (Vince, 2004).

Caso não se recorra a estes dispositivos, há a necessidade de incorporar outro tipo de solução. Uma solução eficaz é incorporar controlos na *interface* do computador que permitam mover e rodar a posição no mundo virtual. Quando um dos controlos é clicado com o rato, é necessário manter o botão premido e mover o rato conforme o eixo pretendido. Poderá ser utilizado em conjunto com o teclado, sendo esta a opção mais convencional (Vince, 2004).

Ambas possibilitam o movimento transitório no mundo virtual sem realmente ser necessário o movimento transitório na vida real, abrindo diversas possibilidades de aplicação.

2.6.4. Interação

Na RV imersiva, relativamente à interação, surgiu primeiramente a luva interativa. Quando o utilizador utiliza a luva, os dados do espaço e a sua posição, adicionado à forma como os dedos estão dobrados, são enviados para o computador. Isto permite a manipulação da mão virtual. Recorrendo a um *software* de computação de colisão, é possível detetar a colisão da mão virtual com o objeto do mundo virtual, sendo a geometria produzida a partir de um processo numérico em tempo real. Quando a colisão ocorre, o *software* transmite um *feedback* dessa colisão, como a mudança da cor do objeto para vermelho. O primeiro modelo que foi introduzido no mercado foi o *Manus* (Vince, 2004).

Figura 21. Manus.
Fonte: Startup Manus maakt zich op voor gamebeurs E3 - e52. (2015). Retrieved January 23, 2016, from https://e52.nl/startup-manus-maakt-zich-op-voor-gamebeurs-e3/

Na RV não imersiva a interação com objetos virtuais é mais prática. É possível, por exemplo, através da seleção direta de um objeto com o cursor sobre ele, e posteriormente a execução do movimento de transição ou rotação através dos cliques do rato em adição aos controlos nos menus presentes da *interface*. Um exemplo é o simulador cirúrgico *Lap Mentor* permite a prática de um estudante de medicina, na disciplina de cirurgia, na realização duma intervenção cirúrgica em RV. Este utiliza os controladores semelhantes a ferramentas utilizadas em operações cirúrgicas enquanto observa as ações diretamente no ecrã (Vince, 2004).

Figura 22. Lap Mentor - Simulador cirúrgico de Symbionix.
Fonte: Simbionix LAP Mentor. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from https://www.youtube.com/watch?v=Rel5l-D069Yw

2.6.5. Ferramentas do projeto

2.6.5.1. Microsoft Kinect®

O dispositivo principal do projeto consiste no *Microsoft Kinect®* na sua versão mais atual, que estreou com o lançamento da nova consola *Xbox One®*.

O primeiro *Microsoft Kinect®* surgiu no dia 4 de Novembro de 2010, e foi lançado para a consola *Xbox 360®* da *Microsoft®*, em conjunto com quinze videojogos (J. Chen, 2010).

A sua utilização focou-se na área do entretenimento. Posteriormente foi lançada a versão do *Microsoft Kinect®* para o *Windows®* no dia 1 de Fevereiro de 2012, devido à sua potencialidade na intervenção em diversas indústrias de trabalho. Em conjunto com a componente *har-*

dware, foi lançado o *Microsoft Kinect SDK*® (*Software* Development Kit). Programadores tiveram acesso a este *kit* e desde o seu lançamento desenvolveram inúmeras aplicações (Craig Eisler, 2012).

A função principal deste dispositivo é a tecnologia *Motion Capture*[25], que possibilita ao utilizador o manuseamento de gestos e movimentos. Esta efetua a conversão da componente física real dos gestos para a componente digital gerando um esqueleto que molda o utilizador. A componente digital é posteriormente utilizada em *softwares* compatíveis. A interação poderá ser executada em *real-time*[26].

O sistema de captura de movimento é constituído por uma câmara 3D que permite obter os movimentos tridimensionais do corpo do utilizador, infravermelhos em conjunto com os sensores óticos e um microfone estereofónico. Este sistema aglomera a informação dos infra-vermelhos e imagem, proporcionando ao *software* o cálculo automatizado do *skeleton model*[27] do utilizador constituído pelos *nodal points*[28] correspondentes, utilizando as coordenadas espaciais XYZ (Kammergruber, Ebner, & Günthner, 2005). A captação do *skeleton model* engloba os braços, pernas, cabeça e tronco, mas há um ligeiro atraso na sua captação. Independentemente da altura e peso do utilizador, este sistema reconhece os seus contornos sem dificuldades, não havendo nenhuma necessidade de calibração deste sistema. O computador serve como componente de controlo e interação através do *Natural User Interface* (NUI) utilizando os gestos (Kammergruber et al., 2005).

Figura 23. Kinect® da Xbox One®. Fonte: TechWorld. (n.d.). Retrieved August 21, 2016, from http://bloodycash.blogspot.pt/2013/12/ps4-vs-xbox-one-things-buyers-need-to.html

2.6.5.2. Vizard Virtual Reality®

Vizard Virtual Reality® é um *software* desenvolvido por *WorldViz*®, uma companhia de *softwares* que fornece soluções associadas à tecnologia da Realidade Virtual. A companhia foi fundada no ano de 2002 situada em Santa Barbara, Califórnia ("Vizard 5 Documentation - Welcome!," 2015).

25 captura de movimento

26 tempo real

27 modelo anatómico

28 pontos de articulação

Vizard® permite construir, renderizar e exportar aplicações de visualização e simulação tridimensional. Permite a inserção de dispositivos físicos que incluem o *HMD* e sistemas de *Motion Capture*. Utiliza a linguagem de programação *Python* ("Python," 2016) e *OpenSceneRendering* ("OpenSceneGraph," 2016) para o processo de renderização ("Vizard 5 Documentation - Welcome!," 2015).

Figura 24. Vizard Virtual Reality®. Fonte: COSC 829: Advanced Virtual Reality Systems. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.cs.bowiestate.edu/sharad/vrlab/Projects829-12.html

2.6.5.3. Brekel Pro Body and Face®

Brekel Pro Body® e *Brekel Pro Face*® são produtos pertencentes a uma gama denominada de *Brekel*®. Esta gama parte do apelido do autor e desenvolvedor Jasper Brekelman, nascido no ano de 1975 em Boxtel, Holanda. Desempenhou o cargo de especialista 3D desde 1999. Trabalha na sua empresa *Brekel 3D*® e na *Motek Entertainment*® ("Motek Entertainment," 2016). A gama *Brekel*® engloba ferramentas que permitem a tecnologia *Motion Capture* sem recorrer a marcadores ("Brekel," 2016).

Brekel Pro Body® permite a captura de movimentos do corpo, até 6 pessoas que se encontrem no compartimento. Adicionalmente, *Brekel Pro Face*® permite a captura dos gestos do rosto. Ambos foram desenvolvidos a partir da tecnologia *tracking* do *Microsoft Kinect SDK*®, em conjunto com outros algoritmos. Ambos recorrem ao *software Kinect*® desenvolvido quer para a *Xbox 360*® ou *Xbox One*® dependendo da versão utilizada. A sua captação poderá ser em tempo real, permitindo a sua ligação a outro *software* que possa introduzir os dados obtidos - o *Autodesk MotionBuilder*®[29]. Além disso, é possível guardar os dados num determinado formato de ficheiro que incluem *FBX* e *BVH* ("Brekel," 2016).

29 mencionado no subcapítulo *Modelação e Animação 3D* na subsecção *Ferramentas do projeto*

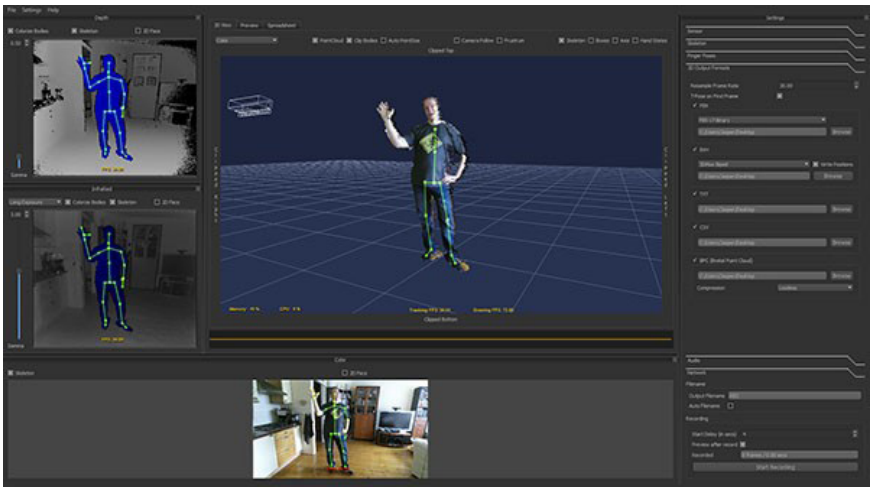


Figura 25. Brekel Pro Body 2®.
Fonte: Brekel. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://brekel.com/

3. Modelação e Animaçao 3D

3.1. Setores da industria

A modelação e animação tridimensional abrangem diversos setores que se encontram em constante desenvolvimento.

Dentro do setor do entretenimento estão incluídos os videojogos, o cinema, a televisão e a publicidade televisiva. A indústria dos videojogos continua a ser uma das mais utilizadas e desenvolvidas nos dias de hoje.

Em conformidade com este projeto é importante destacar a área científica que, para além de abranger a medicina, este também inclui a lei, a arquitetura e a visualização de produto.

Na medicina, denota-se a grande importância na inserção da animação tridimensional. Graças a esta tecnologia, retratar a anatomia humana de alta fidelidade tornou-se alcançável. Isto possibilita a visualização de vários eventos médicos ou reações biológicas que no contexto real seriam possíveis só em algumas situações. A área da educação médica é a mais popular na utilização da animação 3D. Esta tem como benefício a concretização de modelos de treino que permitem aos especialistas das mais diversas áreas estudar as inúmeras causas ligadas à anatomia humana. Poderão também ser lecionadas novas técnicas ou utilização de fármacos por forma a estudar os seus efeitos. Além da educação também é popularizada no *marketing* e poderá servir como uma estratégia para converter investidores ou especialistas a adquirir novos produtos médicos, fornecendo informação extensa num relativo curto espaço de tempo. Em adição à estrutura tridimensional, a tecnologia *Motion Capture* é utilizada para criar uma biblioteca de movimentos para que especialistas a possam utilizar de forma a entender o stresse causado no organismo conforme o movimento (Beane, 2012).

A indústria dos videojogos está associada diretamente à área da medicina. Já foram concebidos videojogos que permitiram tratar os danos cerebrais. Tal como referido o centro de investigação IBILI desenvolveu uma plataforma que permite armazenar SG para que portadores de doenças neurológicas possam melhorar as atividades do dia a dia. Apesar de vários destes estudos ainda estarem em fase de testes e desenvolvimento, têm surgido bons resultados. O mercado da animação 3D no setor da medicina tem vindo a crescer, podendo ser lucrativo para um modelador 3D ou um estúdio de profissionais (Beane, 2012).

3.2. Processos para conceção da modelação 3D

3.2.1. Pré-Produção

Na pré-produção destacam-se as etapas das ideias e design.

As ideias poderão surgir a partir de qualquer coisa. Desde tudo o que observamos, ouvimos, lemos, as conversas que temos, resultando no *brainstorming*. É um processo mental que se inicia com uma motivação. As ideias deverão ser simples e diretas.

Após as ideias estarem estabelecidas, é necessário recorrer à produção destas. São desenvolvidas os *concept art*[1] com recurso a materiais como caneta, lápis, carvão, pasteis, etc. Poderá também se recorrer a pinturas tradicionais ou utilizando *softwares* como o *Adobe Photoshop*®, *Adobe Illustrator*®, entre outros. Independentemente do meio utilizado, o que realmente se torna importante é a transmissão do conceito e da imagem que se pretende. Ambos os aspetos têm de estar completamente idealizados para uma conceção tridimensional mais fiável. Uma das vantagens na idealização dos conceitos e imagens através de desenho é a economização do tempo, ao invés da produção tridimensional. O artista maximiza o seu tempo tornando-se mais eficiente na conceção gráfica (Beane, 2012).

3.2.2. Produção

Após a criação dos *concept arts*, segue-se a produção concreta deste produto, recorrendo primeiramente ao *Layout* ou Estruturação. Inicia-se com a criação das *proxy geometry*, termo atribuído a representações de baixa resolução dos modelos finais. Incluí a escala e a forma básica do objeto criado. Poderá ser útil na execução dos testes de animação por parte de animadores ou testes da tecnologia a implementar, enquanto o produto final não se encontrar desenvolvido (Beane, 2012).

Procede-se à modelação do objeto. Este adquire a terminologia de *model* ou modelo, uma representação superficial geométrica de um objeto que poderá ser rodada e verificada num *software* de animação 3D. Para a sua criação, o método mais comum é a utilização de *softwares* indicados para o seu desenvolvimento, como *Maya* e *3ds Max* da marca *Autodesk*®. Se se pretender um *software open source*, o mais indicado é o *Blender*. Para esculpir digitalmente o objeto como se fosse plasticina dever-se-á optar por *softwares* como *Mudbox* da *Autodesk*® e *ZBrush* da *Pixologic*®. Ainda assim, através de algoritmos matemáticos, é possível gerar o objeto, sendo que demonstra ser de extrema utilidade na criação de padrões orgânicos 3D ou de um modelo completo. O *software Vue*® e o plugin *Grasshopper*® utilizado em conjunto com o *software Rhinoceros* de *Robert McNeel & Associates*® são alguns dos produtos que permitem este procedimento. A tecnologia a laser é a metodologia mais recente neste campo. Analisa um objeto real e recria o modelo tridimensional

1 desenhos conceptuais

digital do mesmo (Beane, 2012).

Existe uma extensa gama de *softwares* de modelação 3D que se aplicam a determinadas indústrias. Na de entretenimento destacam-se *Maya*®, *3ds Max*® e *Softimage*®. Para além de permitirem a modelação, incluem ferramentas para animação, simulação dinâmica física, aplicação de texturas, iluminação, renderização e composição. Os processos de modelação são denominados: *polygonal modeling* que recorre a polígonos para modelar superfícies; *non-uniform rational basis spline* que consiste num modelo matemático que é utilizado no *software* de forma a conceber e representar curvas e superfícies (Piegl & Tiller, 1996); *subdivisional surfaces*, um método de representar uma superfície suave através da especificação de uma malha poligonal seccionalmente dividida de forma linear, tornando os objetos quadrangulares mais esféricos conforme a posição diferente dos vértices (Peters, J. & Reif, U., 2008). Nas indústrias da arquitetura e visualização de produto, os objetos são modelados em *softwares* como *AutoCAD* da *Autodesk*®, *Rhinoceros*®*, SolidWorks* de *Dassault Systemes*® e *Google SketchUp Pro*®. Estes têm como vantagem a modelação de escalas exatas. Os *parametric solid modeling techniques* são técnicas que permitem desenhar curvas e contornos de qualquer objeto e o preenchimento da sua superfície. Na indústria da medicina são utilizados inúmeros produtos, devido à multidisciplinaridade desta ciência que faz com que estes sejam selecionados em função do projeto em questão (Beane, 2012).

Após a modelação do objeto, procede-se ao mapeamento de texturas. O processo consiste na aplicação de uma cor ou uma propriedade de textura sobre a superfície desejada. Tornando semelhante o conceito pretendido com o objeto a desenvolver. O artista poderá recorrer a referências fotográficas ou a desenhos de forma a criar a textura necessária, sendo mais comum a utilização do *software Adobe Photoshop*. Nalguns casos, nos produtos que permitem a modelação 3D, poderá ser aplicada diretamente uma pintura no modelo 3D (Beane, 2012).

Após finalizada a etapa do mapeamento de texturas, procede-se ao *Rigging*. Este consiste no emprego de um equipamento de controlo semelhante a um modelo anatómico. É necessário ter em conta a anatomia humana, para que este equipamento permita o controlo total e fluído de todas as partes. O sistema de controlo poderá ser do mais simples ao mais complexo. O *rigging* complexo envolve diversas partes do corpo que incluem as articulações, controladores, camada envolvente, o sistema muscular e uma janela de controlo denominado de GUI - *graphical user interface*. Existem controlos de seleção e *keyframing* para a componente da animação. A função *seleção* permite escolher a parte desejada do esqueleto de forma a animá-la. *O keyframing* permite a memorização das posições de cada elemento do esqueleto utilizando o espaço XYZ, associando ao *frame* do tempo desejado (Beane, 2012).

Concluindo a etapa da produção, é desenvolvida e aplicada a animação nos modelos. As técnicas de animação variam consoante as indústrias em que se inserem. Na indústria do entretenimento, o ani-

mador trata de organizar o conjunto de animações das personagens que serão utilizadas nos projetos. Semelhante aos filmes não-animados, as personagens são consideradas os atores. É necessário compreender a anatomia humana na animação de forma a tornar as personagens mais reais, respeitando as componentes do tempo e peso. Das várias implementações da animação poderão ser utilizadas: *hand-keyframed animation* que consiste na criação de poses para cada *frame*; *Motion Capture* em que se transfere a animação recorrida a esta técnica a partir de um ator e equipamento de controlo e se faz uma limpeza da mesma; *procedural animation* em que são criadas regras que as personagens têm que respeitar. Nas áreas científicas, normalmente recorre-se a objetos rolantes, animações de produtos e sistemas orgânicos, voos com a câmara através de edifícios e movimentos de causa natural (Beane, 2012).

3.3. Ferramentas do projeto

3.3.1. Autodesk 3ds Max®

3ds Max® é um *software* de computação gráfica 3D que permite a animação, modelazação, jogos e imagens 3D. Foi desenvolvido por *Autodesk Media and Entertainment*. Para além das capacidades de modelação inerentes, poderá recorrer a *plugins* externos, que só se encontram disponíveis para o sistema operativo *Windows®*. A versão mais atual é *Autodesk 3ds Max 2016®* desenvolvido no ano 2015 ("Autodesk - Company," 2016) (Autodesk, 2015). É o *software* mais comum na área do entretenimento que incluí o desenvolvimento de jogos, visualizações arquitetónicas, cinema, etc.

A sua génese provém do ano de 1990, tendo sido lançado no dia 31 de Outubro. Inicialmente, *Autodesk®* lançou o *software 3D Studio* que permitia a modelação, animação e renderização num computador, incluindo diversas funcionalidades úteis na moldagem e gravação da animação ("Area :: 3dsMax 20th Anniversary," 2010). A partir dessa década sofreu inúmeras alterações evolutivas culminando no *software* atual utilizado pelo um elevado número de pessoas.

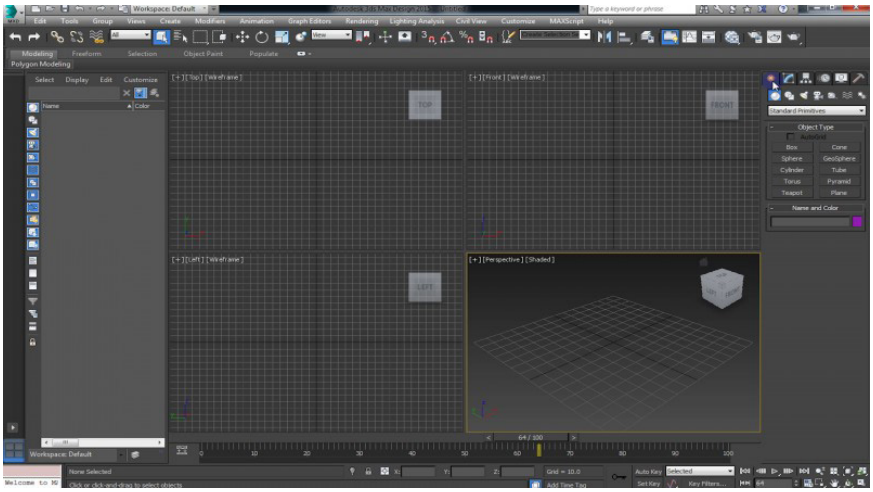


Figura 26. 3ds Max 2016®.
Fonte: David Hobson - Animator, Visualizer, Film-maker, Educator. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.davidhobson.net/blog/

3.3.2. Autodesk MotionBuilder®

MotionBuilder da *Autodesk*® é um *software* de animação de personagens 3D desenvolvido pela *Autodesk Media and Entertainment*. Foi desenvolvido como complemento do *3ds Max*® e *Maya*® e outros produtos que suportem o formato *FBX*. As funções principais incluem a disponibilização e ferramentas de animação em tempo real e animação facial a partir do esqueleto ("3D Character Animation *Software* | MotionBuilder | Autodesk," 2016).

A primeira versão consistiu no *FiLMBOX*, desenvolvido pela empresa *Kaydara*, iniciando-se o seu desenvolvimento em 1994. A *Kaydara* foi adquirida pela empresa *Alias* em 2004 e em 2006 foi adquirida pela *Autodesk*®.

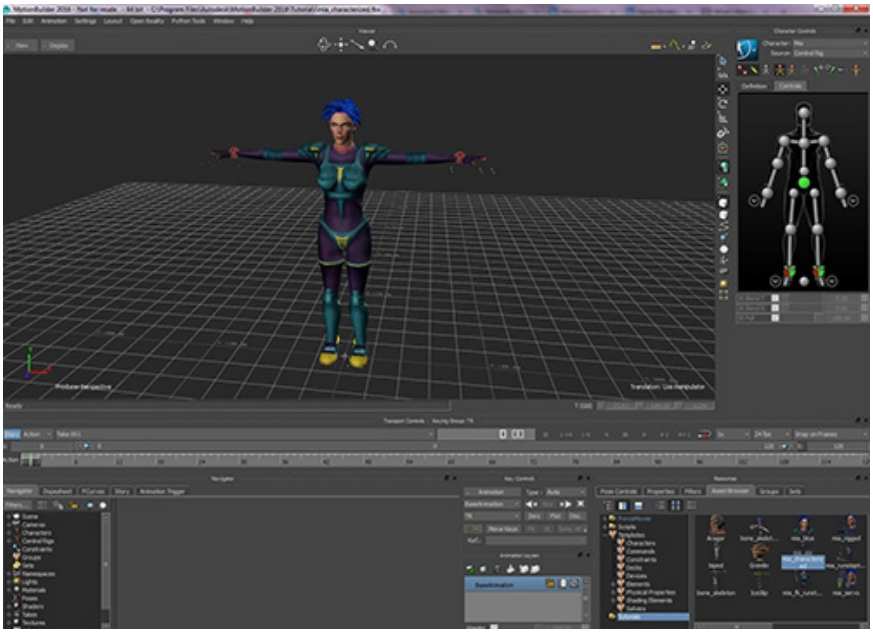


Figura 27. MotionBuilder 2014®.
Fonte: Review: Autodesk's MotionBuilder 2016. (2015). Retrieved January 23, 2016, from http://renderositymagazine.com/review-autodesks-motionbuilder-2016-cms-208

3.3.3. Mixamo

Mixamo® é uma plataforma que gere personagens 3D e o processo *rigging*. Foi desenvolvida pela *Adobe*®. A partir desta plataforma é possível criar personagens virtuais com componentes 3D já desenvolvidas, criar um esqueleto para qualquer personagem automaticamente e introduzir animações já produzidas nestas personagens ("3D Animation Online Services, 3D Characters, and Character Rigging - Mixamo," n.d.).

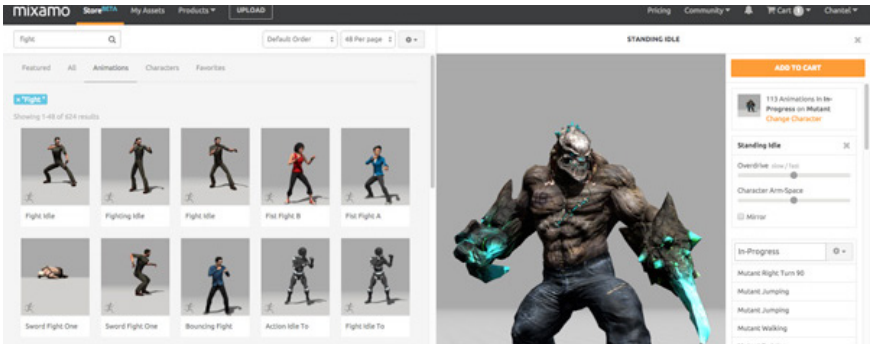


Figura 28. Mixamo.
Fonte: Introducing Mixamo 2.0: Better, Faster, Stronger 3D Animation. (n.d.). Retrieved August 09, 2016, from http://blog.mixamo.com/introducing-mixamo-2.0-better-faster-stronger-3d-animation-*software*/

3.4. Design de Personagem Virtual

3.4.1. Contexto histórico

O conceito de PV surgiu durante a introdução do videojogo, componente considerada uma das grandes formas de arte, acabando por ser comparado às experiências que filmes, televisão, música e literatura possibilitam. É um dos componentes de grande relevo do Design Digital do século XXI.

Nos primeiros jogos, como *Tennis for Two* (1958), que tem uma mecânica semelhante ao sucessor *Pong*; *Mouse in the Maze* (1959), que representa um rato como um ponto que terá de chegar ao fim de um labirinto controlado pelo jogador; *Spacewar!* (1962) que necessitava de dois jogadores para controlar naves espaciais, compreende-se a presença de objetos manipuláveis ao invés de PV. Apesar de serem considerados objetos, estes foram o marco importante na introdução da manipulação nas PV. Esta manipulação é feita através da ligação entre o *input* do jogador e o *feedback* digital num ecrã. A intenção de um jogador querer chegar ao espaço digital começa a estar patente (Sloan, 2015).

Após o foco na interação computacional, começou a surgir a preocupação com a caracterização, levando à produção de exemplos mais objetivos e claros de Personagens Virtuais. Investigadores computacionais começaram a fazer experiências usando a Inteligência Artificial que serviu como simulação do cérebro humano para que fosse introduzida numa Personagem Virtual e se parecesse com um ser humano. A interação com a personagem só era possível através de texto devido às limitações tecnológicas da altura. A personagem de maior destaque com esta tecnologia foi ELIZA, um programa escrito por Joseph Weizenbaum no ano de 1966, que simulava uma psicoterapeuta. ELIZA respondia a perguntas colocadas pelos utilizadores de uma maneira vaga, muitas das vezes respondendo com uma pergunta. Esta tecnologia causou um impacto no desenvolvimento de interações com personagens mais complexas nos videojogos, principalmente no género de aventura (Sloan, 2015).

Na década de 70, a comercialização dos videojogos árcade permitiram melhorias rápidas na imagem das Personagens Virtuais. Apesar das personagens serem vagamente reconhecíveis devido à limitação dos gráficos, os consumidores ficaram cativados com a possibilidade de interação mais direta com a personagem à escolha ao invés de texto. *Gun Fight* (1975) foi um dos primeiros videojogos a apresentar uma personagem semelhante a um ser humano, através de gráficos simples animados (Sloan, 2015).

Nesta altura surgiram outros videojogos árcade, em que se dá maior destaque ao *Pac-Man* (1980), porque foi um dos primeiros jogos a introduzir um conjunto de personagens. Este é constituído por *Pac-Man* em que este é controlado pelo jogador e os 4 *Non Playbable Characters* (NPCs), nomeadamente *Blinky*, *Pinky*, *Inky* e *Clyde*. Cada um apresenta

uma cor e uma personalidade própria, representada através do movimento de cada um. Como *Pac-Man* foi um enorme sucesso e nos dias de hoje ainda se mantém reconhecível, a Personagem Virtual tornou-se um dos componentes mais importantes para o sucesso de um videojogo (Sloan, 2015).

As PV's muito características presentes nos videojogos, saíram desta componente digital e proliferaram por outros meios, que incluem os bonecos de peluche, figurinos, jogos de mesa, séries de televisão e livros, permitindo que estas personagens se destacassem consideravelmente e chegassem ao público que não incluísse só os jogadores (Sloan, 2015).

Mas foi só entre as décadas de 70 e 80, altura em que a aquisição de um computador era mais comum na sociedade, que as PV's e os videojogos foram introduzidas largamente na sociedade. Para além do computador, foi introduzida a consola *Nintendo Entertainment System* (NES), que trouxe a muitos indivíduos o conceito de entretenimento digital. As PV's tornaram-se graficamente mais avançadas, demonstraram animações mais detalhadas, possuíram mais ações executáveis através da interação, e a sua voz era projetada através de texto (Sloan, 2015).

Na altura da NES surgiu a personagem mais reconhecida a nível mundial, o *Mario*. Este apareceu primeiramente no jogo *Donkey Kong*, e mais tarde é que teve o seu próprio jogo, *Super Mario Bros* (1985), um dos primeiros videojogos de género plataforma. A partir daqui surgiram outros videojogos com personagens memoráveis como *Sonic* (1991) e *Final Fantasy* (1990) (Sloan, 2015).

Em meados dos anos 90, os gráficos tridimensionais começaram a surgir com a introdução da *Playstation®*, *Sega Saturn®* em 1994 e *Nintendo 64®* em 1996 na área do entretenimento digital. Permitiram a proliferação de personagens míticas como *Lara Croft* em *Tomb Raider* (1996) e *Crash* em *Crash Bandicoot* (1996). Nestes jogos foram abertas ainda mais as possibilidades de interação que permitiam as PV's efetuarem várias ações diferentes dentro de um espaço tridimensional, aumentando assim o nível de realismo (Sloan, 2015).

Após as melhorias de controlo, foi imposto um maior foco na componente gráfica dos videojogos 3D, permitindo às PV's terem texturas e *meshes* de maior qualidade de forma a assemelharem-se a um ser humano. Surgiram também os *full-motion vídeo (FMV)*, que representavam personagens filmadas e animadas de qualidade visual ainda mais elevada. Esta tecnologia foi melhor expressa no *The X-Files (1998)* (Sloan, 2015).

No fim dos anos 90, graças ao aumento da velocidade da internet começaram a surgir os MMORPGs (Massively Multiplayer Online Role-Playing Games) derivados dos Role-Playing Game (RPG), em que os jogadores podem interagir entre si assim como modificar as personagens em função dos seus agrados. Surgiu então o termo *avatar*, que define a PV como uma *segunda identidade* do utilizador, à qual os jogadores se sentiam emocionalmente ligados, estando estes jogos e

estes desenvolvimentos dependentes da *Internet* (Sloan, 2015).

A partir desta altura até ao século XXI as PV's presentes em videojogos, filmes, e outros suportes multimédia foram melhoradas consideravelmente na componente gráfica, auditiva e interativa (Sloan, 2015).

3.4.2. Estilo visual e anatomia

O estilo visual e artístico a aplicar na personagem é um grande fator na sua interpretação por parte do visualizador, sendo fulcral considerar este aspeto no desenvolvimento do projeto. Pode abranger desde o mais abstrato, ao estilizado ou mesmo realístico. Mas independentemente do estilo, teremos de considerar sempre o que visualizamos na natureza. Neste caso, a anatomia humana que nos permite compreender a estrutura, constituição e funcionamento do corpo (Sloan, 2015).

Na anatomia, o primeiro ponto a considerar são as proporções. Para a medição anatómica, a regra principal utilizada é a altura da cabeça como unidade comparativa de medição, sendo esta a forma mais simples de idealizar uma imagem completa da personagem. Em média, o tamanho ideal de uma personagem é de oito cabeças de altura. Isto varia consoante o género, no entanto a média mantem-se semelhante. A idade é sem dúvida um dos pontos a ter em conta na anatomia por razões óbvias. Os adolescentes medem em média sete cabeças, pré-adolescentes medem seis cabeças, crianças medem cinco cabeças e bebés medem quatro cabeças. Esta unidade de medição também é utilizada para medir os braços, as pernas e o tronco. Ao determinar a altura geral é possível conceber uma personagem realística ou desproporcional (Sloan, 2015).

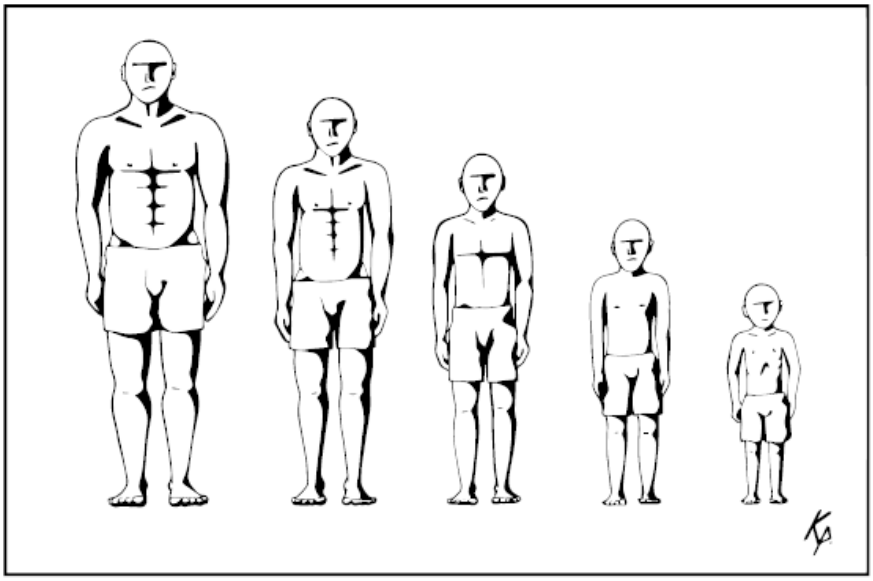


Figura 29. Proporções de corpo de diferentes faixas etárias.
Fonte: Sloan, R. J. (n.d.). Virtual character design: For games and interactive media.

Considerando as medidas mais específicas conforme diferentes idades, uma criança entre 1 a 2 anos mede 5 cabeças, entre 3 a 4 anos mede 5 cabeças e ½, entre 5 a 7 anos mede 6 cabeças, entre 11 a 15 anos mede 6 cabeças e ½ e um adulto mede 7 cabeças e ½ (Silva, n.d.).

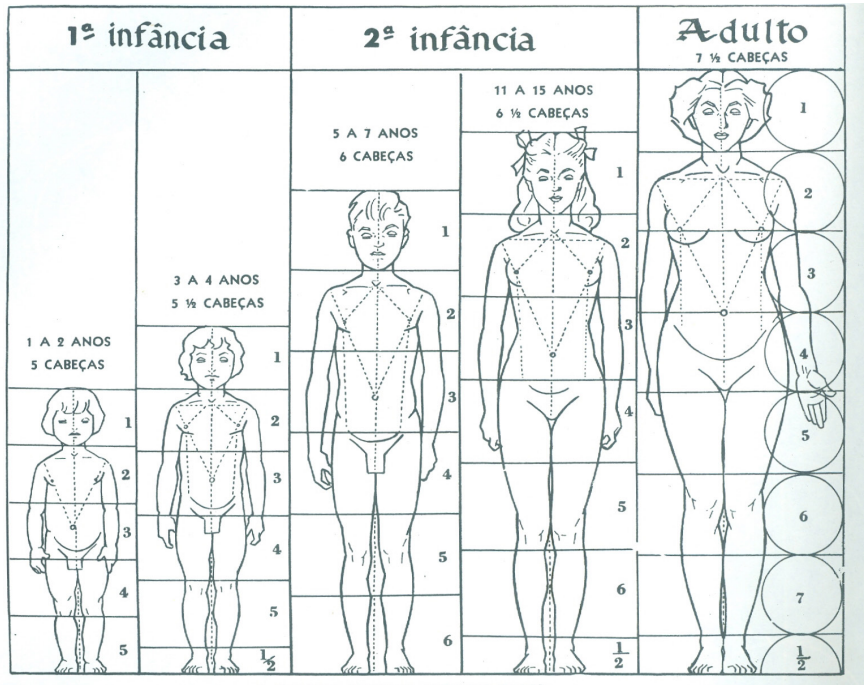


Figura 30. Proporções consoante idades diferentes - R., Silva. (n.d.). Fonte: A Arte de Desenhar - Proporções do Corpo Humano. Retrieved August 03, 2016, from http://www.4shared.com/file/EwvFTobE/A_Arte_De_Desenhar_-_Propores_.html

Das proporções seguem-se os tipos de corpos. Estes são categorizados envolvendo a estrutura muscular e o armazenamento de gorduras. As categorias são denominadas de somatotipos, uma teoria de classificação corporal desenvolvida por William Herbert Sheldon. Os somatotipos incluem: ectomorfia, mesomorfia e endormofia (GARN, 1954).

A ectomorfia descreve os indivíduos que possuem uma estrutura corporal leve, com pequenos ossos e tonificação muscular magra. Têm ombros mais apertados e pouco armazenamento de gordura por terem um metabolismo elevado;

A mesomorfia descreve os indivíduos com uma estrutura mais sólida com ossos maiores. Muitas vezes têm uma composição atlética e os seus músculos são mais largos e bem definidos, apesar de terem algum armazenamento de gordura;

A endomorfia descreve os indivíduos que possuem em proporção armazenamento de gordura superior à massa muscular. Costumam ter mais dificuldades em perder a gordura em comparação com as categorias anteriores. São normalmente pequenos, mais redondos, e poderão ter braços e pernas fortes.

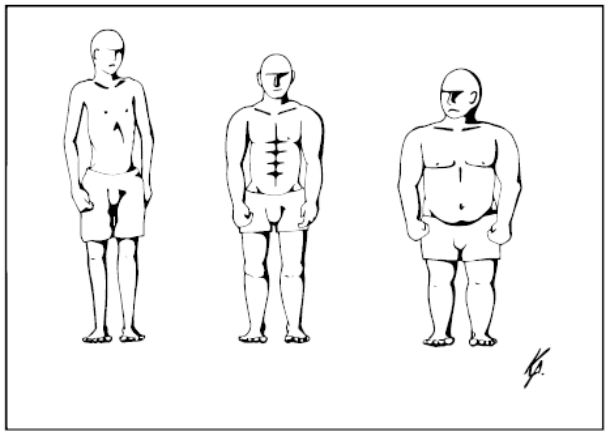


Figura 31. Tipo masculino ectomórfico, mesomórfico e endomórfico. Fonte: Sloan, R. J. (n.d.). Virtual character design: For games and interactive media.

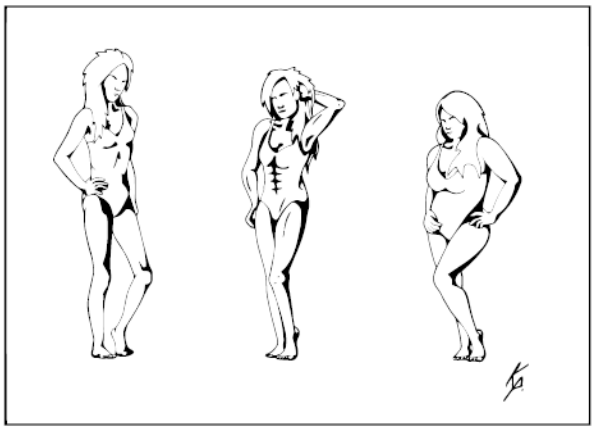


Figura 32. Tipo feminino ectomórfico, mesomórfico e endomórfico.
Fonte: Sloan, R. J. (n.d.). Virtual character design: For games and interactive media.

Estes tipos corporais podem não se aplicar a todos os seres humanos, porque muitas vezes pode haver a mistura de duas ou três categorias ao invés de uma.

Os tipos de corpo são úteis para controlar as perceções e opiniões do espectador, dependendo do tipo de corpo utilizado na personagem, o espectador irá projetar diferentes traços de personalidade. Por exemplo, num ectomorfo poderemos a nível físico evidenciar a sua fraqueza, mas a nível mental poderá ser mais inteligente, mais controlado emocionalmente, mais criativo. Num mesomorfo, devido à sua estrutura bem composta podemos evidenciar fisicamente e mentalmente uma pessoa forte, dominante, aventureira e competitiva. Num endomorfo podemos evidenciar a preguiça, a preferência pela comida ao invés do exercício, e ao mesmo tempo pode demonstrar-se como sendo uma pessoa com bom humor, sociável e forte (Sloan, 2015).

Outro fator a ter em conta é a diferença dos géneros. O género a nível biológico causa um impacto substancial na definição da estrutura corporal, havendo então diferenças consideráveis da forma a nível de corpo e face. Estas alterações significativas ao nível do género sexual e dos seus caracteres secundários derivam por um lado do seu genótipo, nomeadamente a presença do cromossoma Y no vigésimo terceiro par de cromossomas no homem e na mulher no mesmo par a presença de dois X assim como da produção hormonal. Os homens têm proporcionalmente mais testosterona que estrogénio e as mulheres têm proporcionalmente mais estrogénio que testosterona. Não só os genes influenciam, mas também o exercício e os hábitos alimentares (Sloan, 2015).

De uma forma geral, biologicamente:

- Num corpo masculino, os níveis de testosterona são consideravelmente elevados, e como são maiores do que os dos corpos femininos, os homens conseguem ter músculos desenvolvidos mais rapidamente, têm mãos e pés maiores e são mais altos e fortes do que as mulheres;
- Numa face masculina, a testosterona influencia no crescimento das feições. As mandibulas e a terminação lateral das sobrancelhas tornam-se mais definidas, e durante a puberdade a cabeça redonda transita para uma cabeça mais quadrada. As propor-

ções da cara mudam levando a torná-la mais ampla;

- Num corpo feminino, o estrogénio está mais associado a armazenagem e distribuição da gordura. O estrogénio normalmente distribui a gordura pelas nádegas, ancas, coxas e seios. Também têm as ancas mais largas em comparação com o corpo masculino. A forma que tipicamente apresenta é a de uma ampulheta;
- Numa face feminina, podemos notar uma mínima diferença na alteração da sua forma, isto devido aos níveis baixos de testosterona. Em comparação com a face masculina, esta é mais redonda e pequena, tem os maxilares e as sobrancelhas menos definidas, possui lábios e olhos mais largos e tem pequenos narizes (Sloan, 2015).

Muitas das PV's presentes nos videojogos apresentam características físicas do género oposto. Como exemplo, um homem que anatomicamente apresenta características femininas (Sloan, 2015).

3.4.3. *Uncanny Valley* e robôs inseridos na investigação ciêntifica

Ainda dentro do conceito da PV, é abordado uma teoria relacionada com robôs anatomicamente semelhantes ao ser humano.

No ano de 1970, Masahiro Mori publicou um artigo denominado de *Uncanny Valley*. Este artigo pretende explicar a teoria com o mesmo nome. Esta teoria descreve uma fórmula matemática que faz a relação de uma propriedade com outra, sendo que a primeira propriedade *familiarity*[1] é afetada dependendo do aumento da segunda propriedade denominada de *human likeness*[2], havendo sempre uma relação direta entre as duas. (Mori, MacDorman, & Minato, 2005).

Esta teoria está intimamente ligada ao conceito dos robôs humanoides. Segundo Mori, a nossa empatia e familiaridade perante um robô que se pareça com um ser humano aumenta até um certo ponto que determina uma queda substancial que denomina de vale. Daí o nome (Mori et al., 2005).

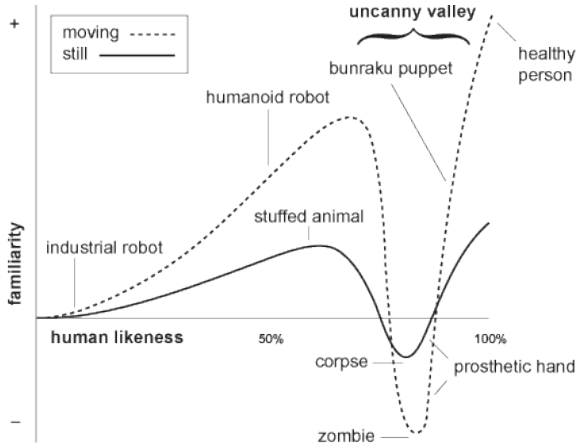


Figura 33. Uncanny Valley.
Fonte: CogSci-2005 Workshop: Toward Social Mechanisms of Android Science. (n.d.). Retrieved August 03, 2016, from http://www.androidscience.com/theuncannyvalley/proceedings2005/uncannyvalley.html

1 familiaridade

2 semelhança ao ser humano

Na figura anterior podemos verificar que um robô com parecença a um ser humano que abrange percentagens entre os 80% a 90% corresponde ao vale mencionado, demonstrando que ao exceder a parecença com o ser humano poderá levar a interpretações negativas. Ou seja, é de considerar sempre o limite de parecença com o ser humano no desenvolvimento dos robôs.

Esta teoria leva-nos à investigação científica. É possível verificar a existência deste tipo de robôs (e não só) nesta área. Destacam-se os robôs desenvolvidos em investigações aplicadas na patologia de PEA. Até ao momento os robôs produzidos abrangem diferentes aparências através de diferentes níveis de antropomorfismo. Para além dos humanoides, incluí também semelhanças aos animais e robôs-máquina. Estes abrangem desde a aparência mais simples à mais complexa (Scassellati et al., 2012).

Figura 34. Robôs utilizados na investigação da PEA.
Fonte: Scassellati, B., Henny Admoni, & Matarić, M. (2012). Robots for Use in Autism Research. Annual Review of Biomedical Engineering, 14(1), 275–294. http://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071811-150036

Cada robô foi produzido considerando determinados objetivos que inserem no projeto de investigação em que se encontram. E consequentemente o tipo de realismo afeta esses objetivos. Por exemplo, robôs com características mais humanas poderá facilitar a transição do que se aprendeu na sua interação (contacto humano-robô) para o contacto humano-humano. Já robôs com uma aparência menos realista

poderão evidenciar mais os sinais faciais (tornando-os mais aparentes e reconhecíveis). Exemplo: olhos maiores que permitem realçar o piscar destes. Ou removendo membros do corpo levando a focar noutras regiões ou incutir uma melhor atenção em sinais sociais particulares que são necessários no treino destes, removendo os estímulos desnecessários que poderão intrometer-se no processamento destes da parte de portadores de PEA (Scassellati et al., 2012).

Para realçar estas duas hipóteses, destacam-se os exemplos da *Robota* e o *Tito*.

Figura 35. Robota.
Fonte: Billard, A., Robins, B., Nadel, J., & Dautenhahn, K. (n.d.). Building Robota, a mini-humanoid robot for the rehabilitation of children with autism. - Semantic Scholar. Retrieved August 03, 2016, from https://www.semanticscholar.org/paper/Building-Robota-a-mini-humanoid-robot-for-the-Billard-Robins/4d0c74c765e5f20856d6de64416013f41657e384

A *Robota* representa a ideia de um robô mais semelhante ao ser humano. Esta consegue interagir com o utilizador de uma forma simples ou mais complexa. Os comportamentos incluídos consistem na capacidade de imitar de uma maneira simples os gestos da cabeça e dos braços do utilizador e também expressões associadas aos bebés, como estar com fome, estar feliz ou até cansada. Uma das funções que se destacam é a capacidade que a *Robota* tem de aprender a imitar e a memorizar, por exemplo, passos de dança do utilizador. Isto deve-se graças à rede neuronal artificial implementado nela (Billard, Robins, Nadel, & Dautenhahn, 2007).

Figura 36. Tito.
Fonte: Exploring the Use of a Mobile Robot as an Imitation Agent ... (n.d.). Retrieved August 3, 2016, from https://www.researchgate.net/profile/Francois_Michaud/publication/220474031_Exploring_the_use_of_a_mobile_robot_as_an_imitation_agent_with_children_with_low-functioning_autism/links/00b495197693e0cdc1000000.pdf?origin=publication_list

O *Tito* representa a ideia de um robô mais simples. Tem altura de 71 centímetros de cores vermelha, amarela e azul. As pernas foram substituídas por rodas, e o foco principal consiste nos braços e cabeça

por estes serem manuseáveis através de um controlo, nomeadamente o comando *wireless* da *Playstation 3*®. Foi testado em crianças no qual se destacou as funções de atenção em conjunto e imitação dos sons que o robô emitiu (Duquette, Michaud, & Mercier, 2008).

De uma forma mais abrangente, apesar de terem sido explorados diferentes formas de realismo nos robôs, pode-se verificar que mais recentemente estes têm vindo a ser simplificados em termos de componente estética, considerando as sensibilidades que os portadores de PEA têm perante as caraterísticas humanas inerentes (Scassellati et al., 2012).

3.5. Design de Ambiente Virtual

3.5.1. Abordagem geral

O conceito de Ambiente Virtual aglomera a construção de objetos e ambientes que constituem a experiência virtual. As características da visão, audição e interação terão que estar presentes nos AV's. São conceitos muito semelhantes a outras vertentes como a área das animações de computador. Mas distingue-se pela capacidade de ter espaços interativos (Stanney, 2002).

No desenvolvimento destes ambientes, é necessário considerar os aspetos técnicos, os aspetos de estética e os da metafísica. Estes três conceitos aglomerados permitirão a estimulação e o aumento da atenção da parte do utilizador. Na conceção dos aspetos estéticos, é necessário considerar e entender a tecnologia RV, as suas limitações e os seus aspetos únicos (Stanney, 2002).

Tal como noutros setores como videojogos e animação computacional, conceitos de dimensão XYZ, modelação, texturização, efeitos de som e simuladores de comportamento são ferramentas em comum. Os videojogos estão intimamente ligados aos AV, por apresentarem ambientes de interação. O nível de complexidade dos AV nos videojogos é muito superior (Stanney, 2002).

Carson menciona algumas lições que poderão ser aplicadas na conceção dos ambientes (Stanney, 2002):

- Incluir uma história que evidencie as ideias presentes;
- Fornecer a localização – Onde estou?;
- Fornecer algum propósito – Qual a minha relação com o lugar?;
- *Less is more* – não preencher o ambiente com demasiados detalhes;
- Utilizar elementos contrastantes;
- Observar a *Arte Passada*.

3.5.2. Exemplos de ambientes virtuais

Aqui são apresentados alguns exemplos de ambientes produzidos no contexto de Ambientes Mirtuais presentes em videojogos e simuladores de RV que incluí o *Second Life*, *British Gas – Catching a Train*, *Virtual field trips: the virtual trillium trail* e *Way up high*.

Figura 37. Second Life.
Fonte: Mondes virtuels : Un deuxième Second Life avec support de l'Oculus Rift en 2016 ? (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.linformaticien.com/actualites/id/33487/categoryid/14/mondes-virtuels-un-deuxieme-second-life-avec-support-de-l-oculus-rift-en-2016.aspx

Figura 38. Second Life.
Fonte: Second Life Screenshots. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://virtualworldfortweens.com/screenshot/second-life-screenshots/

Figura 39. British Gas - Catching a Train.
Fonte: The Virtual Trillium Trail. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://virtualtrilliumtrail.com/about.html

Figura 40. Virtual field trips, the virtual trillium trail.
Fonte: The Virtual Trillium Trail. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://virtualtrilliumtrail.com/about.html

Figura 41. Way up high de DCN, Universidade de Bacel.
Fonte: Damping Down Fear With Cortisol. (2011). Retrieved January 23, 2016, from http://www.sciencemag.org/news/2011/03/damping-down-fear-cortisol

Figura 42. Mundo virtual para criação de protótipos de Crescendodesign.
Fonte: Top Professional Services. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from https://101services.wordpress.com/

4. Projetos/investigações semelhantes

4.1. Modelação 3D de ambientes virtuais para aplicações de reabilitação no autismo

Em contexto académico e de investigação científica, foi anteriormente desenvolvido no IBILI um projeto da autoria de Hélio Gonçalves, onde este desenvolveu modelos de ambientes 3D e conteúdos adicionais para que fosse introduzido no *NeuroHab*, sendo este um simulador de rotinas. Os novos modelos 3D serviram como produto suplementar da aplicação, permitindo um auxílio mais abrangente de pessoas com necessidades especiais, destacando-se a PEA (Gonçalves, 2015).

A tecnologia utilizada foi a RV que devido à sua capacidade de simulação do realismo, permite o treino das tarefas do dia a dia de uma forma segura (Gonçalves, 2015).

O foco principal das modelações foram espaços interiores e seus objetos, nomeadamente de uma habitação. Estes são espaços muito frequentados pelo ser humano e como se insere no estudo de PEA, poderiam servir como espaço base para o treino de tarefas do quotidiano (Gonçalves, 2015).

Figura 43. Cozinha.
Fonte: Gonçalves, H. (2015). Modelação 3d de ambientes virtuais para aplicações de reabilitação no autismo

Figura 44. Sala.
Fonte: Gonçalves, H. (2015). Modelação 3d de ambientes virtuais para aplicações de reabilitação no autismo

Figura 45. Teste de uma tarefa na sala.
Fonte: Gonçalves, H. (2015). Modelação 3d de ambientes virtuais para aplicações de reabilitação no autismo

4.2. Robótica - Autismo

Robótica – Autismo é um projeto desenvolvido em parceria com o Centro Algoritmi e no Departamento de Electrónica Industrial da Universidade do Minho, tendo iniciado no ano de 2009. É caracterizado por um robô denominado de ZECA, acrónimo de "Zeno Engaging Children with Autism". É coordenado pela Professora Filomena Soares, e restantes membros incluem a Cristina Santos, João Sena Esteves, Sandra Costa, Ana Paula Pereira e Fátima Moreira ("Robótica-Autismo - Robótica-Autismo Project," 2016).

Este robô tem como objetivo a melhoria da vida social de portadores das PEA, destacando a interação, comunicação e reconhecimento de emoções num ambiente social. Foi uma ideia que partiu de investigações científicas que mencionam a introdução de robôs como uma boa influência na melhoria das capacidades mencionadas ("Robótica-Autismo - Robótica-Autismo Project," 2016).

O ZECA tem-se revelado um bom apoio de crianças portuguesas portadoras de PEA, quee continua a ser investido nos dias de hoje ("Robótica-Autismo - Robótica-Autismo Project," 2016).

Figura 46. ZECA, robô com emoções. Fonte: Zeca: Um robô português que ajuda crianças autistas. (n.d.). Retrieved August 28, 2016, from http://boasnoticias.pt/mobile/noticias.php?id=22995

4.3. LIFEisGAME

LIFEisGAME é um jogo sobre emoções que permite o treino de indivíduos com dificuldades sociais e emocionais. O objetivo principal consiste no reconhecimento e resposta a emoções demonstradas por uma Personagem Virtual, permitindo melhorar a capacidade de análise de emoções. É um SG e tem como público-alvo principal os portadores de PEA. Foi criado por uma equipa multidisciplinar de investigadores em Ciências de Computadores e Ciências da Saúde da Universidade do Porto. É um projeto em atual desenvolvimento ("LIFEisGAME | LearnIng of Facial EmotIons using Serious GAMEs," 2016).

Os portadores de PEA podem interagir com personagens realísticas diferentes num ambiente gerado. Este recorre a tecnologia *Motion Capture* sem marcadores físicos, com foco nas expressões faciais, permitindo a dinâmica de um jogo não stressante ("LIFEisGAME | LearnIng of Facial EmotIons using Serious GAMEs," 2016).

O jogo divide-se em quatro fases ("LIFEisGAME | LearnIng of Facial EmotIons using Serious GAMEs," 2016):

- Recon Mee – Nesta fase as crianças têm de observar um grupo aleatório de expressões faciais e reconhecer qual a emoção presente.

Figura 47. Recon Mee.
Fonte: LIFEisGAME | LearnIng of Facial EmotIons using Serious GAMEs. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.portointeractivecenter.org/lifeis-game/

- Sketch Mee – Aqui são as próprias crianças que constroem a expressão facial desejada recorrendo a uma personagem 3D. É possível manipular diretamente, com recurso ao toque, as expressões faciais dessa mesma personagem, através de desenhos de linhas que manipulem as componentes da cara, como o nariz, os olhos, as sobrancelhas e a boca.

Figura 48. Sketch Mee.
Fonte: LIFEisGAME | Learning of Facial Emotions using Serious GAMEs. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.portointeractivecenter.org/lifeis-game/

Mimic Mee – Nesta fase, o participante terá de reconhecer as expressões faciais da personagem 3D imitando-a. Recorre-se a uma *web-cam* para que o próprio participante consiga verificar se está a expressar-se de forma correta.

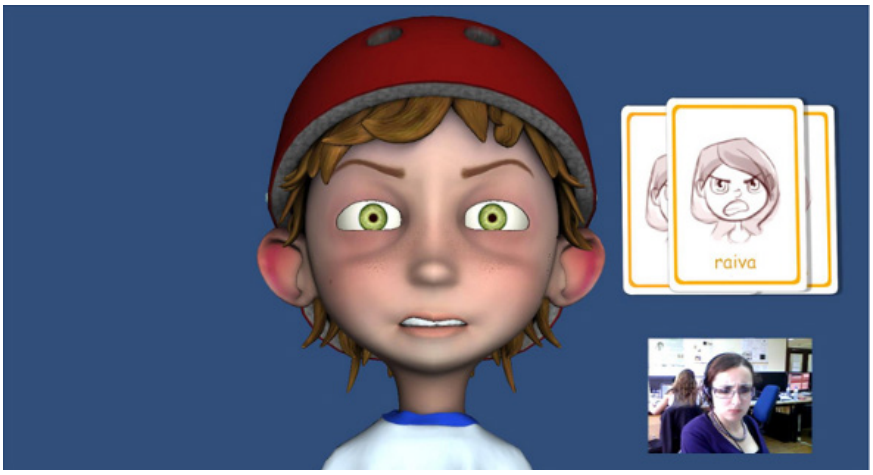


Figura 49. Mimic Mee.
Fonte: LIFEisGAME | Learning of Facial Emotions using Serious GAMEs. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.portointeractivecenter.org/lifeis-game/

Play Mee – Por último, é apresentado uma história ao participante, e cabe-lhe ele decidir qual o tipo de expressão facial mais adequada a algumas das situações da história. É-lhe dada a liberdade de escolha da expressão facial.

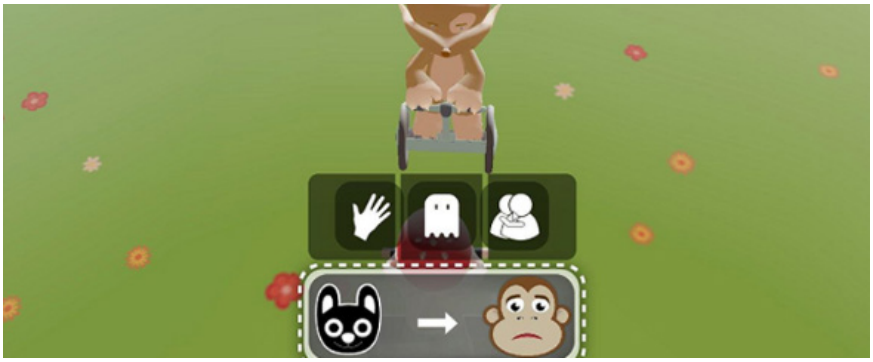


Figura 50. Play Mee.
Fonte: LIFEisGAME | Learning of Facial Emotions using Serious GAMEs. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.portointeractivecenter.org/lifeis-game/

Foi alvo de diversos artigos de estudo que foram posteriormente publicados até ao ano de 2013. O que mais se destaca está ligado à tecnologia presente que permite a interação direta com a personagem 3D através do desenho de linhas que manipulam as expressões faciais, denominado de "Sketch Express". Foi nomeado como *Best Paper Award* da conferência *SBIM - Eurographics Symposium on Sketch-Based Interfaces and Modeling* em Vancouver, Canadá ("LIFEisGAME | LearnIng of Facial EmotIons using Serious GAMEs," 2016).

Alcançou o público nacional e internacional através de palestras e eventos. Estes incluem o "LIFEisGAME at WAMS" na Faculdade de Medicina na Universidade do Porto e "TALK: Jake Aggarwal and Veronica Orvalho" na Universidade de Texas em Austin ("LIFEisGAME | LearnIng of Facial EmotIons using Serious GAMEs," 2016).

Como ainda é um projeto experimental, os resultados não são conclusivos devido à quantidade de variáveis a considerar nas análises e dos dados a obter. No entanto, novos tipos de soluções têm vindo a ser desenvolvidas.

Pode-se afirmar que o projeto tem vindo a contribuir para a evolução dos SG que recorrem à RV aplicada no contexto científico neurológico, especificamente associada à patologia da PEA.

4.4. Invirtua – Interactive Avatars for Autism

Invirtua – Interactive Avatars for Autism é um projeto que engloba um protótipo denominado de *3D Digital Puppeteer*. Este recorre a tecnologia da RV e *Motion Capture* em tempo real. Engloba Personagens Virtuais na categoria *cartoon*, sendo consideradas "marionetas digitais". ("Interactive Avatars - Invirtua Animation for Autism," n.d.)

Este projeto foi fundado por Gary Jesch. Este produziu as Personagens Virtuais que interagem em tempo real com o utilizador ("Interactive Avatars - Invirtua Animation for Autism," n.d.).

Figura 51. Personagens do Invirtua. Fonte: Interactive Avatars - Invirtua Animation For Autism. (n.d.). Retrieved August 1, 2016, from http://animationforautism.com/

O *3D Digital Puppeteer* serve como instrumento de apoio nos serviços prestados por terapeutas ou psicólogos a crianças portadoras de PEA. Permite utilizar e interagir com personagens virtuais *cartoon* em tempo real de forma a desenvolver as capacidades sociais.

O equipamento 3D Digital Puppeteer é constituído por um computador portátil ou fixo, um conjunto de Personagens Virtuais, uma *tablet* e *pen* personalizadas, um *headset* com microfone e uma *webcam*.

Figura 52. 3D Digital Puppeteer. Fonte: Interactive Avatars - Invirtua Animation For Autism. (n.d.). Retrieved August 1, 2016, from http://animationforautism.com/

As funcionalidades principais incluem ("Interactive Avatars - Invirtua Animation for Autism," n.d.):

- *lip sync* - transmite diretamente a voz do utilizador à personagem;
- *emotion-based facial expressions* – a personagem é capaz de executar diversas expressões conforme o desejado;
- *keyframe animations* – as personagens incluem animações corporais como o andar, acenar;
- *interchangeable backgrounds* – é possível alternar entre diferentes ambientes;
- *sound effects* – incluí diversos efeitos sonoros.

Ainda é um projeto experimental, por isso só foi submetido a alguns testes com algumas crianças com PEA. No entanto, segundo os relatos presentes no *website* oficial, tem demonstrado efeitos positivos nestas crianças, melhorando a capacidade de interação e sociabilização ("Interactive Avatars - Invirtua Animation for Autism," n.d.).

Figura 53. Invirtua - Criança interage com personagem.
Fonte: G. (2015). Avatars and Kids with Autism Are Good Combination. Retrieved July 30, 2016, from https://www.youtube.com/watch?v=egFhd5YgFEc

5. Análise transversal do Estado da Arte

Numa análise mais geral do Estado da Arte, foi possível identificar os principais conceitos inscritos na área da PEA, como as dificuldades sociais e os comportamentos repetitivos. Foram aprofundados alguns conceitos importantes como o *eu*, a imitação e a relação da PEA com a RV, que serviram como referências base no desenvolvimento dos modelos 3D. Na RV foi possível abordar as características gerais, e outras mais pertinentes associadas ao projeto, como exemplo as ferramentas a utilizar. Na Modelação e Animação 3D foram mencionados os conceitos gerais e algumas metodologias na idealização das personagens e ambientes desenvolvidos. Já os projetos semelhantes permitem-nos visualizar conceitos já desenvolvidos tendo servido como referências visual e textual úteis na conceção dos modelos. É possível verificar que não foram desenvolvidos estudos da imitação que usam a RV, sendo que nessa componente recorreu-se principalmente a projetos de investigação e terapia que recorrem ao 3D e a inclusão de SG.

3º Capítulo - Objetivos/Metodologias

1. Objetivos gerais

Após uma análise e estudo aprofundado do Estado da Arte, segue-se *a posteriori* a definição dos objetivos principais do projeto a desenvolver. Para tal, recorreu-se aos objetivos propostos no início pelo orientador do instituto:

"Um dos défices reportados no autismo é a capacidade de imitação. Este estágio tem o objetivo de estudar se a interação em processo de imitação varia com o realismo do personagem a imitar. Os trabalhos do estagiário passam pela definição, modelação e animação de personagens de diferente nível de realismo (robôs, personagens animados, pessoas realistas) para o estudo da imitação no autismo. Adicionalmente deverá modelar diferentes ambientes que funcionem como cenários para a sua realização. O objetivo principal é fazer a captura de movimentos do participante e mapeá-los nos personagens em tempo real (as tecnologias necessárias para este estudo estão disponíveis no IBILI e foram já testadas em modo de protótipo).

A fase de definição implica pesquisa bibliográfica, levantamento de requisitos e planeamento do desenvolvimento dos diferentes ambientes.

A fase de testes será aplicada a um grupo de participantes com autismo e a um grupo controlo, de forma a avaliar as diferenças na interação entre personagens e entre grupos." ("Propostas com aluno atribuído," 2016)

Sucintamente, seria necessário desenvolver uma gama de personagens e ambientes tridimensionais. A imitação seria o fator base dos testes a realizar, permitindo a obtenção de dados considerando algumas variáveis. Em acréscimo aos modelos 3D, seria necessário produzir animações dos gestos a imitar e um código que permitiria gerar o mundo virtual com estes elementos. Estes serviriam como base na realização dos testes com portadores de PEA. Partindo destes requisitos, foram estruturados objetivos mais específicos.

Este projeto, além de integrado numa investigação científica, foi considerado um protótipo para posterior análise. Este tema é um que poderá ser alvo de futuro aprofundamento, fora do âmbito desta dissertação. Alguns requisitos e, consequentemente, alguns objetivos, foram modificados ao longo do desenvolvimento do projeto.

2. Requisitos/Características

De forma a manter os objetivos coerentes, foi necessário ter em conta o tipo de imposições inerentes ao desenvolvimento do projeto. Sugerido pelo orientador do instituto e, em reunião com os restantes colegas do IBILI, foram definidos alguns requisitos:

- O público-alvo a ser testado seriam portadores de PEA com idades entre os 4 a 10 anos, maioritariamente rapazes. O número ainda não estava definido, mas ir-se-ia recorrer a várias Unidades de Ensino Estruturado para Alunos com Perturbações do Espetro do Autismo (UEEA). Estes incluiriam: Coimbra AE

Eugénio de Castro, Coimbra 1º ciclo - EB1 Tovim; Coimbra AE Martim de Freitas, Coimbra 1º 2º 3º ciclos - EB1 Coselhas;
- Coimbra AE Coimbra Centro pré 1º ciclo - JI/EB1 Almedina.
- As personagens teriam de ser desenvolvidas com diferentes níveis de realismo;
- Seriam desenvolvidas duas PV e o número de ambientes ficaria ao critério do autor;
- As componentes *hardware* a utilizar incluiriam o *Microsoft Kinect®* em conjunto com um vídeo-projetor ou o *Microsoft Kinect®* em conjunto com os *Oculus Rift®*;
- Seria pedido a um portador das PEA uma determinada ação com base na imitação e essa resposta seria classificada como adequada ou não adequada;
- Seria importante considerar se os portadores das PEA interagiriam com os objetos virtuais, através de objetos reais associados ou simulando o gesto de agarrar no objeto virtual;
- Na conceção dos modelos 3D, seria necessário considerar que estes recursos iriam ser utilizados em tempo real. Ou seja, era necessário sacrificar algum detalhe na sua conceção para que a sua aplicação na RV fosse produzida de forma correta, não arriscando a sua *performance* durante a execução dos testes.

Alguns destes requisitos foram modificados posteriormente. Estas modificações serão expandidas e explicadas ao longo do *Capítulo 5*.

3. Objetivos específicos

Inicialmente, o foco do projeto seriam as personagens. Na sua conceção seria necessário desenvolver um conjunto que seguisse uma linguagem visual do mais abstrato ao mais real. A partir de diferentes personagens, resultariam diferentes variáveis a considerar.

Esta gama ficaria dividida em cinco conceitos: *geométrico*, *contos infantis*, *robótico*, *animal* e *real*. O conceito *geométrico* parte do fascínio que alguns portadores de autismo têm em sobrepor cubos, criando uma coluna. É o nível mais simples, mais rudimentar e mais arcaico. O conceito *contos infantis* parte da ideia de que portadores de autismo poderão ter adotado personagens favoritas de contos infantis, como exemplo da Pequena Sereia ou o Pinóquio. Estas personagens resultariam de uma interpretação do autor das mesmas. O conceito *animal* parte como uma iniciativa de investigação, dado que não foram desenvolvidos estudos na interação entre o portador e o animal. O conceito *robótico* resulta de testes de imitação e atenção conjunta já desenvolvidos com portadores de PEA. Segundo estes estudos, as utilizações de robôs têm vindo a apresentar resultados positivos nos quais se destacam os robôs humanoides por permitirem melhor reconhecimento de emoções pelas feições do rosto. O conceito do *humano* serve como representação virtual do ser humano.

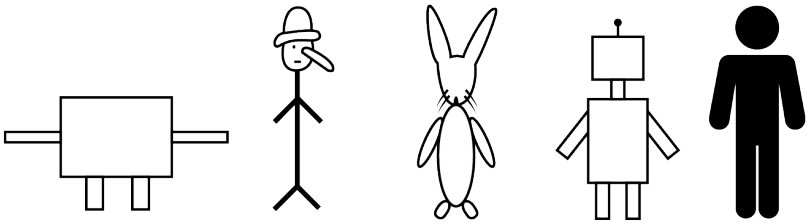


Figura 54. Cinco conceitos iniciais.
Fonte: O autor

Na categoria *real*, para além de constarem seres humanos desconhecidos, adicionalmente poderia constar a semelhança a familiares dos indivíduos a serem testados, de forma a evidenciar se pessoas conhecidas influenciam na imitação do portador, consoante os estudos mencionados no Estado da Arte. Em cada tipo seriam desenvolvidos cinco modelos que incluíssem características diferentes, nomeadamente a etnia, o género, a idade, a altura e o peso. Caso fosse necessário, seriam desenvolvidos, a partir de modelos base, outras variações com cor e texturas diferentes.

Na idealização dos cenários seriam concebidos unicamente dois modelos, devido ao foco nas personagens. Estes incluiriam: um espaço simples com uma única cor uniforme e formato de um paralelepípedo e um espaço social que poderia ser no meio de uma cidade com pessoas no fundo do cenário. Isto ajudaria a perceber se o excesso ou ausência de elementos no meio ambiente influenciaria na imitação do portador de autismo.

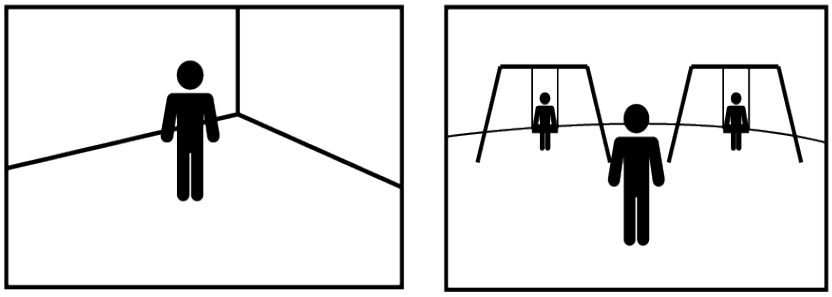


Figura 55. Cenários iniciais.
Fonte: O autor

Durante as reuniões no IBILI, foi possível evidenciar algumas falhas:

- Os conceitos dos espaços não tinham um papel tão importante como as personagens;
- Seriam demasiadas personagens a ser testadas e, adicionalmente, demasiados fatores a considerar na obtenção de dados devido às etnias, género, peso e altura diferentes. O fator tempo também seria um impedimento, sendo que, em média, um teste em cada indivíduo deve durar no máximo 30 minutos;
- O facto de incorporar modelos conhecidos dos portadores tornaria os testes mais complexos.

Após a deteção dos problemas mencionados e mediante as sugestões da equipa do IBILI e orientador do instituto, foram estabelecidos objetivos mais concretos, tendo alguns requisitos sido alterados.

Na conceção das personagens foram considerados unicamente três conceitos para as personagens: *geométrico*, *robótico* e *humano*. As razões

da sua aplicação mantêm-se, considerando o que foi mencionado nas secções anteriores. Seriam desenvolvidos unicamente dois modelos para cada conceito, modelos que procurariam ser uma representação do género masculino e feminino. Representariam a faixa etária infantil para corresponder ao público-alvo a ser testado. Seria considerado a inclusão ou não da estrutura facial completa no conceito *geométrico*. Devido às limitações impostas pelo desenvolvimento de dois únicos modelos, o tipo de personagem *humano* apresentaria um único tipo de etnia, peso e altura, ficando ao critério do autor. Esta redução e simplificação das características permitiria a redução do número de variáveis a utilizar nos testes.

Com estas alterações, a experiência seria mais simplificada, permitindo uma obtenção de dados mais fácil para posterior análise. Importaria considerar um estilo visual coerente entre elas, recorrendo ao Estado da Arte e a outras referências visuais para a sua conceção. A visão é o sentido crucial na execução dos testes e, como tal seria importante, considerar a hipo-sensibilidade e hiper-sensibilidade que um portador de PEA poderia possuir, influenciando notavelmente o tipo de iluminação que poderia ser aplicada na construção de personagens robóticas (inclusão das lanternas por exemplo). Estas duas características poderiam também influenciar a gama de cores a aplicar.

Posteriormente, seriam desenvolvidas as animações recorrendo à tecnologia *Motion Capture* ou animando manualmente no próprio *software*.

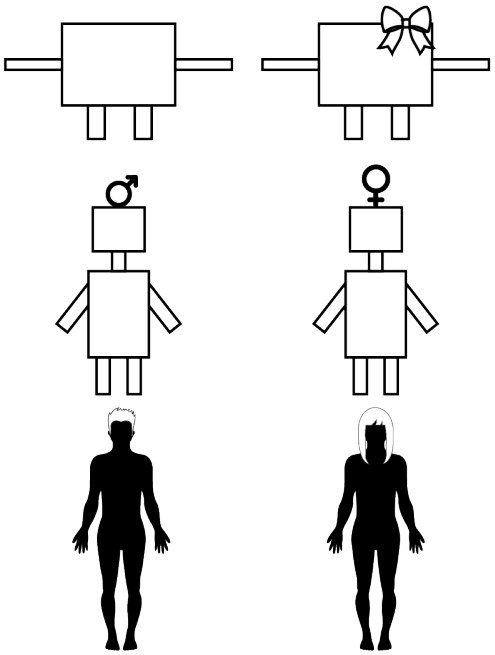


Figura 56. Conceitos de personagens atuais.
Fonte: O autor

O papel dos cenários adquiriu um grande destaque na sua relação com os gestos. Em cada cenário desenvolvido seriam aplicados gestos associados ao espaço em que se encontram. Considerando o Estado da Arte e os locais que as crianças usualmente frequentam, foram determinados os seguintes cenários:

- Espaço vazio;

- Parque verde;
- Recreio da escola;
- Jardim Zoológico;
- Sala de aula.

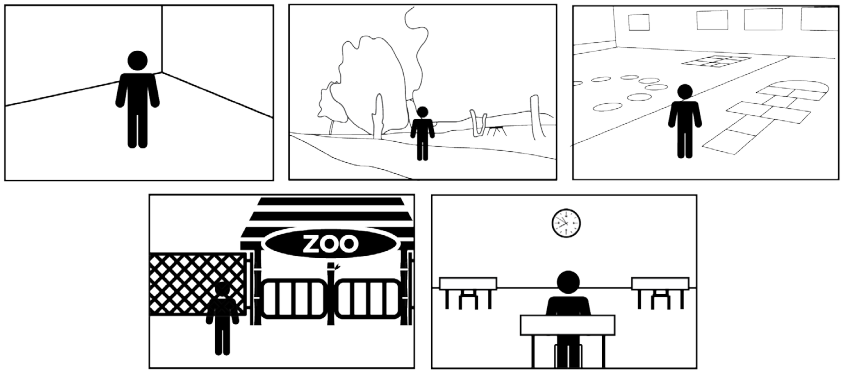


Figura 57. Ideias de cenários.
Fonte: O autor

Seriam estruturados unicamente os espaços em si. Em relação à inserção de *personagens figurantes virtuais*, este era uma componente ainda a considerar. Caso se aplicasse, poderia influenciar negativamente na imitação, dado que serviriam como uma distração ao portador das PEA. Na conceção destes era necessário considerar a inclusão da estrutura e objetos necessários, de forma a não os sobrecarregar. No contexto temporal, os espaços seriam desenvolvidos num ambiente diurno.

Com o projeto finalizado, apresentam-se as alterações finais:

- Foram determinados 3 ambientes: *Sala virtual*, *Sala de aula* e *Recreio*;
- Foram determinados no total 10 personagens: *Geométrico proporcional* masculino e feminino; *Robótico proporcional* masculino e feminino; *Humano proporcional e desproporcional* masculino e feminino e personagem do participante do género *cartoon*, personalizável em que o participante encarnaria;
- Foram produzidas animações recorrendo ao *Kinect*® consoante o cenário em que se inseriam;
- Recorreu-se unicamente a gestos corporais;
- Nas sessões com os portadores de PEA, estes abrangeram idades entre os 3 a 18 anos.

Os pormenores e razões destas alterações são demonstrados ao longo do *Capítulo 5*.

4. Procedimentos dos testes gerais

Após o desenvolvimento dos modelos, seriam executados os devidos testes. Recorrer-se-ia a dispositivos *hardware* da RV e a outros equipamentos que permitissem a recolha de dados. Os dispositivos *hardware* incluiriam o componente *Microsoft Kinect*® para a captação do movimento em tempo real em conjunto com um vídeo-projetor, projetando os AV's e as PV's. Adicionalmente, seria utilizado o *Vizard*® e *Brekel Pro Body and Face 2*® em conjunto com o *MotionBuilder*® como

softwares de suporte.

Referindo a forma como os testes se desenrolariam, foi determinado uma única fase.

Esta fase envolveria a inclusão da PV que imita o portador de PEA e a PV a imitar. Estes estariam sempre presentes durante a experiência, dividida em dois momentos. No primeiro momento, a PV a imitar executaria determinados gestos, mas não haveria instrução da parte do avaliador para que o participante imitasse os gestos. Desta forma, seria possível estudar a imitação espontânea e compará-la, quer entre tipos de personagens a imitar, quer entre participantes com PEA e IDT. No segundo momento, a personagem a imitar continuaria a executar determinados gestos, havendo a instrução da parte do avaliador para que o participante procedesse à imitação. Esta separação entre imitação espontânea e imitação como tarefa seria fundamental para diferenciar entre défices da capacidade de imitação e défices na propensão para a imitação.

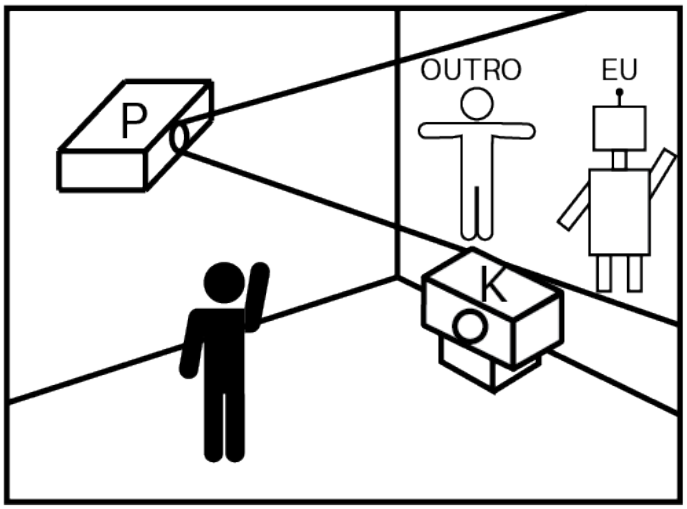


Figura 58. Procedimento dos testes.
Fonte: O autor

Algumas das variáveis que seriam consideradas consistiriam em: resultados do tempo de reação; o número de imitações corretas; o grau de interação; a capacidade de interação. Outras poderiam ser consideradas durante o desenvolvimento da componente prática do projeto. No entanto, dever-se-ia manter numa quantidade mínima, mediante sugestão do orientador do instituto, pois caso contrário os testes seriam mais extensos e, possivelmente, inconclusivos.

Com os resultados obtidos, pretendia-se refletir se os portadores de PEA teriam mais facilidade na imitação de personagens que se assemelhassem ao ser humano, ou se realmente preferem personagens mais abstratas e fora do comum. Adicionalmente pretendia-se analisar os espaços, sobretudo a forma como influenciam o ato da imitação. Mediante o tipo de resultados obtidos (*4.4 Recolha de dados* do *Capítulo 5*) e já fora do contexto deste projeto, as informações poderiam ser recolhidas e utilizadas para futuros estudos e investigações a desenvolver na área da imitação no autismo. No próprio estabelecimento poderia ainda ser desenvolvido um SG que poderá ficar disponível na platafor-

ma *NeuroHab*, servindo como mais uma ferramenta de aprendizagem na interação com portadores de PEA.

Os procedimentos e requisitos dos testes mais específicos encontram-se na secção *4.1 Procedimento e requisitos dos testes* do *Capítulo 5*.

5. Metodologias

Anteriormente à execução da componente prática e, simultaneamente, ao levantamento dos Estado da Arte, a tecnologia a implementar foi testada. Recorrendo à componente do *Microsoft Kinect*® mais atual, evidencia-se uma captação melhorada dos gestos do corpo, que facilita uma obtenção de dados, o mais fidedigno possível.

Apenas durante a segunda parte do projeto é que foi testada a tecnologia *Motion Capture* em tempo real, ligando diretamente a uma personagem 3D num *software*.

Focando na componente do design dos cenários e personagens, inicialmente seriam desenhados vários *sketches*[1] considerando os conceitos definidos nos objetivos. Estes esboços seriam baseados em diversas referências visuais e teóricas do Estado da Arte e exterior a esta, que fossem pertinentes na sua execução.

Posteriormente, seriam desenvolvidos alguns *concepts arts*. Estes definiriam mais concretamente as diferentes ideias. Adicionalmente, seriam desenvolvidos desenhos técnicos das personagens com as vistas de frente e perfil para uma melhor perceção.

Após executado este processo, seria preparado um *workshop* com recurso a esses desenhos técnicos. Estes seriam inseridos nos devidos *softwares* de conceção da personagem 3D, que incluiria o *Autodesk 3ds Max*® como *software* base e o *Zbrush*® como *software* complementar. Iniciar-se-ia o processo de modelação dos ambientes e personagens tridimensionais. Estes iriam permitir que os modelos ficassem devidamente otimizados, de forma a não demonstrarem alguns erros comuns neste passo.

Após modelados os ambientes e as personagens, seriam aplicadas as texturas e cores necessárias conforme as intenções do autor. As texturas utilizadas seriam recolhidas presencialmente e através de *websites* de fotografias sem direitos de autor, recorrendo posteriormente à alteração digital necessária para a adequação desta. No caso das personagens, seria aplicada a técnica *UVMapping* que facilita o processo de texturização. Nos ambientes, caso se adequasse, aplicar-se-ia a mesma técnica.

Abordando a categoria das personagens, segue-se uma das partes mais importantes: a introdução do esqueleto, associado ao processo *Rigging*. É esta componente que permitiria animar as personagens, introduzindo o esqueleto no interior do modelo. Iria ser animado manualmente e/ou através do recurso à tecnologia *Motion Capture*.

Na reta final deste processo, deveriam ser verificados todos os por-

1 esboços

menores de forma a que estivessem completamente otimizados. Como os testes estavam condensados num período de tempo restrito, seria fulcral a sua otimização para que existam dados fidedignos e representativos.

O passo final passaria pela programação da experiência no *software Vizard*®. Isto permitiria executar os testes prévios no mundo virtual com os modelos 3D desenvolvidos.

Em suma, após os testes realizados, seriam recolhidos os dados e retiradas as devidas conclusões pela equipa de investigação e pelo autor em questão.

Estas metodologias não seguiram uma ordem cronológica e foram ligeiramente alteradas, evidenciado ao longo das secções do *Capítulo 5*.

5.1. Caraterísticas associadas à recolha de dados num estudo

Na realização de estudos científicos, é necessário considerar os métodos a utilizar na recolha de dados. Esta recolha é dividida em duas categorias (Scassellati et al., 2012):

- Análise qualitativa – é descritiva e observacional;
- Análise quantitativa – é numérica e estatística.

Os dados qualitativos permitem compreender as observações visuais feitas, não sendo possível a sua transcrição para um número. Este tipo de dados é útil na compreensão de certos pormenores não demonstrados com os dados quantitativos. Já os dados quantitativos são mais difíceis de recolher, sendo normalmente elaborados a partir de uma ou mais gravações de vídeo verificando-os segundo a segundo. É um processo minucioso que exige a atenção completa de quem retira estes dados. Até ao momento existem mais estudos com dados qualitativos do que quantitativos (Scassellati, Henny Admoni, & Matarić, 2012).

Analisando o conceito de estudo, este divide-se em duas categorias (Scassellati et al., 2012):

- Estudo de uma única interação – Tipo de estudo em que se recorre a uma única sessão;
- Estudo de interações repetidas – Vários dias de sessões com os mesmos participantes.

Nestes estudos é necessário considerar o humor, hora do dia e eventos anteriores dos indivíduos nas sessões a realizar (Scassellati et al., 2012).

4º Capítulo - Plano de Trabalho

1. Plano inicial

Foi estipulado um plano de trabalho no início do projeto. No entanto sofreu alterações ao longo do processo de trabalho.

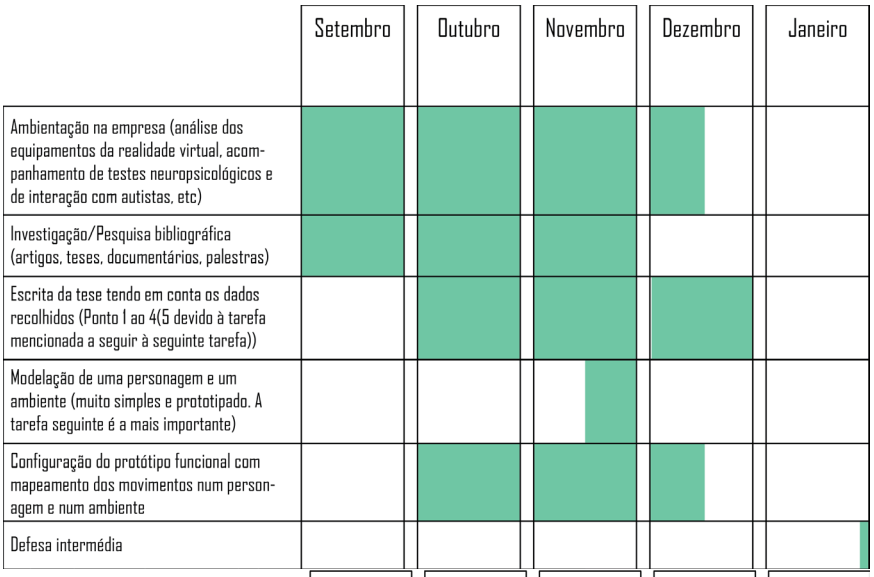


Figura 59. Plano inicial fase 1.
Fonte: O autor

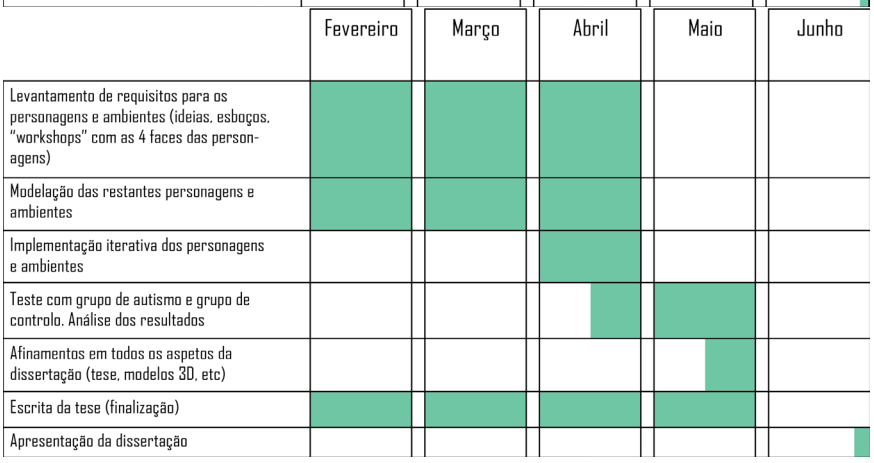


Figura 60. Plano inicial fase 2.
Fonte: O autor

Na primeira fase do projeto foram marcadas presenças no IBILI para uma ambientação do seu funcionamento. Foi possível visitar os espaços comuns de trabalho e verificar um dos testes feitos a um portador de PEA. Adicionalmente foi possível verificar a sala onde se executam os testes com a RV situado no Hospital Pediátrico de Coimbra.

Ao longo do processo foram sendo desenvolvidas pesquisas bibliográficas e aglomeração de conteúdo. Procedeu-se à escrita da tese a partir do conteúdo obtido.

Também se pretendia a modelação de uma personagem e ambiente para possibilitar a configuração de um protótipo funcional do *Motion Capture* em tempo real. Adicionalmente houve um grande foco na componente teórica, descentralizando a atenção e detalhe da componente prática. No entanto, ainda foram desenvolvidos alguns esboços, processo expandido na segunda fase.

Na segunda fase pretendeu-se a estruturação e produção das per-

sonagens e ambientes seguindo as metodologias adequadas. Posteriormente, seria aplicada o processo de implementação iterativa utilizando o *Vizard*® e fazendo os devidos testes na RV. Ao longo destes processos as personagens e ambientes iriam sendo reestruturadas.

Seguir-se-ia com os testes nos portadores de PEA. Os dados adquiridos seriam discutidos entre o autor e equipa do projeto.

Na reta final seria continuada, revista e concluída a escrita da tese para posterior apresentação.

Estruturou-se um plano intermédio.

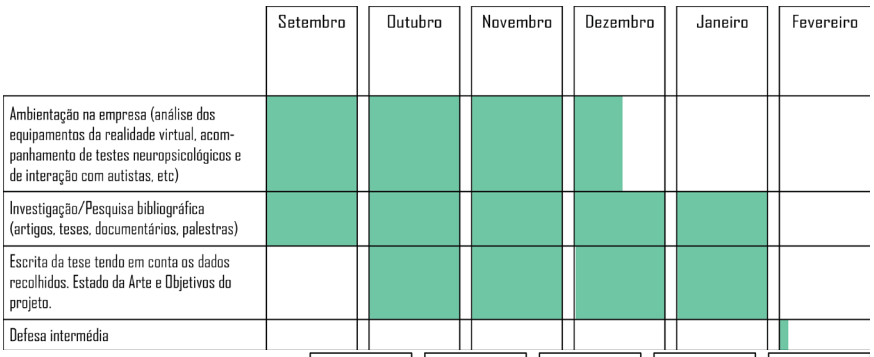


Figura 61. Plano intermédio fase 1.
Fonte: O autor

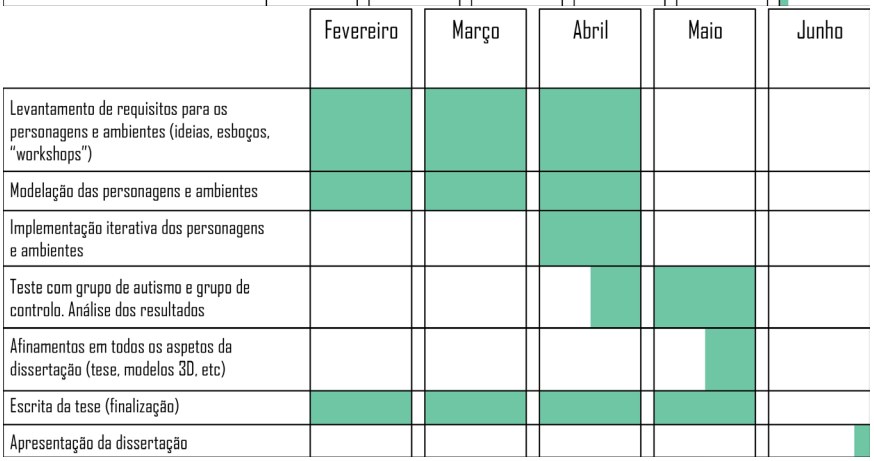


Figura 62. Plano intermédio fase 2.
Fonte: O autor

2. Plano final

Durante o desenvolvimento da segunda fase, alguns dos planos e os seus devidos tempos sofreram algumas alterações, evidenciado na seguinte imagem. Mas, no seu geral, os planos que se tinham em mente mantiveram-se.

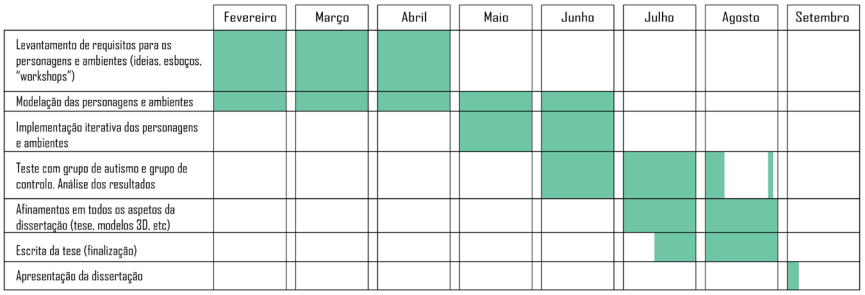


Figura 63. Plano final fase 2.
Fonte: O autor

5º Capítulo - Componente Prática

Este capítulo irá dividir-se em diferentes secções, correspondentes às diferentes etapas abordadas durante o segundo semestre. Estas englobam o Design das Personagens, o Design dos Ambientes, a tecnologia *Motion Capture* e a programação em *Python* para a criação do mundo virtual. Estas etapas foram desenvolvidas alternadamente consoante a sua prioridade:

- Na fase inicial, o foco foi o entendimento da tecnologia *Motion Capture,* recorrendo ao *Kinect*® e aos *softwares* necessários. Sendo esta etapa uma das mais importantes no funcionamento da experiência desenvolvida, foi estipulada uma carga horária extra na sua análise;
- Posteriormente, ao longo de todo o processo, esta e as restantes etapas, que incluem a criação das personagens e ambientes, foram sendo desenvolvidas de modo alternado, considerando sempre os principais obstáculos que eram necessários ultrapassar, incluindo no final a sua integração no mundo virtual.

Ao longo destas etapas serão mencionados especificamente os problemas e soluções adotados.

1. Design das Personagens Virtuais

1.1. Desenhos/Ideias

1.1.1. Esboços

Como mencionado na secção *5. Metodologias* do *Capítulo 3*, procedeu-se à elaboração de esboços das personagens, considerando os três tipos de personagem estipulados:

- Geométrico;
- Robótico;
- Humano.

Na conceção dos esboços considerou-se sempre a medida de 5 cabeças e ½ para a questão das proporções realistas, considerando crianças com pelo menos 5 anos, tal como referido no Estado da Arte. Foi necessário manter um tipo de proporção único de forma a manter a coerência entre as diferentes personagens. O foco principal consistiu na criação de *sketches* de forma a produzir diversas ideias surgidas de um processo de *brainstorming* contínuo. Foi utilizada uma única ideia ou uma mistura de ideias. Só mais tarde é que houve uma maior preocupação com a conceção de desenhos mais detalhados.

Para cada tipo de personagem, diferentes referências foram observadas. No tipo de personagem *geométrica,* as inspirações principais partiram de:

- Objetos ligados a jogos de puzzle relacionado com encaixes de formas, como os *Paradigm Puzzles*;
- Técnica de origami;

- *Das Triadische Ballet* ou Balé Triadico de Bauhaus, um projeto de balé desenvolvido por Oskar Schlemmer no qual apresenta personagens com forma semelhante à do ser humano, mas estruturadas com peças geométricas de cores vibrantes e formas volumosas ("The Triadic Ballet: Eccentric Bauhaus ballet brilliance or is it Germanic Maude Lebowski art shit? | Dangerous Minds," n.d.);
- Brinquedos para as crianças como blocos com letras;
- *O Homem Máquina* de Paulo de Cantos e *O LIVR-O-MEM – Paulo d' Cantos n' Palma d' Mão*, livro que adapta os vários trabalhos de Paulo de Cantos ("O Livromem," n.d.);
- O livro *Flatland: A romance of many dimensions* de Edwin Abbott Abbott.

De seguida são apresentados alguns dos esboços produzidos.

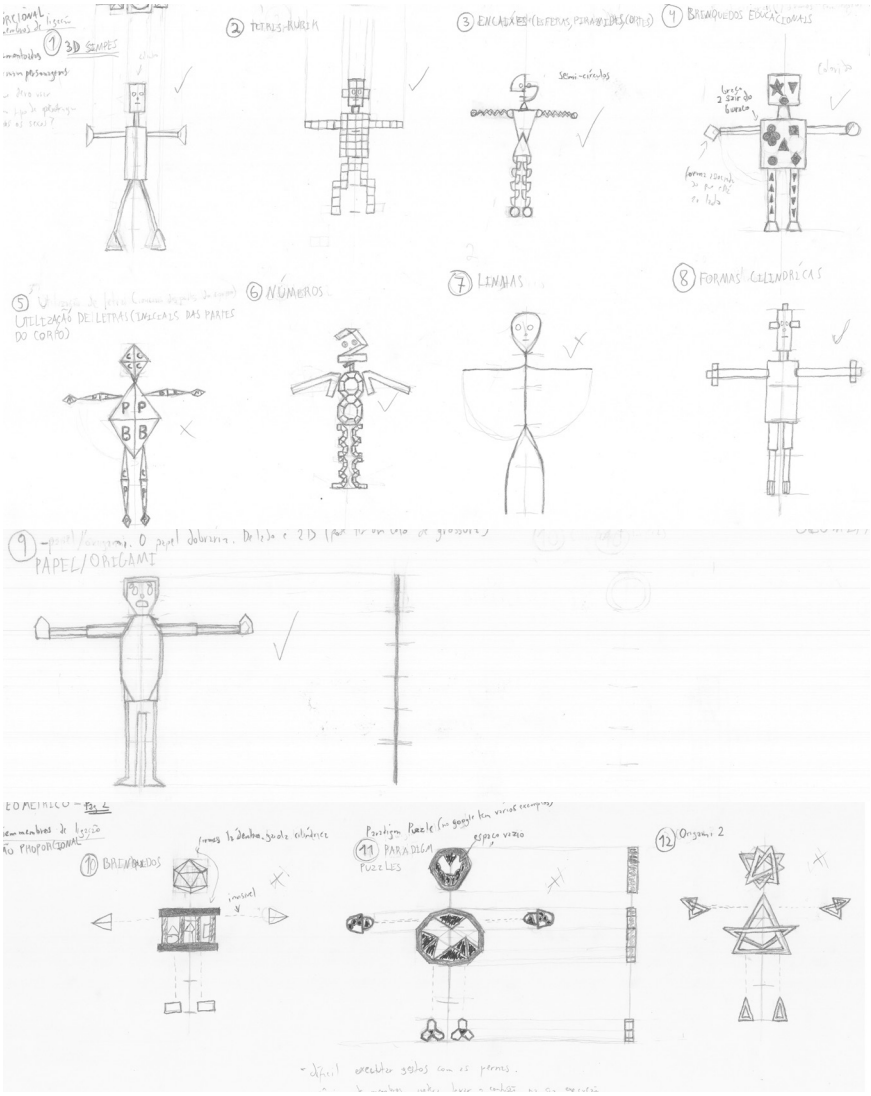


Figura 64. Esboços geométrico 1-12.
Fonte: O autor

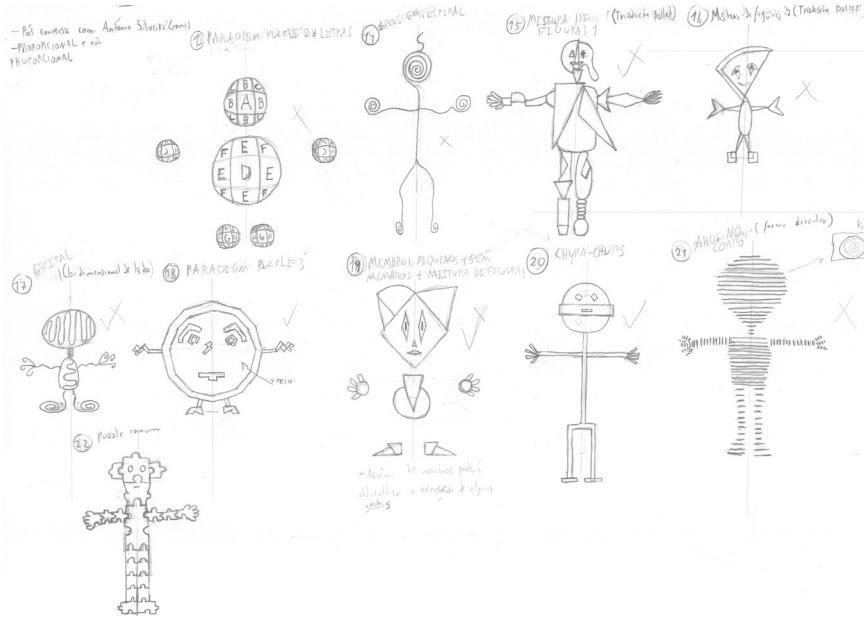


Figura 65. Esboços geométrico 13-21.
Fonte: O autor

No tipo de personagem *robótica,* as inspirações principais partiram de:

- Conceitos exteriores ao conceito típico do robô, como um gelado ou um relógio robô;
- Ferramentas de mecânica;
- *Toca Robot Lab*. Um jogo para crianças que permite montar robôs com várias peças pré-definidas ("Toca Robot Lab | A new way to play | Toca Boca," n.d.);
- Brinquedos robôs já existentes como o *Mechanical Roby Robot* e *Atomic Robot*;
- Robôs já produzidos, mas com tipologias diferentes que vão além da personagem bípede típica, como o *EPORO robô car* da *Nissan®;*
- Utilização de fontes de iluminação, como uma lâmpada comum.

De seguida são apresentados alguns dos esboços produzidos.

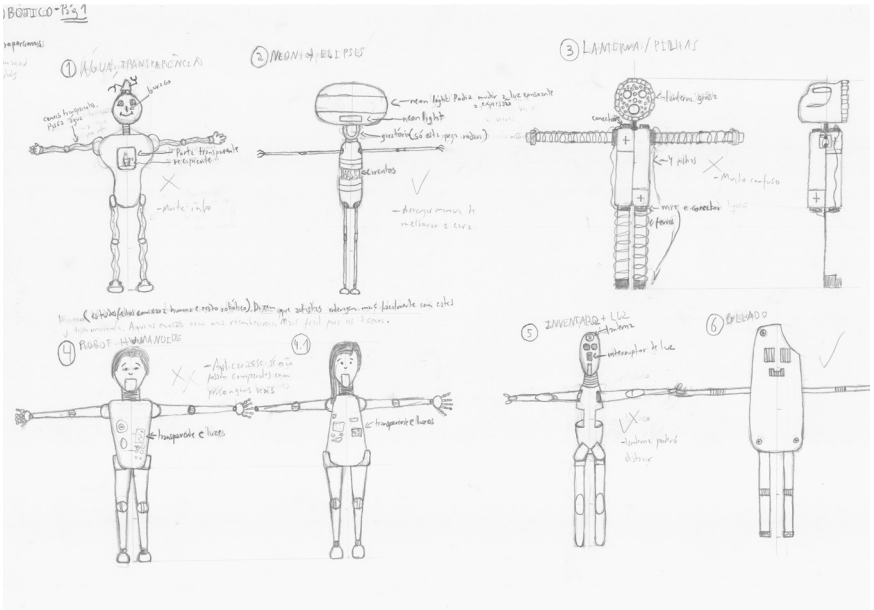


Figura 66. Esboços robótico 1-6.
Fonte: O autor

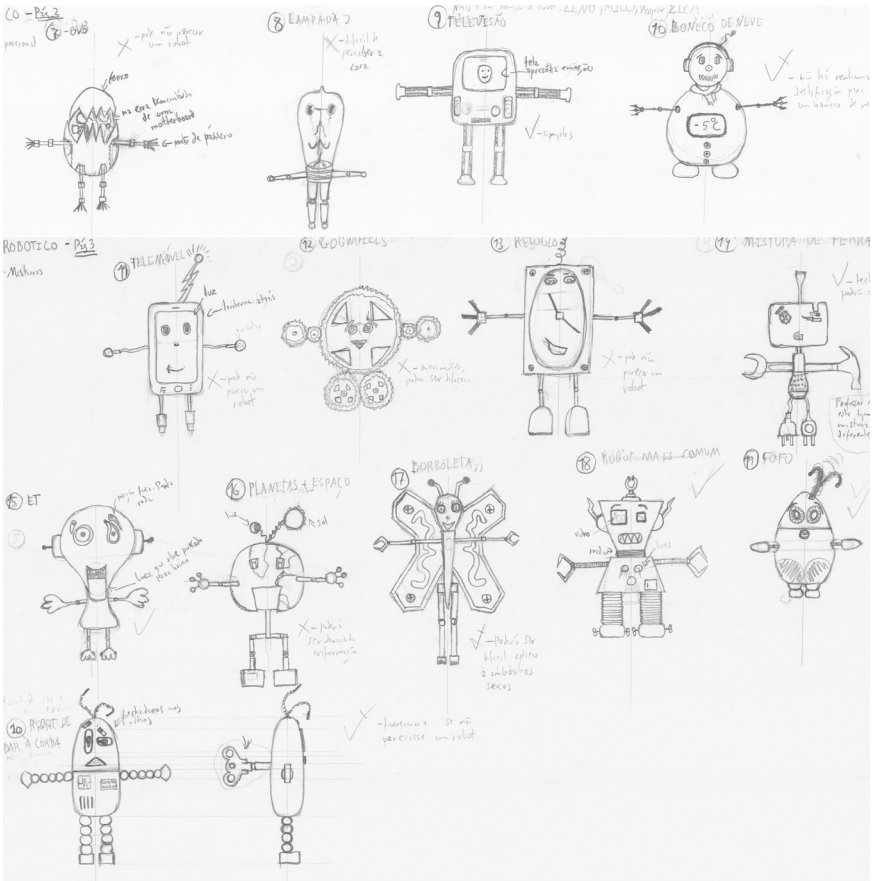


Figura 67. Esboços robótico 7-20.
Fonte: O autor

No tipo de personagem *humana* as referências foram limitadas, considerando que este tipo de personagem já existe na realidade, não havendo a liberdade de conceitos que os outros dois tipos de personagem permitem.

Acrescentou-se a estes três tipos de personagens um novo tipo de personagem: o *cartoon*. A razão desta adição deve-se à influência positiva que este tipo de personagem tem sobre as crianças por estes apresentarem feições do rosto em maior ou menor escala, permitindo uma maior empatia com estas. Foi decidido incluir esta categoria no tipo de personagem *humana desproporcional*, porque esta iria representar um ser humano.

No tipo de personagem *humana desproporcional,* as inspirações principais partiram de:

- Desenhados animados como *Family Guy, Adventure Time, Steven Universe* e *The Amazing World of Gumball*;
- Videojogos destacando *Toca Kitchen*, *Toca Kitchen 2* e *Toca Band*;
- Personagens produzidos pela empresa *Gandoza* ("Gandoza - Cartoon," n.d.);
- Algumas ilustrações de Marta Madureira e Hanane Kai;
- Filmes produzidos por José Miguel Ribeiro destacando *Papel de Natal* e *Passeio de Domingo*.

Seguem-se alguns dos esboços produzidos nesta componente.

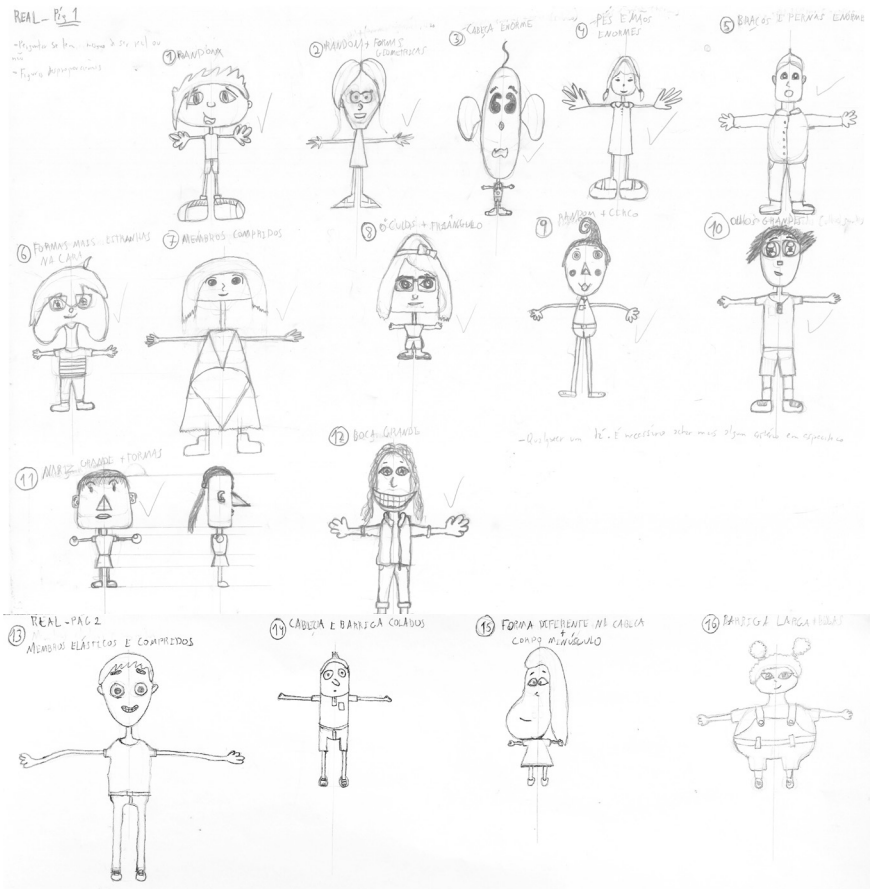


Figura 68. Esboços humano desproporcional 1-16.
Fonte: O autor

Após a concretização de várias ideias para as personagens através de esboços, foi decidido desenhar manualmente linhas que definissem mais concretamente as suas formas. Foram selecionadas algumas personagens considerando a opinião do autor e orientadores e, posteriormente, desenhou-se diferentes vistas da mesma personagem.

1.1.2. Avaliações das personagens

Como seria difícil de chegar a uma escolha final dependendo unicamente dos orientadores e do autor e principalmente por se estar a tentar produzir conteúdo direcionado a portadores de PEA, foi considerada uma hipótese mediante a sugestão do orientador do instituto: decidiu-se produzir um questionário qualitativo e quantitativo a ser preenchido por pessoas que acabariam por estar ligadas à temática dos PEA; por pessoas de outras áreas da neurologia e visão; por pessoas conhecedoras de Design de Personagens. O questionário alcançou membros do IBILI, dois portadores de PEA e ex-colegas de turma da Licenciatura de Design Gráfico. Para além de poder-se chegar a uma avaliação concreta da personagem mais votada para ser posteriormente desenvolvida, também se tentou perceber as questões de proporção preferidas, porque consoante a definição das personagens até ao momento, estas apresentariam proporções reais e proporções irreais. Foram dadas diversas observações pelos inquiridos, quer pelo design da personagem, quer pelo tipo de personagem mais adequado

na sua relação com portadores de PEA.

São apresentadas as tabelas das avaliações da escolha das personagens.

Figura 69. Avaliação geométrico.
Fonte: O autor

	Personagens - Avaliar de 1 a 10																						
GEOMÉTRICO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	PESO
Avaliador 1	5	6	6	4	3	4	3	3	6	4	4	7	3	5	8	6	9	8	5	4	8	5	5
Avaliador 2	7	6	6	8	8	5	8	8	8	5	5	5	5	7	9	9	10	9	6	8	9	9	10
Avaliador 3	6	5	6	5	3	3	4	6	6	4	6	5	3	6	6	5	6	5	5	5	7	4	5
Avaliador 4	9	7	7	8	6	5	8	9	10	5	4	4	4	7	8	6	7	6	6	7	6	6	15
Avaliador 5	2	7	5	6	3	8	1	2	2	1	2	4	9	3	10	1	8	6	3	6	9	6	5
Avaliador 6	8	7	3	3	1	1	3	4	10	1	1	1	1	1	2	2	5	2	6	2	1	3	10
Avaliador 7	7	5	4	5	4	3	4	8	7	3	4	3	4	4	5	6	7	7	7	7	4	5	10
Avaliador 8	7	6	8	6	4	5	6	7	9	6	6	5	4	6	7	8	7	8	8	7	6	8	15
Avaliador 9	9	8	6	6	5	6	6	7	9	5	4	4	5	4	6	5	5	5	6	7	6	5	5
Avaliador 10	5	8	3	6	5	4	3	5	6	2	3	2	2	4	5	3	5	7	3	3	4	5	10
Avaliador 11	4	3	2	3	2	1	1	3	4	2	3	1	1	1	5	4	4	3	4	5	2	3	20
Avaliador 12	8	9	8	9	4	10	7	7	7	6	5	7	7	5	9	2	9	9	7	8	8	8	20
Avaliador 13	5	2	1	4	4	2	3	5	5	1	2	3	1	2	4	3	5	4	2	3	4	5	5
Avaliador 14	1	8	6	5	2	9	3	6	9	7	5	9	7	4	10	6	8	9	6	7	7	6	5
Avaliador 15	0	7	5	5	2	9	5	6	9	7	5	6	6	4	8	8	4	9	5	7	6	6	5
Avaliador 16	5	8	6	4	2	9	4	5	7	5	4	7	6	4	7	4	6	8	5	2	2	6	5
Avaliador 17	1	5	4	7	3	6	7	5	8	6	5	6	3	5	8	5	9	7	10	3	3	1	5
MÉDIA	5,94	6,29	5,23	5,81	3,77	5,03	4,71	5,90	7,23	4,10	4,03	4,26	3,97	4,26	6,77	4,81	6,71	6,48	5,71	5,74	5,29	5,61	

Figura 70. Avaliação robótico.
Fonte: O autor

	Personagens - Avaliar de 1 a 10																				
ROBÓTICO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	PESO
Avaliador 1	7	8	3	4	7	6	2	6	4	8	5	6	9	8	8	4	4	6	4	6	5
Avaliador 2	10	6	6	10	7	7	7	7	6	10	7	5	7	5	8	8	9	9	7	8	10
Avaliador 3	8	7	6	6	5	6	4	4	5	7	8	5	6	5	6	4	4	7	5	4	5
Avaliador 4	9	6	7	6	10	5	4	5	5	5	6	3	4	4	4	6	5	8	5	7	20
Avaliador 5	6	7	2	2	2	6	5	4	3	8	3	2	9	2	6	7	10	6	8	9	5
Avaliador 6	3	1	1	2	9	2	2	1	7	8	8	2	2	1	2	1	6	5	1	4	10
Avaliador 7	4	7	5	5	8	3	4	4	3	3	7	4	7	4	7	4	6	7	5	5	10
Avaliador 8	8	6	7	9	7	8	6	8	7	8	8	7	6	7	7	8	7	9	8	8	15
Avaliador 9	6	4	2	5	4	5	3	4	5	4	8	5	7	6	5	5	6	5	7	5	5
Avaliador 10	6	5	5	4	6	8	5	7	5	4	6	4	5	6	5	6	4	6	4	5	10
Avaliador 11	5	5	3	5	5	5	6	4	4	6	5	3	3	5	5	4	3	6	6	7	20
Avaliador 12	9	7	8	8	7	7	6	7	9	7	9	8	8	6	10	6	9	9	7	8	20
Avaliador 13	6	3	2	4	4	4	5	5	5	4	6	4	4	5	4	6	3	4	5	5	5
Avaliador 14	6	10	8	7	4	6	9	8	7	5	7	5	6	7	5	3	7	9	10	7	5
Avaliador 15	6	10	9	7	5	7	9	7	6	5	8	5	4	7	4	4	6	9	10	7	5
Avaliador 16	6	10	9	6	6	7	5	7	6	6	7	6	4	6	4	4	5	9	9	6	5
Avaliador 17	5	10	7	6	5	6	9	6	6	7	4	5	4	6	7	3	5	8	10	7	5
MÉDIA	6,81	6,16	5,47	6,00	6,59	5,78	5,28	5,53	5,69	6,25	6,75	4,69	5,41	5,16	5,94	5,19	5,91	7,38	6,19	6,63	

Figura 71. Avaliação humano desproporcional.
Fonte: O autor

	Personagens - Avaliar de 1 a 10																
CARTOON	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	PESO
Avaliador 1	3	3	5	4	4	4	5	8	6	6	5	8	5	8	5	6	5
Avaliador 2	10	8	4	7	8	6	8	7	8	10	8	8	9	8	7	9	10
Avaliador 3	7	6	7	6	4	4	4	4	5	5	5	4	6	5	4	4	5
Avaliador 4	9	8	6	6	10	6	7	6	7	8	6	7	6	5	4	5	15
Avaliador 5	4	4	10	5	3	9	2	2	9	2	2	8	6	7	6	6	5
Avaliador 6	8	8	4	6	10	3	6	7	9	9	6	6	4	3	2	1	10
Avaliador 7	9	7	5	6	6	4	4	6	7	8	6	4	7	7	5	5	10
Avaliador 8	8	6	6	7	7	6	7	7	7	8	8	6	7	7	8	7	15
Avaliador 9	8	6	5	6	9	4	7	6	5	7	6	4	6	5	5	8	5
Avaliador 10	7	6	6	6	7	7	4	3	4	6	4	6	3	2	2	2	10
Avaliador 11	8	4	5	7	4	1	2	4	3	5	5	1	4	3	2	2	20
Avaliador 12	10	7	9	8	6	10	4	7	8	8	7	10	7	6	9	8	20
Avaliador 13	8	6	5	7	6	2	3	3	3	4	3	2	3	2	2	2	5
Avaliador 14	3	4	4	4	4	4	4	4	5	4	10	4	5	3	4	4	5
Avaliador 15	4	4	2	4	4	4	5	3	5	4	8	3	3	4	2	4	5
Avaliador 16	2	4	2	4	4	4	4	4	5	4	4	2	3	2	3	3	5
Avaliador 17	3	4	2	2	3	4	4	4	6	4	6	2	5	1	4	3	5
MÉDIA	7,52	5,97	5,55	6,16	6,26	5,13	4,77	5,39	6,16	6,65	6,03	5,42	5,52	4,81	4,74	4,84	

Na obtenção destes valores foram considerados alguns fatores:

- Os desenhos desenvolvidos durante o processo de *sketching* foram numerados, estando estes associados a cada coluna das tabelas anteriores.
- Cada membro deveria utilizar um valor entre 1 a 10, sendo que 10 é o valor mais positivo e 1 o menos positivo. Isto reflete a estética e a adequação da personagem na interação com uma pessoa portadora de PEA;
- Foi utilizada uma função de estatística: Média Ponderada. A média ponderada permitiu saber qual a personagem com a melhor pontuação, que neste caso é realçado através de cores entre o verde (pontuação maior) e vermelho (pontuação menor). O cálculo é feito considerando o peso de cada valor calculado, permitindo assim incutir diferentes pesos na avaliação da média. Isto ajudou a dar mais importância a quem tem mais conhecimento sobre PEA. O peso foi considerado consoante a importância da avaliação de cada membro, refletindo a opinião do autor. O

valor 5 reflete membros na área de neurologia e visão e também na área do design gráfico, mas com poucos conhecimentos sobre PEA. O valor 10 reflete membros com conhecimentos de PEA na área de engenharia biomédica e na área do design gráfico. O valor 15 reflete membros com bastantes conhecimentos sobre PEA que se encontram na área da psicologia. O valor 20 reflete os membros portadores de PEA.

São apresentados os gráficos que realçam o resultado final.

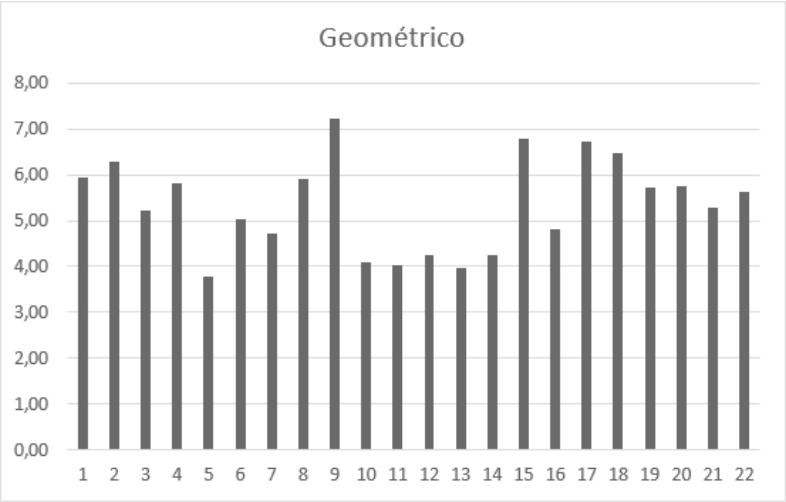


Figura 72. Gráfico geométrico.
Fonte: O autor

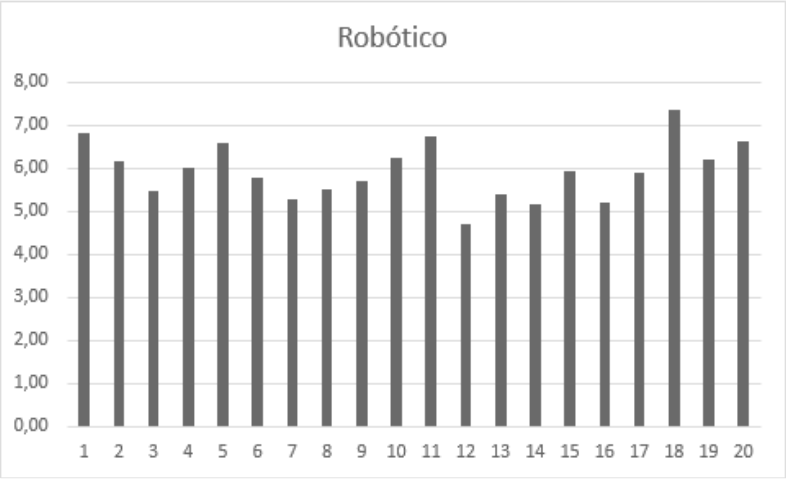


Figura 73. Gráfico robótico.
Fonte: O autor

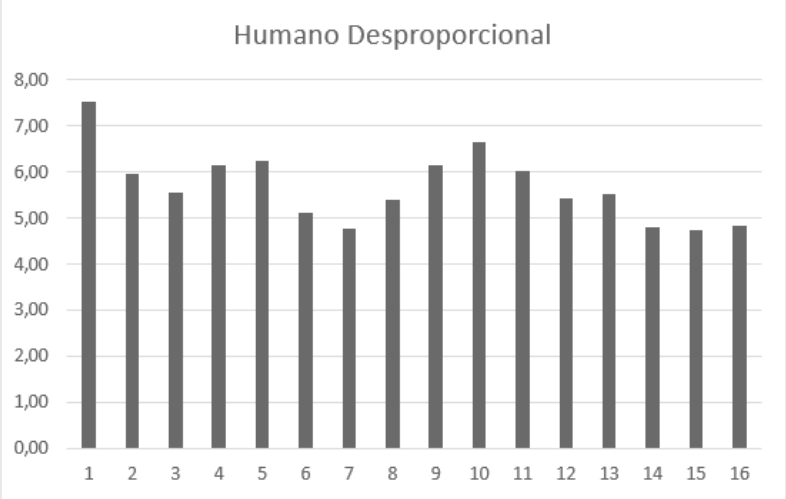


Figura 74. Gráfico humano desproporcional.
Fonte: O autor

Considerando estes dados, na componente *geométrica* foi escolhida a

personagem número 9; na componente *robótica* foi escolhida a personagem número 18 e na componente *humana desproporcional* foi escolhida a personagem número 1. O autor refletiu que estas personagens seriam adequadas para a fase do desenvolvimento de desenhos mais concretos perante as escolhas que tinha feito.

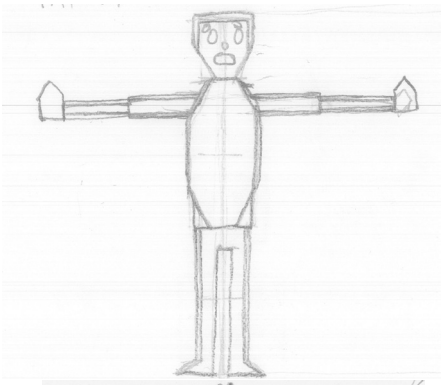


Figura 75. Geométrico 9.
Fonte: O autor

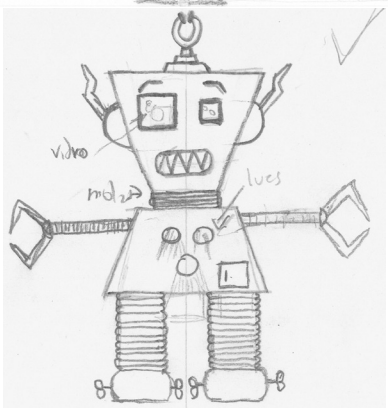


Figura 76. Robótico 18.
Fonte: O autor

Figura 77. Humano desproporcional 1.
Fonte: O autor

A personagem *geométrica* baseia-se no conceito de origami, apresentando formas mais retas e camadas de papel que constituem e produzem o corpo de um ser humano. De perfil, esta personagem seria bidimensional para ir de encontro ao conceito. As feições do rosto seriam perfuradas, sendo possível visualizar a personagem através dos olhos, nariz e boca.

A personagem *robótica* apresenta sólidos irregulares de quatro lados. Os braços e pernas apresentam um material cilíndrico, semelhantes a uma mola, que se dobra consoante o movimento, facilitando-o. Também é constituído por uma antena na parte superior da cabeça e duas nas orelhas. Na parte frontal seria constituído por lanternas (representadas pelos círculos) e uma pequena porta de acesso aos circuitos. Na

parte das feições do rosto, este apresentaria olhos irregulares e uma boca com abertura vertical. As mãos seriam formadas por ganchos.

A personagem *humana desproporcional* possuí os pés e as mãos enormes. A cabeça também é enorme, apresentando uma forma de elipse, realçando os olhos grandes. Em termos de vestes apresentaria uns calções, *t-shirt* e sapatilhas. O estilo de cabelo seria mais alternativo.

1.1.2.1. Alteração fulcral da direção do projeto

Durante o período de obtenção das avaliações das personagens houve a possibilidade de explorar as questões de obtenção dos dados das experiências e o que se deveria ter em conta na conceção das personagens ao falar com membros do IBILI e também perante alguns artigos lidos. Verificou-se, principalmente, em conversa com a Dra. Susana Mouga:

- Para haver comparação entre as diferentes personagens, tem de haver elementos em comum e um elemento distintivo. Ou seja, os elementos em comum são excluídos como variável a considerar quando for para obter os dados e o elemento distintivo será o elemento de comparação. Neste projeto aplicou-se o tipo de personagem como elemento distintivo;
- **Em suma, os elementos em comum deveriam incluir a cor, a altura, as proporções do corpo, terem membros semelhantes ao ser humano (bípede) e terem a possibilidade de executar os gestos que um ser humano executa.**

Estes pontos acabaram por influenciar todo o processo da conceção das personagens, e considerando-os, foi então definido o seguinte esquema.

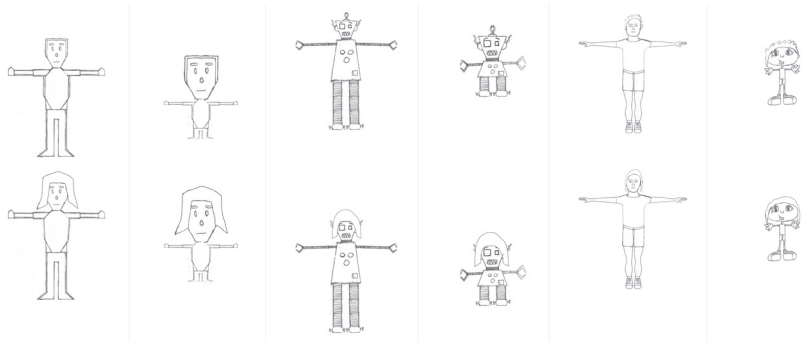


Figura 78. Esquema das personagens. Fonte: O autor

No final foram produzidos três tipos de personagem: *geométrica*, *robótica* e *humana*. Em cada variante insere-se a componente *proporcional* e *desproporcional*. Também se incluiriam os géneros masculino e feminino.

1.1.3. Desenhos manuais

A partir do esquema apresentado, tentou-se aprofundar cada desenho da personagem de forma a corrigir erros de proporção e elementos que não se encontravam bem enquadrados. Para além disso, foram

produzidas diferentes vistas para se ter uma perceção mais tridimensional das personagens a desenvolver.

Nestes desenhos considerou-se o mesmo tamanho dos membros, nomeadamente das pernas, braços, tronco e cabeça. Foi considerada a mesma altura, comprimento e tipo de medida (mencionado no Estado da Arte) para ambas as personagens *proporcionais* e *desproporcionais*. No entanto, no caso da personagem *desproporcional*, a sua cabeça equivaleria a duas cabeças e, consequentemente, os tamanhos dos restantes membros seriam adaptados considerando esta alteração.

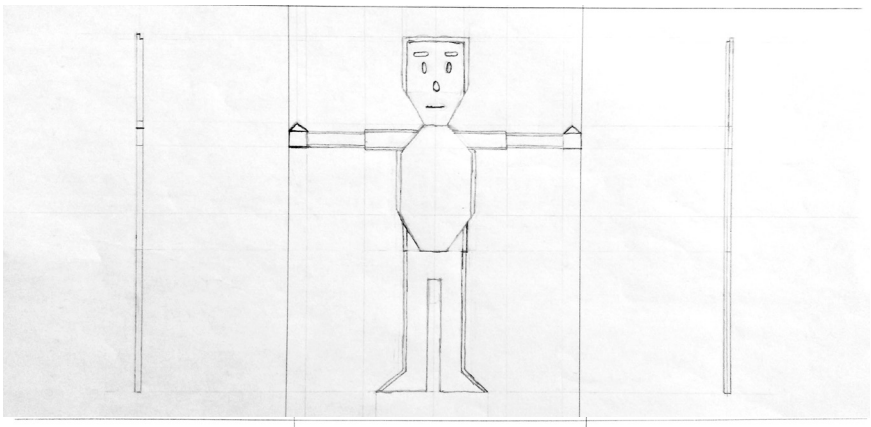


Figura 79. Geométrico proporcional.
Fonte: O autor

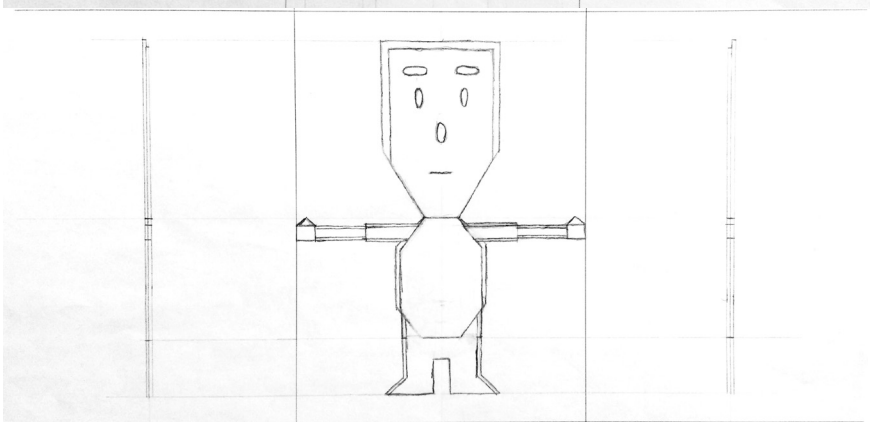


Figura 80. Geométrico desproporcional.
Fonte: O autor

Na personagem *geométrica* tentou-se manter o mesmo tipo de estrutura, mantendo a cabeça pentagonal, o tronco com forma hexagonal e os braços, mãos e pernas com formas quadrangulares e triangulares. Na vista de perfil manter-se-ia a componente bidimensional e com duas camadas de "papel" de forma a preservar o conceito de origami.

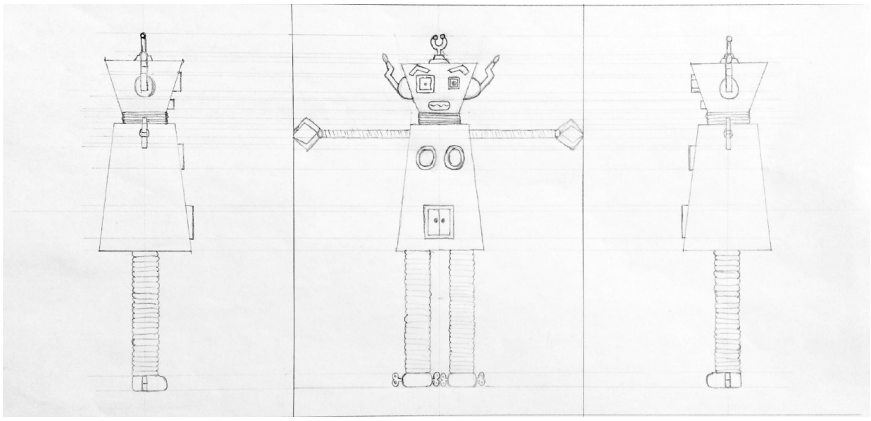


Figura 81. Robótico proporcional.
Fonte: O autor

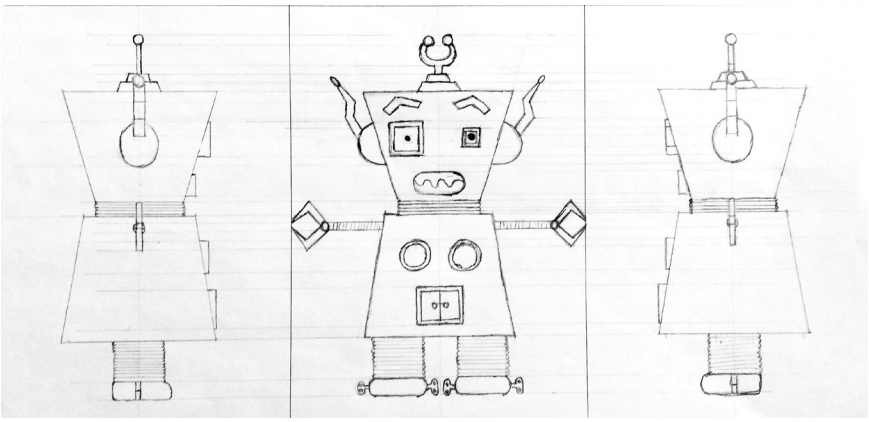


Figura 82. Robótico desproporcional.
Fonte: O autor

Na personagem *robótica* foram alterados alguns pormenores em comparação com a versão *sketch*. Na parte frontal do tronco, as luzes foram colocadas de maneira diferente e no geral as suas componentes foram mais detalhadas. Como mencionado anteriormente, as formas base apresentariam formas mais quadrangulares ao contrário de cilíndricas. Denota-se na parte das orelhas a representação de uma metade de uma esfera.

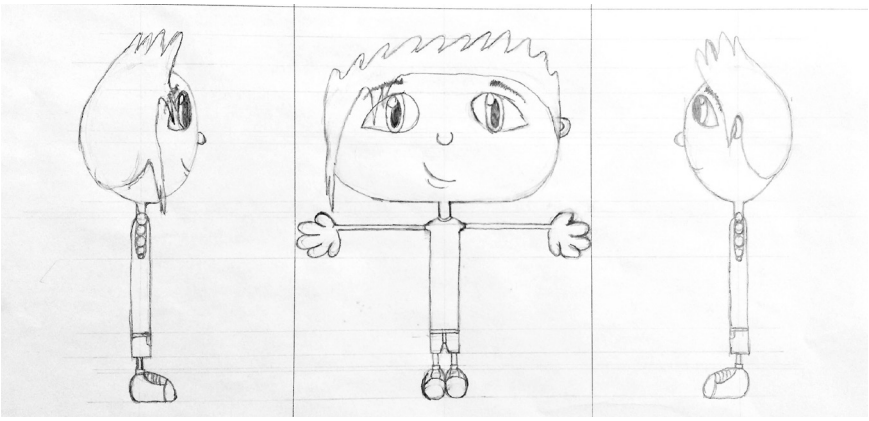


Figura 83. Humano desproporcional.
Fonte: O autor

Na personagem *humana desproporcional* a maioria dos pormenores mantiveram-se. As principais diferenças focaram-se na adaptação das novas proporções adotadas.

No entanto, mediante a opinião do orientador da faculdade e outras pessoas, denotou-se alguns pormenores a melhorar:

- Na componente *geométrica*, este poderia apresentar formas mais uniformizadas ao invés de utilizar várias formas (como só formas quadrangulares, ou triangulares);
- Na componente *robótica* os olhos deveriam ser regulares para manter a coerência entre as diferentes personagens. A questão das luzes poderia não ser a melhor ideia por serem elementos distrativos;
- Na componente *humana desproporcional*, o corpo no geral deveria ser todo alterado. Os membros na perspetiva de lado deveriam ter mais volume em vez de ser tudo tão uniformizado. As proporções do corpo também não se encontravam bem adequadas, causando um desequilíbrio;

- Deveria ser dado mais expressividade nos traços.

Mediante estas opiniões, foram desenvolvidas novas opções para cada tipo de personagem.

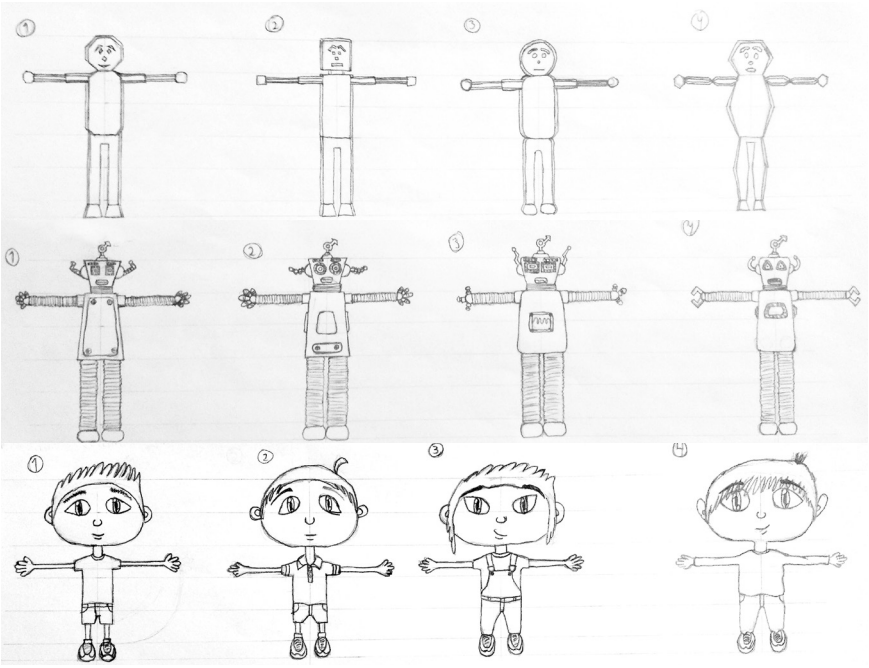


Figura 84. Diferentes opções para as personagens.
Fonte: O autor

Em cada tipo de personagem experimentou-se diferentes tipos de elementos que abrangeram as formas, a adição ou exclusão de novos elementos, diferentes cabelos, diferentes vestes e diferentes volumes dos corpos. Tentou se chegar a uma solução mais concreta, pegando nos diferentes elementos das diferentes opções desenhadas.

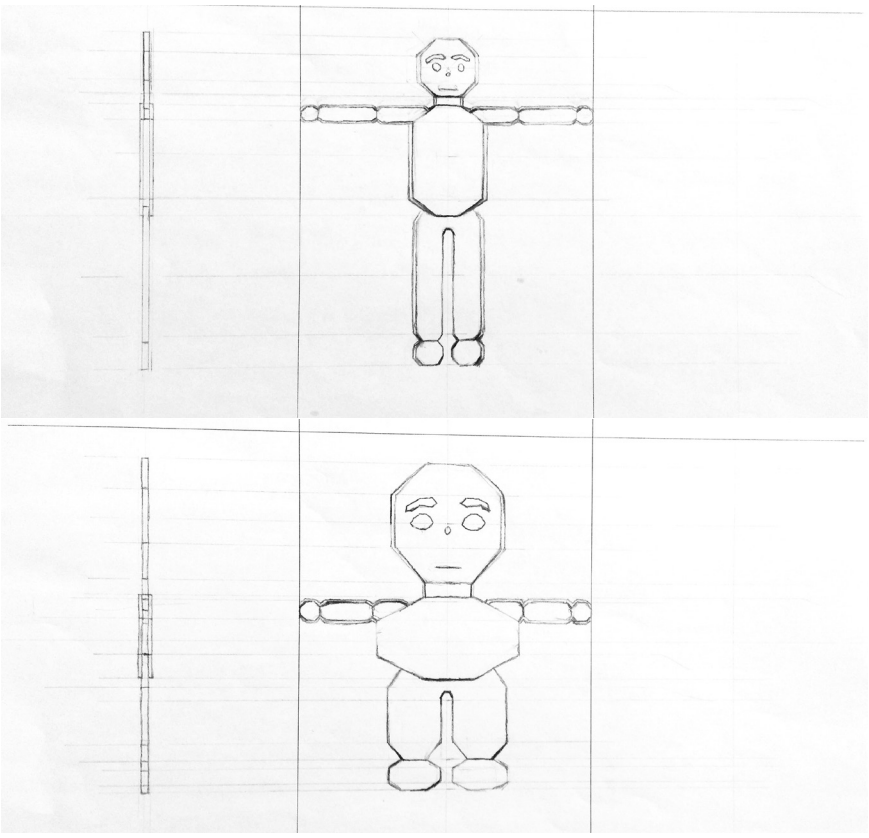


Figura 85. Personagens geométricas.
Fonte: O autor

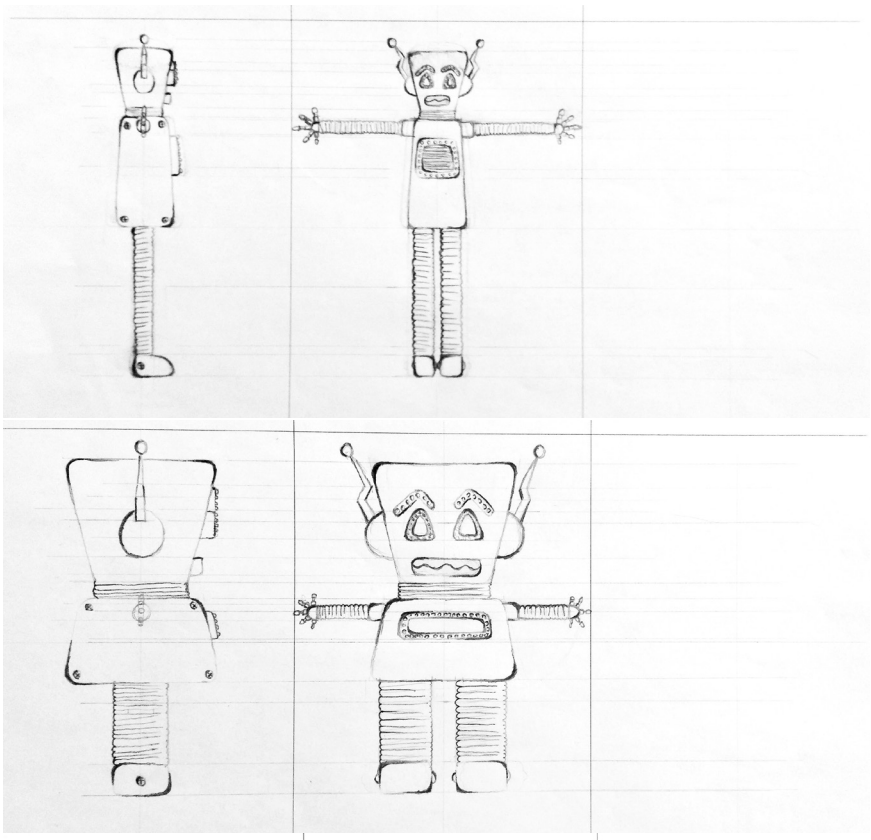


Figura 86. Personagens robóticas.
Fonte: O autor

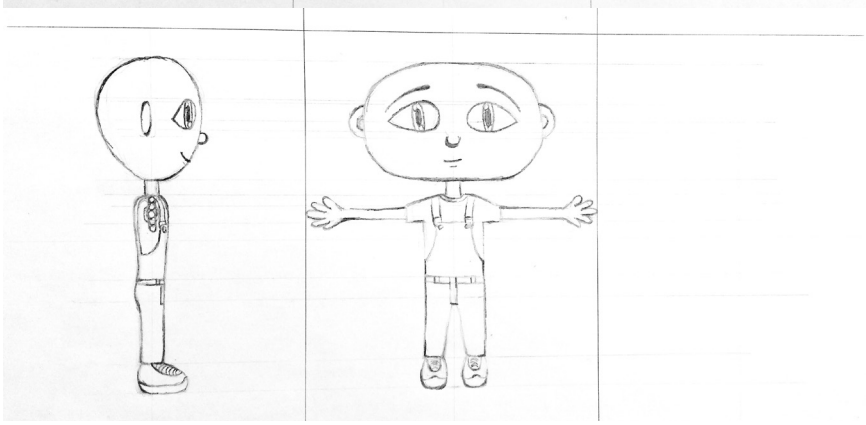


Figura 87. Personagem humana desproporcional.
Fonte: O autor

No geral, todas as formas foram simplificadas e as proporções do corpo foram alteradas de forma a tornar os membros todos mais equilibrados.

Na personagem *geométrica* foi adotada a forma octogonal em todo o corpo.

Na personagem *robótica* os elementos constituintes do corpo foram reduzidos, e as feições do rosto ficaram mais regulares. Os ganchos foram trocados por mãos semelhantes ao ser humano.

Na personagem *humana desproporcional* não foi decidido um estilo de cabelo. Todavia, os membros do corpo adquiriram mais volume, dando mais forma a este. A roupa escolhida acabou por ser o macacão/jardineiras. Esta escolha partiu do principio que esta veste se adequava a ambos os géneros masculino e feminino, fugindo às vestes mais comuns.

1.1.4. Desenhos digitais

Procedeu-se para a componente digital. A partir dos desenhos anteriores foi possível converter para vetores utilizando o *Adobe Illustrator*®.

De forma a garantir a mesma altura e comprimento de todas as personagens e não esquecendo a medida das cabeças mencionada no Estado da Arte, foi construído um *workshop* base com medidas fixas.

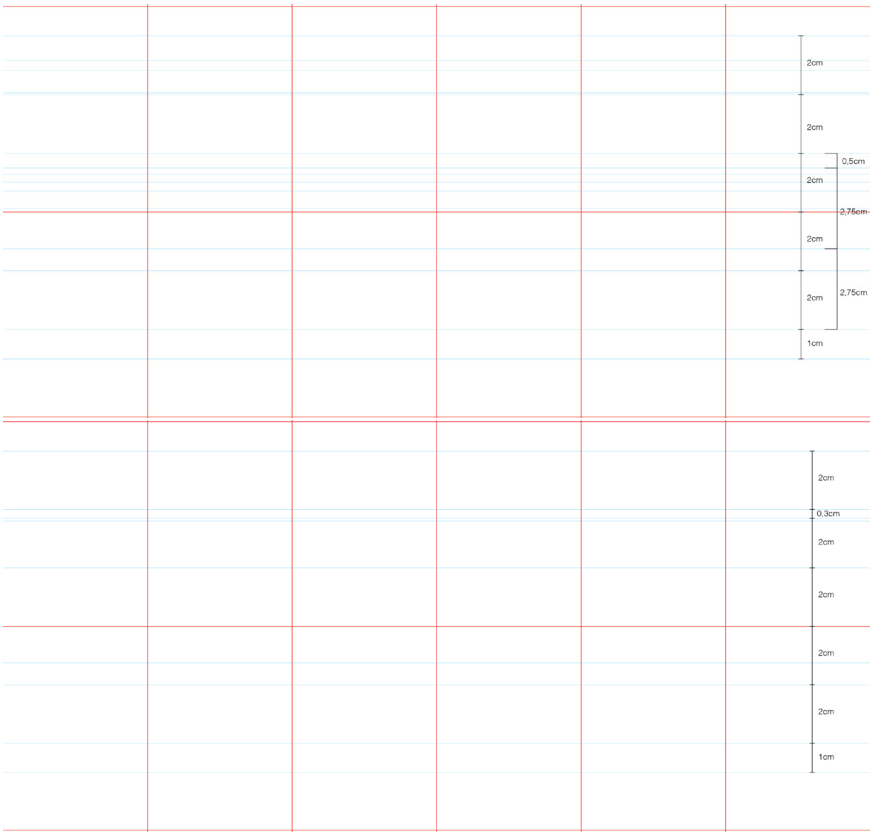


Figura 88. Grelhas proporcional e desproporcional.
Fonte: O autor

Foram então criados os vetores considerando estes *workshops*.

Inicialmente pensou-se em utilizar cores e texturas que permitissem pormenorizar mais a fundo as personagens. Mas como a utilização de texturas seria uma variável adicional nas experiências e, em suma, seria necessário utilizar diferentes texturas para as diferentes personagens, optou-se por utilizar unicamente cores uniformes.

Após o desenho dos vetores foi possível aplicar diferentes paletes de cores. Para a palete de cores final foi decidido utilizar um total de cinco cores.

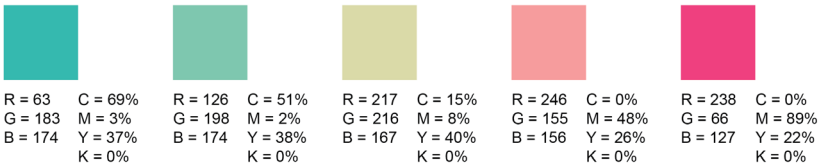


Figura 89. Palete de cores RGB e CMYK.
Fonte: O autor

Para cada género seriam utilizadas três das cinco cores. Esta palete foi escolhida tendo em conta o pensamento generalizado e pré-concebido de distinguir os géneros entre a cor azul que representa o masculino e a cor de rosa que representa o feminino. Simultaneamente tentou-

se fugir um pouco desta ideia pré-concebida. Recorreu-se à cor verde com um tom mais azulado para representar o género masculino e à cor rosa com um tom mais vermelho para representar o género feminino. Excetuou-se em alguns casos a utilização adicional das cores branco, preto e castanho para diferenciar e acentuar alguns pormenores.

Seguem-se os desenhos digitais mais pormenorizados.

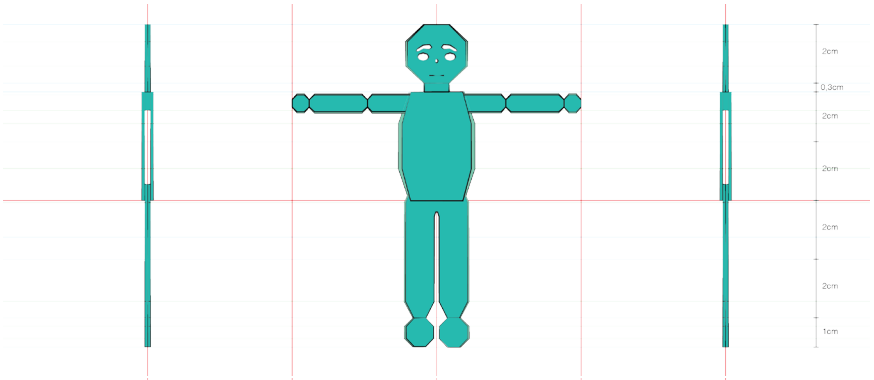
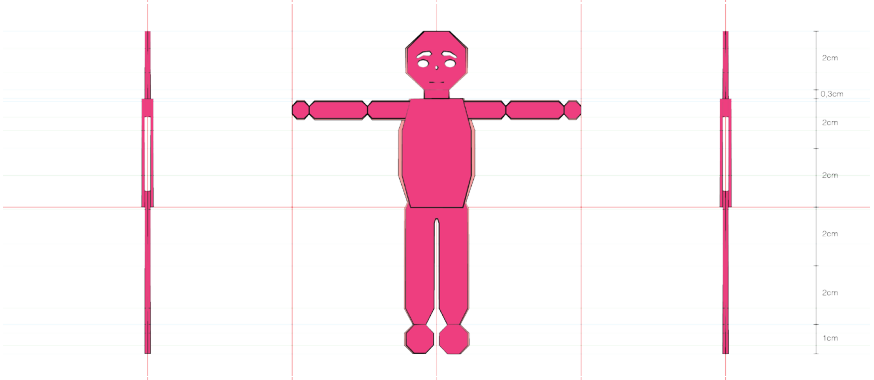


Figura 90. Personagem geométrica proporcional.
Fonte: O autor



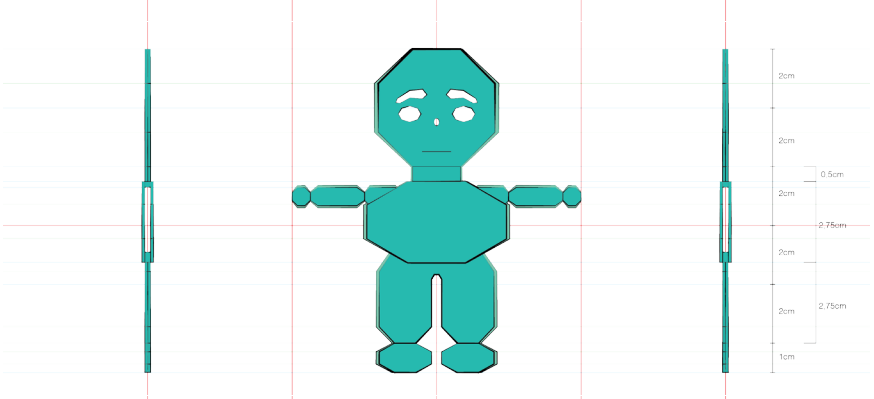
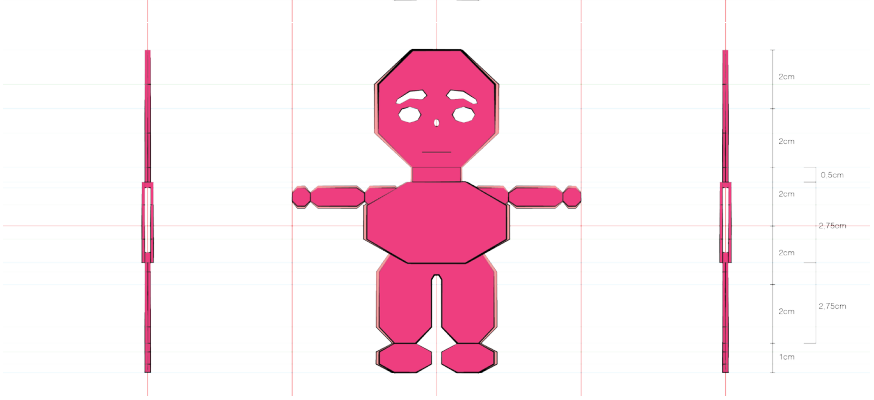


Figura 91. Personagem geométrica desproporcional.
Fonte: O autor



Os vetores possuem diferentes espessuras para dar mais expressividade às personagens. As cores foram aplicadas consoante aquilo que o autor achava adequado a cada elemento nas personagens.

A personagem *geométrica* não sofreu grandes alterações. Seriam utilizados unicamente os dois tons verde e rosa. Cada elemento constitutivo do rosto seria formado por oito lados.

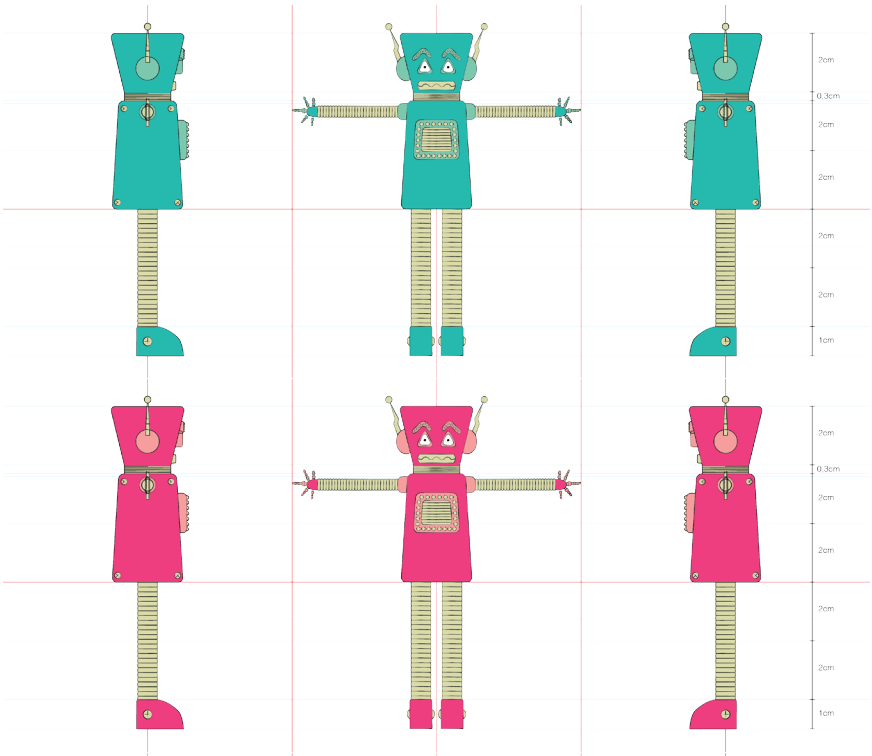


Figura 92. Personagem robótica proporcional.
Fonte: O autor

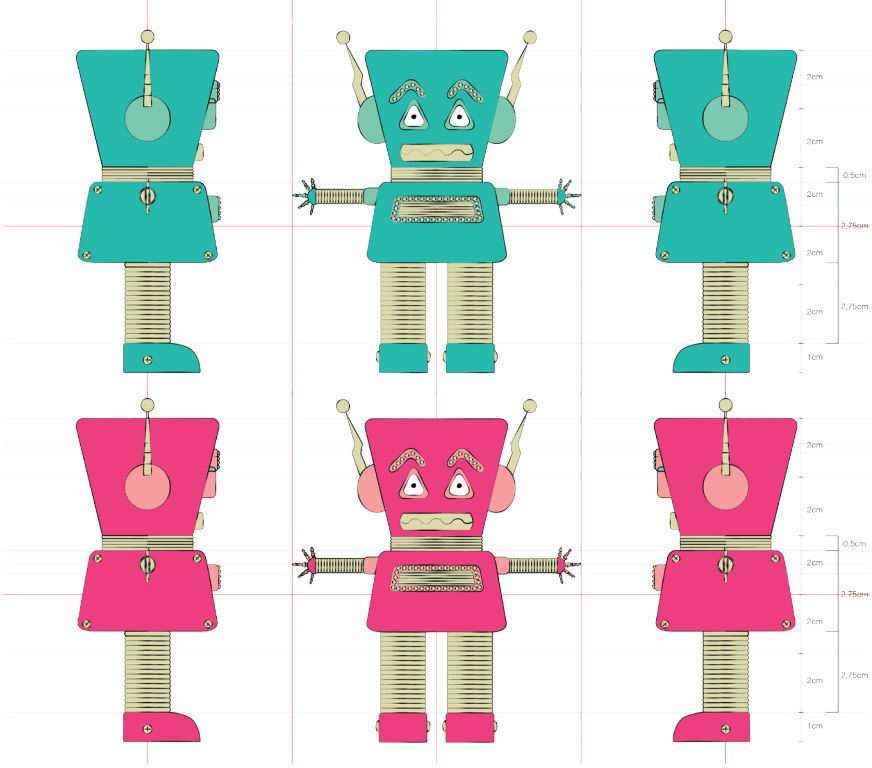


Figura 93. Personagem robótica desproporcional.
Fonte: O autor

Na personagem *robótica* as cores foram utilizadas de forma a distinguir os diferentes membros. As cores verde e rosa escuras foram utilizadas como base estrutural do corpo que inclui o tronco, a cabeça, as mãos e os pés. A cor amarela foi utilizada nos membros de conexão aos membros principais que inclui os braços, as pernas, o pescoço. Incluísse também as antenas e a forma retangular situada na parte frontal

do tronco. Já as cores verde e rosa claras cobririam o resto dos elementos que inclui os ombros, as orelhas e uma parte da forma retangular situada na parte frontal do tronco.

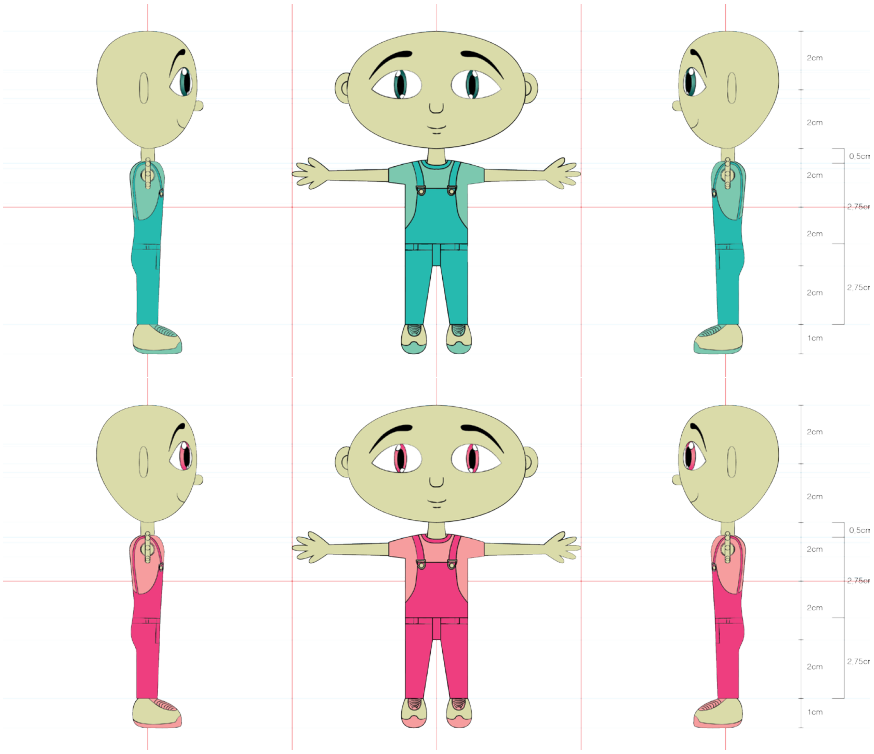


Figura 94. Personagem humana desproporcional.
Fonte: O autor

Na personagem *humana* seriam utilizados os dois tons das cores verde e rosa nas vestes de forma a diferenciar os géneros. Também seria aplicado nos olhos. Já o amarelo seria utilizado como tom de pele, numa parte das sapatilhas e nos ferros onde se encaixam os botões da roupa.

Após estes desenhos terem sido desenvolvidos, partiu-se para a etapa seguinte: a conceção dos modelos 3D destas personagens.

1.2. Modelação 3D e Rigging

Nesta fase serão mencionadas as etapas, obstáculos a ultrapassar e tipologias adotadas perante as diferentes personagens. Será demonstrado o processo de trabalho que tem início na modelação e finaliza na inserção das personagens no *software MotionBuilder 2015*® para a gravação das animações e utilização da tecnologia *Motion Capture* em tempo real. O *software* principal no desenvolvimento das personagens consistiu no *3ds Max 2016*®. Não houve uma linha contínua na produção das personagens. À medida que as personagens foram sendo desenvolvidas, o esqueleto foi sendo aplicado a cada uma, recorrendo ao processo *rigging* (explicado na secção *1.2.6 Rigging* deste capítulo), de forma a entender o seu funcionamento e a testar os seus limites.

É importante referir que se tentou demonstrar através de todas as personagens uma expressão mais sorridente.

1.2.1. Workshop

Antes de iniciar a modelação das personagens, foi necessário criar um *workshop* no *3ds Max 2016*® que permitisse utilizar os desenhos digitais como referência na conceção destes.

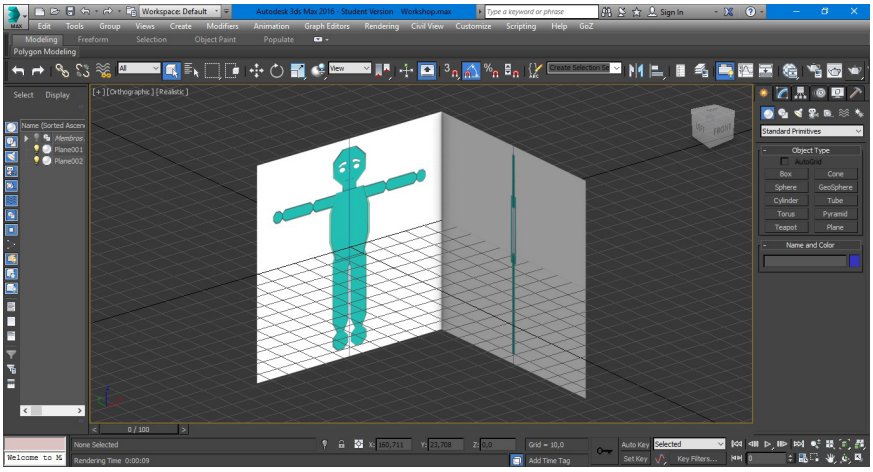


Figura 95. Workshop.
Fonte: O autor

Baseado nalguns tutoriais de produção de personagem, no ambiente de criação 3D foram colocadas duas formas quadrangulares planas onde seria possível colocar as vistas pretendidas. Neste caso foram utilizadas as vistas frente e de perfil. A vista frontal encontra-se paralelo ao eixo X e a vista de perfil encontra-se paralelo ao eixo Y. Entre estes dois planos seria produzida a devida personagem.

1.2.2. Personagem Geométrica

Para iniciar a produção desta personagem, utilizou-se uma *shape*[1] denominada de *box*[2].

Foi decidido produzir a personagem a partir da cabeça até aos pés. Considerando isto, colocou-se a *box* na cabeça como base. Esta foi ajustada considerando o comprimento, largura e altura. Como a cabeça é constituída por cinco lados foi necessário dividir algumas *edges*[3] para criar mais *vertexes*[4] e colocar as formas na posição correta movendo estes elementos. Seguindo o desenho digital, o corpo no total teria de ter duas camadas sobrepostas e, por esta razão, foi necessário utilizar a técnica *extrude*[5]. Esta permite a partir de um *polygon*[6], *edge* ou *vertex* puxar e formar um novo elemento consoante o que foi selecionado, dirigindo na direção em que se encontra. Estas técnicas englobam um método que chamaremos de *Box and Edge Modelling*, sendo este o método base de todas as personagens.

1 forma
2 caixa
3 laterais
4 vértices
5 extrusão
6 polígono

Após isto, foi decidido colocar um *modifier*[7] a partir do *modifier list*, uma das ferramentas que permite aplicar diversos *modifiers* úteis que modificam o aspeto ou forma dos objetos selecionados. Foi escolhido um que permitisse aplicar o efeito de espelho invertido denominado de *Symmetry*[8]. Ou seja, o objeto colocado seria dividido em duas partes iguais, ou seja, ao trabalhar numa parte, a outra seria afetada de igual forma. Este *modifier* atua a partir de um eixo que corta verticalmente a forma do objeto 3D. Como um corpo de uma criatura bípede é quase todo ele simétrico, este *modifier* permite garantir que os membros do corpo mantenham o mesmo comprimento, largura e altura.

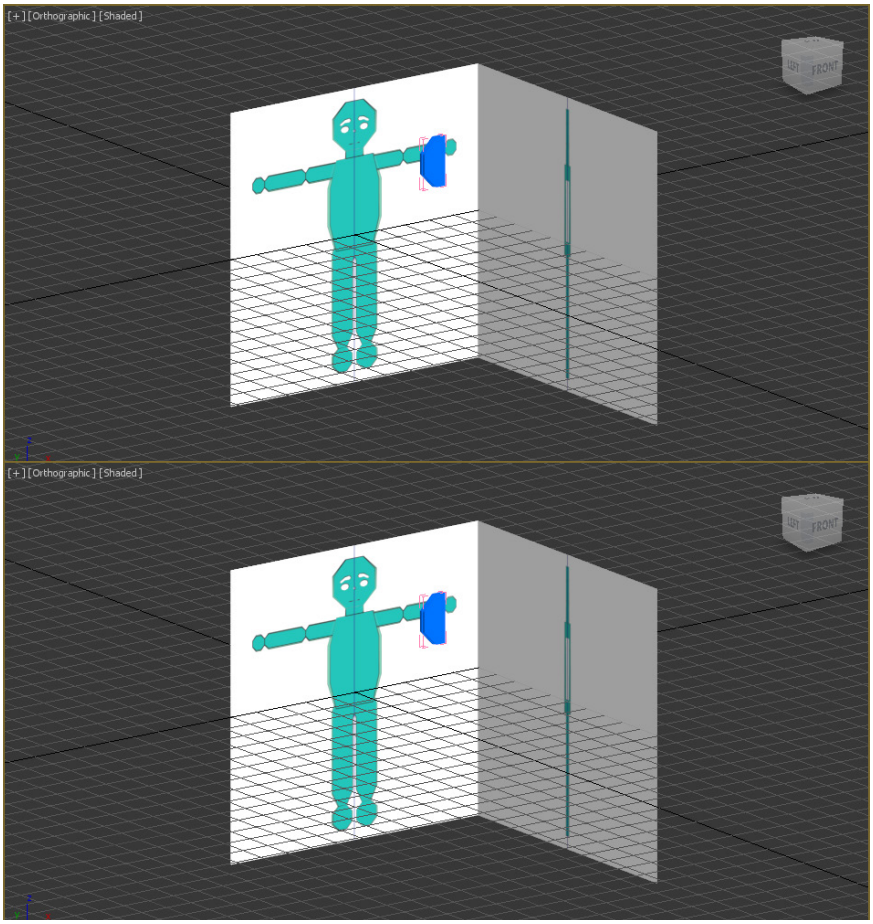


Figura 96. Symmetry modifier.
Fonte: O autor

Após a base desenvolvida, usando o método previamente mencionado, os restantes membros foram produzidos. Surgiu a dúvida de se manter os membros separados em camadas diferentes ou ligados diretamente uns aos outros através dos seus *polygons* devido à natureza e forma da personagem que, neste caso, apresenta os membros separados. Para resolver esta questão, a mesma personagem foi produzida consoante os dois métodos. Apesar disso, houve mais dificuldades na produção da personagem como um único objeto ao invés de objetos separados que representem cada membro.

7 modificador

8 simetria

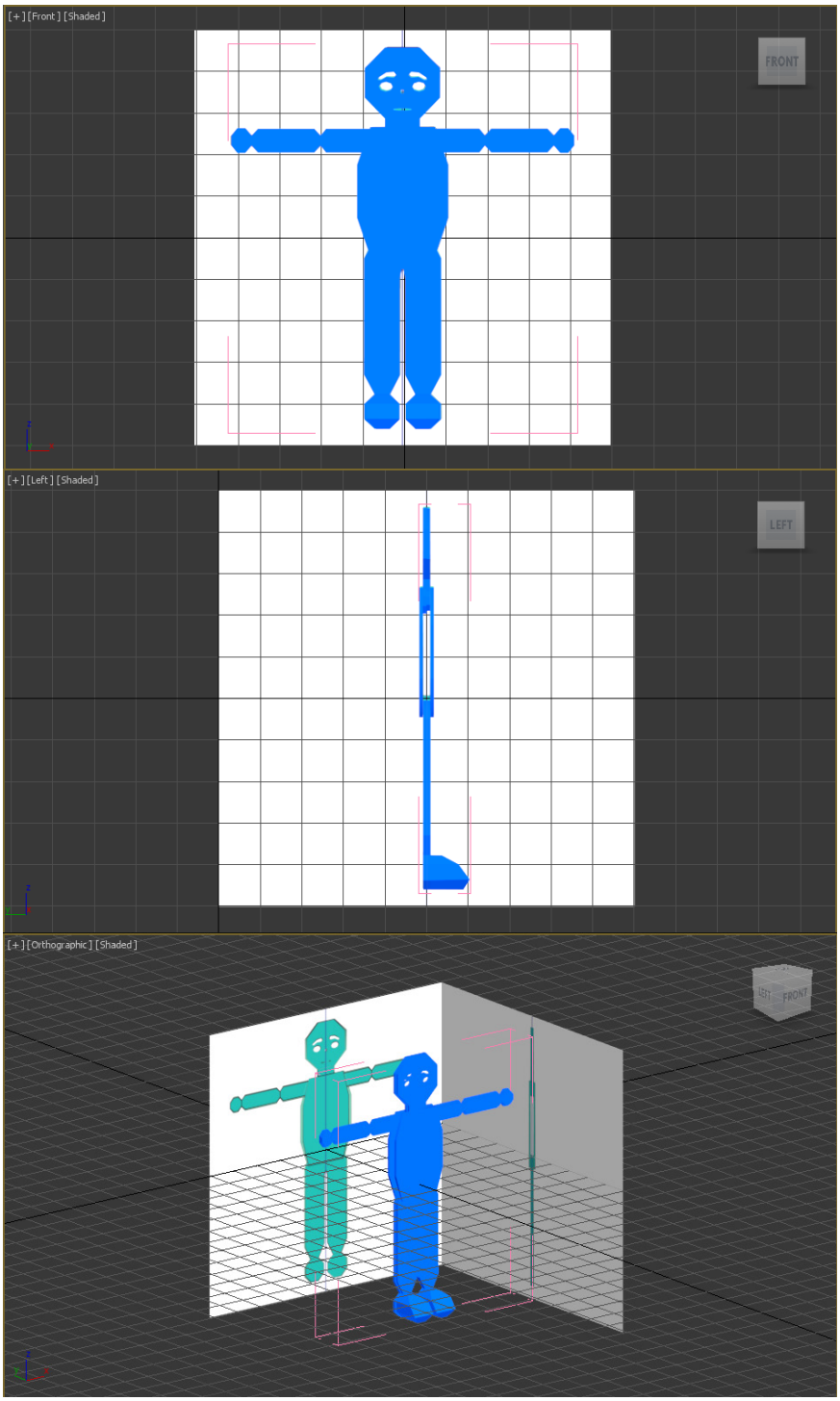


Figura 97. Vistas da personagem geométrica proporcional.
Fonte: O autor

Entretanto, foi decidido dar volume aos pés de forma a assentar melhor a personagem no chão. Para produzir as feições do rosto foi utilizado a ferramenta *boolean*[9]. Neste caso, esta permitiu efetuar os devidos cortes na interseção de dois objetos, ou seja, foram interligados, ao todo, quatro objetos a atravessar a cabeça, cada um destes representando cada elemento da cara.

Com a personagem *geométrica proporcional* produzida, foi decidido criar a personagem *desproporcional*. Como mantém as mesmas formas, foi decidido aproveitar os membros todos do corpo da personagem

9 operação que recorre à adição ou subtração de dois elementos cruzados

proporcional. Tendo esta personagem uma versão com os membros separados facilitou esta transição, apesar de ter sido necessário fazer diversos ajustes para adequar-se aos desenhos digitais que representam a personagem *desproporcional*. Tal como na personagem *proporcional*, houve dificuldade na junção de todos os membros num só objeto.

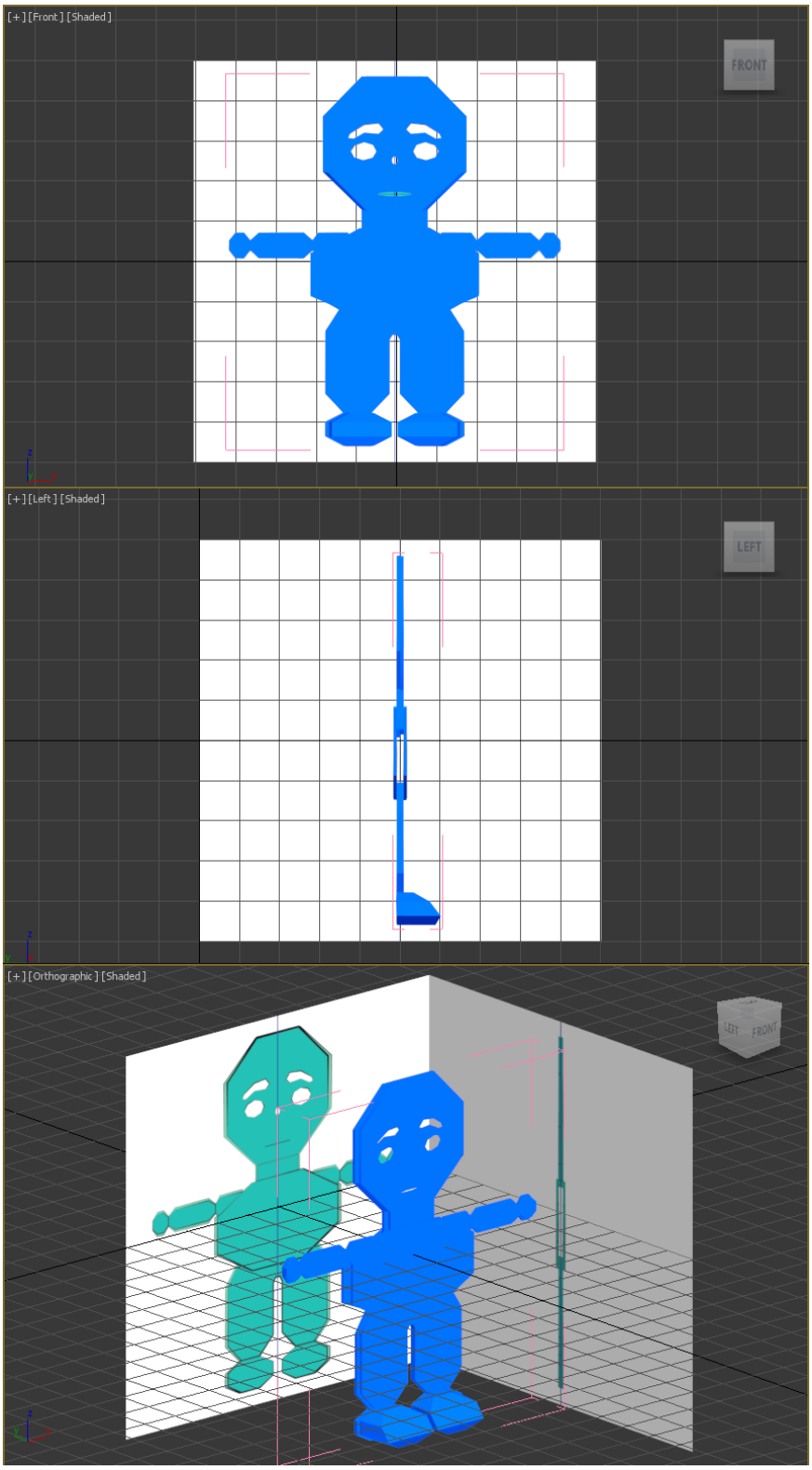


Figura 98. Vistas da personagem geométrica desproporcional.
Fonte: O autor

Para garantir o funcionamento de forma correta quando colocado o esqueleto na personagem, foram feitos diversos testes. Verificou-se no

final que este causaria diversos problemas:

- A versão com os membros separados em diferentes objetos funcionou ligeiramente melhor em comparação com os membros juntos num só objeto;
- Porém, ambos apresentavam problemas em que os membros se sobrepunham uns sobre os outros, causando alguns *bugs*[10] de distorção;
- O seu corpo em comparação com as personagens *robótica* e *humana* têm os volumes completamente distintos;
- Outra das razões da distorção das formas deveu-se aos poucos *polygons* existentes na personagem, uma vez que representa sólidos geométricos mais simples. Tentou-se aumentar o número de *polygons* com o *modifier Subdivide*[11] que acabou por tornar a distorção mais suave no geral. No entanto, a aparência geométrica acabaria por desaparecer devido à suavização;
- Adicionalmente, o facto de ter poucos *polygons* acabaria por causar mais problemas de iluminação sobre a personagem em comparação com ter muitos.

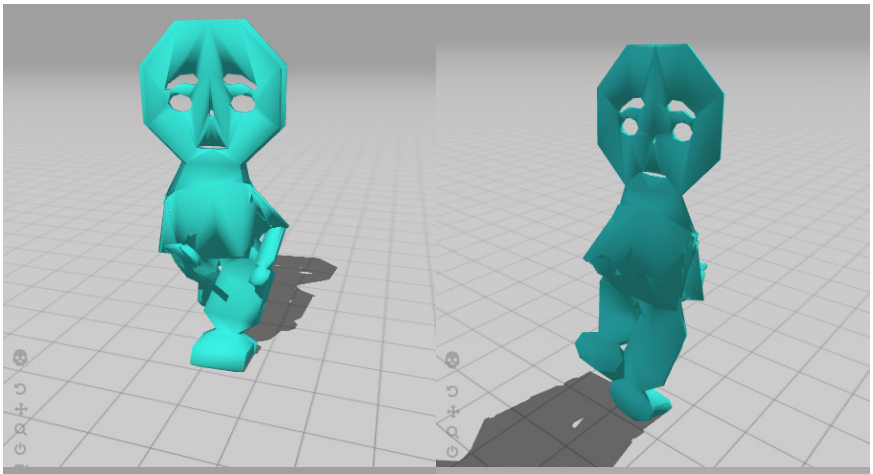


Figura 99. Personagem sem subdivide.
Fonte: O autor

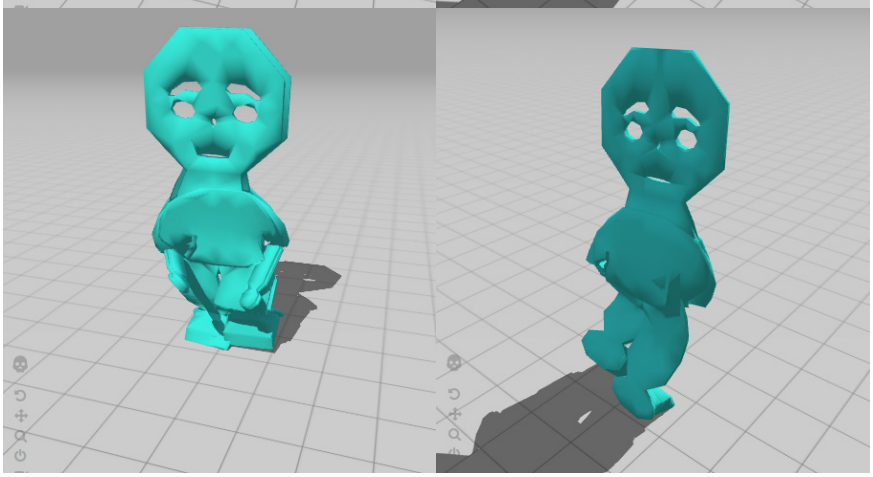


Figura 100. Personagem com subdivide.
Fonte: O autor

Com estes pontos indicados, tentou-se chegar a uma solução que resolvesse os aspetos mencionados anteriormente.

Foi necessário reestruturar a personagem desde a base do desenho

10 erro

11 subdividir

digital. Optou-se por restruturar a personagem com sólidos mais regulares mantendo assim uma melhor coerência entre os elementos.

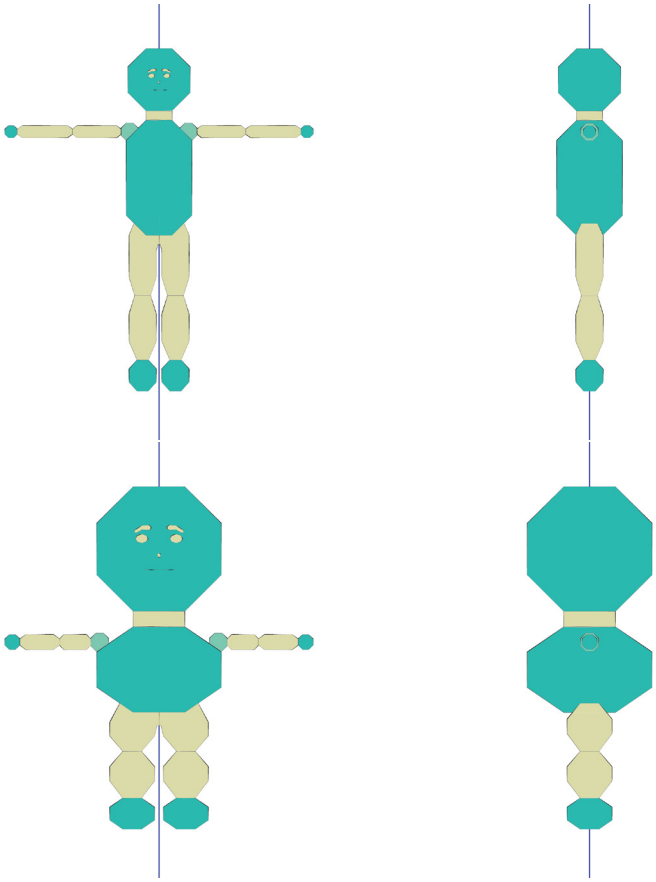


Figura 101. Personagem geométrica final.
Fonte: O autor

As cores foram utilizadas para diferenciar os diferentes membros da personagem. Os tons escuros permitem evidenciar o tronco, cabeça, pés e mãos. Os tons claros evidenciam os ombros e a cor amarela realçam as pernas, os braços e a cara.

Com isto, procedeu-se à produção da personagem no *3ds Max 2016*® com recurso ao método mencionado inicialmente.

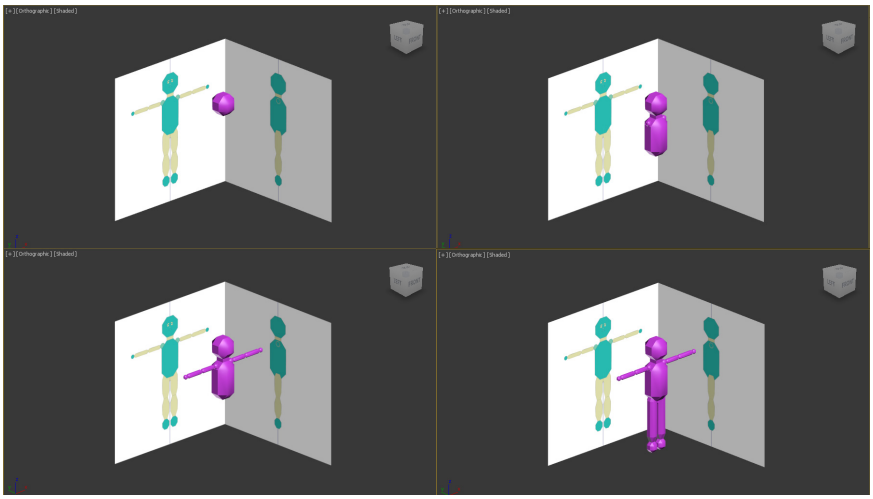
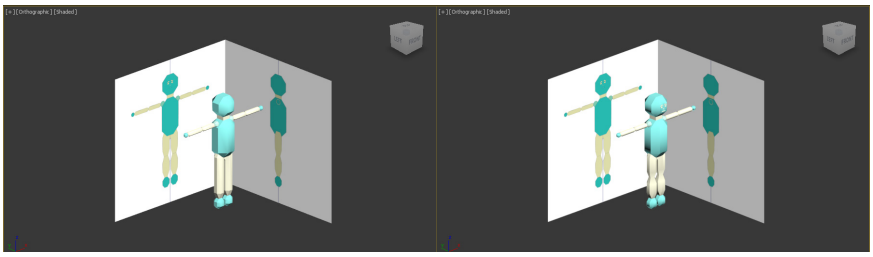
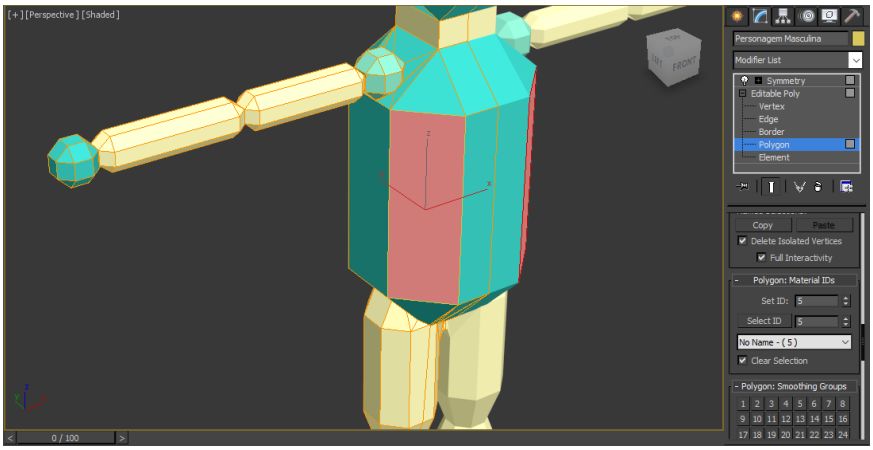


Figura 102. Processo 1 - Modelação da personagem.
Fonte: O autor



A personagem foi criada como um único objeto, unido com todos os membros. Chegou-se a esta conclusão por permitir uma melhor fluidez na componente da animação, e evitar que os membros se separassem. Foi aplicada a palete das cores consoante o que tinha sido pensado na componente dos desenhos digitais. Como foi utilizada mais do que uma cor, foi então necessário atribuir *ID's*[12] diferentes para determinadas *polygons* da personagem. Cada ID representaria uma cor a atribuir. Neste caso foi necessário criar três destes e aplicar aos *polygons* de acordo com as cores escolhidas.

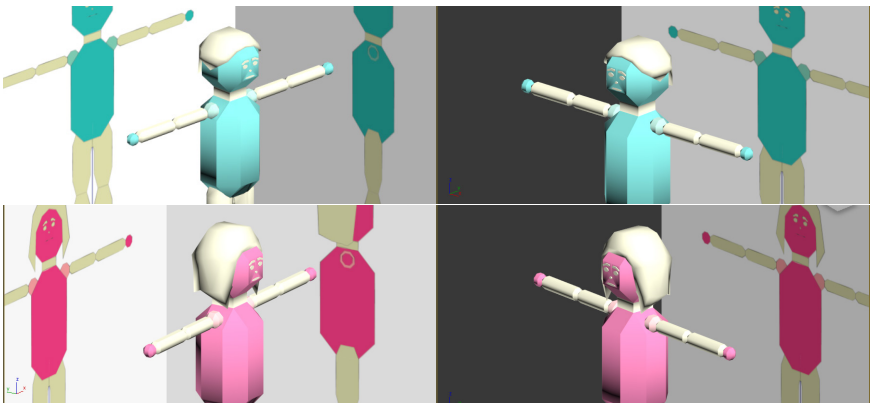
Figura 103. ID do material.
Fonte: O autor



No exemplo anterior é possível verificar que ao selecionar um dos *polygons,* esta apresenta o ID número cinco. Este representa o tom verde escuro.

Posteriormente, como seria necessário colocar um estilo de cabelo na personagem *humana proporcional* e *desproporcional*, adicionalmente se deveria colocar um elemento semelhante nas outras personagens. Referindo a personagem deste tópico, tentou-se criar estilos de cabelo geométricos.

Figura 104. Processo 2 - Penteados.
Fonte: O autor



12 identificadores

Optou-se por utilizar a cor amarela como diferenciador em comparação com a cor da cabeça que permitiu realçar a forma. Mas acabou por complicar mais a personagem em termos da sua forma. Consequentemente, decidiu-se manter a mesma forma que tinha anteriormente à inserção do cabelo e aplicou-se diretamente uma cor extra, inicialmente não incluída, na palete: a cor castanha. Como durante a conceção dos desenhos digitais se tinha pensado em utilizar tons de castanho na personagem *humana*, acabou por se utilizar a mesma cor nesta personagem.

Simultaneamente, tentou-se resolver outro problema que surgiu quando se aplicaram as cores. Por algum motivo, mesmo aplicando os valores RGB exatos apresentados no *software Adobe Illustrator*®, as personagens apresentavam cores mais claras do que seria expectável. Isto deveu-se ao tipo de luz ambiente de cor branca uniforme que projeta sobre o espaço de trabalho por defeito. Este denomina-se de *gamma* que apresenta o valor de 2.2 de intensidade (MintViz, 2011). Perante isto, foi necessário utilizar uma equação que permitisse alterar os valores, considerando este tipo de iluminação.

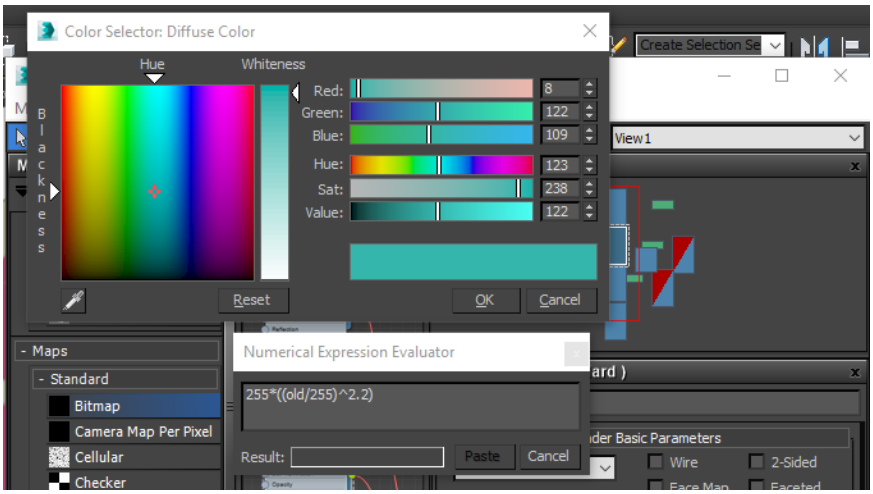


Figura 105. Equação.
Fonte: O autor

Aqui é possível verificar a janela *Numerical Expresion Evaluator* onde se encontra a equação. Esta equação tem em conta o valor antigo da cor e faz uma relação com o valor de *gamma* de 2.2, levando a produzir o novo valor RGB. Na palavra *old* insere-se um dos valores anteriores do RGB. No final é produzido o valor adequado ao valor do *gamma* (MintViz, 2011).

Apresenta-se uma solução mais finalizada da personagem.

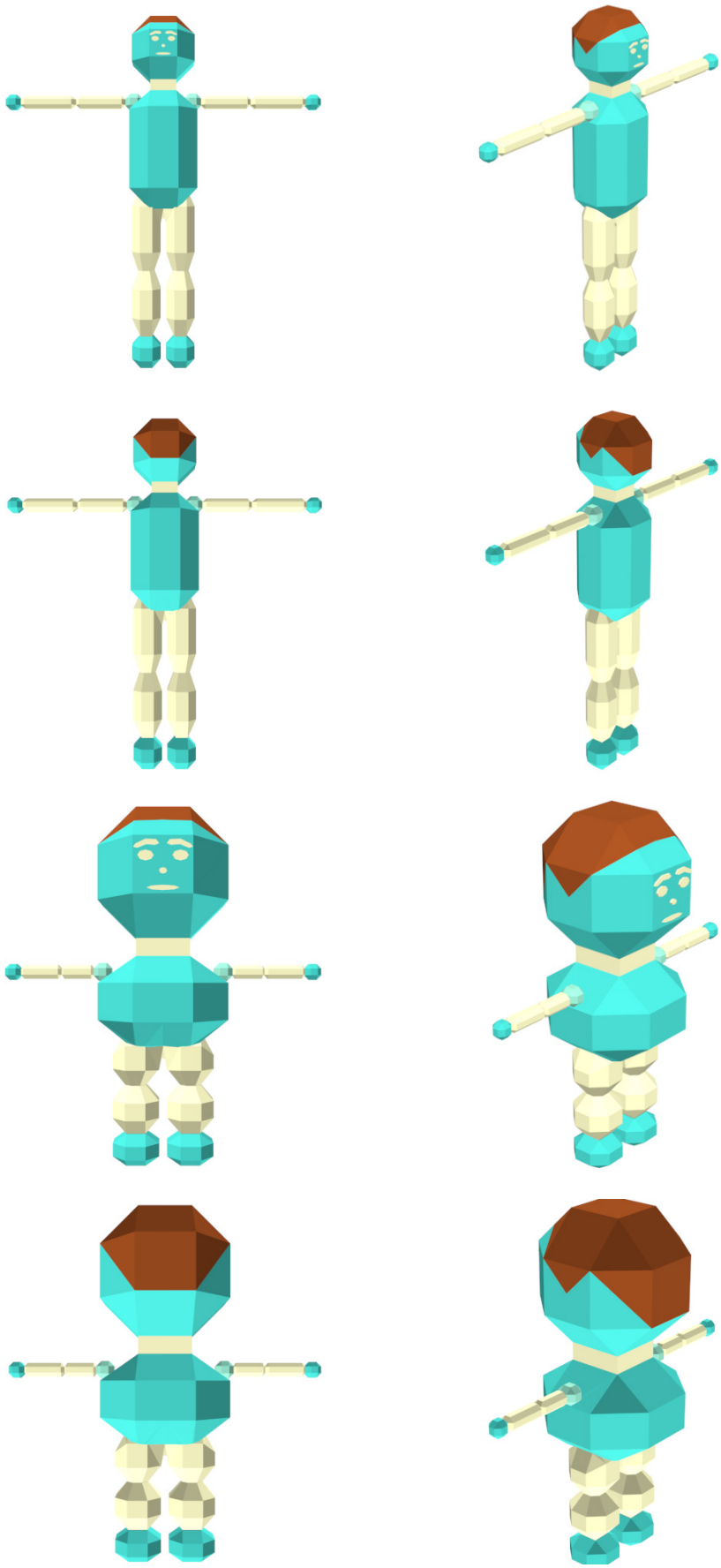


Figura 106. Personagem final masculina.
Fonte: O autor

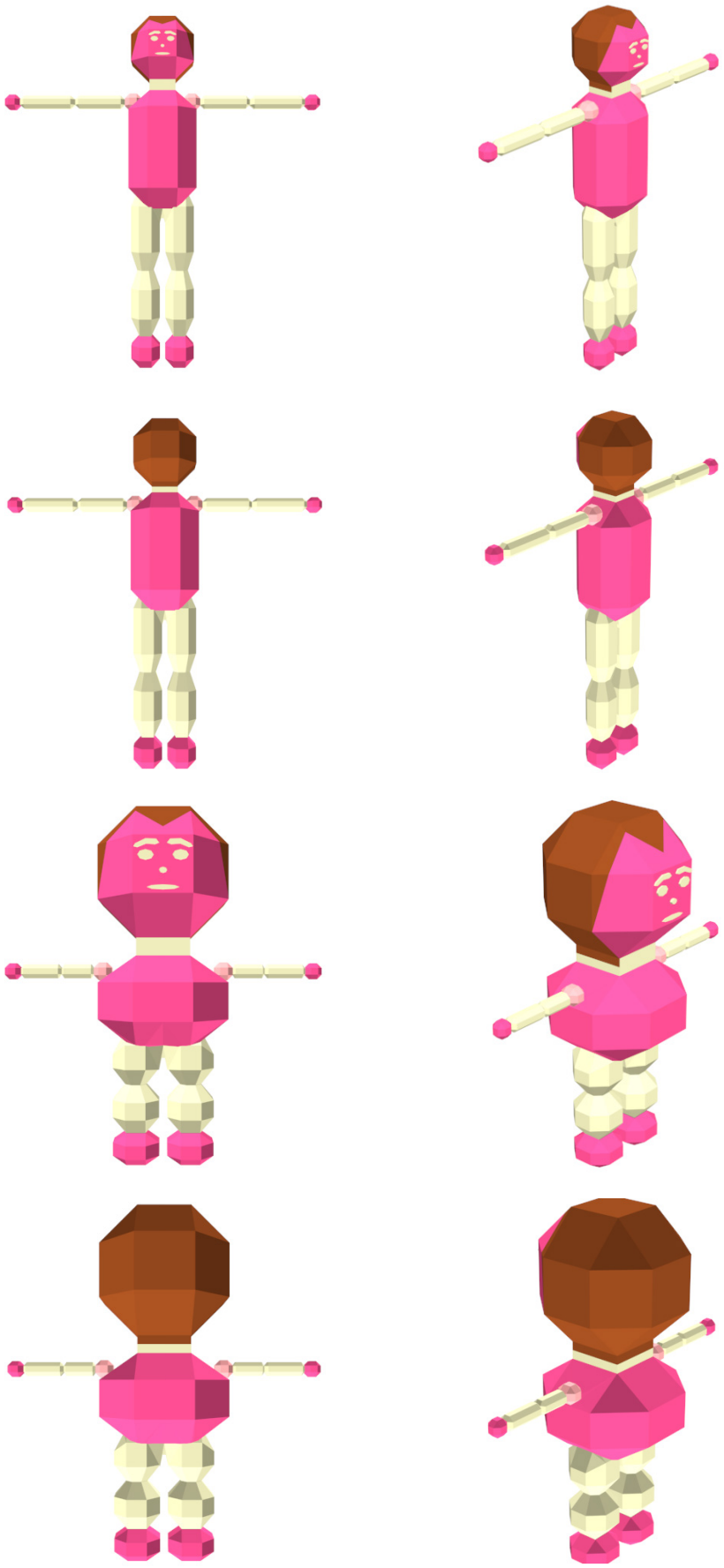


Figura 107. Personagem final feminina.
Fonte: O autor

No geral as personagens apresentam uma palete de cores mais vibrantes, tal como apresentam no *Adobe Illustrator*®. Quanto ao estilo de cabelo, na personagem *geométrica* masculina evidencia-se um cabelo mais curto que vai até meio da cabeça. Já na personagem *geométrica* feminina o cabelo estende-se completamente até ao pescoço. Como mencionado anteriormente, as formas geométricas mantêm-se evidentes sem a adição de um objeto representativo do cabelo. Para a personagem *desproporcional* utilizou-se o mesmo objeto como base e alterou-se o tamanho dos membros consoante os desenhos digitais.

1.2.3. Personagem Robótica

Na personagem *robótica* decidiu-se utilizar o mesmo método *Box and Edge Modelling* para o seu desenvolvimento. Também foram aplicados os mesmos *modifiers* e iniciou-se o processo a partir da cabeça.

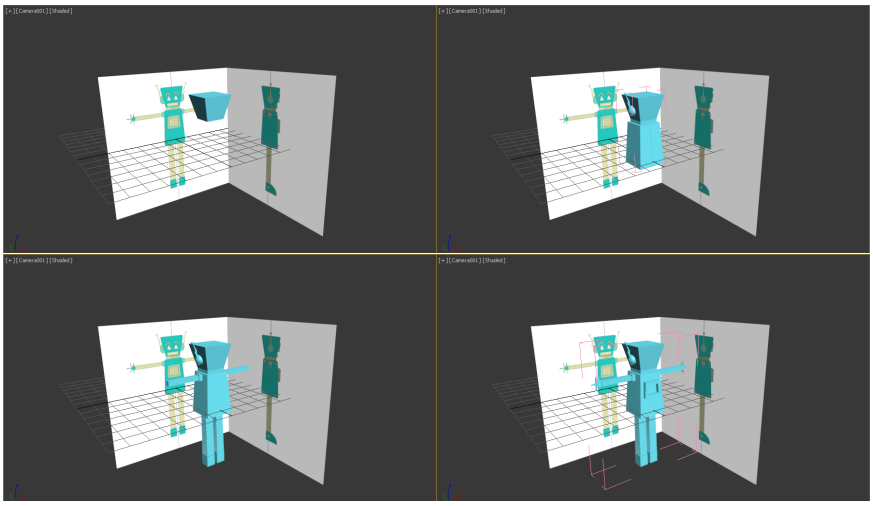


Figura 108. Processo 1 - Forma da personagem.
Fonte: O autor

Começou-se por aplicar formas geométricas representativas do desenho digital, desde a cabeça até ao tronco. Posteriormente foram desenvolvidos as pernas, os braços e as mãos com cinco dedos. Depois partiu-se para alguns pormenores como a forma retangular na parte frontal do tronco.

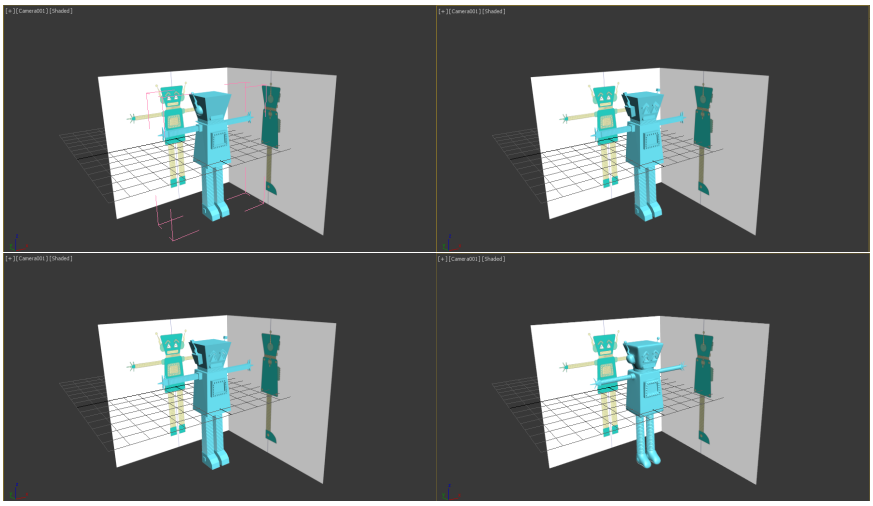


Figura 109. Processo 2 - Forma da personagem.
Fonte: O autor

Após isso o foco foi no desenvolvimento de pormenores como as orelhas com as devidas antenas e no volume dos pés. Foram posteriormente aplicadas as feições do rosto. Após todos os membros terem sido criados, foi aplicado o *modifier TurboSmooth*[13]. Este permite arredondar todo o objeto considerando os *edges* presentes. Quanto maior a distância entre dois *edges*, maior a curva entre estes e vice-versa. Foi necessário criar *edges* adicionais de forma a controlar estas curvaturas utilizando a função *Cut*[14]. A função *Cut* permite dividir os *polygons* ou *edges* em partes iguais. A partir daqui foi possível mover os *edges* a gosto de forma a controlar as curvaturas. É necessário considerar também que quantos mais *edges* estiverem sobrepostos, mais quadrangular se tornam estas curvaturas.

A função *Cut* aglomerado ao *modifier Turbosmooth* apresentam uma vantagem e desvantagem:

- Como vantagem, permite acelerar o processo de trabalho no desenvolvimento de objetos com mais pormenores em termos de curvaturas;
- Como desvantagem, é mais difícil de controlar estas curvaturas devido à possibilidade pode utilizar mais que dois *edges*. Adicionalmente, alguns problemas poderão ocorrer em termos do objeto ficar com *polygons* não completamente planas.

A partir daqui começou-se a aplicar a palete de cores ao longo da personagem, identificando os *ID's* dos *polygons* como anteriormente indicado e associando as cores a estes. Simultaneamente procedeu-se à correção de mais pormenores ao longo de toda a personagem.

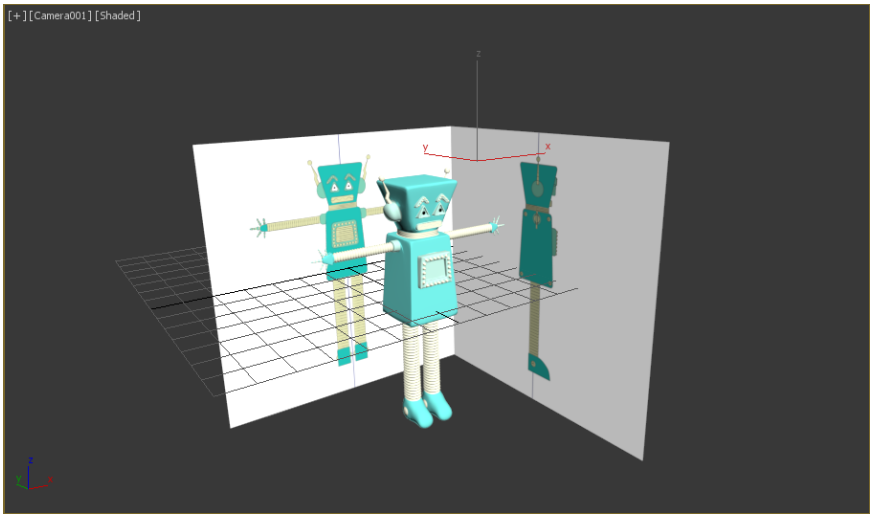


Figura 110. Processo 3 - Aplicação das cores.
Fonte: O autor

Nesta fase, tal como mencionado na personagem *geométrica*, foi necessário adicionar um elemento adicional que permitisse diferenciar os géneros. Inicialmente, surgiu a ideia de utilizar o cabelo para manter a coerência com as outras personagens. Mas o cabelo é um elemento orgânico e, ao aplicá-lo num robô, iria contrariar a base mecânica que este constitui. Pensou-se adicionar um símbolo identificativo dos

13 suavização rápida

14 corte

géneros na cabeça destes. Símbolos que são incutidos na sociedade e, maioritariamente, utilizados em casas de banho públicas.

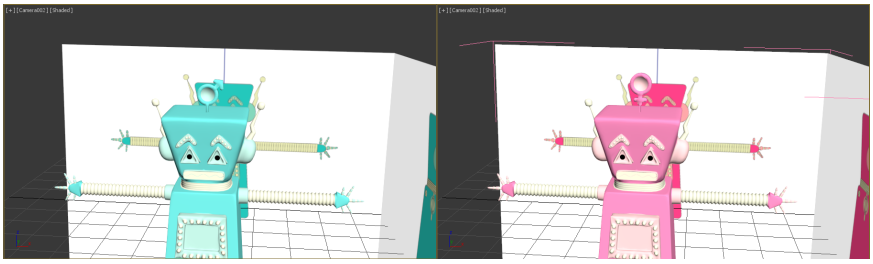


Figura 111. Processo 4 - Símbolos dos géneros.
Fonte: O autor

Mas esta ideia acabou por ser descartada por poder ser difícil a sua identificação por parte das crianças. Mediante a sugestão dos orientadores da faculdade, optou-se por modificar as formas base da personagem, que inclui o torso e a cabeça, inspirando-nos nos ícones utilizados nas casas de banho públicas em que a mulher é representada pela saia e o homem é representado pelo corpo muito reto ou ombros mais largos.

Figura 112. Placa de WC.
Fonte: Latest Posts Under: Bathroom signs. (n.d.). Retrieved August 14, 2016, from http://bigfanta.biz/category/bathroom/bathroom-signs/

Prosseguiu-se na modelação desta personagem nesse sentido. Em simultâneo vários pormenores foram afinados incluindo a cor, a forma como a cor é aplicada e o volume dos membros da personagem. Desde o início que a personagem *desproporcional* tem sido produzida, selecionando os *polygons* pretendidos e ajustando-os consoante o desenho digital.

Após este processo chegou-se ao produto final desta personagem.

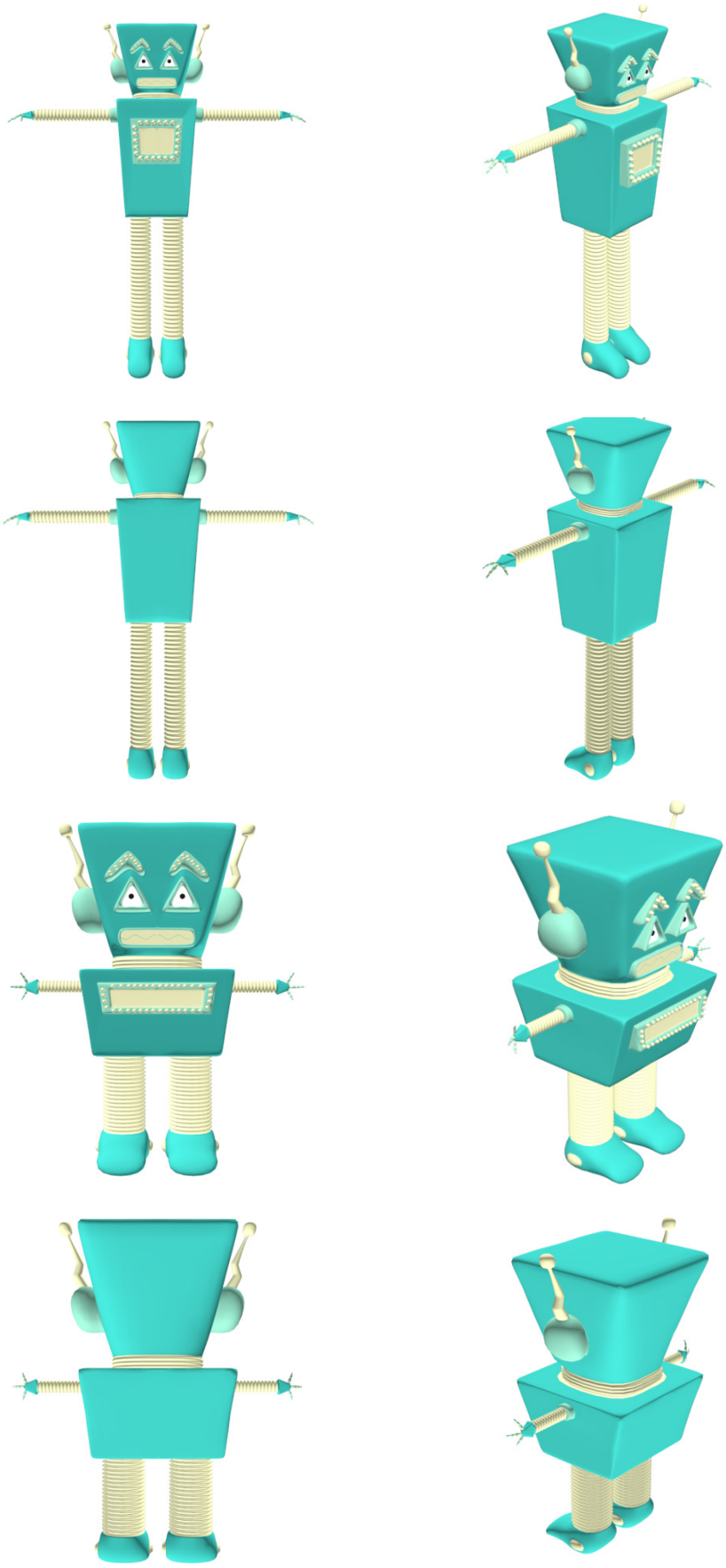
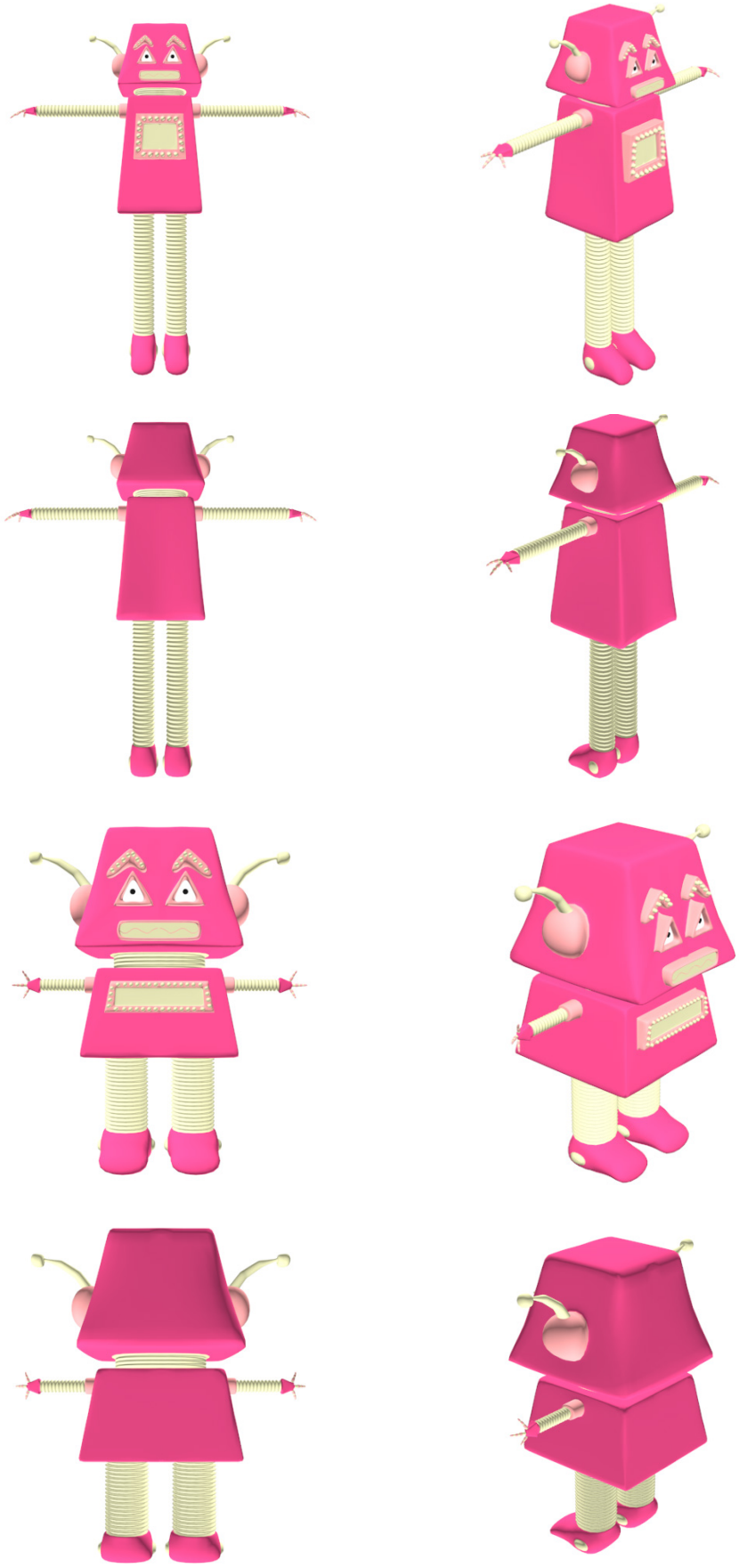


Figura 113. Personagem final masculina.
Fonte: O autor

Figura 114. Personagem final feminina.
Fonte: O autor



As principais alterações abrangeram:

- Utilização da equação para imposição de valores RGB corretos;
- Alteração das formas do tronco e cabeça de acordo com os diferentes géneros. Ambos têm a mesma direção em termos de abertura;
- Alteração das antenas, em que, na personagem masculina apresenta antenas mais retas e na personagem feminina apresenta formas mais curvas;
- Remoção dos símbolos;
- Afinação dos detalhes do corpo em termos de volume e posição e melhor aplicação da palete de cores;
- As mãos passaram a ter três dedos ao invés de cinco, procurando servir de transição da passagem da personagem *geométrica* para a *humana*;
- As mãos foram colocadas viradas para baixo ao invés de ficarem viradas para a frente (razão explicada na secção *1.2.6 Rigging* deste capítulo).

1.2.4. Personagem Humana

No tipo de personagem humana, a metodologia inicial foi diferente. Na personagem *proporcional* optou-se por utilizar um corpo base produzido num gerador de personagens realísticas de forma a economizar tempo, sendo necessário alterar os diversos pormenores ao longo de todo o corpo.

Este gerador de personagens, situado no endereço *https://charactergenerator.autodesk.com/*, possibilita a criação de personagens *humanas* pudendo escolher caras, alturas, corpos e cabelos diferentes. Entretanto, este apresenta limitações, sendo uma delas a incapacidade de modificar as proporções que não sejam equitativas de um adulto.

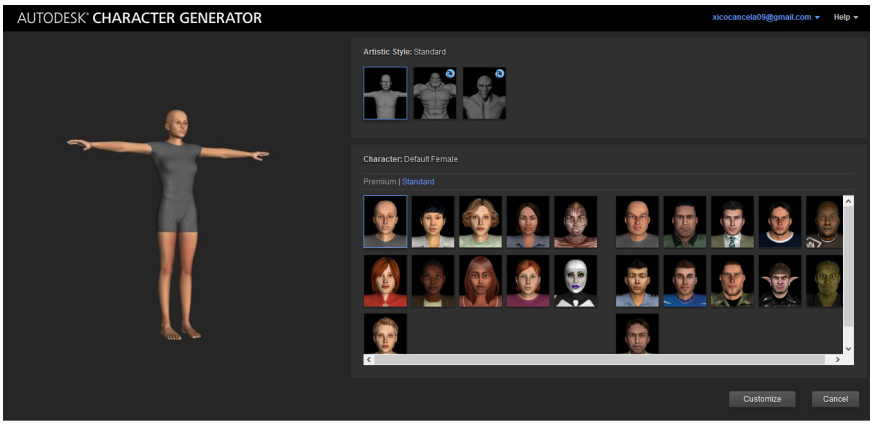


Figura 115. Menu Inicial.
Fonte: Welcome to Autodesk® Character Generator. (n.d.). Retrieved August 15, 2016, from https://charactergenerator.autodesk.com/

Já na sua exportação, é possível fazê-lo em diversas qualidades, desde baixa a alta qualidade (definida pela quantidade de *polygons*); definir se os *polygons* deverão ser quadrangulares ou triangulares; se se quererá inserir um esqueleto facial e se se quererá manter as texturas do corpo e vestes utilizadas. É possível só exportar no formato FBX, um formato que guarda as informações do modelo 3D, esqueleto, texturas e

animações. Por defeito, a aplicação exporta o esqueleto corporal.

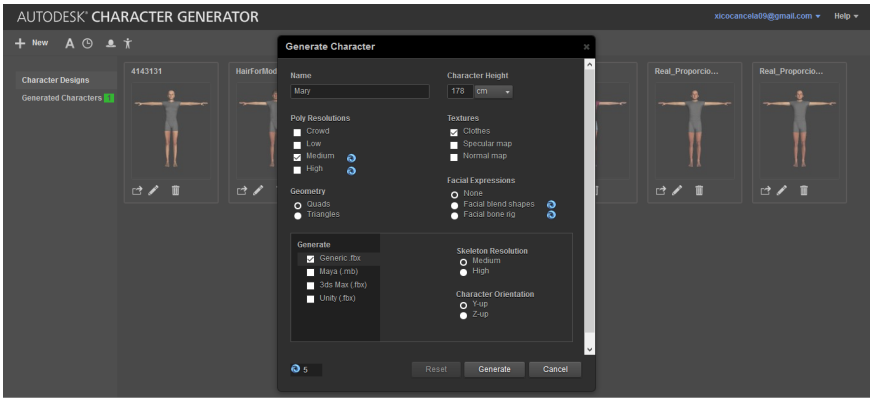


Figura 116. Opções de Exportação. Fonte: Welcome to Autodesk® Character Generator. (n.d.). Retrieved August 15, 2016, from https://charactergenerator.autodesk.com/

Posto isto, optou-se por escolher um corpo base com volumes mais finos, sem se apresentar musculatura excessiva. Removeu-se o cabelo. Escolheu-se uma cara mais redonda e suave. Na componente da exportação, a opção mais importante foi manter a qualidade mais baixa por facilitar a manipulação do objeto 3D. Por isso, caso fosse necessário dar mais detalhe poderia se recorrer ao *modifier TurboSmooth* para aumentar o número de *polygons*. Posto isto foi importado para o *3ds Max 2016®*.

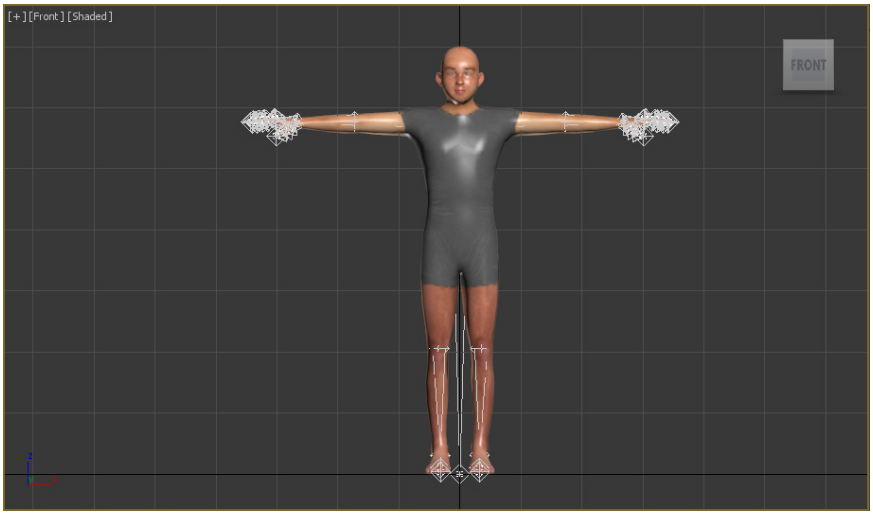


Figura 117. Corpo no 3ds Max 2016®. Fonte: O autor

Optou-se por remover as texturas do corpo exceto dos olhos, remover o esqueleto e fazer os ajustes das proporções para se adequar às proporções de uma das personagens já criadas. Introduziu-se o *modifier Symmetry* e *TurboSmooth*. Utilizou-se a personagem *robótica* como referência. Também se fizeram diversas alterações em termos de volumes dos vários membros para se ajustar às ideias do autor.

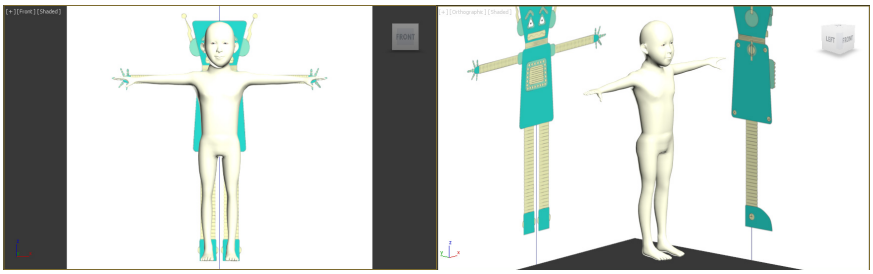


Figura 118. Processo 1 - Proporções Fonte: O autor

As diferenças significativas passam pela cabeça maior, braços mais curtos, tronco mais curto, ombros mais encolhidos e conjunto de pernas e pés mais pequenos. O volume do peito, braços e pernas foi ligeiramente encolhido. Tentou-se recorrer sempre ao Estado da Arte referente à anatomia humana de forma a tentar alcançar um corpo aceitável e representativo de uma criança.

Já na personagem *desproporcional* optou-se pelo mesmo método *Box and Edge Modelling*, começando a modelação pela cabeça e até aos pés. Recorreu-se aos desenhos digitais. Aplicou-se os *modifiers Symmetry* e *TurboSmooth*.

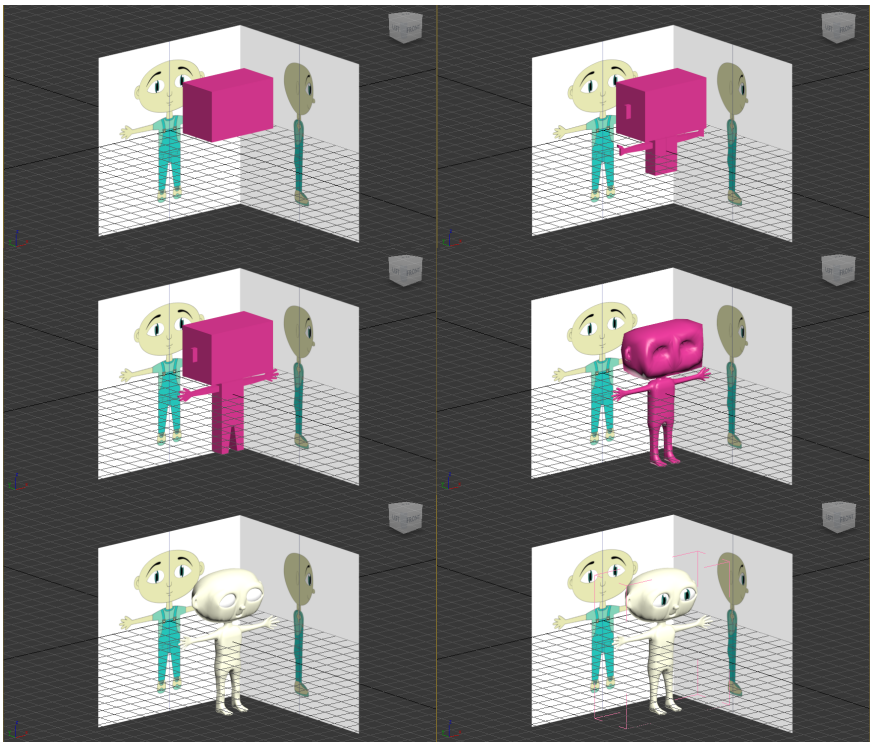


Figura 119. Processo 1 – Modelação geral.
Fonte: O autor

Tentou-se dar a forma consoante os desenhos digitais e o idealizado. Aplicou-se, nesta altura, também, a textura dos olhos.

Após a base do corpo ter sido produzida, foi necessário arranjar um processo para a criação da roupa destas personagens. A solução passou pela utilização de *modifiers* que lidam com esta criação: *Garment Maker*[1] e *Cloth*[2].

Iniciou-se por produzir a *t-shirt* destas personagens. Para isso criou-se as formas básicas de uma *t-shirt*. Recorreu-se à ferramenta *Line,* que permite a produção de linhas retas ou curvas controladas por pontos de controlo, para delinear a forma da *t-shirt*. Foi necessário criar a parte frontal e anterior desta e as mangas. Era necessário garantir que estas formas seriam idênticas.

1 criador de tecidos

2 tecido

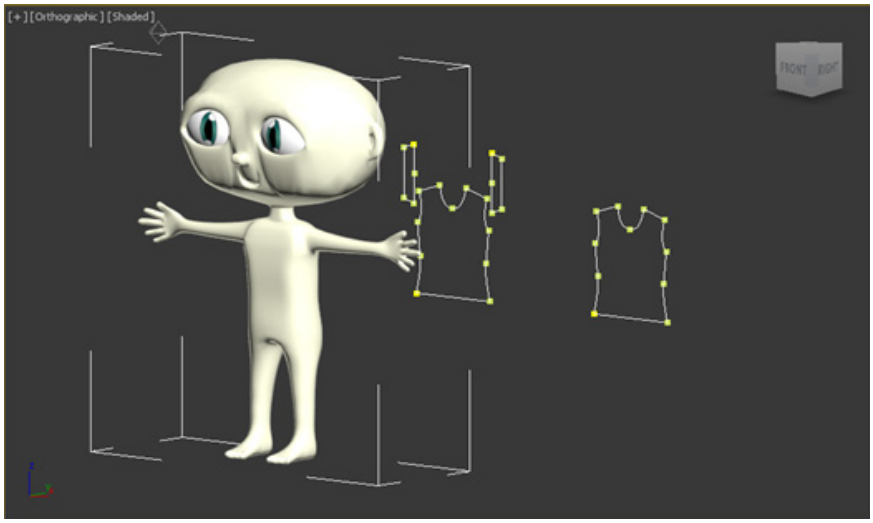


Figura 120. Processo 2.1 – Roupa.
Fonte: O autor

Após criadas as linhas, recorreu-se ao *modifier Garment Maker* para atribuir *polygons* às linhas, formando os *panels*[3]. Colocaram-se as peças nos sítios apropriados. Foi necessário também enrolar as mangas na posição mais correta.

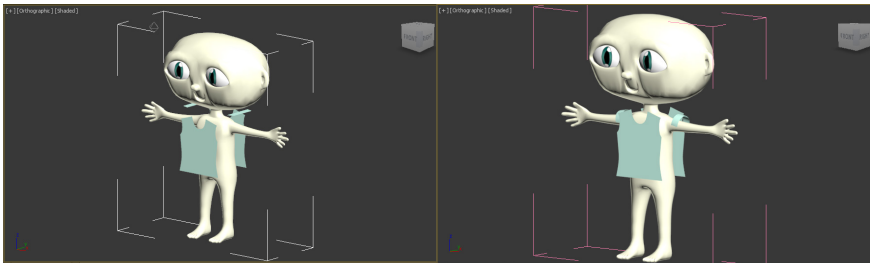


Figura 121. Processo 2.2 - Roupa.
Fonte: O autor

De seguida foi necessário unir as *edges* destas peças. Estas foram unidas através de *seams*[4] identificadas por linhas verdes. Estas iriam servir como linhas base de união de forma a moldar os *panels*.

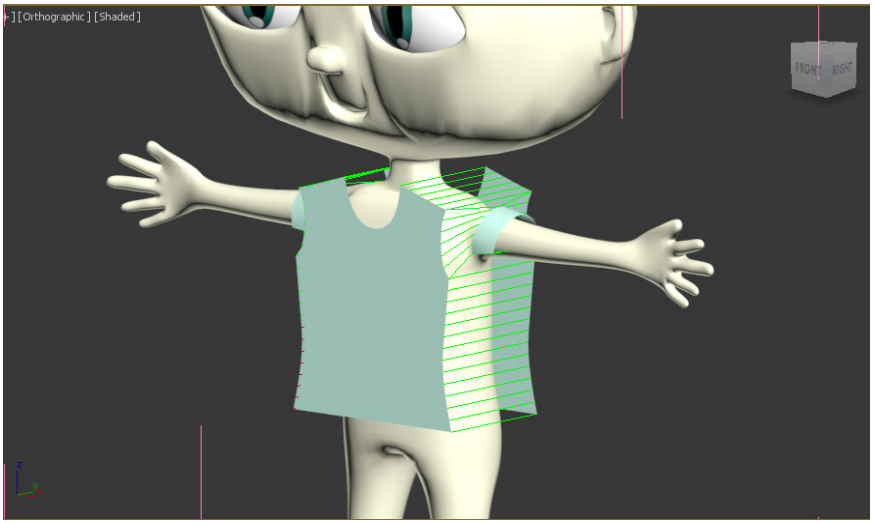


Figura 122. Processo 2.3 – Seams.
Fonte: O autor

3 painéis

4 costuras

Adicionou-se um novo *modifier* que permitisse moldar estes *panels* denominado de *Cloth*. Neste *modifier* está incluída a opção *Object Properties* onde foi necessário atribuir a base do molde dos *panels* que, neste caso, seria a personagem e os *panels* a utilizar como molde que, neste caso, é a *t-shirt*. Nesta janela também se encontram *presets*[5] que especificam o tipo de material da roupa como algodão ou lã simulando as propriedades destes durante o processo do molde.

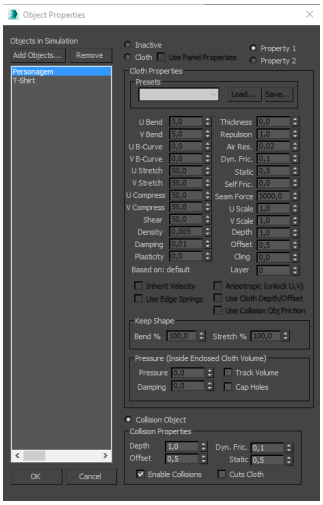


Figura 123. Object Properties.
Fonte: O autor

Quando todas as opções foram devidamente selecionadas, começou-se então o processo de molde clicando na opção *Simulate Local*.

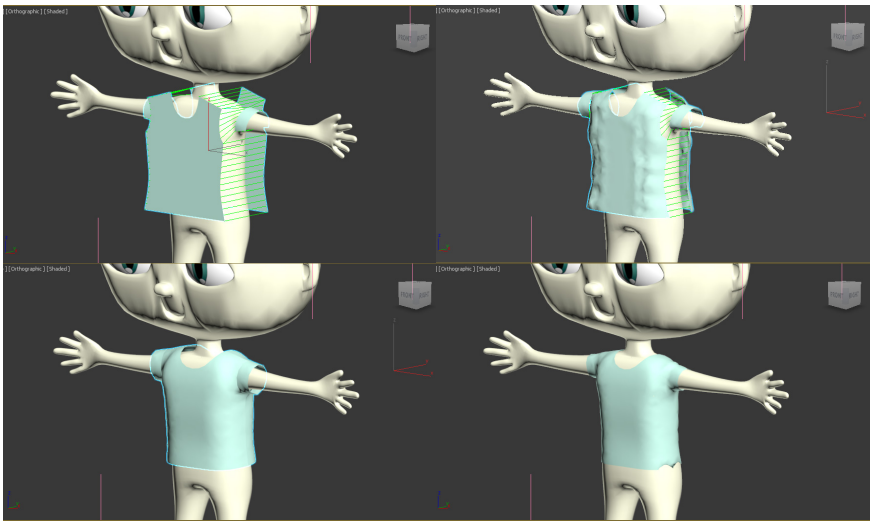


Figura 124. Processo 2.4 – T-shirt.
Fonte: O autor

À medida que este processo foi sendo testado e executado, foi necessário afinar sempre as opções disponíveis no menu mencionado anteriormente de forma a adaptar a *t-shirt* de forma correta ao corpo. No final foi acrescentado um *modifier Edit Poly*[6] que permitiu ajustar pormenores movendo e*dges* e *vertexes* consoante o desejado.

Para a parte do macacão recorreu-se ao mesmo processo, mas adaptado à forma diferente que este apresenta. Adicionou-se no final deste os botões de encaixe nos sítios corretos. Aplicou-se o mesmo processo em ambas as personagens *proporcional* e *desproporcional*.

5 combinações de opções

6 editar polígono

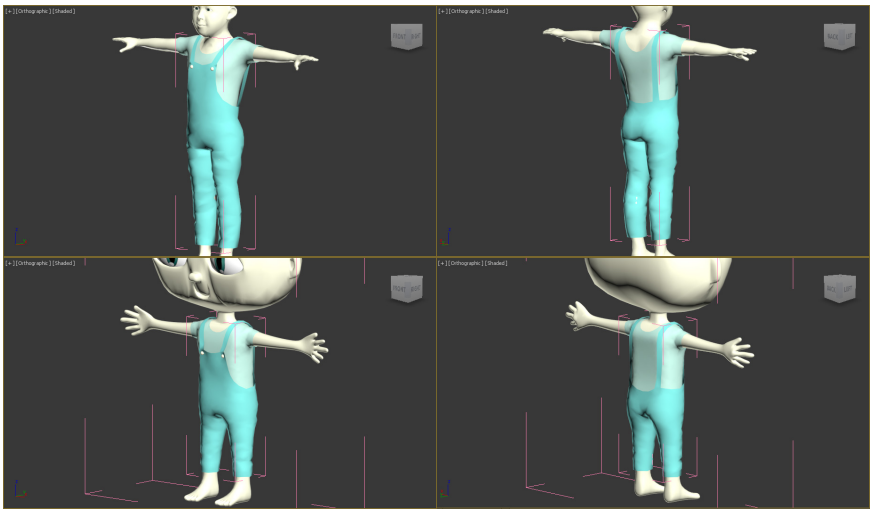


Figura 125. Processo 2.5 – Macacão.
Fonte: O autor

Em conjunto com a roupa, houve a necessidade de produzir o calçado idealizado para estas personagens. Efetuou-se uma pesquisa de objetos gratuitos que se pudesse utilizar como base de desenvolvimento. No final, recorreu-se a um objeto já produzido pelo autor *Li* que se encontra no endereço *http://archive3d.net/?a=download&id=5e362e59*. As sapatilhas foram ajustadas à personagem em termos de tamanho, posição e cores. Pormenores de suavização foram ligeiramente ajustados.

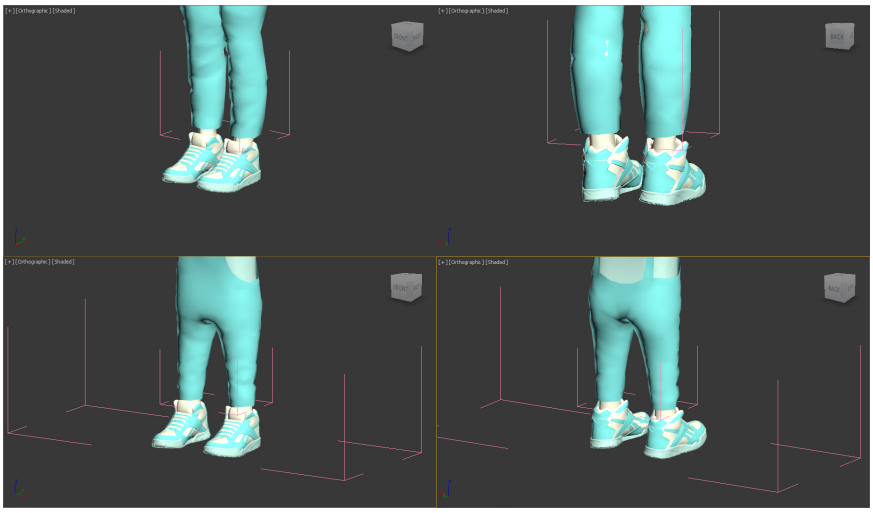


Figura 126. Processo 3 - Calçado.
Fonte: O autor

No entanto as vestes apresentavam poucos detalhes para o tipo de personagem em que se encaixavam. Foram colocadas duas hipóteses:

- Utilização de desenho vetorial para recobrir as roupas dando-lhes mais detalhe;
- Criação de volumes que representassem os elementos da roupa, destacando os bolsos.

Ambas as hipóteses foram experimentadas. A primeira opção não permitiu realçar os pormenores da roupa devido à sua natureza bidimensional. Consequentemente, optou-se pela segunda opção que permitiu realçar os pormenores devido aos seus volumes.

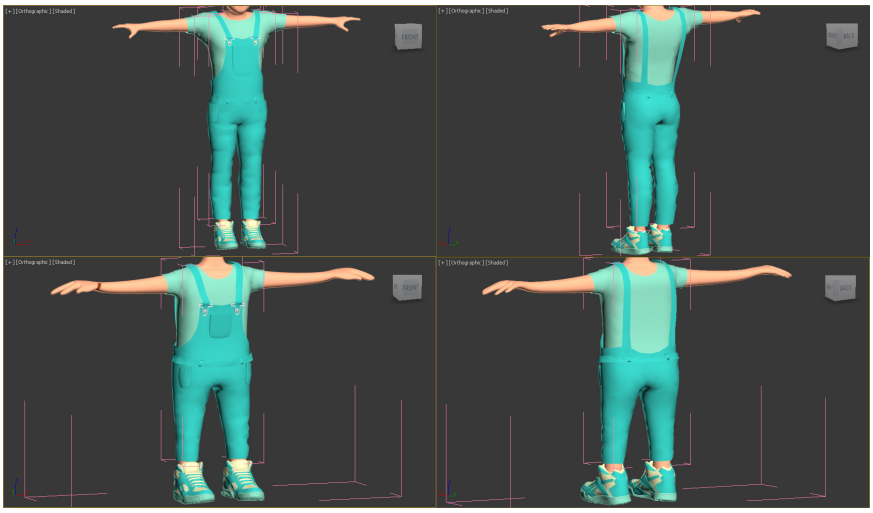


Figura 127. Processo 4 – Retoques na roupa.
Fonte: O autor

Depois seguiu-se a criação dos penteados e aplicação da palete de cores consoante os dois géneros. Para o rapaz optou-se no início por um penteado mais simples e redondo ao invés de um estilo mais contemporâneo. Como não estava adequado ao gosto do autor, recriou-se um novo penteado menos volumoso com um pormenor em que parece estar despenteado, demonstrando o descuido que as crianças têm com o seu cabelo. Já na personagem feminina optou-se inicialmente por um penteado mais comprido, com os cabelos atrás das orelhas. Como não resultou muito bem, optou-se por um penteado mais prático. Criou-se um estilo de cabelo com dois totós. Utilizou-se o mesmo *modifier Symmetry* para o desenvolvimento destes.

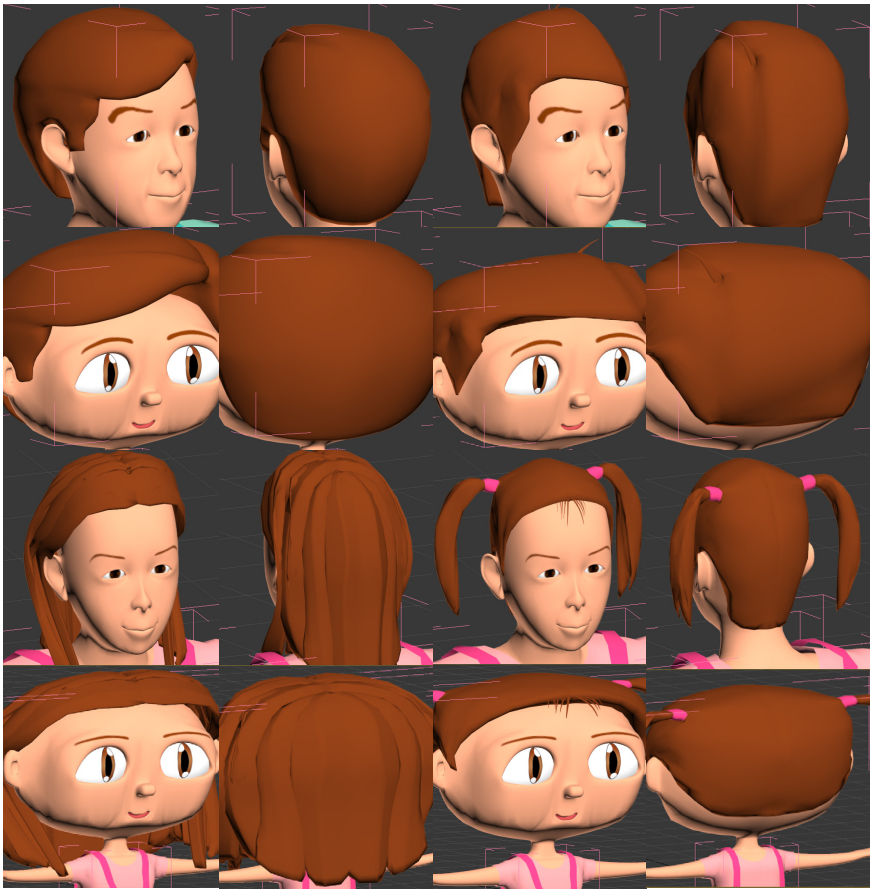


Figura 128. Processo 5 - Penteados.
Fonte: O autor

Adicionalmente, os pormenores de cores e formas foram sendo modificados e melhorados. Destacam-se as seguintes alterações:

- A cor dos olhos e o cabelo foram alterados para a mesma cor castanha utilizada no cabelo da personagem *geométrica*;
- Na boca aplicou-se uma cor rosa mais próxima do vermelho;
- As sobrancelhas foram colocadas em cada personagem havendo uma ligeira diferença na espessura dependendo do género;
- Vários tons de pele foram testados e optou-se por utilizar um tom de pele intermédio entre os tons escuro e claro;
- As feições do rosto da personagem *proporcional* foram alteradas de forma a representar uma semelhança aos do *desproporcional*, destacando os olhos;
- Os volumes na personagem *proporcional* são ligeiramente diferentes entre os dois géneros de forma a refletir as diferenças destes, apesar de ter-se tentado manter sempre a coerência. A personagem masculina apresenta um corpo mais volumoso no geral com um tronco mais largo e cabeça mais redonda e larga. Já a personagem feminina apresenta um corpo menos volumoso com um tronco mais curto, ombros ligeiramente colocados mais para trás e cabeça mais curta. Já na personagem *desproporcional* não há nenhuma diferença entre os dois géneros;
- Os valores RGB foram corrigidos consoante a fórmula mencionada na secção *1.2.2 Personagem Geométrica*;
- Foram adicionados pormenores de bolsos, ferros na parte do encaixe dos botões do macacão e a cintura;
- Vários pormenores de cara, boca, nariz e olhos foram alterados.

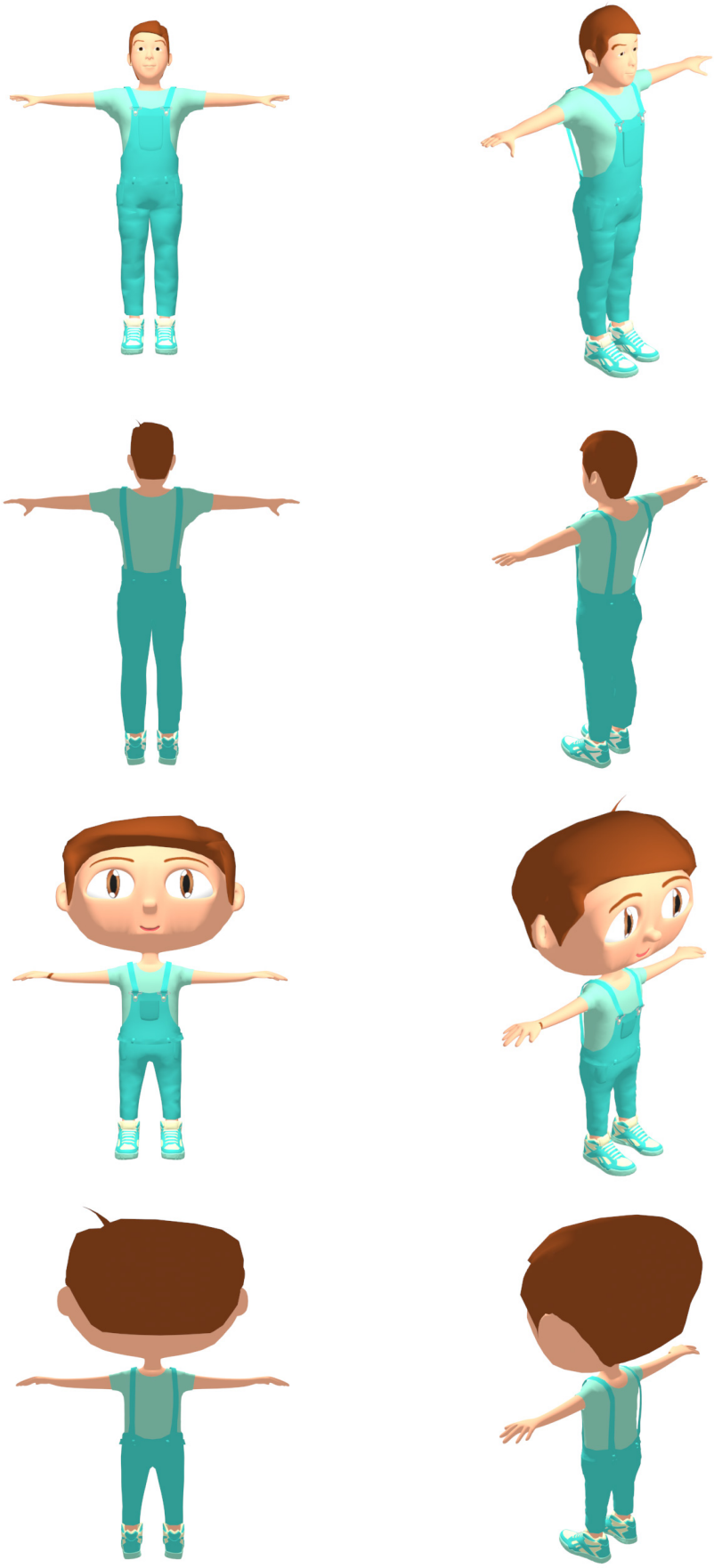


Figura 129. Personagem final masculina.
Fonte: O autor

Figura 130. Personagem final feminina.
Fonte: O autor

1.2.5. Personagem do participante

Na reta final do projeto, mediante as reuniões com o chefe do projeto, o orientador do instituto e colegas do IBILI, decidiu-se criar mais um tipo de personagem. Esta personagem seria encarnada pelo portador de PEA. O objetivo era ter uma personagem distintiva das anteriores desenvolvidas em que o participante deveria considerar esta como ele próprio, de forma a criar uma identidade única.

Optou-se por escolher uma personagem *cartoon* representativa do ser humano. Isto devido à possibilidade de salientar as feições do rosto, e, adicionalmente, aumentar a probabilidade de o participante adquirir uma maior empatia com esta.

Escolheu-se um modelo a partir dos rascunhos iniciais.

Figura 131. Personagem escolhida.
Fonte: O autor

A forma oval do torso, as pernas e os braços finos serviram como conceito base. Recorreu-se de novo ao *Adobe Illustrator*® para produzir os desenhos digitais.

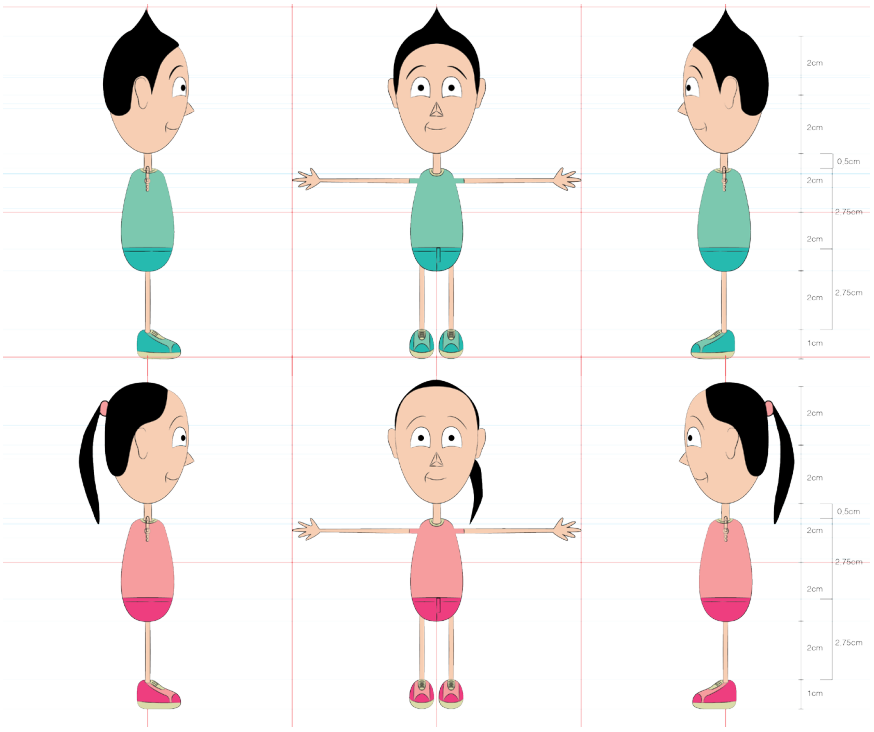


Figura 132. Personagem do participante – desenho digital.
Fonte: O autor

Em comparação com o rascunho, reformulou-se o estilo de cabelo, as feições do rosto, o calçado e o tronco. A personagem masculina

apresenta um estilo de cabelo mais contemporâneo. A personagem feminina apresenta um penteado de rabo de cavalo, sendo este um estilo de penteado mais prático. A palete de cores é semelhante, exceto a dos olhos e do penteado, que seriam de tom preto. Ambos teriam o mesmo corpo semelhante à personagem *humana desproporcional*. A roupa consistiria numa *t-shirt* e calções. O pescoço também seria fino.

Procedeu-se à modelação desta personagem adotando o método *Edge and Box Modelling* e utilizando os *modifiers Symmetry* e *TurboSmooth,* tal como mencionado primeiramente na secção *1.2.2 Personagem Geométrica*.

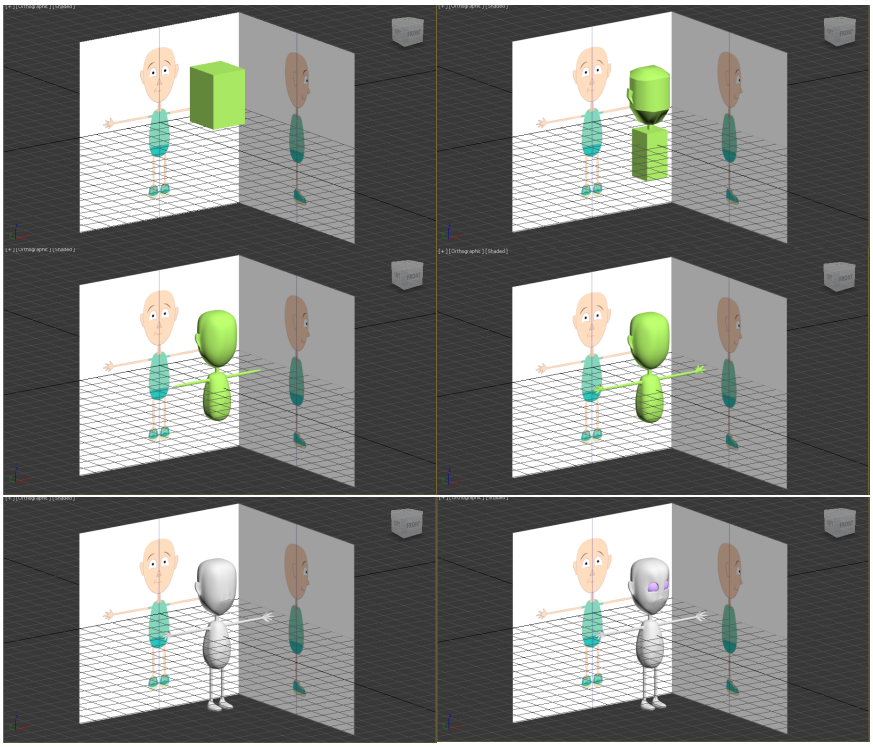


Figura 133. Processo 1 – Modelação da forma.
Fonte: O autor

Após a base do corpo elaborada, procedeu-se à inclusão das sapatilhas. Optou-se de novo por utilizar um par de sapatilhas, criadas pelo autor *medidom*, disponível online no endereço *http://tf3dm.com/download-page.php?url=shoes-89935*. Estas foram posteriormente modificadas, removendo as texturas, aplicando a palete de cores escolhida e alterando o tamanho e suas proporções adaptando aos seus pés.

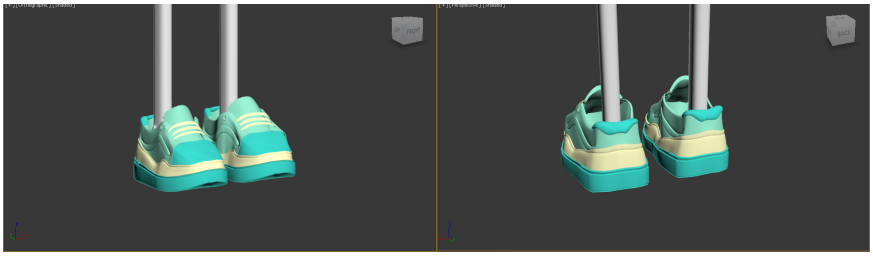


Figura 134. Processo 2 - Calçado.
Fonte: O autor

Depois procedeu-se ao desenvolvimento das vestes utilizando o mesmo processo mencionado no tópico *1.2.4 Personagem Humana*. Recorreu-se aos *modifiers Line*, *Garment Maker* e *Cloth*. Também se aplicou em simultâneo a palete de cores na roupa.

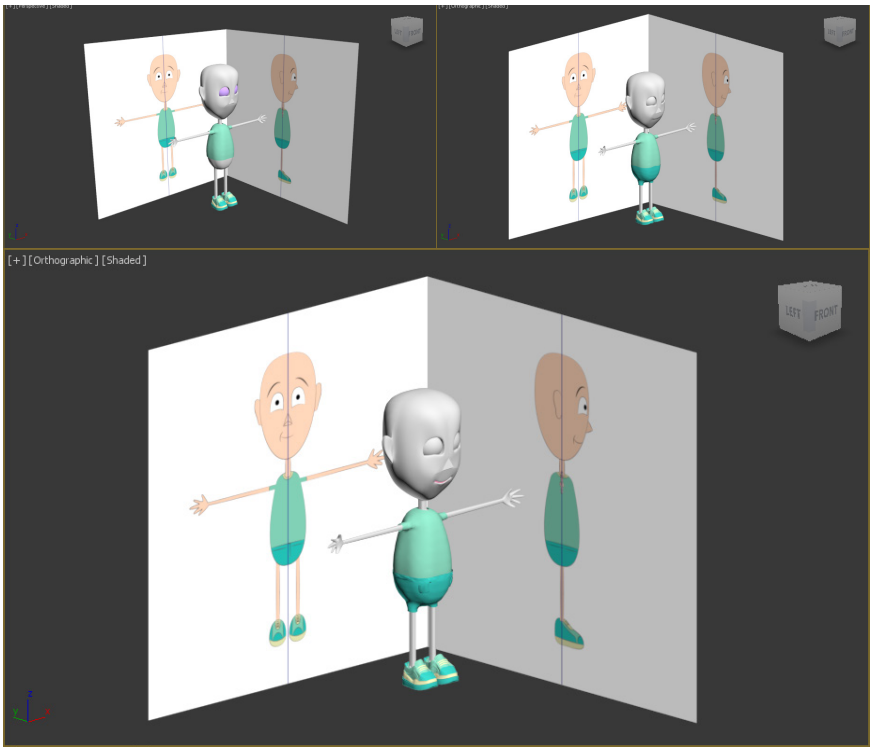


Figura 135. Processo 3 - Roupa.
Fonte: O autor

Com a roupa finalizada, procedeu-se à modelação dos estilos de cabelo.

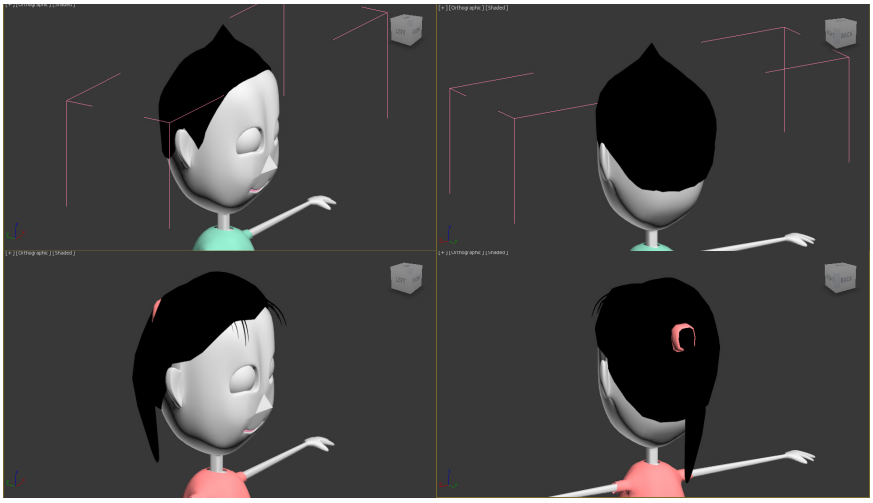


Figura 136. Processo 4 – Penteados.
Fonte: O autor

No final procedeu-se ao afinamento de pormenores e à adição do mesmo tom de pele utilizado na personagem humana. Decidiu-se manter as sobrancelhas iguais entre os dois géneros.

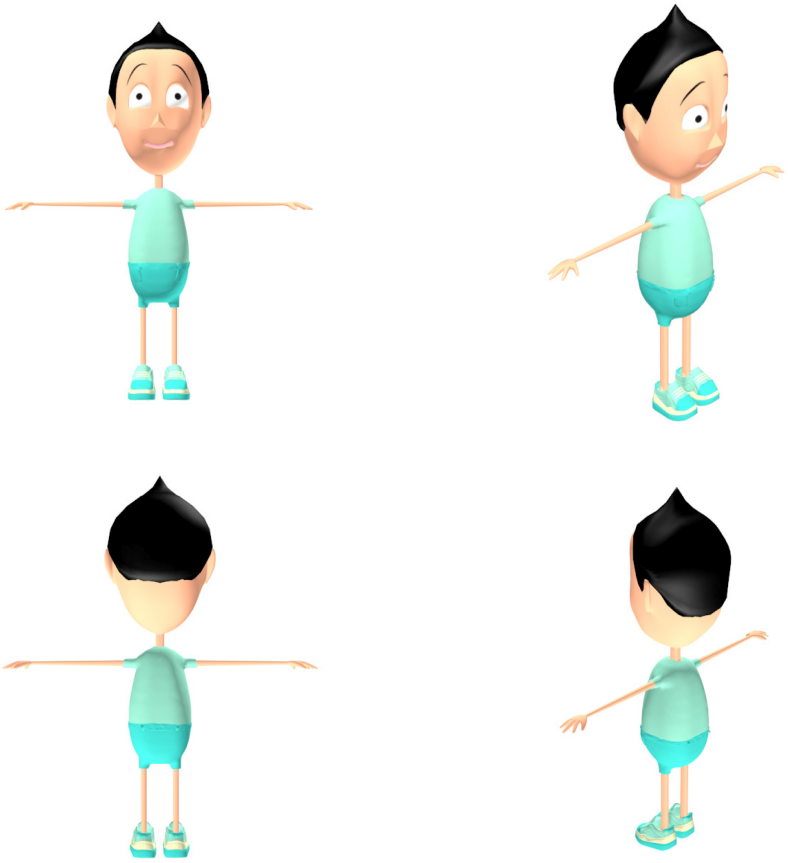


Figura 137. Personagem final masculina.
Fonte: O autor

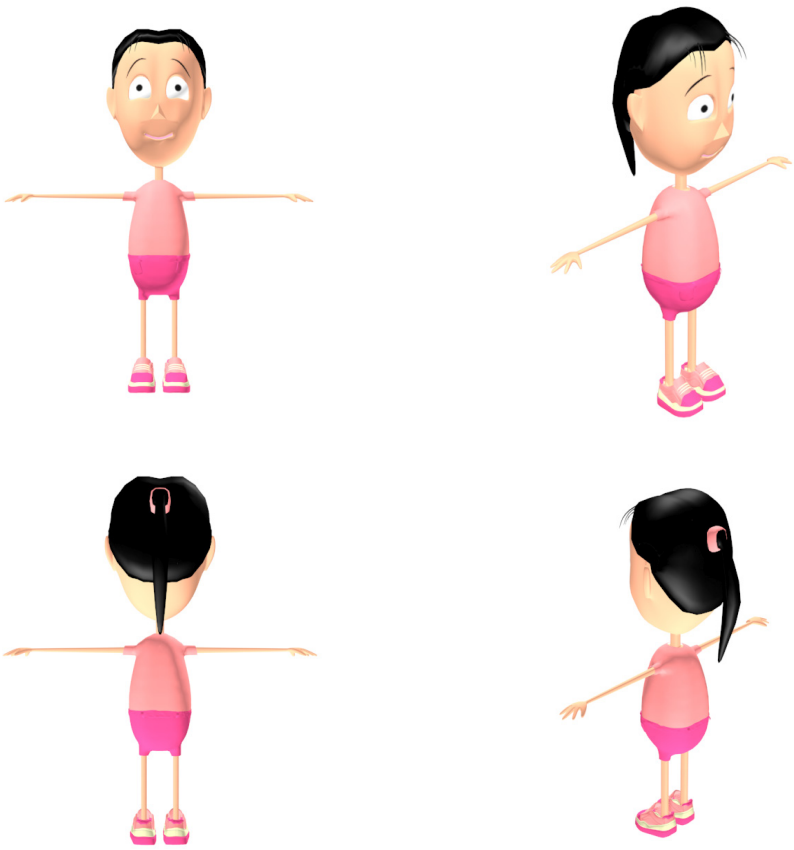


Figura 138. Personagem final feminina.
Fonte: O autor

Outra ideia discutida em reunião foi a adição de uma funcionalidade que permitisse ao participante personalizar a personagem. Com isto, procurou-se arranjar um método que permitisse gerar diversos modelos em que a única diferença consistiria na alteração da palete de cores.

Recorreu-se a um *script* denominado de *Material-Randomizer-v0.84* disponível no endereço *http://www.mrbluesummers.com/4115/downloads/material-randomizer-script-download* a ser utilizado diretamente no *3ds Max 2016*® que permitiu gerar automaticamente ID's de cores diferentes utilizando como base os ID's iniciais.

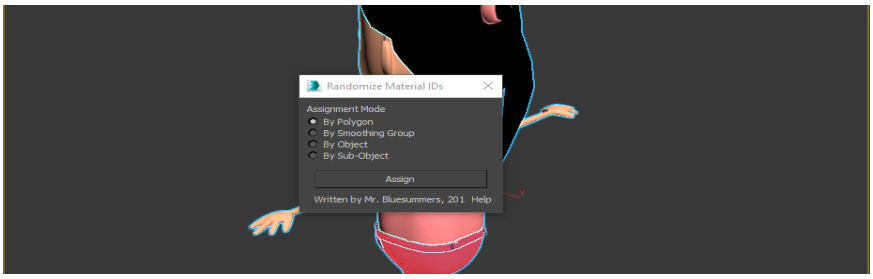


Figura 139. Material Randomizer.
Fonte: O autor

Foram ao todo geradas vinte combinações diferentes para os dois géneros.

Figura 140. Personagens geradas.
Fonte: O autor

1.2.6. Rigging

Para o processo de *Rigging* optou-se pela utilização de um *website* que hospeda um aplicativo que possibilita a aplicação automática do esqueleto. Isto devido ao tempo extenso que seria necessário dedicar ao efetuar a aplicação do esqueleto manualmente. O *website* denomina-se de *Mixamo,* como mencionado no Estado da Arte. Graças a isto foi permitido a aceleração deste processo e o seu entendimento, ao mesmo tempo que possibilitou mais tempo paraa outros processos importantes deste projeto em que se destaca a modelação e o *Motion Capture*.

Este processo foi sendo aplicado e experimentado por tentativa e erro desde o início do processo da modelação, de forma a entender as possibilidades e os limites na execução desta aplicação. Chegou-se a algumas conclusões:

Por algum motivo, as personagens com um volume bidimensional provocam *bugs* quando os próprios membros se distorcem. Esta foi mais outra razão da alteração da ideia original da personagem *geométrica*;

Algumas personagens *desproporcionais* (em que se destaca o robô) apresentavam distorções estranhas unicamente num único elemento do corpo. No entanto, quando utilizado com a tecnologia *Motion Capture,* tudo funcionou perfeitamente;

As animações apresentam uma melhor fluidez quando os corpos apresentam proporções mais semelhantes a um ser humano;

Mesmo com objetos separados (como o cabelo ou sapatilhas), o esqueleto criado associa-se a cada um destes e funciona conforme o que é previsto.

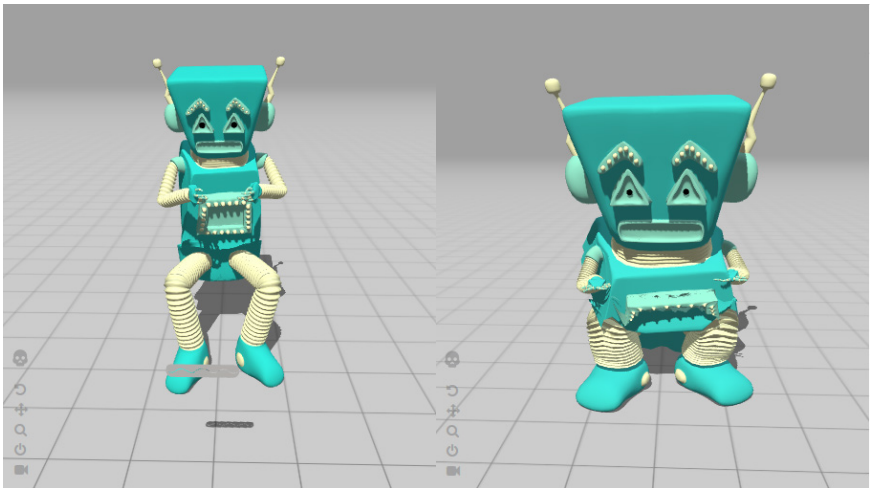


Figura 141. Comparação de distorção. Fonte: O autor

Ir-se-á descrever o processo de importação e exportação de uma personagem por fases, utilizando a personagem do participante.

A 1ª fase inicia-se com o processo de exportação do modelo 3D a partir do *3ds Max 2016*®. O formato mais adequado é o FBX que inclui as informações do modelo 3D e materiais como cores e texturas utilizadas. Antes de exportar, todos os *modifiers* aplicados em cada objeto 3D deverão ser aglomerados diretamente nestes. Já na exportação, ativou-se a opção de aplicar os materiais; de resto deixou-se as opções

por defeito. É importante mencionar a opção da escala que se manteve constante em todas as exportações das personagens para evitar problemas futuros.

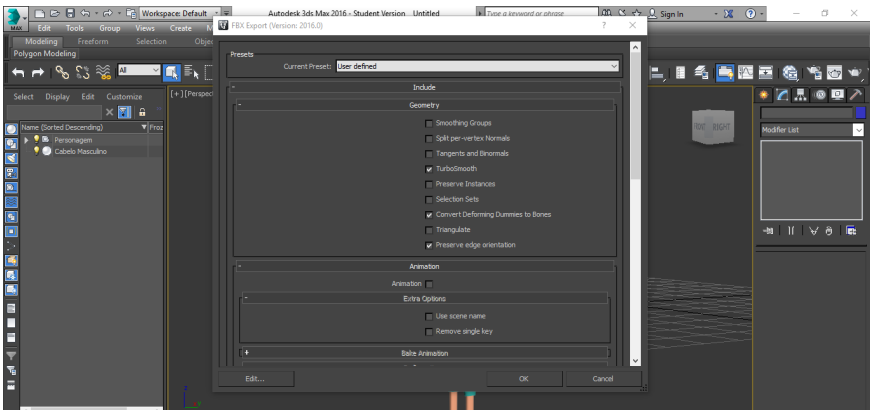


Figura 142. Exportar FBX.
Fonte: O autor

Numa 2ª fase, acedeu-se ao *website* da *Mixamo*. Quando se entra com uma conta, é possível fazer o *upload*[1] do ficheiro pretendido. Caso o ficheiro tenha um esqueleto existente, é possível alterar os nomes dos *bones*[2] através de um gráfico representativo de uma silhueta humana. Caso não tenha, a aplicação leva à criação do esqueleto.

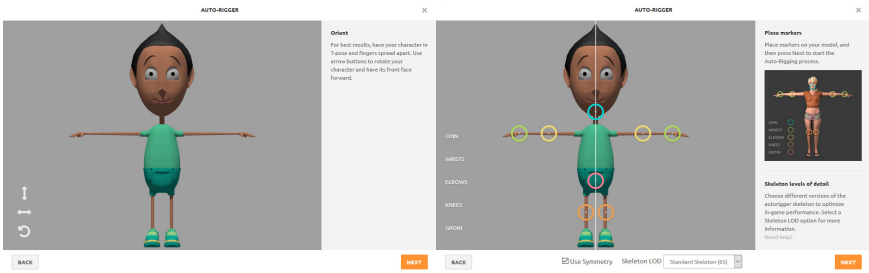


Figura 143. Aplicação dos pontos do corpo.
Fonte: O autor

Após feito o *upload*, procede-se à aplicação de pontos, consoante o exemplo apresentado. Os pontos incluem o pulso, o braço, o queixo, as ancas e as pernas. Quando os pontos são colocados nos lugares corretos do corpo, avança-se para o processo da criação do esqueleto automático, apresentando-se de seguida um *preview*[3] da personagem.

Figura 144. Preview da personagem.
Fonte: O autor

1 envio
2 ossos
3 previsão

A personagem fica armazenada numa janela denominada de *My Assets*[4] onde se encontram os *uploads* feitos pelo utilizador.

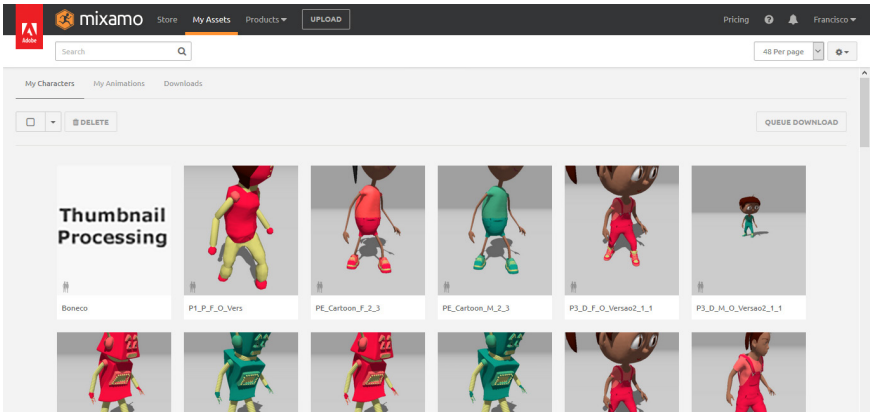


Figura 145. My Assets.
Fonte: O autor

Ao selecionar a personagem pretendida é possível aplicar uma série de animações hospedadas na base de dados da *Mixamo*. Esta funcionalidade foi útil no sentido de testar e verificar a flexibilidade de cada membro da personagem consoante a animação.

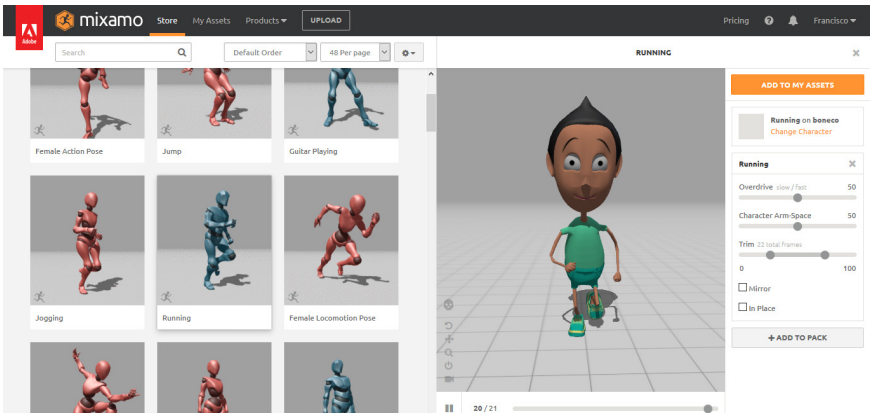


Figura 146. Workshop das animações.
Fonte: O autor

A 3ªfase consistiu na exportação da personagem. Há uma opção que permite a exportação da personagem no formato FBX. Esta no seu total inclui o modelo 3D, os materiais e o esqueleto criado. Depois de produzido o ficheiro, procede-se ao *download*[5] deste.

A 4ªfase consiste na importação do ficheiro exportado no *software 3ds Max 2016*® de forma a verificar se ficou tudo direito e não ocorreram erros.

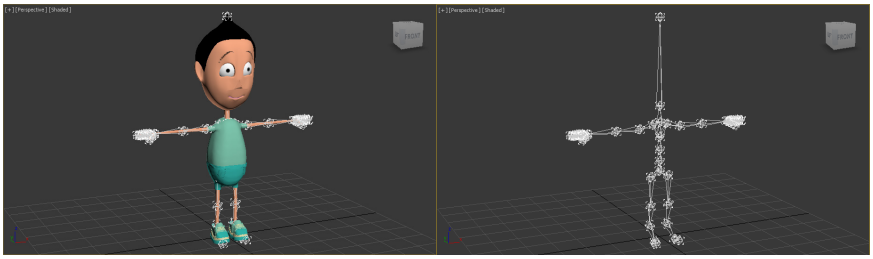


Figura 147. Esqueleto da personagem.
Fonte: O autor

É possível verificar a existência de *nodes*[6] que identificam cada membro do esqueleto e moldam o corpo no seu total. A partir daqui,

4 minhas propriedades
5 descarga
6 pontos de referencia

para garantir a compatibilidade com o *software MotionBuilder 2015®*, é necessário converter este esqueleto no formato *biped object*[7], uma funcionalidade disponível no *3ds Max 2016®*. Para isso, recorre-se a um *script* pertencente ao mesmo *website* denominado de *Autobiped*. O *script* é executado e os *nodes* transformam-se num objeto de controlo.

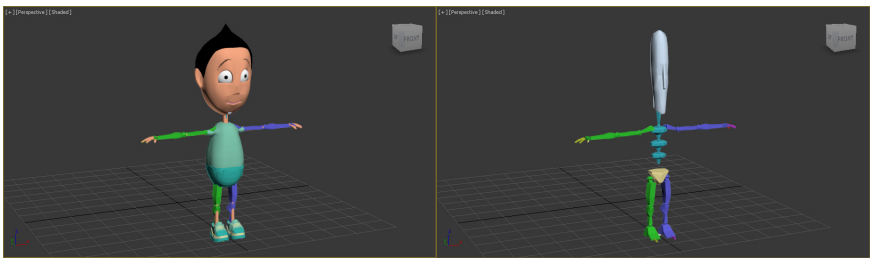


Figura 148. Biped Object.
Fonte: O autor

Com o *biped object* é possível modificar os *weights*[8] de cada membro, permitindo controlar o grau de deformação consoante esse fator. Adicionalmente este alterou os nomes dos membros do esqueleto consoante o que representam. A sua importância será referida na secção *1.3 Motion Capture* deste capítulo.

Foram feitos alguns ajustes nos *weights* de alguns membros do *biped object*.

Concluindo o processo de *Rigging*, finaliza-se esta etapa exportando a personagem no formato FBX para posterior utilização no *MotionBuilder 2015®*.

1.3. Motion Capture

1.3.1. Pesquisa de ferramentas

Esta pesquisa teve início no 1º Semestre. Sendo uma tecnologia pouco experimentada e explorada no desenvolvimento de projetos desta natureza, foi recomendado desde o início tentar entender o tipo de *software* que se poderia utilizar na captação dos movimentos do corpo em tempo real.

Na pesquisa deparou-se com diversos *softwares* que possibilitam a captura dos gestos através do *Kinect®*. Estes incluem:

- **Brekel Pro Body 2 e Brekel Pro Facial 2** - *http://brekel.com/brekel-pro-body-v2/*;
- **Qualisys Track Manager** - *http://www.qualisys.com/software/*;
- **Kinect BVH Motion Capture** - *http://tech.integrate.biz/kinect_mocap.htm*;
- **Kinect MoCap** - *http://www.reallusion.com/iclone/mocap/application.html*;
- **NiMate** - *https://ni-mate.com/*;
- **FastMocap** – *http://www.fastmocap.com/*.

Considerando esta lista, a maioria não possuía versão gratuita ou *trial*, alguns eram limitados não permitindo a captação em tempo real e

7 personagem de duas pernas

8 pesos

alguns não pareciam fidedignos. O único mais viável no momento foi o *Brekel Pro Body 2*® e *Brekel Pro Face 2*® por permitir todas as funcionalidades necessárias para o desenvolver do projeto. Como este tinha a versão *trial* foi ainda mais fácil de considera-lo como a melhor escolha pelo seu bom funcionamento perante os requisitos e objetivos propostos neste projeto. Com isto, estes produtos foram adquiridos e a partir do 2º Semestre começaram a ser testados.

1.3.2. Primeiros passos

No 2º Semestre teve início a experimentação e aprendizagem desta tecnologia. O processo pormenorizado será explicado no tópico seguinte.

Em adição ao *Kinect*® também se utilizou os adaptadores necessários para estabelecer a ligação entre o *Kinect*® e um PC. Quando conectado, procedeu-se à instalação de um *software* e *drivers* necessários para tornar o *Kinect*® acessível a partir do PC. O *software* integrou um sistema que permitia verificar o funcionamento correto quando este captava a posição do corpo de uma pessoa e processava o esqueleto.

O próximo passo consistiu em testar o conjunto *Brekel Pro Body 2*® e *Brekel Pro Face 2*®. Explorou-se as opções possíveis do *Brekel Pro Body 2*®, incluindo os tipos diferentes de visualização, a gravação de animações e o manuseamento e controlo de membros destacando as mãos. Já no *Brekel Pro Face 2*® é possível verificar opções e funcionalidades bastante semelhantes.

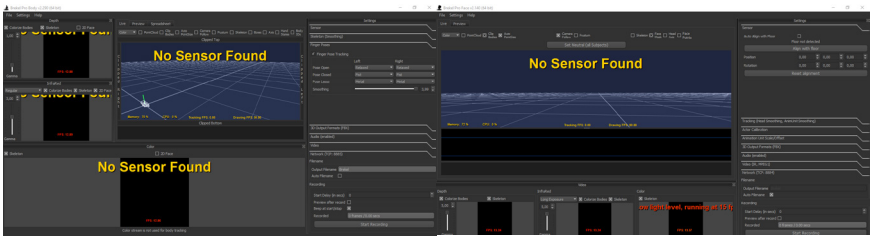


Figura 149. Layout geral Brekel Pro®.
Fonte: O autor

Analisando este conjunto, foi possível adquirir uma noção geral de como o esqueleto se adapta à cara e ao corpo. Também permitiu analisar a importância de uma boa iluminação no ambiente em que se insere, para que a captação dos movimentos fosse suavizado e corresse a um *Frame rate*[9] constante.

Testados ambos os *softwares*, procedeu-se à experimentação do *software Motionbuilder 2015*®. Como haviam poucos tutoriais para a integração do *Brekel Pro* neste, foi necessário nalgumas ocasiões por tentativa e erro experimentar e descobrir soluções de forma a conseguir executar uma personagem.

9 taxa de quadros

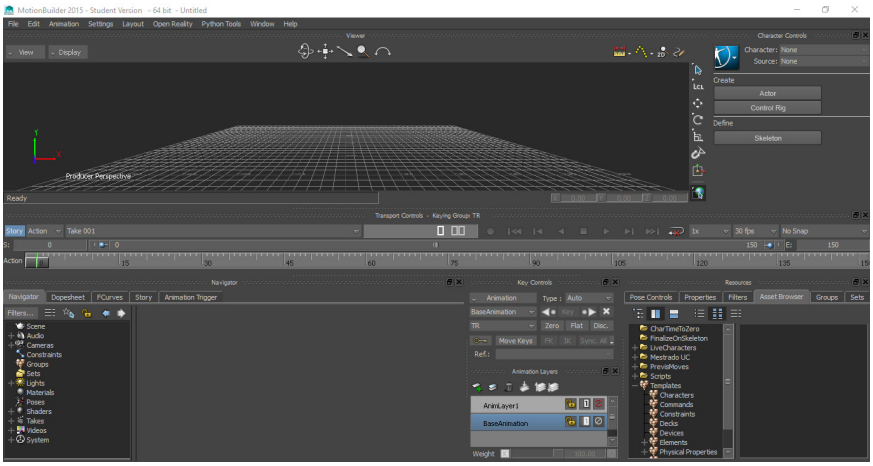


Figura 150. Layout geral MotionBuilder 2015®.
Fonte: O autor

Como na fase inicial não tinha se sido desenvolvido nenhuma personagem, foi feita uma pesquisa de personagens já otimizadas para animação através de *Motion Capture* do corpo e cara. Foi descoberta uma única personagem compatível denominada de *Peggy* disponível no endereço *http://tf3dm.com/3d-model/peggy-sue-rigged-for-animation-45959.html*, autoria de *Truebones*.

Quando a personagem foi descarregada, inseriu-se esta no ambiente do *MotionBuilder 2015®*. Depois acrescentou-se um dispositivo que permitia fazer a comunicação entre este *software* e o conjunto *Brekel Pro Body 2®* e *Brekel Pro Face 2®*. Este dispositivo adicionalmente transmite o esqueleto processado neste conjunto para o *MotionBuilder 2015®* em tempo real. Restou associar o esqueleto da personagem ao esqueleto gerado no *MotionBuilder 2015®*.

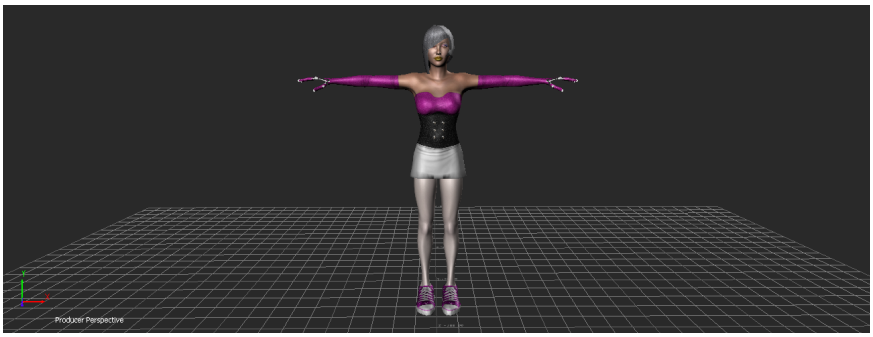


Figura 151. Peggy no MotionBuilder 2015®.
Fonte: O autor

Com este processo concluído, a personagem seguia exatamente os gestos corporais que nós efetuávamos.

O mesmo processo foi efetuado para a cara, mas nesta foi necessário aplicar mais algumas opções. Foi possível entender que a personagem, para que apresentasse diferentes emoções, teria de incluir expressões faciais denominadas de *shapes*. Estas poderiam ser criadas num *software* como o *3ds Max 2016®* e teriam de ser associadas à lista pré-definida de *shapes* do *MotionBuilder 2015®* para que a captação dos gestos faciais resultasse. Na imagem abaixo é possível verificar que a janela *Expressions* descreve as expressões por defeito do *software* e na janela *Target Models* por baixo do título *Shapes* estão descritas as expressões da personagem.

A associação é feita selecionando primeiro uma *shape* da lista pré-definida. Após esta seleção, aumentava-se a percentagem de uma das

shapes associadas à personagem, que por defeito está a 0%. No entanto a captação facial acabou por não ser utilizada no projeto final.

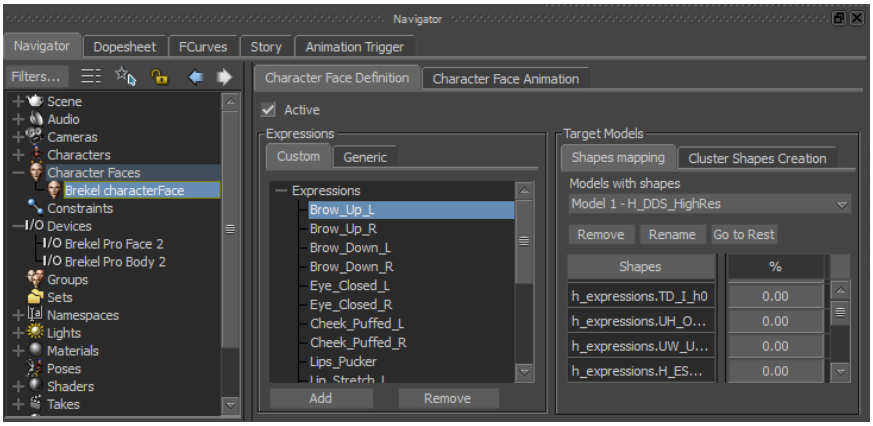


Figura 152. Janela dos shapes.
Fonte: O autor

São apresentados alguns *takes* dos vídeos captados nesta altura.

Figura 153. Takes corpo e cara.
Fonte: O autor

A partir destes testes verificaram-se alguns problemas:

- Utilizar o conjunto *Brekel Pro Body 2*® e *Brekel Pro Face 2*® causa um *delay*[10] acentuado na captação da cara. Esta hipótese foi testada com um computador melhor em que se verificou uma diminuição do *delay*. Esta foi uma das razões da não utilização da captura dos gestos das feições do rosto;
- Quando é simulado um evento em que nos colocamos de costas

10 atraso

para a câmara, a personagem não reage de forma esperada;

- Às vezes ao levantar a perna e executar o movimento para a frente, esticando a totalidade da perna, fazia com que esta se dobrasse de forma irrealista tendo em consideração as possibilidades da anatomia humana;
- Ao sentar numa cadeira, as pernas ficavam deformadas;
- A captação dos gestos das mãos não resultava de forma correta. O *software* detetava de forma defeituosa a abertura destas;
- Conforme algumas posições dos braços ou pernas, estes influenciam e fazem com que outros membros tremeliquem;
- A personagem apresentava as pernas ligeiramente dobradas mesmo etando numa posição neutra;
- Os pés atravessavam o chão;
- As expressões faciais da personagem não seguiam exatamente as expressões do utilizador. A razão deve-se provavelmente às limitações impostas pelo *Brekel Pro Face 2®*.

Alguns destes problemas acabaram por ser abordados mais tarde durante o desenvolvimento do projeto, sendo explicados na seguinte secção.

1.3.3. Processo e características

Para o início deste processo iremos continuar a utilizar a personagem do participante mencionado no tópico *1.2.6 Rigging*.

O formato de ficheiro recomendado é o FBX. Continuando a partir do processo *Rigging*, ainda no *3ds Max 2016®*, exportámos o modelo 3D com os materiais e o esqueleto introduzido para o formato mencionado, mantendo as opções selecionadas por defeito.

Quando exportado, introduziu-se o ficheiro no *software MotionBuilder 2015®*.

Figura 154. Personagem no MotionBuilder 2015®.
Fonte: O autor

A partir da análise da personagem *Peggy,* mencionada na secção anterior, foi possível verificar que para a utilização da personagem com o *Brekel Pro Body 2®* seria necessário convertê-la num dos recursos presentes no *software MotionBuilder 2015®*. Este denomina-se de *Charac-*

ter[11] que está presente na janela *Resources*[12] na aba *Asset Browser*[13]. Esta conversão possibilitará a utilização completa das funcionalidades do esqueleto da personagem.

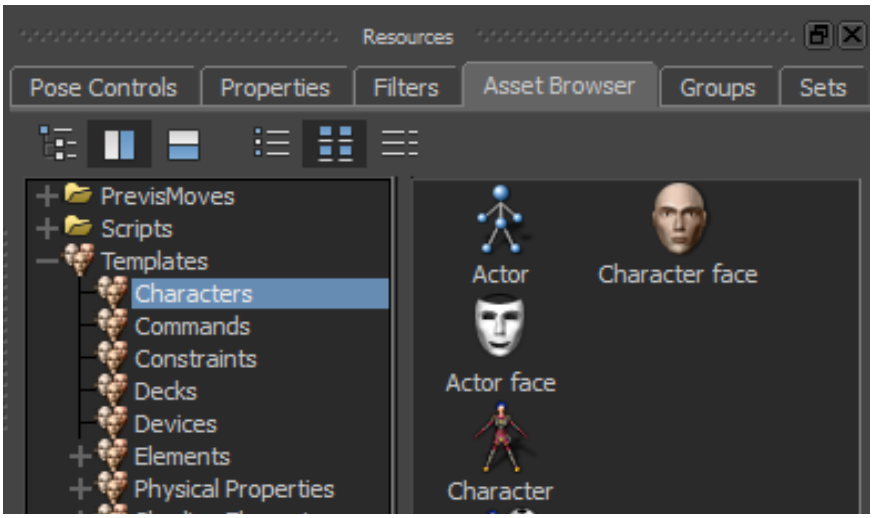


Figura 155. Character Resource.
Fonte: O autor

Para a criação do *Character*, arrastou-se esse recurso sobre um dos *nodes* do esqueleto da personagem. Apareceria uma janela com a opção *Characterize*[14]. Quando pressionado, neste caso, como alguns dos nomes incutidos pela aplicação da *Mixamo* diferem dos nomes utilizados por defeito pelo *MotionBuilder 2015®*, mesmo representando o mesmo tipo de membro, aparece uma janela de aviso. Posteriormente ao clicar no *Ok*, foi necessário manualmente fazer a associação dos *nodes* que representam os membros.

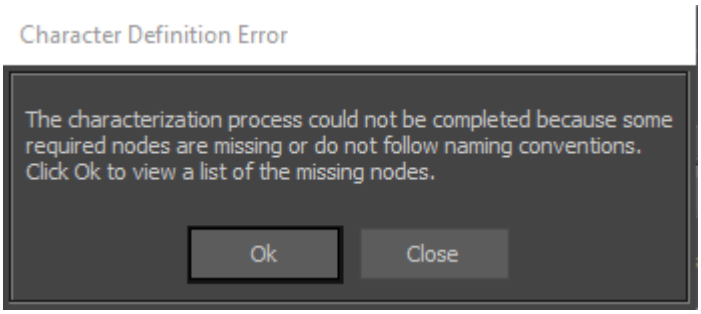


Figura 156. Character Definition Error.
Fonte: O autor

Daqui verificamos o aparecimento do *Character* na lista dos objetos presentes na área de trabalho denominado de *Navigator*[15].

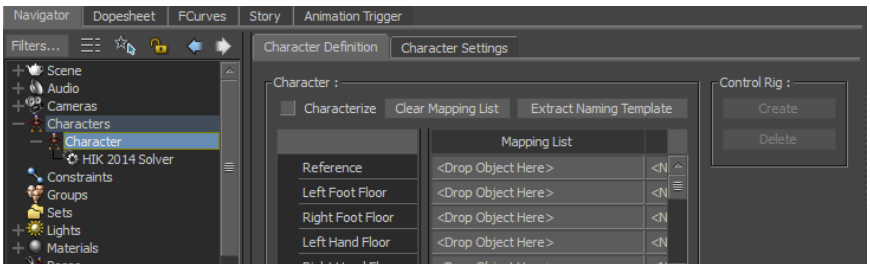


Figura 157. Character Layer.
Fonte: O autor

Abrimos este *resource* e verificámos a existência das opções *Charac-*

11 personagem
12 recursos
13 pesquisa de propriedades
14 personificação
15 navegador

ter Definition[16] e *Character Settings*[17]. Foi na aba *Character Definition* que foram feitas as associações que faltavam. O processo efetuou-se pelo arrastamento dos *nodes* associados ao esqueleto que se desdobraram em diferentes camadas. Estes estão presentes no *resource Scene>Bip001*. Arrastaram-se os *nodes* em falta para a aba *Mapping List*[18] do *Character Definition* e foram feitas as associações de forma correta.

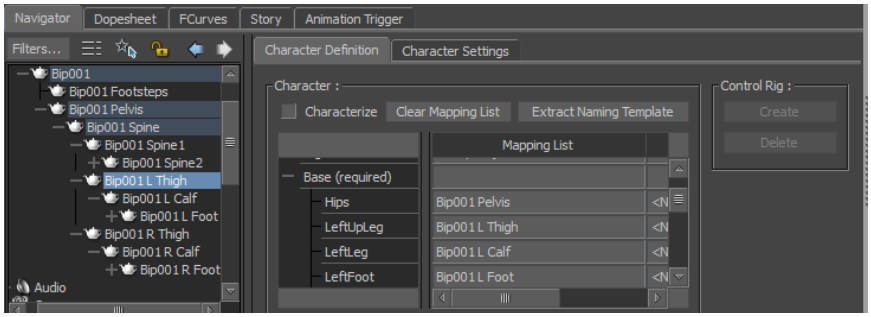


Figura 158. Inserção dos nodes.
Fonte: O autor

Com isto, clicou-se no botão *Characterize* e surgiu uma janela para aplica-la como *Biped* ou *Quadruped*[19]. Selecionou-se a opção *Biped* e a personagem ficou pronta para a utilização com a tecnologia *Motion Capture*.

Agora resta fazer a ponte entre o *Brekel Pro Body 2*® e o *MotionBuilder 2015*®. Para isso, de novo, na janela *Resources* na aba *Asset Browser* encontra-se a *layer Devices*[20]. Aqui encontra-se o *device Brekel Pro Body 2*®.

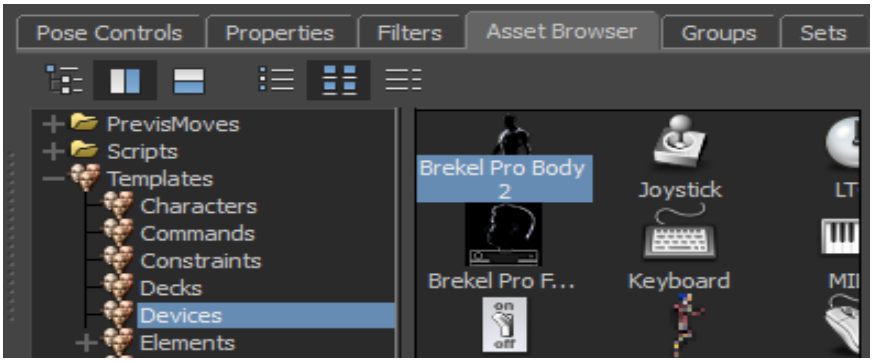


Figura 159. Dispositivo Brekel Pro Body 2®.
Fonte: O autor

Arrastou-se este *device* para a área de trabalho aparecendo posteriormente no *Navigator*.

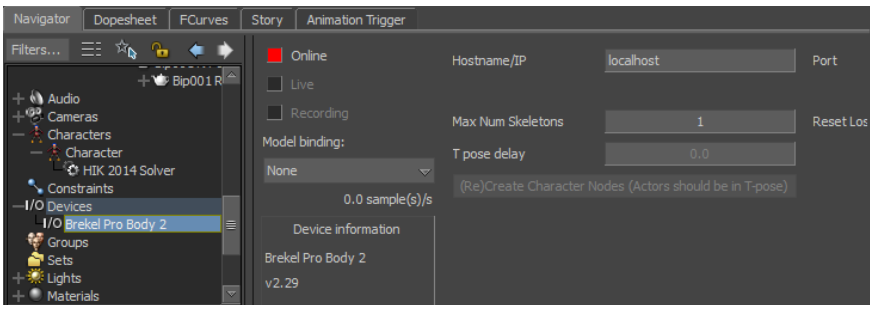


Figura 160. Device no navigator.
Fonte: O autor

16 definição da personagem
17 parâmetros da personagem
18 lista de mapeamentos
19 personagem de quatro pernas
20 dispositivos

Na opção *Model binding*[21] é que se criou uma referência semelhante ao esqueleto do *Brekel Pro Body 2*®. Utilizou-se a opção *Create...* dentro desta e apareceu o nome *Brekel:Reference*. Restou converter este esqueleto num *Character* para que possa ser utilizado como referência direta da personagem do participante. Mas antes disso foi necessário ativar o *software Brekel Pro Body 2*®. Quando ativado, de volta ao *MotionBuilder 2015*®, no *device Brekel Pro Body 2* ativou-se a opção *online,* transitando da cor vermelha para verde. Ativou-se também a opção *live*[22] que garante a transmissão em tempo real dos dados captados no *Brekel Pro Body 2*®. Para que seja feita a conversão para *Character* foi necessário que uma pessoa se colocasse à frente do *Kinect*® na posição denominada *posição T* para garantir a melhor transmissão possível de dados. Após colocado, clicou-se na opção *(Re)Create Character Nodes (Actors should be in T-pose).*

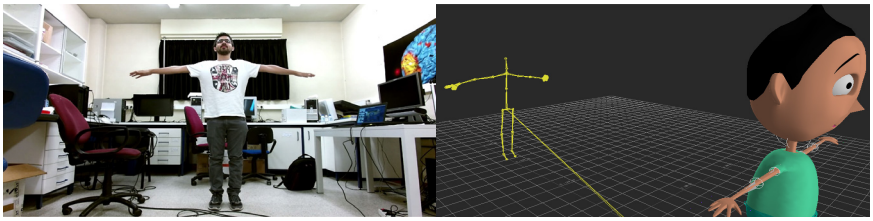


Figura 161. Pose-T.
Fonte: O autor

Quando clicado, apareceu um novo *Character* no *Navigator* com o nome do esqueleto *Brekel:Reference* mencionado anteriormente. Restou associar esta referência à personagem do participante. Para isto, abriu-se o *layer Character* que está relacionada com a personagem do participante. Na aba *Character Settings* está incluído a opção *Input Type*[23]. Como o *Brekel:Reference* também é considerado um *Character*, foi escolhida a opção *Character*. Quando escolhido, restou escolher o *Input Source*[24]. Aqui escolheu-se a referência que se queria utilizar, que neste caso é o *Brekel:Reference*. A partir deste momento a personagem do participante anima consoante a referência *Brekel:Reference*, permitindo assim o *Motion Capture* em tempo real pretendido.

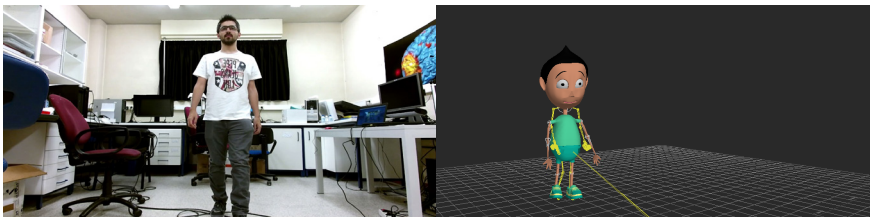


Figura 162. Personagem com esqueleto.
Fonte: O autor

Para concluir, foi necessário fazer algumas alterações, recorrendo às opções relacionadas com a forma de como o esqueleto da personagem é manipulado. Isto também ajuda a resolver alguns dos problemas mencionados na secção anterior.

Na mesma janela *Character Settings* é que se encontram essas opções. Todas estas foram exploradas garantindo a melhor otimização possível da personagem. Serão mencionadas unicamente as opções modificadas

21 vinculação do modelo
22 ao vivo
23 tipo de introdução
24 fonte de introdução

e ativadas.

Esta janela divide-se em diversas categorias. Dentro da categoria *Retargeting*[25] foi ativada a opção *Match Source*[26] que permite a sobreposição do esqueleto da personagem do participante sobre o esqueleto do *Brekel:Reference*. Isto garantia que todas as personagens tenham a mesma posição.

Na categoria *Offset*[27] integra-se a opção *Hips Level*[28]. Por defeito este está no modo *Auto*[29]. Foi necessário aplicar o modo *User*[30] e ajustar o valor desta opção. Os valores consoante os tipos de personagem variaram entre os números 20 a 50. Esta opção permite ajustar a altura das ancas da personagem resolvendo assim o problema das pernas ligeiramente dobradas mesmo que o participante se encontrasse numa posição neutra.

Na categoria *Reach*[31] são mencionados valores do alcance do movimento para cada parte do esqueleto. Alterou-se os valores das partes *Left Leg*[32] e *Right Leg*[33] para 100% permitindo o alcance total destes de uma forma realista. Isto resolveu o problema que ocorria com estas partes quando a personagem se sentava.

Por último, na categoria *Modifiers* ativou-se a opção de *Feet Floor Contact*[34] que solucionou o problema de os pés torcerem para baixo, permitindo então a simulação do contacto entre os pés e o chão. Também foi aplicada a opção *Mirror Animation*[35] que inverte as animações produzidas. Esta opção será explicada na secção *4. Testes e experiência final* deste capítulo.

1.3.4. Limitações

Apesar de apresentar várias possibilidades e tendo resolvido alguns dos problemas que surgiram, o *Kinect*® em conjunto com os *softwares Brekel Pro Body 2*® e *MotionBuilder 2015*® apresentam algumas limitações:

No *Brekel Pro Body* 2® a captação dos dados não é fiável. Estes dobram-se de forma muito aleatória não conseguindo seguir o movimento exato dos do utilizador. Por esta razão a opção do movimento dos dedos foi desativada;

A captação do *Kinect*® não permite verificar se o utilizador fica de costas ou de frente. Por defeito, mesmo que o utilizador esteja de cos-

25 redirecionamento
26 fonte de correspondência
27 fora dos limites
28 nível das ancas
29 automático
30 manual
31 alcance
32 perna esquerda
33 perna direita
34 contacto dos pés no solo
35 animação espelhada

tas, o *Kinect*® assume que este está na posição frontal;

Os braços e mãos da personagem não acompanham exatamente os gestos em que o utilizador recorre a estes. Denota-se melhor este efeito quando ambos os membros se intercalam;

Quando o utilizador vira completamente a cabeça para a esquerda ou direita, a personagem não é capaz de acompanhar o movimento completo.

Considerando estas limitações, no geral a personagem consegue imitar o utilizador de uma forma espontânea e correta.

2. Design dos Ambientes Virtuais

2.1. Ideias

Como mencionado no tópico *3. Objetivos específicos* do *Capítulo 3*, as ideias iniciais incluiriam o espaço vazio, o parque verde, o recreio da escola, o jardim zoológico e uma sala de aula. Como o número de personagens já era elevado já pensando na experiência final, optou-se por reduzir para três ambientes.

Antes de determinar os ambientes, foi feita uma pesquisa sobre os espaços mais utilizados pelas crianças. A razão da escolha deste tipo de espaços deveu-se à ideia de que as crianças passam a maioria do tempo neles e, consequentemente, adaptam-se mais facilmente a estes. Com isto pretendia-se uma influência positiva do espaço na relação com a componente da imitação, de forma a que identificassem o espaço e se sentissem mais à vontade quando se encontravam nele. Foi tido em consideração que estes não deveriam ser cópias exatas de um espaço existente, porque algumas das crianças poderiam o reconhecer e outras não. Assim sendo, desenvolveu-se espaços imaginados.

Encontrou-se um estudo executado na Dinamarca em que determinaram os espaços onde as crianças passam mais tempo *(Rasmussen, 2004)*. Entre estes destacam-se:

- Parque verde;
- Espaços de recreação comuns;
- Recreio da escola;
- Sala de estudo da escola;
- Parques situados nas zonas urbanas.

Em adição a espaços mais utilizados por crianças, também se queria um espaço neutro. Foi então formada a lista final dos ambientes a trabalhar:

- Sala Virtual;
- Sala de Aula;
- Recreio.

As referências principais da *Sala Virtual* consistiram nos filmes *Tron* e *Matrix*, sendo o conceito a utilização de *wireframe*[36] como elemento definidor do espaço.

36 linhas estruturais

As referências da *Sala da Aula* foram as seguintes:

- Escola E.B 2,3 de Penafiel nº3;
- Escola Básica e Secundária de Pinheiro;
- Escola EB1/JI Parrinho;
- Vários objetos comuns neste tipo de espaço.

A referência principal do *Recreio* consistiu na Escola EB1/JI Parrinho.

2.2. Modelação 3D

Neste tópico será demonstrado o processo de modelação para cada ambiente. É de relembrar que estes ambientes pretendem representar um espaço diurno. Teve de se considerar o tipo de gestos a executar em cada um, realçando a importância da posição dos objetos nestes espaços.

2.2.1. Sala Virtual

Para a *Sala Virtual* optou-se por duas ideias. A primeira passava por uma sala cúbica coberta *wireframe*. A segunda passava pelo solo que se estendia a uma distância considerável, cruzando no final com uma parede de forma a tentar criar a sensação de grande profundidade. Na sua execução, considerou-se sempre a escala das personagens.

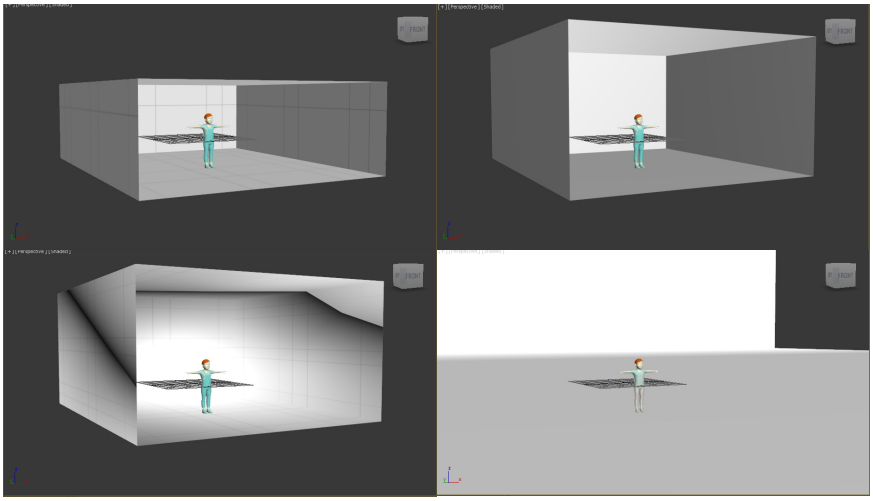


Figura 163. Processo 1 - Modelação.
Fonte: O autor

Após desenvolvidas as duas ideias, começou-se por explorar as texturas e cores. Durante esta etapa, a segunda ideia acabou por ser excluída.

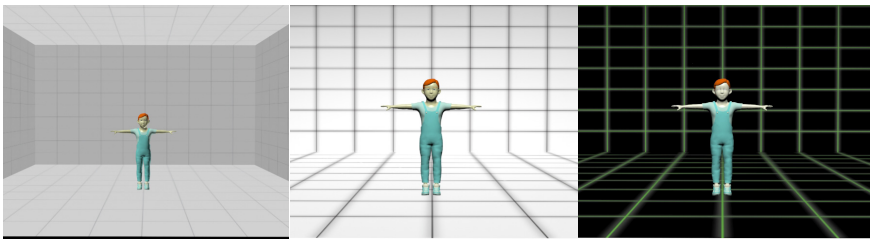


Figura 164. Processo 2 – Escolha de cores e formas.
Fonte: O autor

Foram desenvolvidas diferentes experiências de cores e optou-se

no final pela solução que se segue. Esta apresenta um tom branco com linhas cinzentas. Optou-se por esta opção ao invés do fundo negro por tornar o espaço mais leve e evidenciar melhor as cores dos elementos das personagens.

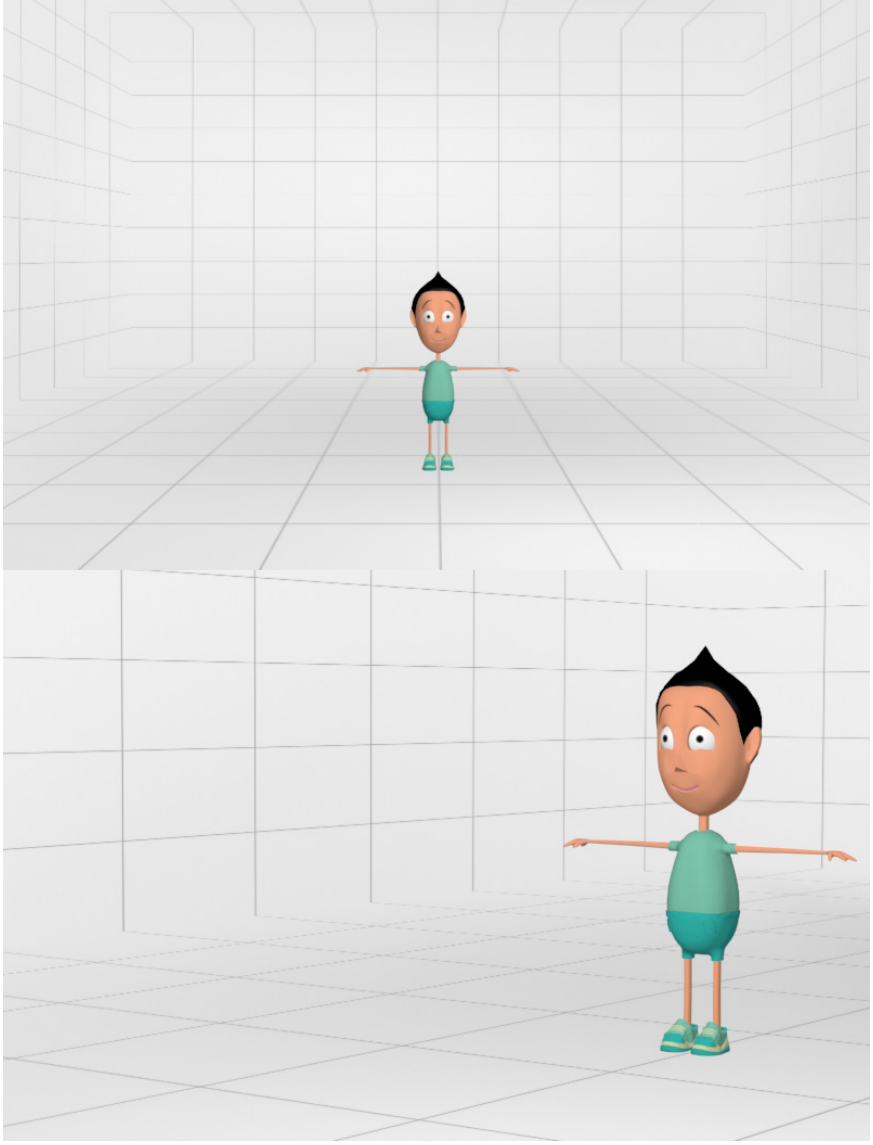


Figura 165. Ambiente final.
Fonte: O autor

2.2.2. Sala de Aula

A ideia na *Sala de Aula* foi utilizar como base uma das salas de aula de escola E.B 2,3 de Penafiel nº3. Considerando-o, o tipo de objetos utilizados e a disposição destes seriam alterados. Os processos de modelação e aplicação de cor e textura foram executados alternadamente. Iniciou-se o processo com a criação das mesas. Nestas mesas estariam inseridas cadeiras. Estas foram produzidas a partir de um objeto base criado por *_nzrzb_* disponível no endereço *http://tf3dm.com/3d-model/school-chair-84047.html*. Foi alterada para se adaptar às necessidades do autor. Já as texturas utilizadas nos objetos foram obtidas a partir do endereço *http://www.textures.com/*.

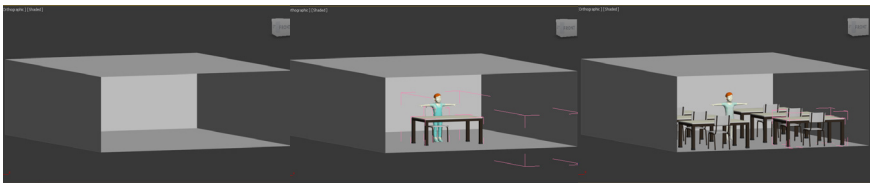


Figura 166. Processo 1 – Modelação bancos e mesas.
Fonte: O autor

Procedeu-se à aplicação de janelas e o quadro. Recorreu-se a janelas desenvolvidas por *Canella Guido* que se encontram no endereço *http://archive3d.net/?a=download&id=77201542*, sendo alterada posteriormente conforme as necessidades do autor. Criou-se um quadro de tela branca e com bordas de metal. Entretanto também se criaram placas de madeira que seriam colocadas a nível do solo à volta de toda a sala.

Figura 167. Processo 2 – Janelas, quadro e placas de madeira.
Fonte: O autor

Procedeu-se à criação de um quadro tradicional. Colocou-se uma secretária para o professor. Recorreu-se a uma porta com uma janela superior criada pelo autor *Arsen* que se encontra no endereço *http://archive3d.net/?a=download&id=ab6cc99f*. Este foi modificado a nível de modelação e texturas conforme as ideias do autor. Recorreu-se a uma luz de teto acessível no seguinte endereço *http://www.3dmodelfree.com/models/31831-0.htm*. Este foi modificado a nível de escala e texturas. Com estes desenvolvidos, foram colocados nos sítios idealizados. Ao longo deste processo, alguns materiais e posições foram sendo alterados.

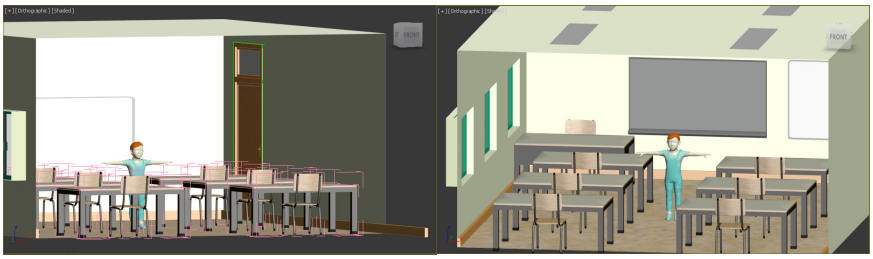


Figura 168. Processo 3 – Quadro tradicional, secretária, porta e luzes de teto.
Fonte: O autor

O quadro inicial com bordas de ferro foi substituído por um quadro de cortiça onde se encontrariam pendurados, com pionés, diversas folhas de papel com desenhos. Estes desenhos foram retirados a partir dos endereços *http://1.bp.blogspot.com/-nDsw7ugHcCg/VQBbROj42LI/AAAAAAAAAFE/penha9Tcr4M/s1600/drawing.jpg*; *http://juegosinfantiles.bosquedefantasias.com/dibujos-colorear-ninos/dibujos-escuela*; *http://www.doodleboat.org/archive/Drawing-of-Christmas-by-SOS-child-in-Ethiopia/view* e *http://gstat.mn/newsn/images/ck/2015/08/14/huuhdiin_zurag4-121928-785000956.jpeg*.

Criaram-se os pionés. Foi também criado um desenho infantil para colocar no quadro tradicional. Produziu-se paus de giz e o apagador. Estes detalhes permitiram realçar a sala como sendo um espaço frequentado.

Figura 169. Processo 4 – Folhas penduradas com pionés e desenho no quadro.
Fonte: O autor

Posteriormente, procedeu-se à adição de outros detalhes. Foi adicionado um computador criado pelo autor *Jacobus Johannes Pieter* disponível no endereço *http://archive3d.net/?a=download&id=e288a2fb*, que foi posteriormente alterado. Este foi colocado na secretária do professor. Como na parte superior da porta estava presente uma janela, foi necessário criar um extra compartimento representativo de um corredor. Criou-se e adicionou-se uma nova folha na moldura de cortiça, em que estaria listado um conjunto de números. Desenvolveu-se uma nova moldura de cor onde se penduraram folhas de papel. As imagens destas folhas foram retiradas dos endereços *http://culturalbiosfera.blogspot.pt/2013/09/atlas-do-corpo-humano-oi.html*, *http://footmvp.com/capital-cursive-letters/* e *http://pt.slideshare.net/ana.mgrpereira/calendrio-escolar-15-16*. O desenho do quadro clássico foi modificado, melhorando assim a sua qualidade estética e infantil. Foram acrescentadas mochilas criadas pelo autor *3dregenerator* e descarregadas a partir do endereço *http://tf3dm.com/3d-model/backpack-59838.html* e posteriormente modificados. Acrescentou-se um aquecedor criado por *Sheikh*, disponível no endereço *http://archive3d.net/?a=download&id=d5fb5737,* sendo posteriormente alterado conforme as ideias do autor. Criaram-se suportes de madeira na parte superior das janelas e também as fitas das persianas das janelas. Modificando diversos materiais, posições e moldes de objetos foi possível chegar a um ambiente com um aspeto mais finalizado.

Figura 170. Processo 5 – Adição de objetos e pormenores.
Fonte: O autor

A sala foi modelada considerando que, quando presente no mundo virtual durante o procedimento da experiência final, a sua visualização iria ser feita a partir de trás do quadro em direção aos bancos e mesas. Foram alteradas as posições dos objetos para adequar a esta visão. Mas perante uma das reuniões no instituto, o chefe do projeto e os colegas

do IBILI, estes não conseguiram entender que a moldura presente representava um quadro tradicional, evidenciado na seguinte imagem.

Figura 171. Vista de fora do quadro.
Fonte: O autor

Consequentemente, foi necessário efetuar alterações de posição dos objetos e introduzir novos elementos consoante os gestos pensados. Foi acrescentado um globo criado por *3dregenerator* disponível no endereço *http://tf3dm.com/3d-model/globe-13631.html*, modificando o molde e substituindo a sua textura. Recorreu-se a um mapa que se encontra no endereço *http://www.davidrumsey.com/luna/servlet/view/all/when/1938/?pgs=100*. Adicionalmente, acrescentou-se um livro criado pelo autor *animatedheaven* disponível no endereço *http://tf3dm.com/3d-model/old-open-book-71010.html*. Neste adaptou-se o molde de forma a representar um manual de atividades escolar. As suas texturas foram retiradas do endereço *http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=28982*.

Foi colocado um par de mesas e cadeiras direcionadas no sentido oposto às restantes. Acrescentou-se um novo quadro, tendo no final dois quadros com o mesmo desenho. O conjunto dos objetos globo e livro foram colocados sobre as mesas direcionadas no sentido oposto. Optou-se por adicionar um vale no exterior da sala para que na visualização pela janela não parecesse que o espaço estaria a flutuar. Já para o fundo exterior, recorreu-se um fundo de textura representativa do céu. A textura foi descarregada do endereço *http://67.media.tumblr.com/39d5a94d74951ed7fa9b47e6c2da0a04/tumblr_meyi2m091Z1qkovyeo9_500.jpg*. No final, a altura das cadeiras foi ajustada mediante os requisitos exigidos na execução dos gestos. O quadro, mesas e cadeiras opostas, livro e globo serviram como objetos base para a imitação dos gestos.

Figura 172. Ambiente final.
Fonte: O autor

2.2.3. Recreio

O desenvolvimento do *Recreio* começou com a importação do ambiente da *Sala Virtual* e a partir daí foi modificado. Utilizando como referência principal a Escola EB1/JI Parrinho, iniciou-se pela colocação de um solo. Foram adicionados dois objetos: o baloiço criado pelo autor *Coop Himmelblau* disponível no endereço *http://archive3d.net/?a=download&id=c4681617* e um conjunto com escorrega criado pelo autor *S.Gainsbourg* disponível no endereço *http://archive3d.net/?a=download&id=f8bb8829*. Ambos foram modificados a nível de modelação e material.

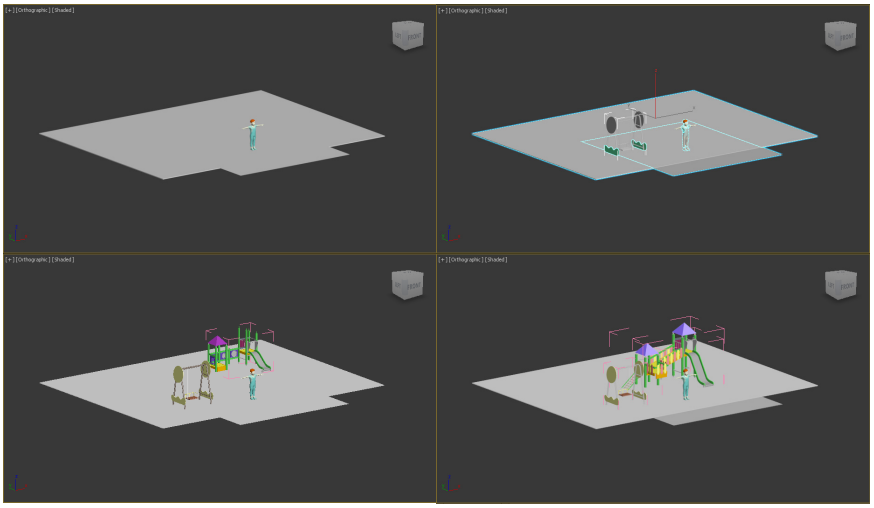


Figura 173. Processo 1 – Solo e alguns objetos.
Fonte: O autor

Criou-se e colocou-se um muro que ficasse na parte anterior aos objetos já colocados. Este muro foi constituído por desenhos criados pelo autor *freepik* disponível no endereço *http://www.freepik.com/free-vector/cute-childrens-drawing_765565.htm#term=cute%20childrens%20drawing&page=1&position=9*. Este foi alterado posteriormente para se prolongar ao longo do muro. Depois foi criado um vale que se iria situar na parte anterior dos objetos colocados. Acrescentou-se árvores criadas por *Filipe* e *Olsen* disponíveis nos endereços *http://archive3d.net/?a=download&id=c68faea1* e *http://archive3d.net/?a=download&id=f5851c2a*. As suas texturas foram ligeiramente modificadas e alterou-se alguns dos seus *polygons*. Foi desenvolvida uma cerca alta que se iria situar sobre o muro. Para dar mais vida ao ambiente, produziu-se um desenho representativo do jogo da macaca ao lado do conjunto com escorrega. Acabou-se por aplicar texturas em falta nos objetos já colocados.

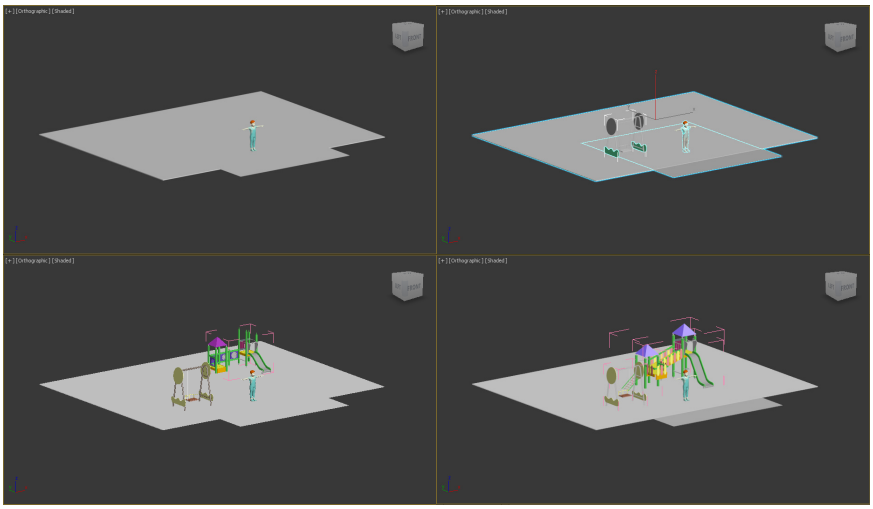
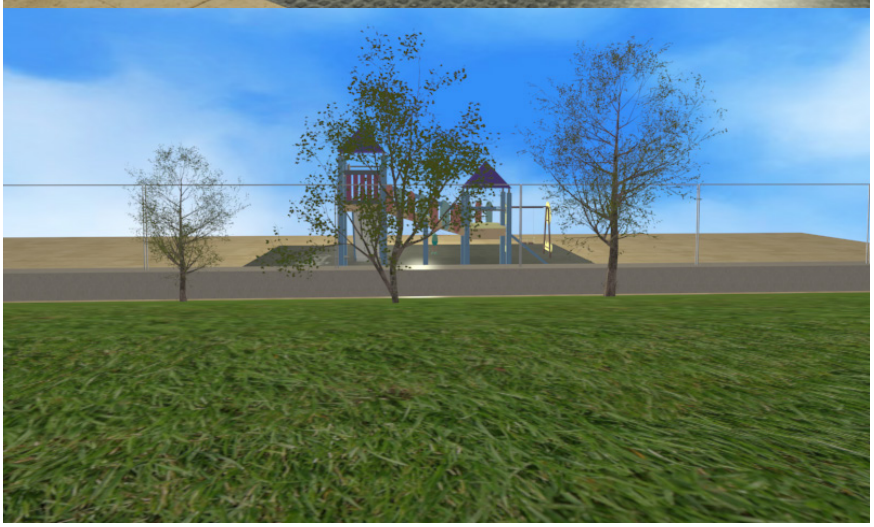


Figura 174. Processo 2 – Vale, árvores, macaca e cerca.
Fonte: O autor

Numa fase mais final, vários pormenores foram corrigidos. Acrescentou-se uma textura de céu utilizado na *Sala de Aula* que engloba o ambiente todo. As cores dos baloiços foram alteradas para que ficassem mais vibrantes. Algumas escalas de objetos foram ajustadas para se adaptar às proporções e escala das personagens, e simultaneamente, ajustou-se as suas posições.

Figura 175. Ambiente final.
Fonte: O autor



2.3. Animações

2.3.1. Lista de Gestos e Características

Os tipos de gestos a serem utilizados começaram a ser estipulados quando se finalizou a lista dos ambientes.

Foi decidido no início que, durante a experiência, à medida que se avançasse ao longo dos diferentes ambientes, o grau de dificuldade aumentaria. Estipularam-se os seguintes gestos:

- 1º Ambiente – Sala Virtual
    - Acenar um olá;
    - Dar um passo para a esquerda;
    - Dar um passo para a direita;
    - Dar um passo para a frente;
    - Dar um passo para atrás;
    - Só de cara:
        - Sorrir;
        - Fazer cara triste;
        - Levantar sobrancelhas;
        - Fechar e abrir os olhos;
        - Deitar língua de fora;

        - Olhar para esquerda;
        - Olhar para a direita.
- 2º Ambiente – Sala de Aula:
    - Pegar no giz fictício;
    - Fazer de conta que se está a escrever no quadro com o giz na mão com o braço direito;
    - Pousar o giz fictício e pegar no apagador fictício;
    - Apagar o que escreveu;
    - Pousar o apagador fictício.
    - Sentar na cadeira apresentada;
    - Folhear um livro que está em cima da mesa;
    - Fazer de conta que se está a ler com um dedo;
    - Fechar o livro.
- 3º Ambiente – Recreio:
    - Esticar braços para a frente;
    - Esticar braços para trás;
    - Andar para a frente;
    - Andar para trás;
    - Dar um salto;
    - Fazer de conta que corre;
    - Jogar à macaca.

Considerando o tempo que iria demorar a execução das combinações de personagens e ambientes, foi necessário reformular a lista de forma a evitar o prolongamento excessivo da experiência. Como o ambiente *Sala de Aula* sofreu grandes alterações, também foi necessário estipular gestos completamente diferentes neste ambiente.

Um pormenor importante foi a exclusão da interatividade com objetos da experiência. Como os portadores de PEA já têm dificuldade no ato da imitação, como mencionado no Estado da Arte, incluir objetos quer na realidade, quer no mundo virtual iria complicar a experiência. O principal problema seriam os *timings*[1] de cada imitação, ou seja, o facto da personagem do próprio participante também interagir com os objetos, iria provocar situações de desaparecimento ou aparecimento destes em gestos que já não o estariam a fazer. Este efeito poderia causar confusão no participante e complicar a experiência, aumentando assim o número de variáveis no processo de recolha de dados.

Outro ponto importante a considerar seria a posição inicial e final de cada animação. Estas deveriam começar e terminar exatamente no mesmo ponto do espaço de interação, para que a transição entre cada animação fosse feita de forma suave e sem saltos.

Com as caraterísticas mencionadas anteriormente, chegou-se à lista final que se segue:

- 1º Ambiente – Sala Virtual:
    - Dizer olá braço esquerdo;
    - Dizer olá braço direito;
    - Passo esquerdo;

1 tempos

    - Passo direito;
    - Passo frente;
    - Passo trás;
    - Levantar joelho esquerdo;
    - Levantar joelho direito;
    - Levantar perna e braço esquerda;
    - Levantar perna e braço direita.
- 2º Ambiente – Sala de Aula:
    - Apontar para o quadro;
    - Sentar na cadeira;
    - Ler o livro;
    - Explorar o globo;
    - Levantar da cadeira.
- 3º Ambiente – Recreio:
    - Levantar braços para a frente;
    - Levantar braços para cima;
    - Levantar braços para a frente e roda-los para a esquerda e direita;
    - Andar para a frente;
    - Andar para trás;
    - Aquecer pés e ombros;
    - Rodar as ancas para a esquerda e direita;
    - Correr.

2.3.2. Processo

Foi sugerido no início utilizar um equipamento que recorresse à inserção de marcadores no corpo de uma pessoa para captar os seus gestos. Mas como o *Kinect*® apresenta limites na captação destas animações (explicado no tópico *1.3.4 Limitações* deste capítulo), optou-se por gravar com este equipamento, explorando e tirando partido destes limites, verificando os gestos possíveis. Foi sugerido utilizar o *3ds Max 2016*® para modificar e gerir as animações. No entanto, o *MotionBuilder 2015*® continuou a ser a ferramenta preferencial por permitir um maior controlo sobre a posição dos membros do esqueleto da personagem, por ser possível gerir várias animações num único ficheiro e por facilitar o processo de controlo dos *timings* destas.

Partindo da personagem do participante produzida no tópico *1.3.3 Processo e características*, procedeu-se à gravação das animações. Para este processo foi necessário recorrer à janela *Transport Controls*[2], que incluí a *timeline*[3] e as opções de gravação e reprodução.

Figura 176. Transport Controls.
Fonte: O autor

Ao lado da opção *Actions*[4], é possível verificar a existência da opção

2 controlos de transporte
3 cronograma
4 ações

Take 001, inserida na *layer Takes*[5], local onde se cria e escolhe os *takes*. Estes permitem a separação das diferentes animações. Opções adicionais desta funcionalidade estão disponíveis na janela *Navigator*. Aqui é possível verificar e controlar o *frame* inicial e final.

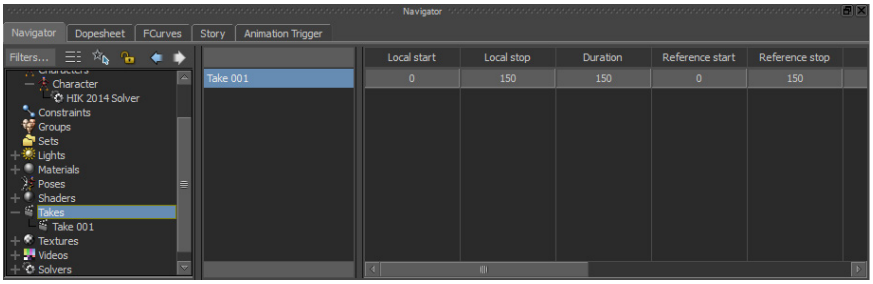


Figura 177. Takes.
Fonte: O autor

Restou só ativar a opção *Recording*[6] presente no *device Brekel Pro Body 2*® para que as posições do esqueleto *Brekel:Reference* pudessem ser guardadas.

Quando escolhido o *take* para a animação pretendida, ativou-se a opção de gravar presente no *Transport Controls*. Após a execução dos gestos pretendidos, parou-se a devida gravação.

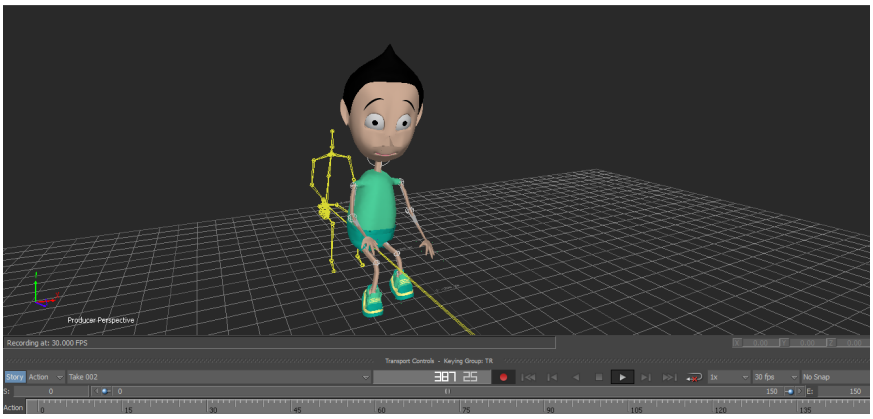


Figura 178. Exemplo de gravação.
Fonte: O autor

Com este processo de gravação foram criados *keyframes*[7] para cada membro, gravados segundo a segundo. É possível verificar estes na *timeline* quando se seleciona um membro do *Brekel:Reference*. Nessa seleção surge o nome do membro selecionado no canto inferior direito na janela de trabalho para uma identificação mais fácil do membro.

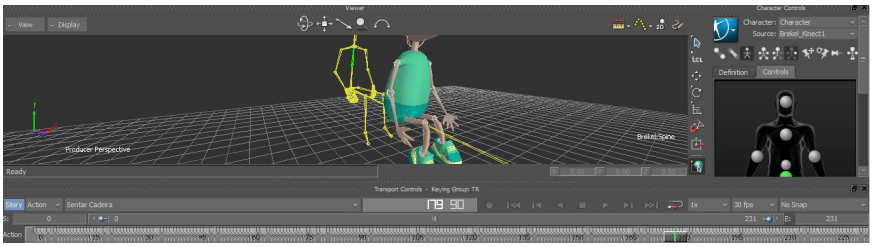


Figura 179. Keyframes.
Fonte: O autor

O passo final passou por otimizar a animação. Quando se capta com o *Kinect*®, é possível verificar em certas alturas alguns saltos de alguns membros da personagem. A solução passou pela modificação dos *keyframes* dos membros do *Brekel:Reference* afetados. Por defeito o

5 tiragens

6 gravar

7 frames das próprias animações

MotionBuilder 2015® recorre à funcionalidade de *interpolation*[8]. Esta processa uma transição suavizada reproduzindo *keyframes* gerados entre dois *keyframes* distantes aplicados manualmente.

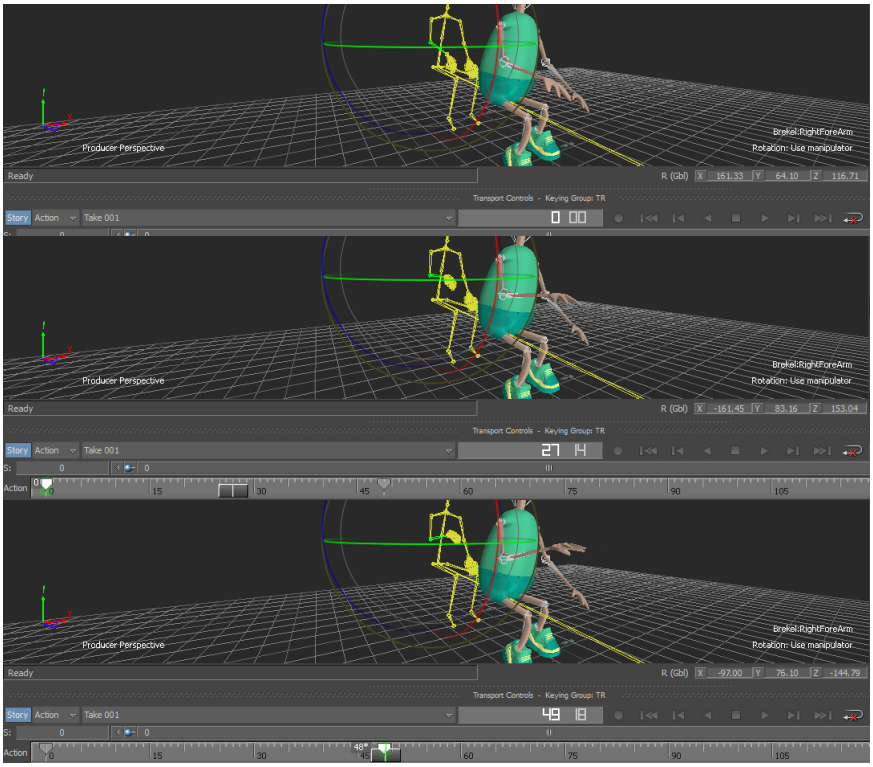


Figura 180. Interpolation.
Fonte: O autor

Tirando partido desta funcionalidade, removeram-se os diversos *keyframes* dos membros afetados e recorreu-se aos movimentos de rotação e translação. Quando a ampulheta da *timeline* ficava colocada no *frame* pretendido e o membro seria alterado para posição pretendida, criava-se manualmente o *keyframe*. Quando finalizada a otimização da animação, procedeu-se à alteração do nome do *take*. Todas estas etapas foram aplicadas a todas as animações gravadas.

8 interpolação

3. Realidade Virtual

3.1. Primeiros passos

Na fase inicial, quando se procedeu à exploração da tecnologia *Motion Capture* (explicado na secção *1.3.2 Primeiros passos* desta secção), também se tentou encontrar uma solução para a transmissão dos dados que interligam os *softwares Brekel Pro Body 2*®, *MotionBuilder 2015*® e o *Vizard*®.

Inicialmente foi instalado o *software Vizard*®. Após a instalação, recorreu-se a tutoriais e conteúdo disponível na Internet para encontrar uma solução para a conexão entre os *softwares* utilizados. A opção mais viável consistiu no *plug-in* do *MotionBuilder 2015*® denominado de *LiveCharacters*. Este possibilita a transmissão de um *Character* do *MotionBuilder 2015*® pretendido em tempo real para o *software Vizard*® e incluí já algumas personagens prontas para esta funcionalidade. Através de experiências de tentativa e erro, chegou-se à conclusão de que é transmitido unicamente o esqueleto do *Character*, excluindo o modelo 3D e os seus materiais. É importante reforçar a utilização do mesmo esqueleto no *MotionBuilder 2015*® e *Vizard*® para que na sua ligação não ocorram potenciais *bugs*.

Utilizando uma das personagens incluídas por defeito no *plug-in*, abriu-se o *software MotionBuilder 2015*® e montou-se o *setup*[1] mencionado na secção *1.3.3 Processo e características* deste capítulo. O nome do *Character* neste caso é *Male*. Foi necessário adicionar mais um *device* que permitisse fazer a ponte deste com o *Vizard*®. Da janela R*esources,* aba *Asset Browser* arrastou-se o *device Live Characters* para a área de trabalho. Consequentemente apareceu na janela *Navigation* o *device* e as suas opções.

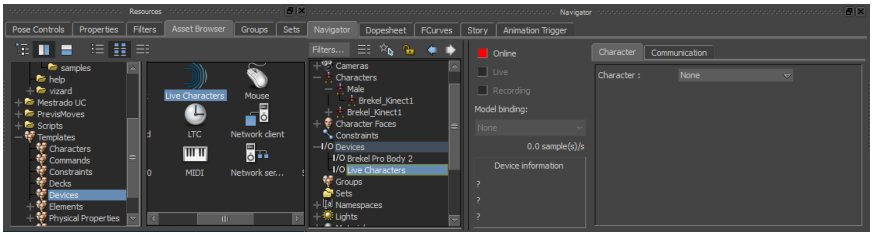


Figura 181. Live Characters device.
Fonte: O autor

A partir daqui bastou só selecionar o *Character* a transmitir, nomeadamente o *Male* e de seguida pressionar a opção *online* para ativar a ligação.

Com o *Motionbuilder 2015*® configurado, foi necessário entender o funcionamento da parte do *Vizard*®. Ao instalar o *Live Characters* este veio com pastas em que estavam incluídos os ficheiros utilizados na constituição da personagem. As especificações destes ficheiros são explicadas na secção seguinte. O entendimento desta organização de ficheiros foi fulcral no processo de integração das personagens e ambientes no mundo virtual. Na instalação também se incluiu o código necessário para a execução da ponte de ligação dos *softwares*.

1 configuração

```
Getting Started   sample_localhost_male.py
1  import viz
2  viz.go()
3
4  #Import the Vizard module
5  import vizmocap
6
7  # Load ground
8  viz.add('tut_ground.wrl')
9
10 #Set the window to stay on top
11 viz.window.setFloat()
12
13 #Add an avatar to the scene
14 male = viz.add('vcc_male.cfg',pos=(0,0,6),euler=(180,0,0))
15
16 #Connect to a Live Characters server at the specified address and port, attach the avatar
17 lc1 = vizmocap.LiveCharacter('localhost',8050,8055,model=male)
```

Figura 182. Código.
Fonte: O autor

No código é possível realçar a última linha como a razão da ligação do *MotionBuilder 2015®* com o *Vizard®*. Para concluir, executa-se o código. Foi possível verificar uma ligação perfeita e sem problemas mesmo recorrendo à tecnologia *Motion Capture* em tempo real.

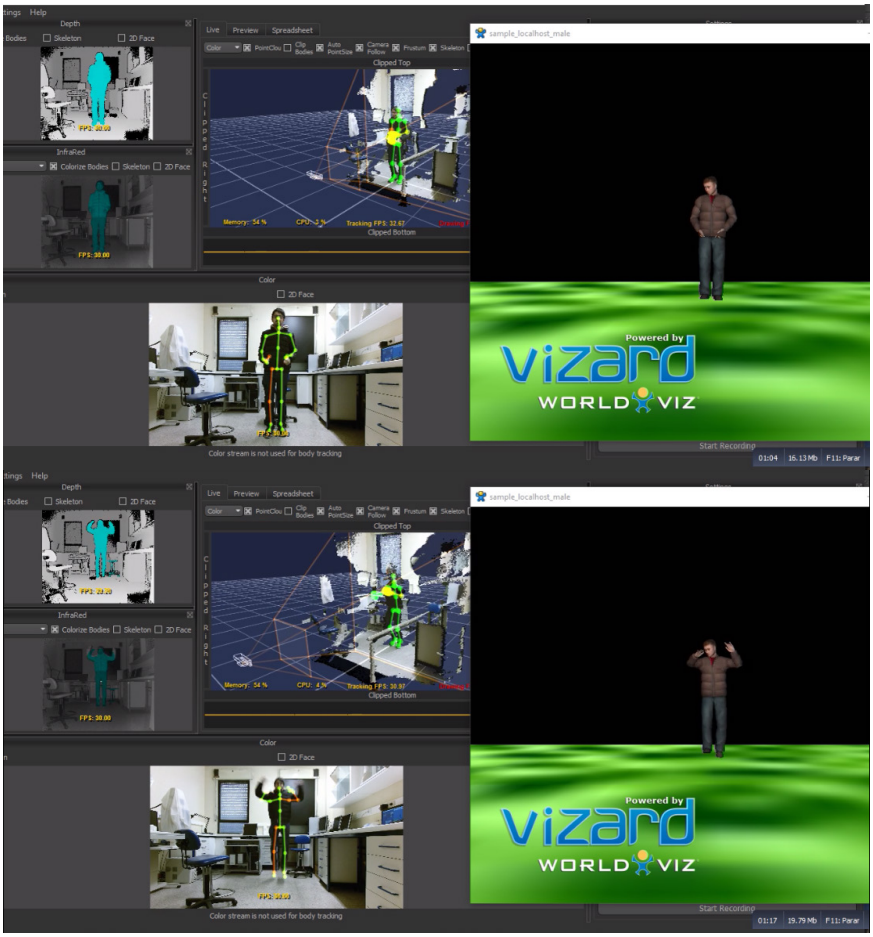


Figura 183. Testes.
Fonte: O autor

3.2. Exportação dos modelos 3D

Partindo da personagem utilizada no tópico *2.3.2 Processo* deste capítulo, ainda no *MotionBuilder 2015®*, gravou-se o ficheiro no formato FBX.

Com este ficheiro guardado, procedeu-se à importação deste no *3ds Max 2016®*. Antes de iniciar o processo de exportação foi necessário instalar um *plug-in* denominado de *Cal3D* que permite exportar os elementos das personagens e ambientes para os formatos necessários a utilizar no *Vizard®*.

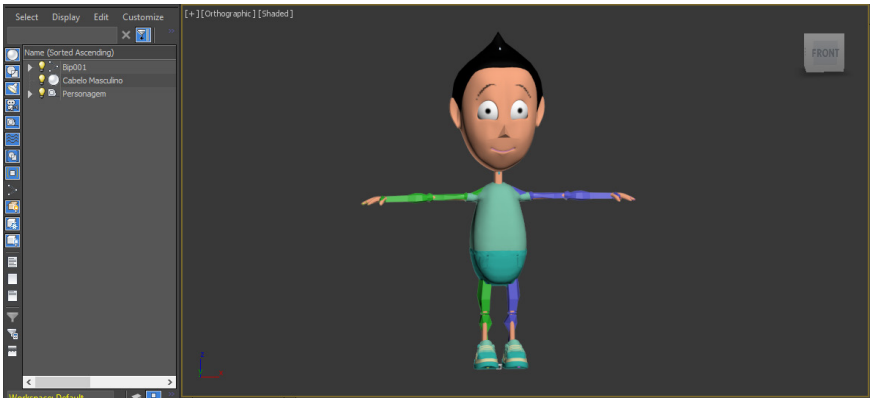


Figura 184. Personagem no 3ds Max 2016®.
Fonte: O autor

Os formatos que foram necessários exportar foram os seguintes:

CAF – Animação; CMF – Objeto; CRF – Material; CSF – Esqueleto.

O processo a ser explicado demonstra a melhor ordem de exportação de todos os elementos. Antes de tudo criou-se uma pasta onde ficariam guardados todos os ficheiros.

Iniciou-se este com a exportação do esqueleto. Selecionou-se a *layer* com membros todos do esqueleto e de seguida abriu-se a opção de exportação. Aberta a janela, selecionou-se o formato CSF e procedeu-se à gravação. Apareceu uma janela a indicar os membros a exportar. Já selecionados por defeito, clicou-se no botão *Ok*.

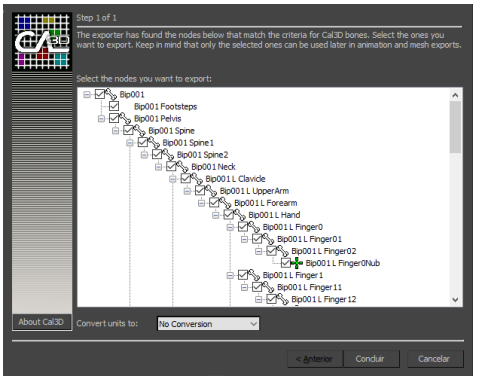


Figura 185. Skeleton exporter.
Fonte: O autor

Prosseguiu-se para a exportação do objeto 3D. Foi necessário enumerar cada material utilizado porque cada material é atribuído a cada ficheiro. Na janela *Slate Material Editor*[2] recorreu-se a esta enumeração, inserindo um número dentro de chavetas retas em cada material. Não se poderia excluir nenhum número contínuo porque assim provocaria *bugs* na colocação dos objetos.

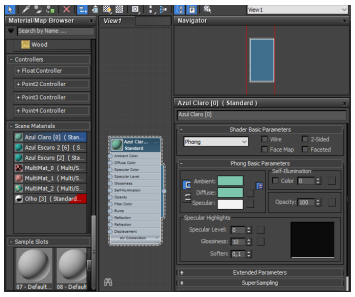


Figura 186. Slate Material Editor.
Fonte: O autor

Quando enumerado, cada material foi arrastado para a aba *Sample*

2 editor de materiais

Slots[3] da mesma janela para que na exportação fosse possível a seleção destes materiais. Nesta parte procedeu-se à exportação de ambos os materiais e o objeto 3D. Na janela da exportação do objeto 3D foi necessário associar o esqueleto exportado. Já na janela da exportação dos materiais foi necessário selecionar cada material e exportar um a um. Caso incluam imagens como textura, estas teriam de estar no mesmo diretório dos ficheiros que contêm os materiais.

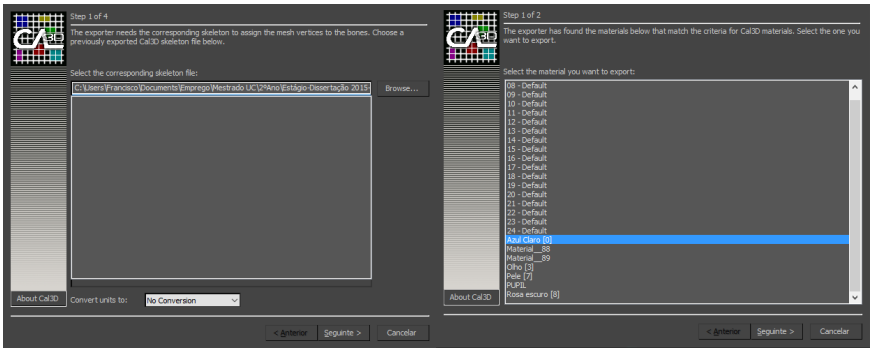


Figura 187. Object exporter e Material exporter.
Fonte: O autor

No final foi necessário exportar as animações. Como o *3ds Max 2016*® só aceitava uma animação de cada vez, foi necessário importar as animações uma a uma e exporta-las no formato correto. Na janela de exportação foi necessário escolher o esqueleto do ficheiro exportado anteriormente e alterar os *frames* inicial e final.

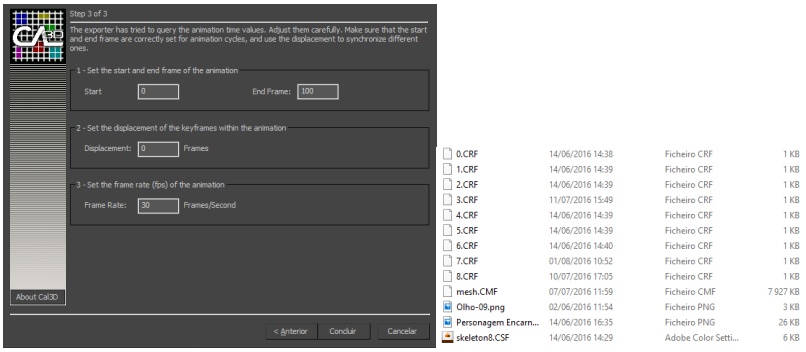


Figura 188. Animation exporter e lista de ficheiros.
Fonte: O autor

Com este processo aplicado às personagens, procedeu-se à exportação dos ambientes. Para estes o processo é ligeiramente diferente. Foi necessário instalar um outro *plug-in* denominado de *Osg Exporter*. Este exporta no formato OSGB, formato que engloba todas as informações que incluem por defeito as câmaras, a iluminação, os objetos e os materiais. Procedeu-se à importação de um dos ambientes no *3ds Max 2016*®.

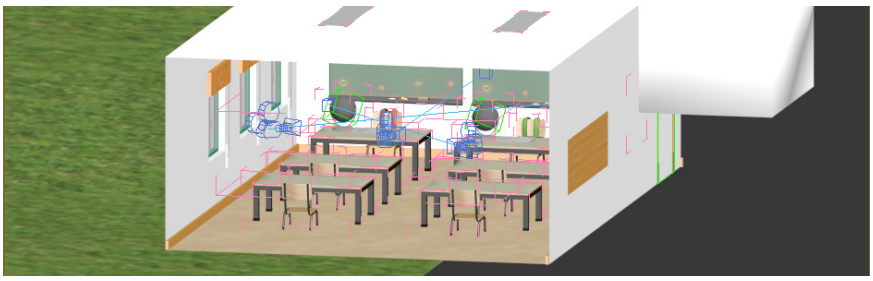


Figura 189. Sala de aula.
Fonte: O autor

Quando importado, procedeu-se à exportação deste abrindo a devida janela com várias opções. Optou-se por desativar as câmaras e a

3 espaços de amostra

iluminação. De resto manteve-se tudo o que estava selecionado por defeito. Foi necessário incluir a opção de abrir o *preview* do objeto no *Inspector*, componente que faz parte do *Vizard*®.

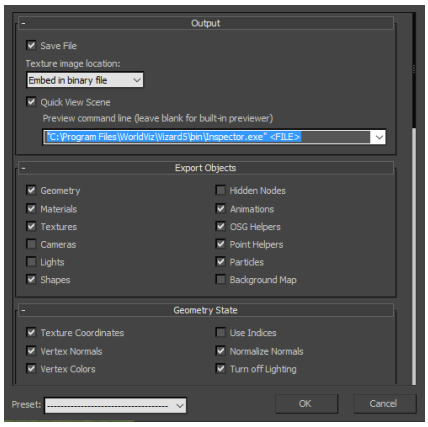


Figura 190. OSG exporter.
Fonte: O autor

Quando guardado, abriu-se automaticamente a janela do *Inspector*. Aqui foi possível efetuar algumas alterações de iluminação, passo fulcral para uma melhor integração no mundo virtual. Caso não se alterasse algumas opções de iluminação, os ambientes apresentariam uma estrutura muito bidimensional e de luzes de intensidade extrema. Ajustou-se conforme o mais adequado.

Figura 191. Experiências de iluminação.
Fonte: O autor

Finalizou-se esta etapa gravando o ficheiro com as alterações efetuadas. Este processo aplicou-se a todos os ambientes.

Comprovou-se a necessidade de utilizar esqueletos diferentes para cada tipo de personagem por terem alturas e dimensões de membros diferentes. Já na distinção dos géneros, estes utilizaram o mesmo esqueleto.

No final, foi necessário criar os ficheiros de formato *cfg* para cada personagem. Este identifica a localização e indica os ficheiros exportados. Este ficheiro seria chamado no código produzido no *Vizard*®.

3.3. Código do Vizard

Ao longo do processo das exportações das personagens e ambientes, foi-se testando e tentando obter conhecimentos sobre a importação destes e a aplicação das animações nas personagens.

Utilizando o ficheiro *python* do *Live Characters* (explicado na secção *3.1 Primeiros passos* deste capítulo), avançou-se na alteração de algumas linhas de código. Conseguiu-se introduzir as personagens, os ambientes, um fundo de textura que engloba o espaço total e as animações no mundo virtual. Alguns melhoramentos gráficos como *anti-aliasing*[4] e

4 funcionalidade que torna os contornos mais suaves

mipmapping[5] foram acrescentados. Foi possível verificar a vantagem de manualmente navegar pelo mundo virtual através do manuseamento do rato, permitindo uma visualização geral do funcionamento destes elementos importados.

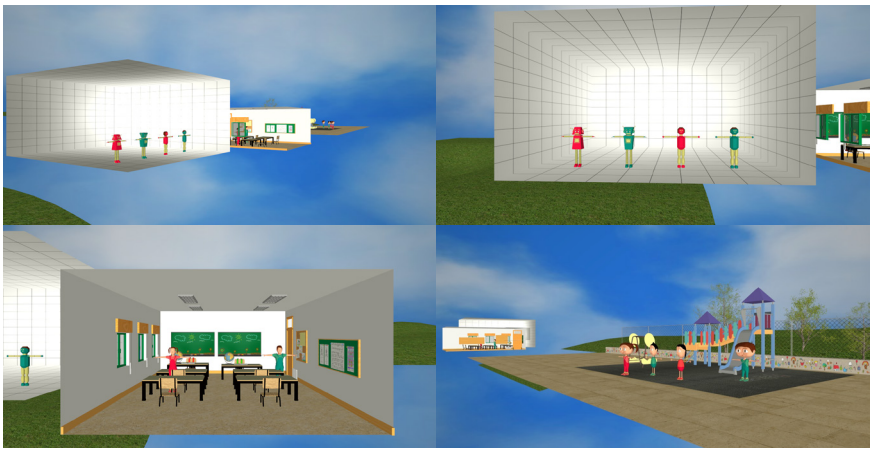


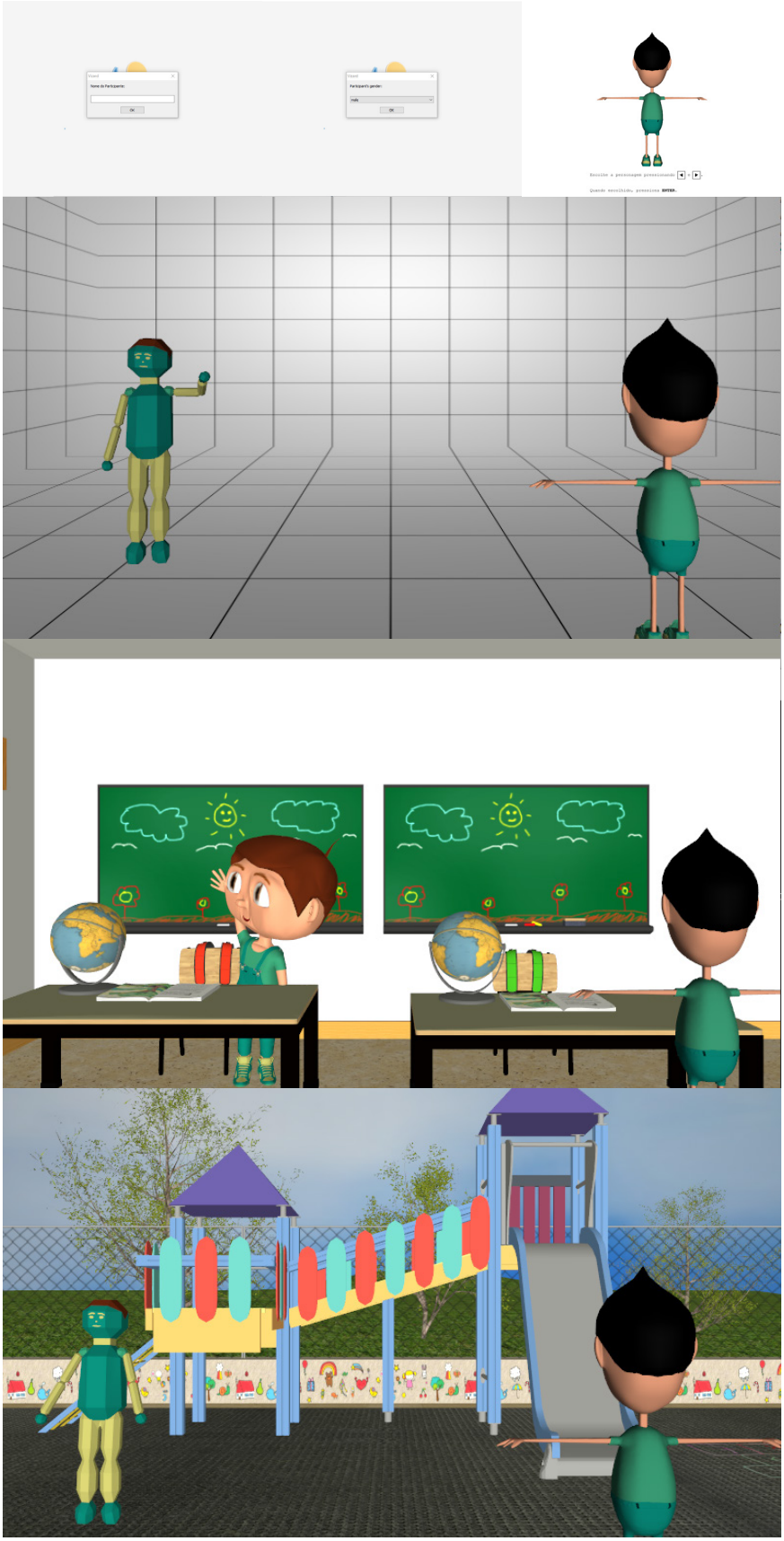
Figura 192. Vistas do mundo virtual.
Fonte: O autor

A implementação do resto do código foi produzida pelo orientador do instituto. No final, o código dividiu-se em cinco ficheiros: *configs*, *environment*, *imitationrun*, *imitationtask*, *motioncapturefilesaver* e *virtual character*. Este sofreu alterações bastante significativas:

- A diretória dos ficheiros foi reorganizada para uma melhor navegação, estando numa pasta os códigos e noutra os recursos;
- Foi implementado uma estrutura de código que permite correr todas as combinações possíveis de personagens e ambientes numa ordem sequencial. No entanto foi reprogramado para que corressem de forma aleatória (explicado na secção *4.1 Pré-testes de prototipagem* deste capítulo);
- Introduziu-se um código de captação a cada segundo da posição de cada membro do esqueleto. É automaticamente exportado para uma diretoria denominada de *logs*. O ficheiro é exportado no formato *txt*. Este divide-se em diferentes ficheiros consoante os ambientes e personagens executados;
- Foram implementadas duas janelas de introdução em que é permitido inserir o nome do participante e escolher o género;
- Foi introduzido um menu de escolha da personagem, podendo alternar entre as 20 diferentes combinações;
- O código foi ajustado para que facilmente possam ser ajustadas as posições das personagens e ambientes;
- Também foi ajustado para que se possam introduzir as animações pretendidas;
- No geral o código foi todo reestruturado de forma a estar mais organizado.

5 funcionalidade que melhora a definição das texturas conforme a distância

Figura 193. Etapas do código.
Fonte: O autor



4. Testes e experiência final

4.1. Pré-testes de prototipagem

Durante a produção do código foram feitos pré-testes de prototipagem, recorrendo aos laboratórios disponíveis no IBILI. Estes foram feitos individualmente e com outras pessoas.

À medida que estes testes se desenrolaram, foi possível detetar potenciais problemas e limites impostos, ao mesmo tempo que se tentava arranjar diferentes soluções. Estas incluíram as questões de iluminação; o espaço total da sala; que tipo de animações seriam possíveis executar; a visibilidade da projeção na tela; a altura do banco a utilizar considerando os gestos que o exigem; as distâncias mínimas e máximas da captação do *Kinect*® e as posições dos objetos do mundo virtual.

Os testes foram executados considerando o efeito espelhado implantado na personagem do participante. Foram testados os dois métodos: efeito espelhado e não espelhado. Chegou-se à conclusão que o efeito espelhado facilita a imitação dos gestos em comparação com o efeito não espelhado. Para conseguir impor este efeito foi necessário aplicar a opção *Mirror Animation* presente nas opções do *Character* dentro do *software MotionBuilder 2015*®.

Ao longo deste processo também foi sendo desenvolvido um questionário com dados quantitativos e qualitativos.

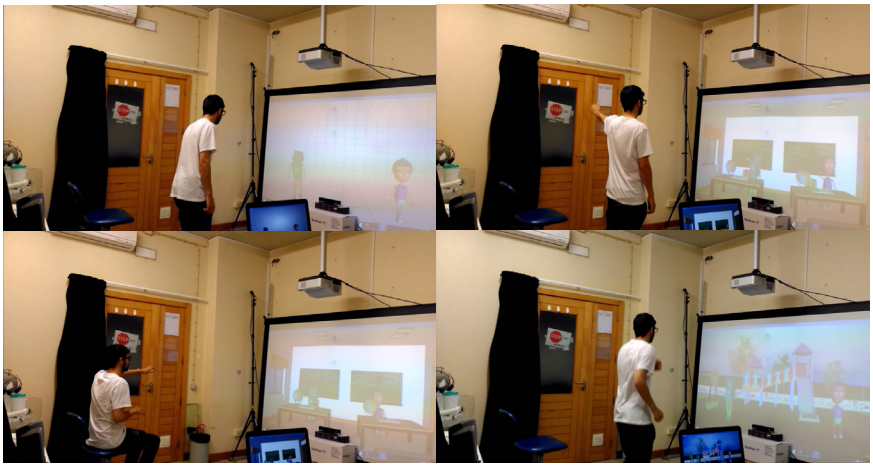


Figura 194. Experiências individuais.
Fonte: O autor

Consoante a execução dos pré-testes de prototipagem com outras pessoas, foram ouvidas e anotadas diversas opiniões relacionadas com o tempo de duração do protótipo; a dificuldade da execução dos gestos; a posição do instrutor; a estética das personagens e ambientes e o fator da diversão.

Recorreu-se no total a 12 pessoas das áreas do design, ciências e engenharia biomédica para a execução destes testes, denominados de pilotos[1], sendo um deles portador de PEA. Foram testadas de duas maneiras: visualização no computador e projeção numa tela. As principais conclusões tiradas incluíram:

- O tempo de execução mental variou em comparação com o

1 utilizadores dos pré-testes

tempo de execução real verificando-se que alguns se cansaram mais facilmente do que outros;

- A maioria entendeu a primeira fase como se devessem imitar;
- A maioria dos gestos foram fáceis de compreender e executar;
- A experiência estava mais adequada aos esquerdinos por se verificar inicialmente que os participantes utilizavam o membro oposto ao da personagem a imitar;
- Alguns sentiram-se desiludidos por não conseguirem interagir com a outra personagem;
- Partindo do questionário realizado, a maioria preferiu a personagem *humana desproporcional* e o *Recreio*;
- Alguns comentaram o facto de a cabeça e as mãos da personagem que encarnavam não seguirem exatamente o que eles faziam;
- Alguns utilizaram o primeiro momento como um momento de brincadeira de forma a testar as possibilidades da personagem que encarnavam e os limites do espaço.

Figura 195. Alguns dos participantes. Fonte: O autor

Este processo foi fulcral para que a experiência final fosse executada da melhor forma possível e com o menor número de imprevistos.

4.2. Procedimentos, características e requisitos

Relembrando os procedimentos dos testes explicado na secção *4. Procedimento dos testes gerais* inserido no *Capítulo 3*, a experiência seria de uma única fase dividida em dois momentos. Em cada momento seriam apresentadas todas as combinações das personagens e ambientes virtuais. Partindo desta base, seguem-se os procedimentos específicos utilizados para a experiência final:

1. Início com a introdução do nome do participante e da escolha do género;
2. Escolha da combinação de cores preferida perante a personagem apresentada mencionado pelo instrutor;
3. Explicação breve do instrutor e início do primeiro momento

em que o participante não recebe instruções para imitar;
4. Intervalo para descanso;
5. Explicação breve do instrutor e início do segundo momento em que o participante recebe instruções para imitar ao longo desta;
6. Conclusão da experiência;
7. Resposta ao questionário por parte do participante.

Os questionários incluíram questões sobre o gosto pelas Personagens e Ambientes Virtuais através de uma avaliação classificativa entre 1 a 10; a ordem preferencial destes; se considerariam a personagem que os encarnavam como eles próprios; se tinham alguma sugestão para outra personagem ou ambiente a utilizar e se achariam a experiência divertida.

Referindo as caraterísticas destes procedimentos:

- Quanto à questão do tempo, cada momento duraria aproximadamente 13 minutos e 30 segundos, equivalendo a um total de 27 minutos. O tempo do intervalo seria indefinido cabendo ao próprio participante descansar o tempo que quisesse;
- No total seriam utilizadas 4 personagens para cada género. Mediante as reuniões no IBILI, chegou-se à conclusão que se deveriam remover as personagens *desproporcionais* das categorias *Geométrico* e *Robótico*. Foram no final utilizadas as Personagens Virtuais *Geométricas* e *Robóticas proporcionais* e *Humanas proporcionais* e *desproporcionais*.
- Seriam utilizados 3 Ambientes Virtuais;
- O conjunto das Personagens e Ambientes Virtuais dariam no total 12 combinações diferentes para cada momento. Estas combinações inicialmente seriam executadas por uma ordem sequencial devido ao aumento da dificuldade de imitação ao longo dos ambientes. No entanto, durante as reuniões no IBILI foi mencionado que, para que a recolha de dados fosse fidedigna, estes elementos teriam que ser apresentados de forma aleatória;
- Considerando unicamente os Ambientes Virtuais, cada momento teria no seu conjunto 23 gestos a imitar. Considerando as combinações das Personagens e Ambientes Virtuais, cada momento teria 92 gestos a imitar, equivalendo na experiência total de 184 gestos a imitar;
- Todas as combinações utilizariam uma única vista, mantendo as posições das PV's muito semelhantes em cada AV;
- O participante ficaria frente a frente com as personagens;
- Seria utilizado o efeito espelhado na captação dos gestos do participante. Ou seja, a personagem do participante utilizaria os membros opostos de forma a acompanhar o participante, facilitando assim a componente da imitação (conclusões tiradas a partir dos pré-testes de prototipagem);
- Seria um estudo de uma única interação.

Por último, os requisitos necessários e considerações a ter em conta

na realização da experiência final:

- Seria necessário delimitar o espaço na sala para a interação. Isto permitiria evitar problemas com a personagem a encarnar destacando a sua distorção. Esta delimitação deveria corresponder ao limite do campo da visão do *Kinect*®. Para esta delimitação seria utilizada fita adesiva preta;
- Seria aconselhável o instrutor estar situado atrás do participante ao invés do lado. Isto ajudaria a prevenir influências do próprio instrutor perante o participante, ou seja, por exemplo, o participante não estaria apto em verificar as expressões faciais do instrutor que poderiam se intrometer na experiência. Caso se optasse por esta situação, seria necessário ter em conta que o corpo do instrutor deveria estar maioritariamente coberto para evitar a captação do seu corpo perante o *Kinect*®;
- Seria necessário colocar no espaço um objeto que indicasse a posição inicial;
- O banco/cadeira teria de ser colocado no sítio adequado conforme a posição no mundo virtual, mantendo sempre a mesma altura. Deveria ter altura de 60 centímetros. Deveria ser confortável adequando-se a todos os participantes independentemente da sua altura;
- Seria mencionado ao participante no início que a cadeira seria manuseável;
- O instrutor poderia responder a perguntas que os participantes fizessem, mas que não comprometessem a experiência;
- A experiência neste momento está mais facilitada para os esquerdinos devido ao efeito espelhado aplicado (porque originalmente as animações tinham sido gravadas por uma pessoa destra);
- Seria necessário considerar um computador portátil mais potente para que a experiência fosse mais fluída;
- Seria aconselhável gravar estes testes no *MotionBuilder 2015*® em adição ao *Vizard*®;
- Na primeira fase seria necessário mencionar aos participantes que poderiam fazer o que achassem mais adequado. Já na segunda fase seria necessário instruir os participantes a imitar as PV's, não esquecendo de mencionar que o objeto que define a posição base deveria ser tido em conta no início e fim de cada animação;
- O instrutor deveria manter-se em silêncio. Só deveria comunicar verbalmente quando fosse necessário;
- A experiência deveria ser gravada com máquinas de captação de vídeo. Deveria recorrer-se a duas vistas: perspetiva do participante e ecrã projetado e perspetiva frontal de forma a captar as expressões faciais do participante;
- A repetição da mesma experiência várias vezes poderia levar a travagens dos *softwares*. Recomendar-se-ia reiniciação dos *softwa-*

res em cada sessão;

- Dever-se-ia considerar a duração máxima de 1 hora para cada participante;
- Material necessário: dois computadores portáteis, duas máquinas de gravação de vídeo, dois tripés, uma tela de projeção portátil, projetor portátil, *Kinect*® e adaptadores do *Windows*®, questionários, folhas de informação ao participante e folhas de consentimento informado.

4.3. Experiência final

Com a experiência toda estruturada e os equipamentos recolhidos, foram agendados dois dias para a realização das sessões com crianças portadoras de PEA.

A associação envolvida denomina-se de APPDA - Associação Portuguesa para as Perturbações do Desenvolvimento e Autismo. Sediada no Departamento de Psiquiatria do Hospital S. Teotónio, esta associação cedeu uma sala e as crianças para as sessões.

No 1ºdia agendado, já presente na sala, foi necessário considerar o espaço a utilizar e as suas condições. Começou-se a montar o *setup* recorrendo aos materiais transportados.

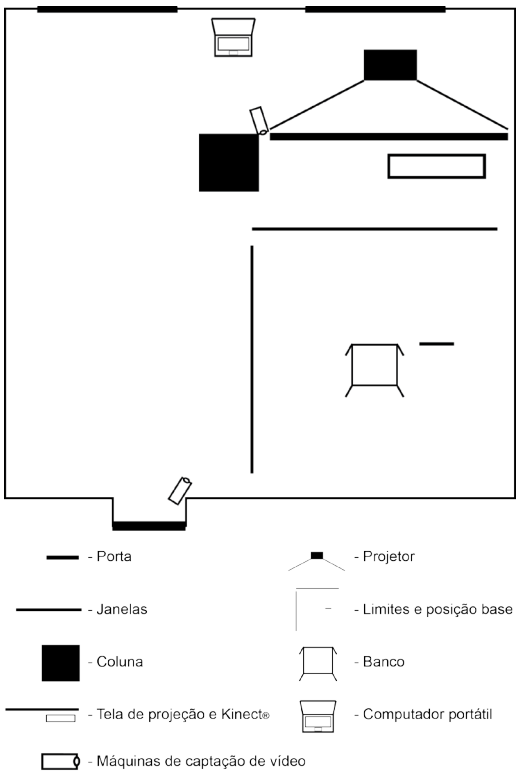


Figura 196. Layout do setup.
Fonte: O autor

É importante realçar a posição do projetor. Este ficou no lado inverso ao espaço da interação. Por esta razão foi necessário inverter a tela de projeção para que aparece de forma correta. As câmaras de captação de vídeo foram colocadas da forma mais adequada para captar as duas vistas pensadas.

Quando o equipamento ficou devidamente instalado, procedeu-se

ao início das sessões. No total foram testadas 10 crianças durante o dia, sendo que 9 delas eram do género masculino e 1 do género feminino. A idade abrangeu entre os 3 e 14 anos. Nalgumas sessões, técnicos da associação e familiares acompanharam as crianças testadas. No total recorreu-se a 2 computadores portáteis.

No 2º dia, recorreu-se ao mesmo *setup* e mesmo espaço. Neste dia acabou por se considerar pessoas de idades mais elevadas que abrangeram entre os 7 a 18 anos. Foram testadas no total 7 pessoas do género masculino.

Figura 197. Alguns participantes. Fonte: Marco Simões, Filipa Diniz e o autor

Apesar das sessões terem corrido maioritariamente em conformidade com o planeado, foi possível reparar nalguns problemas que surgiram:

- O problema principal consistiu na estrutura da personagem do participante. Devido à altura mais baixa das crianças, a personagem encarnada apresentava a cabeça assente sobre o tronco, fazendo com que o pescoço desparecesse;
- A maioria das crianças saiu dos limites do campo de visão do *Kinect*®. Por esta razão não foi possível utilizar o *MotionBuilder 2015*® como captador dos gestos das crianças;
- Ocorreram alguns problemas técnicos como a desativação do *software Brekel Pro Body 2*® no 1º computador. No 2º computador, a sobrecarga de *softwares* utilizados levou a um atraso na transição entre as combinações das PV's e AV's.

4.3.1. Dados qualitativos e quantitativos

A partir das gravações de captura de vídeo e ficheiros gerados a partir do *Vizard*® foram recolhidos os dados qualitativos e quantitativos.

Mencionando os dados qualitativos:

- Alguns dos participantes saíram do espaço de interação;
- Alguns participantes foram acompanhados por técnicas da associação ou familiares para garantir que conseguiriam participar nas sessões;
- Alguns participantes distraíram-se com a presença dos instruto-

res e também com a presença de uma técnica ou familiar. Alguma das vezes deveu-se ao não saberem o que haviam de fazer;
- A maioria prestou pelo menos uma vez atenção ao mundo virtual;
- Alguns dos participantes tentaram ir para a parte detrás da tela para tentarem perceber se, ao fazerem isso, afetava o mundo virtual de forma diferente;
- Nalguns casos começou-se a instrução no primeiro momento por estes estarem distraídos com os seus objetos ou quererem brincar;
- Alguns não conseguiram estar atentas ao mundo virtual durante a sssão toda;
- 2 participantes questionaram no 1º momento o que deveriam fazer.

Retratando os dados quantitativos:
- 17 pessoas no total foram testadas. 16 delas do género masculino e 1 do género feminino;
- As idades dos participantes abrangem desde os 3 até aos 18 anos;
- 3 dos 17 participantes não imitaram nenhum gesto durante a sessão;
- 11 de 17 participantes imitiram os gestos no 1º momento com a média de tempo do início da imitação de 221 segundos e uma média de 30 gestos imitados;
- 11 de 17 participantes imitaram os gestos no 2º momento com a média de tempo do início da imitação de 8 segundos e uma média de 63 gestos imitados;
- No 1º momento foram imitados 330 gestos. Já no 2º momento foram imitados 760 gestos, equivalendo a uma sessão total de 1090 gestos imitados;
- A média total dos gestos imitados é de 83;
- No 1ºmomento, considerando a personagem *geométrica* em todos os ambientes, os participantes imitaram 77 gestos; com a personagem *robótica* imitaram 74 gestos; com a personagem *humana proporcional* imitaram 102 gestos; com a personagem *humana desproporcional* imitaram 78 gestos. Já no 2ºmomento, considerando a personagem *geométrica*, os participantes imitaram 183 gestos; com a personagem *robótica* imitaram 193 gestos; com a personagem *humana proporcional* imitaram 200 gestos; com a *personagem humana desproporcional* imitaram 184 gestos;
- No total, imitaram 260 gestos da personagem *geométrica*; 267 gestos da personagem *robótica*; 302 gestos da personagem *humana proporcional*; 262 gestos da personagem *humana desproporcional*;
- Mencionando os gestos imitados em percentagem por ambiente, no 1º momento, a *Sala Virtual* alcançou os 32%, a *Sala de Aula* 24% e o *Recreio* 31%. Já no 2º momento, a *Sala Virtual* alcançou os 73%, a *Sala de Aula* 80% e o *Recreio* 74%;

- Mencionando os gestos imitados em percentagem por personagem, no 1º momento, a personagem *geométrica* alcançou os 27%, a personagem *robótica* 27%, a personagem *humana proporcional* 35% e a personagem *humana desproporcional* 28%. Já no 2º momento, a personagem *geométrica* alcançou os 74%, a personagem *robótica* 76%, a personagem *humana proporcional* 79% e a personagem *humana desproporcional* 73%;
- Mencionando os gestos imitados em percentagem pelas combinações das personagens e ambientes, no 1º momento, estas apresentam valores entre os 20% a 40%. Já no 2º momento, estas apresentam valores entre os 64% a 88%;
- 14 de 17 participantes escolheram a personagem preferida. A personagem mais escolhida foi a *humana desproporcional* com 6 votos. De seguida houve um empate entre as personagens *geométrica* e *robótico* com 4 votos. Por último, a personagem *humana proporcional* teve 1 voto;
- 13 de 17 participantes escolheram o ambiente preferido. O ambiente mais escolhido foi o *Recreio* com 6 votos. Já a *Sala Virtual* teve 4 votos e, por último, a *Sala de Aula*, que conta só com 1 voto;
- 6 de 17 participantes foram acompanhados por uma técnica ou familiar;
- 12 de 17 participantes completaram a sessão toda. 1 de 17 participantes completou só o 1º momento. Os restantes não chegaram a completar o 1º momento.

Seguem alguns gráficos com alguns dos dados mencionados que inclui a média com desvio padrão e soma de algumas variáveis.

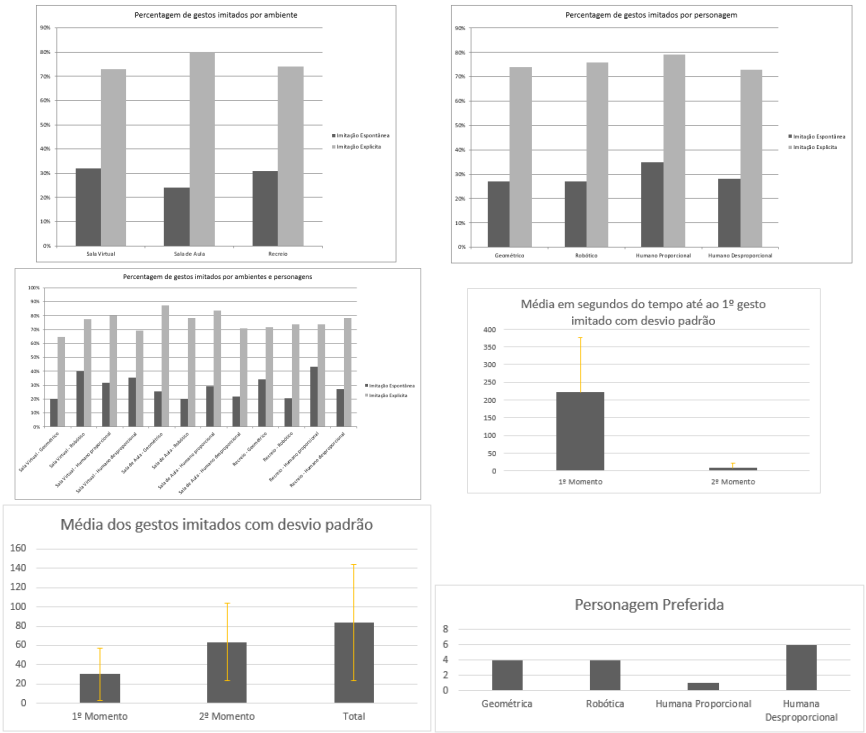


Figura 198. Gráficos de dados quantitativos.
Fonte: Marco Simões e o autor

4.4. Notas Finais

Com esta experiência foi possível analisar um pouco o comportamento de pessoas com PEA, destacando as faixas etárias infantil e adolescência.

Comprovou-se que em muitos dos casos uma idade superior não demonstra uma maior capacidade de imitação, reforçando então o fator do grau de Autismo como causa principal.

Denotou-se no 1º momento que só alguns foram propensos a imitar vários gestos seguidos. Já os restantes imitavam um gesto ou outro à medida que as combinações lhes eram apresentadas. No 2º momento é que a maioria dos participantes conseguiu imitar os gestos com sucesso, quer tenham imitado alguns ou muitos.

Verificou-se com a recolha de dados que a personagem mais imitada foi a personagem *humana proporcional* em ambos os momentos. Isto contraria o gosto pela personagem por parte dos participantes porque esta foi a menos votada como preferida. Já as restantes personagens mantêm quase o mesmo número de gestos imitados, sendo a personagem *robótica* a segunda mais imitada.

Nas combinações das personagens e ambientes, é possível verificar que, no 1º momento, a combinação com mais gestos imitados foi o *Recreio – Humano proporcional*. Já no 2º momento, a combinação com mais gestos imitados foi a *Sala de Aula – Geométrico*.

Na questão dos ambientes, o mais votado foi o *Recreio* demonstrando que os participantes têm mais interesse por zonas de lazer. As percentagens revelam que no 1º momento, o ambiente mais imitado foi a *Sala Virtual*, que poderá dever-se ao nível de dificuldade menor. Já no 2º momento o ambiente mais imitado foi a *Sala de Aula*, que contradiz o gosto por parte dos participantes por ter sido o menos votado.

Pode-se concluir que a diferença do tipo de personagem afetou de forma moderada a imitação dos gestos. No 1º momento realçou-se uma variabilidade maior de gestos imitados em comparação com 2º momento, realçando assim a importância do 1º contacto com a PV da parte do participante.

Realçou-se ao longo destas sessões os comportamentos repetitivos e a facilidade de distração com o que lhes rodeia, como estarem sempre

encostados à parede com uma mão, ou até agitar os braços para frente e trás repetidamente. Também foi possível analisar a personalidade de cada criança através de comunicação verbal e a sua observação.

Verificou-se imprevistos que poderão ser evitados no futuro relacionados com as questões técnicas quando se efetua este tipo de experiências, sendo estes fatores a ter em conta para uma próxima experiência realizada já fora do contexto desta dissertação.

Segundo a opinião do autor, esta experiência foi uma mais valia no entendimento da capacidade e propensão para a imitação nas crianças de PEA. Um fator a considerar no futuro é a efetuação destes testes com faixas etárias diferentes, destacando os adultos.

6º Capítulo - Conclusão

Durante o desenvolvimento deste trabalho, surgiram diversas dificuldades relacionadas com a temática principal das PEA. Sendo esta uma área médica e científica, foi difícil a compreensão de alguns conceitos inerentes devido à sua complexidade. Daí ter sido feito um estudo aprofundado para uma melhor compreensão dos mesmos.

Foi crucial a compreensão de novas metodologias que contribuíram para a conceção de modelos 3D mais rigorosos. Destaca-se o estudo da anatomia humana, conceito fulcral na conceção das personagens. Os conhecimentos históricos e características inerentes das áreas do Design 3D e Design de Interação auxiliaram à sua contextualização, verificando-se a evolução destas áreas e compreendendo novos conceitos relacionados.

Para além dos artigos e teses sobre as PEA, os projetos semelhantes permitiram ao autor uma tomada de consciência de investigações já elaboradas, servindo como referências para a estruturação dos objetivos e componente prática.

A análise do Estado da Arte foi contínua e prolongou-se ao longo do desenvolvimento da componente prática. Esta permitiu a inserção de conteúdos importantes, não mencionados durante a 1ªfase do projeto, verificando-se a importância da continuação do estudo dos conceitos relacionados, mesmo estando a desenvolver a componente prática.

A 2ª fase, que se focou na componente prática, foi no seu total um enorme desafio e uma experiência extremamente enriquecedora. Na componente de modelação 3D, mesmo com os conhecimentos obtidos durante o estudo da Licenciatura e Mestrado, foi necessário adotar novos conhecimentos no sentido de perceber que tipo de métodos se deveria utilizar na produção das PV's e AV's. Aglomerado a isto, foi necessário perceber a melhor solução no processo de *rigging* que permitisse conciliar este com o aperfeiçoamento contínuo dos modelos 3D para garantir que no final o projeto ficaria finalizado conforme as expetativas do autor.

Abordando a componente da tecnologia *Motion Capture*, existem poucos tutoriais e informações relacionadas com os métodos do seu funcionamento recorrendo ao *Kinect*®, dificultando a sua compreensão. Com isto, foi necessário desde o início pesquisar, entender e experimentar os equipamentos necessários e os *softwares*, dedicando diversas horas a tentar resolver os problemas por tentativa e erro. Este também permitiu explorar a componente de gravação e otimização de animações criadas com esta tecnologia.

Já na componente da RV, foi possível explorar um pouco a linguagem *Python* e entender as diversas possibilidades que este permite com recurso ao *software Vizard*®.

Na componente de testes de prototipagem, foi necessário entender os diversos problemas, caraterísticas e fatores ambientais relacionados com a experiência final. Tentou-se sempre explorar todos estes fatores e os seus pormenores de forma a encontrar as melhores soluções.

Englobando as quatro componentes mencionadas anteriormente, foi importante trabalhar em todos os pormenores e detalhes e manter a coerência entre estes desde o início do projeto até à sua conclusão. Também se verificou que o trabalho de equipa é fundamental para o desenvolvimento de projetos e investigações, no qual se aglomeram as diferentes áreas de trabalho.

Durante o projeto todo, os apoios de Marco Simões, Hélio Gonçalves e os vários membros do IBILI foram cruciais no entendimento da temática, na introdução do instituto, na estruturação da tese e no desenvolvimento total da componente prática. Adicionalmente permitiram ao autor no início um pequeno contacto com alguns dos testes que executam em portadores de PEA no instituto e no Hospital Pediátrico de Coimbra.

Considerando os objetivos propostos, estes foram concluídos com sucesso. Abrangeu a criação das PV's e AV's, em que foram posteriormente inseridas num mundo virtual com interação direta da parte do participante com a personagem a imitar, recorrendo ao *Kinect*®. Criaram-se as animações conforme os gestos escolhidos pelo autor e na etapa final, foi possível testar até 17 pessoas, tendo sido feito uma recolha de alguns dos dados mais importantes, em que se destaca o número de gestos imitados considerando o tipo de PV e AV. Só não foi possível, com base nos dados recolhidos, obter conclusões mais específicas. Por isso, outro tipo de dados a recolher será expandido em investigações posteriores.

O autor ficou extremamente satisfeito com o curso do projeto que lhe permitiu expandir os conhecimentos da Modelação e Animação 3D, o recurso ao *Motion Capture* com o *Kinect*® e a exploração da linguagem *python*, algo nunca abordado antes. Espera que com estes conhecimentos consiga continuar a expandir e evoluir na criação e execução dos novos projetos que estejam relacionados com estas componentes. O primeiro contacto com uma empresa também foi importante para o entendimento da área profissional inserida no mercado de trabalho, neste caso na área de investigação científica. Verificou-se o tipo de exigência que motivou no sentido de aumentar o nível de perfecionismo. O convívio também possibilitou o aumento do leque de contatos profissionais de áreas dispares.

1. Perspetivas do futuro

Numa perspetiva do futuro, fora do contexto desta dissertação, os testes de interação continuarão a ser expandidos no sentido de englobar diferentes faixas etárias e na exploração de novas técnicas e equipamentos que permitirão uma maior imersividade nos mundos virtuais

produzidos.

Poderão ser desenvolvidos novos AV's e PV's para se integrarem nestes conforme as diferentes idades; a estrutura de toda a experiência poderá ser apresentada de maneira diferente com opções adicionais como a introdução de música ou sons que complementem as composições das AV'S e PV's; poderiam ser introduzidas vozes nas PV's, permitindo estas responderem a algumas das coisas que o participante diria; seria interessante inserir a interação direta com uma PV, havendo posteriormente um *feedback* visual ou sonoro, positivo ou negativo.

Com o avançar desta investigação, esta poderá dar origem a uma nova forma de terapia de tratamento ou até mesmo de um *Serious Game* que poderá integrar diferentes opções de escolha de AV's e PV's diferentes; modos de imitação em que à medida que se avançava no jogo, a dificuldade de imitação aumentaria; opção de escolha de modo de espelho ou não; animações adaptadas a esquerdinos ou destros. Outra possibilidade seria a utilização da técnica 2D aglomerado ao 3D de forma a verificar, por exemplo, se têm mais empatia com PV's bidimensionais.

Referências

3D Animation Online Services, 3D Characters, and Character Rigging - Mixamo. (n.d.). Retrieved from https://www.mixamo.com/

3D Character Animation *Software* | MotionBuilder | Autodesk. (2016). Retrieved January 23, 2016, from http://www.autodesk.com/products/motionbuilder/overview

Adolphs, R., Sears, L., & Piven, J. (2001). Abnormal processing of social information from faces in autism. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *13*(2), 232–240. http://doi.org/10.1162/089892901564289

Alcorn, A., Pain, H., Rajendran, G., Smith, T., Lemon, O., Porayska -Pomsta, K., … Bernardini, S. (2011). Social communication between virtual characters and children with autism, 7–14. Retrieved from http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2026506.2026512

American Psychiatric Association. (2013). *Cautionary Statement for Forensic Use of DSM-5. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5th Edition*. http://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596.744053

Area :: 3dsMax 20th Anniversary. (2010). Retrieved January 22, 2016, from http://area.autodesk.com/maxturns20/history

Asperger, H. (1991). "Autistic psychopathy" in childhood. In *Autism and Asperger Syndrome* (pp. 37–92). http://doi.org/10.1017/CBO9780511526770.002

Autodesk. (2015). 3d Modelling & Rendering *Software* | 3ds Max 2016 | Autodesk. Retrieved January 22, 2016, from http://www.autodesk.co.uk/products/3ds-max/overview

Autodesk - Company. (2016). Retrieved January 22, 2016, from http://www.autodesk.com/company

Back, E., Ropar, D., & Mitchell, P. (2007). Do the eyes have it? Inferring mental states from animated faces in autism. *Child Development*, *78*(2), 397–411. http://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01005.x

Beane, A. (2012). 3D Animation Essentials. Retrieved January 22, 2016, from http://www.amazon.com/3D-Animation-Essentials-Andy-Beane/dp/1118147480

Behne, T., Carpenter, M., & Tomasello, M. (2005). One-year-olds comprehend the communicative intentions behind gestures in a hiding game. *Developmental Science*, *8*(6), 492–9. http://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2005.00440.x

Billard, A., Robins, B., Nadel, J., & Dautenhahn, K. (2007). Building Robota, a Mini-Humanoid Robot for the Rehabilitation of Children With Autism. *Assistive Technology*, *19*(1), 37–49. http://doi.org/10.1080/10400435.2007.10131864

Bogdashina, O. (2003). Sensory perceptual profile. In *Sensory percep-*

tual issues in autism and asperger syndrome different sensory experiences different perceptual worlds (pp. 160–169). Retrieved from http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=RCQ1U38WmjIC&pgis=1

Brekel. (2016). Retrieved January 22, 2016, from http://brekel.com/

Carroll, L. S., & Owen, M. J. (2009). Genetic overlap between autism, schizophrenia and bipolar disorder. *Genome Medicine*, *1*(10), 102. http://doi.org/10.1186/gm102

Charman, T. (2003). Why is joint attention a pivotal skill in autism? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *358*(1430), 315–324. http://doi.org/10.1098/rstb.2002.1199

Chen, J. (2010). Microsoft Xbox 360 Kinect Launches November 4. Retrieved January 22, 2016, from http://gizmodo.com/5563148/microsoft-xbox-360-kinect-launches-november-4

Chen, S. H. A., & Bernard-Opitz, V. (1993). Comparison of personal and computer-assisted instruction for children with autism. *Mental Retardation*, *31*(6), 368–376. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8152382

Cohen, D. J., & Volkmar, F. R. (1997). Handbook of Autism and Pervasive Developmental Disorder. In N. York (Ed.), *Handbook of Autism and Pervasive Developmental Disorder 2nd Ed.* (2nd ed., pp. 847–67).

Colby, K. M. (1968). Computer-aided language development in nonspeaking children. *Archives of General Psychiatry*, *19*(6), 641–651. http://doi.org/10.1001/archpsyc.1968.01740120001001

Craig Eisler. (2012). Kinect for Windows Product Blog. Retrieved January 22, 2016, from http://blogs.msdn.com/b/kinectforwindows/archive/2012/01/20/near-mode-what-it-is-and-isn-t.aspx

Dawson, G., & McKissick, F. C. (1984). Self-recognition in autistic children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *14*(4), 383–94. http://doi.org/10.1007/BF02409829

Duquette, A., Michaud, F., & Mercier, H. (2008). Exploring the use of a mobile robô as an imitation agent with children with low-functioning autism. *Autonomous Robots*, *24*(2), 147–157. http://doi.org/10.1007/s10514-007-9056-5

Ellis, S. R., & Kaiser, M. K. (1993). *Pictorial Communication IN Real And Virtual Environments*. Retrieved from https://books.google.com/books?hl=pt-PT&lr=&id=8c6PClwCymcC&pgis=1

Foley, J. D., Dam, A. Van, Feiner, S. K., & Hughes, J. F. (1996). Computer Graphics: Principles and Practice. *AddisonWesley Longman Publishing Co Inc Boston MA USA*. Retrieved from http://www.amazon.com/dp/0201848406

Franklin, A., Pilling, M., & Davies, I. (2005). The nature of infant color categorization: Evidence from eye movements on a target detection task. *Journal of Experimental Child Psychology*, *91*(3), 227–248.

http://doi.org/10.1016/j.jecp.2005.03.003

Franklin, A., Sowden, P., Burley, R., Notman, L., & Alder, E. (2008). Color perception in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *38*(10), 1837–1847. http://doi.org/10.1007/s10803-008-0574-6

Gandoza - Cartoon. (n.d.). Retrieved August 13, 2016, from http://www.gandoza.com/3d-characters/cartoon.html

GARN, S. M. (1954). *Atlas of Men. A guide for somatotyping the adult male at all ages. Science* (Vol. 120). New-York: Harper. http://doi.org/10.1126/science.120.3128.980

Gillberg, C., & Coleman, M. (1992). *The biology of the autistic syndromes (2nd ed.).* Retrieved from https://books.google.com/books?hl=pt-PT&lr=&id=VZHruMg-c_EC&pgis=1

Gonçalves, H. (2015). *Modelação 3d de ambientes virtuais para aplicações de reabilitação no autismo.*

Gross, T. F. (2002). Perception of human and nonhuman facial age by developmentally disabled children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *32*(3), 169–79. http://doi.org/10.1023/A:1015445629062

Gross, T. F. (2005). Global–Local Precedence in the Perception of Facial Age and Emotional Expression by Children with Autism and Other Developmental Disabilities. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *35*(6), 773–785. http://doi.org/10.1007/s10803-005-0023-8

Gross, T. F. (2008). Recognition of immaturity and emotional expressions in blended faces by children with autism and other developmental disabilities. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *38*(2), 297–311. http://doi.org/10.1007/s10803-007-0391-3

Grudin, J. (1990). The Computer Reaches Out: The Historical Continuity of Interface Design. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: Empowering People (CHI'90)* (pp. 261–268). http://doi.org/http://doi.acm.org/10.1145/97243.97284

Hobson, R. P. (1987). The autistic child's recognition of age- and sex-related characteristics of people. *J Autism Dev Disord*, *17*(1), 63–79. http://doi.org/10.1007/BF01487260

Interactive Avatars - Invirtua Animation for Autism. (n.d.). Retrieved from http://animationforautism.com

Jaron Lanier's Bio. (n.d.). Retrieved August 3, 2016, from http://www.jaronlanier.com/general.html

Jet Propulsion Laboratory. (2016). Retrieved August 1, 2016, from http://opslab.jpl.nasa.gov/

Kammergruber, F., Ebner, A., & Günthner, P. W. A. (2005). Navigation in Virtual Reality Using Microsoft Kinect. Retrieved January 22, 2016, from http://www.fml.mw.tu-muenchen.de/fml/images/Publikationen/Kammergruber_Navigation in Virtual Reality with Mi-

crosoft Kinect.pdf

Leekam, S. R., Libby, S. J., Wing, L., Gould, J., & Taylor, C. (2002). The Diagnostic Interview for Social and Communication Disorders: Algorithms for ICD-10 childhood autism and Wing and Gould autistic spectrum disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *43*(3), 327–342. http://doi.org/10.1111/1469-7610.00024

Lieberman, M. D. (2007). Social cognitive neuroscience: a review of core processes. *Annual review of psychology*, *58*, 259–89. http://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085654

LIFEisGAME | LearnIng of Facial EmotIons using Serious GAMEs. (2016). Retrieved January 23, 2016, from http://www.portointeractivecenter.org/lifeisgame/

Lind, S. E., & Bowler, D. M. (2009). Delayed self-recognition in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *39*(4), 643–650. http://doi.org/10.1007/s10803-008-0670-7

Lord, C., Risi, S., Lambrecht, L., Cook, Jr., E. H., Leventhal, B. L., DiLavore, P. C., … Rutter, M. (2000). The Autism Diagnostic Observation Schedule-Generic: A Standard Measure of Social and Communication Deficits Associated with the Spectrum of Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *30*(3), 205–223. http://doi.org/10.1023/A:1005592401947

Lord, C., Risi, S., Lambrecht, L., Cook, E. H., Leventhal, B. L., DiLavore, P. C., … Rutter, M. (2000). *Autism Diagnostic Observation Schedule (ADOS). Journal of Autism and Developmental Disorders* (Vol. 30). http://doi.org/10.1007/BF02211841.

Lord, C., Rutter, M., & Le Couteur, A. (1994). Autism Diagnostic Interview-Revised: A revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *24*(5), 659–685. http://doi.org/10.1007/BF02172145

Lotter, V. (1967). Epidemiology of autistic conditions in young children - II. Some characteristics of the parents and children. *Social Psychiatry*, *1*, 163–173. http://doi.org/10.1007/BF00578950

Michaels, S. D. (1999). FLOWERING LOCUS C Encodes a Novel MADS Domain Protein That Acts as a Repressor of Flowering. *The Plant Cell Online*. http://doi.org/10.1105/tpc.11.5.949

MintViz. (2011). Colour correct RGB values within Autodesk 3ds Max « MintViz Workshop. Retrieved August 14, 2016, from http://www.workshop.mintviz.com/tutorials/colour-correct-rgb-values-within-autodesk-3ds-max/

Moggridge, B. (2007). *Designing Interactions. Image (Rochester, N.Y.)*. http://doi.org/10.1075/idj.17.1.16ehr

Moreno-De-Luca, D., Mulle, J. G., Kaminsky, E. B., Sanders, S. J., Myers, S. M., Adam, M. P., … Ledbetter, D. H. (2010). Deletion 17q12

Is a Recurrent Copy Number Variant that Confers High Risk of Autism and Schizophrenia. *The American Journal of Human Genetics*, *87*(5), 618–630. http://doi.org/10.1016/j.ajhg.2010.10.004

Mori, M., MacDorman, K., & Minato, T. (2005). *The Uncanny Valley*. Retrieved from http://www.androidscience.com/theuncannyvalley/proceedings2005/uncannyvalley.html

Motek Entertainment. (2016). Retrieved January 22, 2016, from http://www.motekentertainment.com/

Muhle, R., Trentacoste, S. V, & Rapin, I. (2004). The genetics of autism. *Pediatrics*, *113*, e472–86. http://doi.org/10.1016/j.spen.2004.07.003

Museum Roberson, & Science Center. (2000). *The Link Flight Trainer: A Historic Mechanical Engineering Landmark, Roberson Museum and Science Center, Binghamton, New York*. Retrieved from https://books.google.pt/books/about/The_Link_Flight_Trainer.html?id=8anxZwEACAAJ&pgis=1

Neisser, U. (1993). The perceived self: Ecological and interpersonal sources of self-knowledge. Retrieved January 22, 2016, from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=1994-97837-000&site=ehost-live

NeuroHab. (2014). Retrieved January 22, 2016, from http://neurohab.com/

NSA. (2011). Virtual Reality. Retrieved January 22, 2016, from https://www.nsa.gov/public_info/_files/cryptologic_quarterly/Virtual_Reality.pdf

O Livromem. (n.d.). Retrieved August 9, 2016, from http://cantos.barbarasays.com/

Oliveira, G. (2009). Autismo: diagnóstico e orientação. Parte I-Vigilância, rastreio e orientação nos cuidados primários de saúde. *Acta Pediátrica Portuguesa*, *40*(6), 278–87. Retrieved from http://www.spp.pt/Userfiles/File/App/Artigos/19/20100330161233_Art_Actual_Oliveira_G_40(6).pdf

Oliveira, G., Ataide, A., Marques, C., Miguel, T. S., Coutinho, A. M., Mota-Vieira, L., … Vicente, A. M. (2007). Epidemiology of autism spectrum disorder in Portugal: prevalence, clinical characterization, and medical conditions. *Dev Med Child Neurol*, *49*(10), 726–733. http://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00726.x

OpenSceneGraph. (2016). Retrieved January 22, 2016, from http://trac.openscenegraph.org/projects/osg

Park, D., & Youderian, P. (1974). Light and number: ordering principles in the world of an autistic child. *Journal of Autism & Childhood Schizophrenia*, *4*(4), 313–323. http://doi.org/10.1007/BF02105375

Pellicano, E., & Macrae, C. N. (2009). Mutual eye gaze facilitates person categorization for typically developing children, but not for

children with autism. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*(6), 1094–9. http://doi.org/10.3758/PBR.16.6.1094

Perrett, D. I., Harries, M. H., Bevan, R., Thomas, S., Benson, P. J., Mistlin, A. J., … Ortega, J. E. (1989). Frameworks of analysis for the neural representation of animate objects and actions. *The Journal of Experimental Biology*, *146*(1), 87–113. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2689570

Perrett, D. I. I., & Emery, N. J. J. (1994). Understanding the intentions of others from visual signals: Neurophysiological evidence. *Current Psychology of Cognition*, *13*(5), 683–694. Retrieved from http://doi.apa.org/psycinfo/1995-24608-001

Peter Hobson, R., & Anthony Lee. (1999). Imitation and Identification in Autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *40*(04), 649–659. Retrieved from http://journals.cambridge.org/abstract_S0021963099003923

Peters, J., & Reif, U. (2008). Subdivision Surfaces. *Springer*. http://doi.org/10.1007/978-3-540-76406-9_4

Piegl, L., & Tiller, W. (1996). The NURBS Book. http://doi.org/10.1016/0010-4485(96)86819-9

Plienis, A. J., & Romanczyk, R. G. (1985). Analyses of performance, behavior, and predictors for severely disturbed children: A comparison of adult vs. computer instruction. *Analysis and Intervention in Developmental Disabilities*, *5*(4), 345–356. http://doi.org/10.1016/0270-4684(85)90004-7

Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2002). *Interaction design beyond human-computer interaction. 1. Design* (Vol. 18). http://doi.org/10.1016/S0010-4485(86)80021-5

Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., Benyon, D., Holland, S., & Carey, T. (1994). Human-computer interaction. Retrieved January 22, 2016, from http://old.sigchi.org/cdg/cdg2.html

Propostas com aluno atribuído. (2016). Retrieved January 23, 2016, from https://estagios.dei.uc.pt/cursos/mdm/ano-lectivo-2015-2016/propostas-com-aluno-atribuido/?idestagio=2238

Python. (2016). Retrieved January 22, 2016, from https://www.python.org/

Rasmussen, K. (2004). Places for Children - Children's Places. Retrieved from http://www.lcis.com.tw/paper_store/paper_store/readingrasmussen-201511517484752.pdf

Richard Marks. (2010). EyeToy, Innovation and Beyond. Retrieved from http://blog.us.playstation.com/2010/11/03/eyetoy-innovation-and-beyond/comment-page-2/#comment-478157

Rizzolatti, G., Fadiga, L., Matelli, M., Bettinardi, V., Paulesu, E., Perani, D., & Fazio, F. (1996). Localization of grasp representations in humans by PET: 1. Observation versus execution. *Experimental Brain*

Research. Experimentelle Hirnforschung. Experimentation Cerebrale, *111*(2), 246–252. http://doi.org/10.1007/BF00227301

Robins, D., Fein, D., & Barton, M. (2009). Modified Checklist for Autism in Toddlers-Revised - m-chat-r_f.pdf. Retrieved January 23, 2016, from https://www.autismspeaks.org/sites/default/files/docs/sciencedocs/m-chat/m-chat-r_f.pdf?v=1

Robótica-Autismo - Robótica-Autismo Project. (2016). Retrieved January 23, 2016, from http://robôica-autismo.dei.uminho.pt/index.php/category/robôica-autismo/

Rogers, S. J. (1999). An examination of the imitation deficit in autism. In *Imitation in infancy Cambridge studies in cognitive perceptual development* (pp. 254–283).

Rogers, S. J., Bennetto, L., McEvoy, R., & Pennington, B. F. (1996). Imitation and pantomime in high-functioning adolescents with autism spectrum disorders. *Child Development*, *67*(5), 2060–2073. http://doi.org/http://dx.doi.org/10.2307/1131609

Rogers, S. J., & Pennington, B. F. (1991). A theoretical approach to the deficits in infantile autism. *Development and Psychopathology*, *3*, 137. http://doi.org/10.1017/S0954579400000043

Rolão, P. (2011). Investigadores usam realidade virtual para analisar comportamentos de autistas. Retrieved August 1, 2016, from http://www.rtp.pt/noticias/saude/investigadores-usam-realidade-virtual-para-analisar-comportamentos-de-autistas_v502947

Scassellati, B., Henny Admoni, & Matarić, M. (2012). Robots for Use in Autism Research. *Annual Review of Biomedical Engineering*, *14*(1), 275–294. http://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071811-150036

Senéca, H. (2011). Em Coimbra, usa-se a realidade virtual parar contrariar o autismo. Retrieved August 1, 2016, from http://exameinformatica.sapo.pt/noticias/ciencia/2011-11-07-em-coimbra-usa-se-a-realidade-virtual-para-contrariar-o-autismo

Sigman, M., & Ruskin, E. (1999). Continuity and change in the social competence of children with autism. *Monographs of the Society for Research in Child Development*.

Silva, R. (n.d.). *A Arte de Desenhar - Proporções do Corpo Humano*. (Conquista, Ed.).

Simmons, D. R., Robertson, A. E., McKay, L. S., Toal, E., McAleer, P., & Pollick, F. E. (2009). Vision in autism spectrum disorders. *Vision Research*, *49*(22), 2705–2739. http://doi.org/10.1016/j.visres.2009.08.005

Simões, M., Mouga, S., Pedrosa, F., Carvalho, P., Oliveira, G., & Branco, M. C. (2014). Neurohab: A Platform for Virtual Training of Daily Living Skills in Autism Spectrum Disorder. *Procedia Technology*, *16*, 1417–1423. http://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.10.161

Skuse, D., Warrington, R., Bishop, D., Chowdhury, U., Lau, J., Man-

dy, W., & Place, M. (2004). The developmental, dimensional and diagnostic interview (3di): a novel computerized assessment for autism spectrum disorders. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *43*(5), 548–558. http://doi.org/10.1097/00004583-200405000-00008

Sloan, R. J. S. (2015, May 7). Virtual character design for games and interactive media. CRC Press. Retrieved from https://repository.abertay.ac.uk/jspui/handle/10373/1954

Smith, I. M., & Bryson, S. E. (1994). Imitation and action in autism: A critical review. *Psychological Bulletin*, *116*(2), 259–273. http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.116.2.259

Spiker, D., & Ricks, M. (1984). Visual self-recognition in autistic children: developmental relationships. *Child Dev*, *55*(1), 214–225. http://doi.org/10.2307/1129846

Stanney, K. M. (2002). *Handbook of virtual environments: design, implementation, and applications*. *Human Factors and Ergonomics Series*. Retrieved from http://books.google.com/books?id=6GnFavzHZZcC&pgis=1

Strickland, D. (1997). Virtual reality for the treatment of autism. http://doi.org/10.3233/978-1-60750-888-5-81

Sutherland, I. E. (1996). The ultimate display. *Proceedings of the Congress of the Internation Federation of Information Processing (IFIP)*, *21*(3), 506–508. http://doi.org/10.1109/MC.2005.274

Tanikawa, F. (1983). *The Principles of Psychology (review)*. *Journal of the History of Philosophy* (Vol. 21). http://doi.org/10.1353/hph.1983.0040

The Triadic Ballet: Eccentric Bauhaus ballet brilliance or is it Germanic Maude Lebowski art shit? | Dangerous Minds. (n.d.). Retrieved August 9, 2016, from http://dangerousminds.net/comments/the_triadic_ballet_eccentric_bauhaus_ballet_brilliance

Toca Robot Lab | A new way to play | Toca Boca. (n.d.). Retrieved August 9, 2016, from https://tocaboca.com/app/toca-robô-lab/

UC.PT - IBILI. (2016). Retrieved from http://www.uc.pt/en/fmuc/ibili

Uddin, L. Q. (2011). The self in autism: an emerging view from neuroimaging. *Neurocase*, *17*(3), 201–8. http://doi.org/10.1080/13554794.2010.509320

Uddin, L. Q., Iacoboni, M., Lange, C., & Keenan, J. P. (2007). The self and social cognition: the role of cortical midline structures and mirror neurons. *Trends in Cognitive Sciences*, *11*(4), 153–157. http://doi.org/10.1016/j.tics.2007.01.001

Vince, J. (2004). *Introduction to Virtual Reality*. Retrieved from https://books.google.com/books?hl=pt-PT&lr=&id=hfJZyolL0PgC&pgis=1

Vizard 5 Documentation - Welcome! (2015). Retrieved January 23,

2016, from http://docs.worldviz.com/vizard/

VPL Research Jaron Lanier - Virtual Reality. (n.d.). Retrieved August 3, 2016, from http://www.vrs.org.uk/virtual-reality-profiles/vpl-research.html

Wagner, M. (1998). Medindo a ocorrência da doença: prevalência ou incidência? Retrieved January 22, 2016, from https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/54350/000164480.pdf?sequence=1

Whiten, A., Brown, J. D., & Bråten, S. (1998). Imitation and the reading of other minds: Perspectives from the study of autism, normal children and non-human primates. *Intersubjective Communication and Emotion in Early Ontogeny*, 260–280. Retrieved from http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=84PP9lOocl8C&oi=fnd&pg=PA260&dq=whiten+(brown+imitation+and+the+reading+of+other+minds)&ots=9ujYj-oXhJ&sig=DBpvxz7np7nFqn2xkTPoJBJ3s24\npapers3://publication/uuid/ED7AA4B6-296E-41CC-A-111-05BA290A425F

Williams, J. H. G., Whiten, a., Suddendorf, T., & Perrett, D. I. (2001). Imitation, mirror neurons and autism. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *25*(4), 287–295. http://doi.org/10.1016/S0149-7634(01)00014-8

Wolff, S. (2005). George and Sam. *Journal of Child Psychology & Psychiatry*, *46*(2), 223–224.

Zarr, M. (1994). Computer-Aided Psychotherapy: Machine Helping Therapist. *Psychiatric Annals*, *24*(1), 42–46.

Lista de Figuras

Figura 1. SG em Reportagem RTP.
Fonte: Investigadores usam realidade virtual para analisar comportamentos de autistas. (2011, November 24). Retrieved August 01, 2016, from http://www.rtp.pt/noticias/saude/investigadores-usam-realidade-virtual-para-analisar-comportamentos-de-autistas_v502947

Figura 2. SG em reportagem RTP.
Fonte: Investigadores usam realidade virtual para analisar comportamentos de autistas. (2011, November 24). Retrieved August 01, 2016, from http://www.rtp.pt/noticias/saude/investigadores-usam-realidade-virtual-para-analisar-comportamentos-de-autistas_v502947

Figura 3. Encéfalo.
Fonte: Sistema Nervoso Resumo - Planeta Biologia. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://planetabiologia.com/sistema-nervoso-resumo/

Figura 4. Córtex pré-frontal.
Fonte: Educação dos sentidos. (n.d.). Retrieved August 29, 2016, from http://clickeaprenda.uol.com.br/portal/mostrarConteudo.php?idPagina=28541

Figura 5. Giro frontal inferior direito.
Fonte: Telencéfalo. sistemanervosocentral. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://sistemanervosocentral.jimdo.com/telencéfalo

Figura 6. Esquema de relações com disciplinas académicas, práticas de design e campos interdisciplinares.
Fonte: Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2002). Interaction design: Beyond human-computer interaction. New York, NY: J. Wiley & Sons.

Figura 7. EyeToy®.
Fonte: Genuine Playstation 2 Eye Toy Camera BLACK Sony PS2 PS3 Official EyeToy • £7.99. (n.d.). Retrieved August 28, 2016, from http://picclick.co.uk/Genuine-Playstation-2-Eye-Toy-Camera-BLACK-Sony-291846250896.html

Figura 8. Família a utilizar o Kinect.
Fonte: Taking aim at game consoles - USATODAY.com. (n.d.). Retrieved July 26, 2016, from http://usatoday30.usatoday.com/tech/gaming/2011-06-05-e3-mobile-gaming_n.htm

Figura 9. Kinect Sports Season 2.
Fonte: Kinect Sports Season 2 gets monthly DLC, first one available (for free) starting today. (n.d.). Retrieved July 26, 2016, from http://123kinect.com/kinect-sports-season-monthly-dlc-today/28113/

Figura 10. Eyetoy Play Menu.
Fonte: H. (2014). HatCHeTHaZ Plays: EyeToy: Play - PS2 - 1080p.

Retrieved July 26, 2016, from https://www.youtube.com/watch?-v=WAftpiUNY0E

Figura 11. Compartimentos 1, 2 e 3.
Fonte: Moggridge, B. (2007). Designing interactions. Cambridge, MA: MIT Press.

Figura 12. Apollo 11 Virtual Experience.
Fonte: Tears of Joy - My Dad w/Oculus Rift DK2 and Apollo 11 VR. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from https://www.youtube.com/watch?v=NGVxud9N2gQ

Figura 13. Link Trainer.
Fonte: School of Engineering students checking the operation of a ground aviation trainer for pilots. (n.d.). Retrieved August 30, 2016, from http://d.lib.ncsu.edu/collections/catalog/0004824

Figura 14. Sensorama.
Fonte: Theory and Re search in HCI: Morton Heilig, Pioneer in Virtual Reality Research. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.telepresenceoptions.com/2008/09/theory_and_research_in_hci_mor/

Figura 15. Sword of Damocles.
Fonte: HoloLens Devs. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.hololensdevs.com/category/history/

Figura 16. Jaron Lanier.
Fonte: Jaron Lanier's Homepage. (n.d.). Retrieved August 03, 2016, from http://www.jaronlanier.com/

Figura 17. EyePhone e DataGlove.
Fonte: Jaron Lanier's EyePhone: Head And Glove Virtual Reality In The 1980s |. (n.d.). Retrieved August 29, 2016, from http://flashbak.com/jaron-laniers-eyephone-head-and-glove-virtual-reality-in-the-1980s-26180/

Figura 18. Building Immersive Environments.
Fonte: O. (2013). Building Immersive Environments. Retrieved August 01, 2016, from https://www.youtube.com/watch?v=nrcj-90M-f8

Figura 19. 3D Mouse.
Fonte: Startup Manus maakt zich op voor gamebeurs E3 - e52. (2015). Retrieved January 23, 2016, from https://e52.nl/startup-manus-maakt-zich-op-voor-gamebeurs-e3/

Figura 20. Spaceball da SpaceTec.
Fonte: MINDFLUX - Spacetec Spaceball 3003 FLX. (n.d.). Retrieved January 25, 2016, from http://www.mindflux.com.au/products/spacetec/3003flx.html

Figura 21. Manus.
Fonte: Startup Manus maakt zich op voor gamebeurs E3 - e52. (2015). Retrieved January 23, 2016, from https://e52.nl/startup-manus-maakt-zich-op-voor-gamebeurs-e3/

Figura 22. Lap Mentor - Simulador cirúrgico de Symbionix.

Fonte: Simbionix LAP Mentor. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from https://www.youtube.com/watch?v=ReI5lD069Yw

Figura 23. Kinect® da Xbox One®.
Fonte: TechWorld. (n.d.). Retrieved August 21, 2016, from http://bloodycash.blogspot.pt/2013/12/ps4-vs-xbox-one-things-buyers-need-to.html

Figura 24. Vizard Virtual Reality®.
Fonte: COSC 829: Advanced Virtual Reality Systems. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.cs.bowiestate.edu/sharad/vrlab/Projects829-12.html

Figura 25. Brekel Pro Body 2®.
Fonte: Brekel. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://brekel.com/

Figura 26. 3ds Max 2016®.
Fonte: David Hobson - Animator, Visualizer, Film-maker, Educator. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.davidhobson.net/blog/

Figura 27. MotionBuilder 2014®.
Fonte: Review: Autodesk's MotionBuilder 2016. (2015). Retrieved January 23, 2016, from http://renderositymagazine.com/review-autodesks-motionbuilder-2016-cms-208

Figura 28. Mixamo.
Fonte: Introducing Mixamo 2.0: Better, Faster, Stronger 3D Animation. (n.d.). Retrieved August 09, 2016, from http://blog.mixamo.com/introducing-mixamo-2.0-better-faster-stronger-3d-animation-software/

Figura 29. Proporções de corpo de diferentes faixas etárias.
Fonte: Sloan, R. J. (n.d.). Virtual character design: For games and interactive media.

Figura 30. Proporções consoante idades diferentes - R., Silva. (n.d.).
Fonte: A Arte de Desenhar - Proporções do Corpo Humano. Retrieved August 03, 2016, from http://www.4shared.com/file/EwvF-TobE/A_Arte_De_Desenhar_-_Propores_.html

Figura 31. Tipo masculino ectomórfico, mesomórfico e endomórfico.
Fonte: Sloan, R. J. (n.d.). Virtual character design: For games and interactive media.

Figura 32. Tipo feminino ectomórfico, mesomórfico e endomórfico.
Fonte: Sloan, R. J. (n.d.). Virtual character design: For games and interactive media.

Figura 33. Uncanny Valley.
Fonte: CogSci-2005 Workshop: Toward Social Mechanisms of Android Science. (n.d.). Retrieved August 03, 2016, from http://www.

androidscience.com/theuncannyvalley/proceedings2005/uncanny-valley.html

Figura 34. Robôs utilizados na investigação da PEA.
Fonte: Scassellati, B., Henny Admoni, & Matarić, M. (2012). Robots for Use in Autism Research. Annual Review of Biomedical Engineering, 14(1), 275–294. http://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071811-150036

Figura 35. Robota.
Fonte: Billard, A., Robins, B., Nadel, J., & Dautenhahn, K. (n.d.). Building Robota, a mini-humanoid robot for the rehabilitation of children with autism. - Semantic Scholar. Retrieved August 03, 2016, from https://www.semanticscholar.org/paper/Building-Robota-a-mini-humanoid-robot-for-the-Billard-Robins/4d0c74c765e5f20856d-6de64416013f41657e384

Figura 36. Tito.
Fonte: Exploring the Use of a Mobile Robot as an Imitation Agent ... (n.d.). Retrieved August 3, 2016, from https://www.researchgate.net/profile/Francois_Michaud/publication/220474031_Exploring_the_use_of_a_mobile_robot_as_an_imitation_agent_with_children_with_low-functioning_autism/links/00b495197693e0cdc1000000.pdf?origin=publication_list

Figura 37. Second Life.
Fonte: Mondes virtuels : Un deuxième Second Life avec support de l'Oculus Rift en 2016 ? (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.linformaticien.com/actualites/id/33487/categoryid/14/mondes-virtuels-un-deuxieme-second-life-avec-support-de-l-oculus-rift-en-2016.aspx

Figura 38. Second Life.
Fonte: Second Life Screenshots. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://virtualworldfortweens.com/screenshot/second-life-screenshots/

Figura 39. British Gas - Catching a Train.
Fonte: The Virtual Trillium Trail. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://virtualtrilliumtrail.com/about.html

Figura 40. Virtual field trips, the virtual trillium trail.
Fonte: The Virtual Trillium Trail. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://virtualtrilliumtrail.com/about.html

Figura 41. Way up high de DCN, Universidade de Bacel.
Fonte: Damping Down Fear With Cortisol. (2011). Retrieved January 23, 2016, from http://www.sciencemag.org/news/2011/03/damping-down-fear-cortisol

Figura 42. Mundo virtual para criação de protótipos de Crescendodesign.
Fonte: Top Professional Services. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from https://101services.wordpress.com/

Figura 43. Cozinha.
Fonte: Gonçalves, H. (2015). Modelação 3d de ambientes virtuais para aplicações de reabilitação no autismo

Figura 44. Sala.
Fonte: Gonçalves, H. (2015). Modelação 3d de ambientes virtuais para aplicações de reabilitação no autismo

Figura 45. Teste de uma tarefa na sala.
Fonte: Gonçalves, H. (2015). Modelação 3d de ambientes virtuais para aplicações de reabilitação no autismo

Figura 46. ZECA, robô com emoções.
Fonte: Zeca: Um robô português que ajuda crianças autistas. (n.d.). Retrieved August 28, 2016, from http://boasnoticias.pt/mobile/noticias.php?id=22995

Figura 47. Recon Mee.
Fonte: LIFEisGAME | LearnIng of Facial EmotIons using Serious GAMEs. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.portointeractivecenter.org/lifeisgame/

Figura 48. Sketch Mee.
Fonte: LIFEisGAME | LearnIng of Facial EmotIons using Serious GAMEs. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.portointeractivecenter.org/lifeisgame/

Figura 49. Mimic Mee.
Fonte: LIFEisGAME | LearnIng of Facial EmotIons using Serious GAMEs. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.portointeractivecenter.org/lifeisgame/

Figura 50. Play Mee.
Fonte: LIFEisGAME | LearnIng of Facial EmotIons using Serious GAMEs. (n.d.). Retrieved January 23, 2016, from http://www.portointeractivecenter.org/lifeisgame/

Figura 51. Personagens do Invirtua.
Fonte: Interactive Avatars - Invirtua Animation For Autism. (n.d.). Retrieved August 1, 2016, from http://animationforautism.com/

Figura 52. 3D Digital Puppeteer.
Fonte: Interactive Avatars - Invirtua Animation For Autism. (n.d.). Retrieved August 1, 2016, from http://animationforautism.com/

Figura 53. Invirtua - Criança interage com personagem.
Fonte: G. (2015). Avatars and Kids with Autism Are Good Combination. Retrieved July 30, 2016, from https://www.youtube.com/watch?v=egFhd5YgFEc

Figura 54. Cinco conceitos iniciais.
Fonte: O autor

Figura 55. Cenários iniciais.
Fonte: O autor

Figura 56. Conceitos de personagens atuais.

Fonte: O autor
Figura 57. Ideias de cenários.
Fonte: O autor
Figura 58. Procedimento dos testes.
Fonte: O autor
Figura 59. Plano inicial fase 1.
Fonte: O autor
Figura 60. Plano inicial fase 2.
Fonte: O autor
Figura 61. Plano intermédio fase 1.
Fonte: O autor
Figura 62. Plano intermédio fase 2.
Fonte: O autor
Figura 63. Plano final fase 2.
Fonte: O autor
Figura 64. Esboços geométrico 1-12.
Fonte: O autor
Figura 65. Esboços geométrico 13-21.
Fonte: O autor
Figura 66. Esboços robótico 1-6.
Fonte: O autor
Figura 67. Esboços robótico 7-20.
Fonte: O autor
Figura 68. Esboços humano desproporcional 1-16.
Fonte: O autor
Figura 69. Avaliação geométrico.
Fonte: O autor
Figura 70. Avaliação robótico.
Fonte: O autor
Figura 71. Avaliação humano desproporcional.
Fonte: O autor
Figura 72. Gráfico geométrico.
Fonte: O autor
Figura 73. Gráfico robótico.
Fonte: O autor
Figura 74. Gráfico humano desproporcional.
Fonte: O autor
Figura 75. Geométrico 9.
Fonte: O autor
Figura 76. Robótico 18.
Fonte: O autor
Figura 77. Humano desproporcional 1.
Fonte: O autor

Figura 78. Esquema das personagens.
Fonte: O autor

Figura 79. Geométrico proporcional.
Fonte: O autor

Figura 80. Geométrico desproporcional.
Fonte: O autor

Figura 81. Robótico proporcional.
Fonte: O autor

Figura 82. Robótico desproporcional.
Fonte: O autor

Figura 83. Humano desproporcional.
Fonte: O autor

Figura 84. Diferentes opções para as personagens.
Fonte: O autor

Figura 85. Personagens geométricas.
Fonte: O autor

Figura 86. Personagens robóticas.
Fonte: O autor

Figura 87. Personagem humana desproporcional.
Fonte: O autor

Figura 88. Grelhas proporcional e desproporcional.
Fonte: O autor

Figura 89. Palete de cores RGB e CMYK.
Fonte: O autor

Figura 90. Personagem geométrica proporcional.
Fonte: O autor

Figura 91. Personagem geométrica desproporcional.
Fonte: O autor

Figura 92. Personagem robótica proporcional.
Fonte: O autor

Figura 93. Personagem robótica desproporcional.
Fonte: O autor

Figura 94. Personagem humana desproporcional.
Fonte: O autor

Figura 95. Workshop.
Fonte: O autor

Figura 96. Symmetry modifier.
Fonte: O autor

Figura 97. Vistas da personagem geométrica proporcional.
Fonte: O autor

Figura 98. Vistas da personagem geométrica desproporcional.
Fonte: O autor

Figura 99. Personagem sem subdivide.

Fonte: O autor

Figura 100. Personagem com subdivide.
Fonte: O autor

Figura 101. Personagem geométrica final.
Fonte: O autor

Figura 102. Processo 1 - Modelação da personagem.
Fonte: O autor

Figura 103. ID do material.
Fonte: O autor

Figura 104. Processo 2 - Penteados.
Fonte: O autor

Figura 105. Equação.
Fonte: O autor

Figura 106. Personagem final masculina.
Fonte: O autor

Figura 107. Personagem final feminina.
Fonte: O autor

Figura 108. Processo 1 - Forma da personagem.
Fonte: O autor

Figura 109. Processo 2 - Forma da personagem.
Fonte: O autor

Figura 110. Processo 3 - Aplicação das cores.
Fonte: O autor

Figura 111. Processo 4 - Símbolos dos géneros.
Fonte: O autor

Figura 112. Placa de WC.
Fonte: Latest Posts Under: Bathroom signs. (n.d.). Retrieved August 14, 2016, from http://bigfanta.biz/category/bathroom/bathroom-signs/

Figura 113. Personagem final masculina.
Fonte: O autor

Figura 114. Personagem final feminina.
Fonte: O autor

Figura 115. Menu Inicial.
Fonte: Welcome to Autodesk® Character Generator. (n.d.). Retrieved August 15, 2016, from https://charactergenerator.autodesk.com/

Figura 116. Opções de Exportação.
Fonte: Welcome to Autodesk® Character Generator. (n.d.). Retrieved August 15, 2016, from https://charactergenerator.autodesk.com/

Figura 117. Corpo no 3ds Max 2016®.
Fonte: O autor

Figura 118. Processo 1 - Proporções
Fonte: O autor

Figura 119. Processo 1 – Modelação geral.
Fonte: O autor

Figura 120. Processo 2.1 – Roupa.
Fonte: O autor

Figura 121. Processo 2.2 - Roupa.
Fonte: O autor

Figura 122. Processo 2.3 – Seams.
Fonte: O autor

Figura 123. Object Properties.
Fonte: O autor

Figura 124. Processo 2.4 – T-shirt.
Fonte: O autor

Figura 125. Processo 2.5 – Macacão.
Fonte: O autor

Figura 126. Processo 3 - Calçado.
Fonte: O autor

Figura 127. Processo 4 – Retoques na roupa.
Fonte: O autor

Figura 128. Processo 5 - Penteados.
Fonte: O autor

Figura 129. Personagem final masculina.
Fonte: O autor

Figura 130. Personagem final feminina.
Fonte: O autor

Figura 131. Personagem escolhida.
Fonte: O autor

Figura 132. Personagem do participante – desenho digital.
Fonte: O autor

Figura 133. Processo 1 – Modelação da forma.
Fonte: O autor

Figura 134. Processo 2 - Calçado.
Fonte: O autor

Figura 135. Processo 3 - Roupa.
Fonte: O autor

Figura 136. Processo 4 – Penteados.
Fonte: O autor

Figura 137. Personagem final masculina.
Fonte: O autor

Figura 138. Personagem final feminina.
Fonte: O autor

Figura 139. Material Randomizer.
Fonte: O autor

Figura 140. Personagens geradas.

Fonte: O autor
Figura 141. Comparação de distorção.
Fonte: O autor
Figura 142. Exportar FBX.
Fonte: O autor
Figura 143. Aplicação dos pontos do corpo.
Fonte: O autor
Figura 144. Preview da personagem.
Fonte: O autor
Figura 145. My Assets.
Fonte: O autor
Figura 146. Workshop das animações.
Fonte: O autor
Figura 147. Esqueleto da personagem.
Fonte: O autor
Figura 148. Biped Object.
Fonte: O autor
Figura 149. Layout geral Brekel Pro®.
Fonte: O autor
Figura 150. Layout geral MotionBuilder 2015®.
Fonte: O autor
Figura 151. Peggy no MotionBuilder 2015®.
Fonte: O autor
Figura 152. Janela dos shapes.
Fonte: O autor
Figura 153. Takes corpo e cara.
Fonte: O autor
Figura 154. Personagem no MotionBuilder 2015®.
Fonte: O autor
Figura 155. Character Resource.
Fonte: O autor
Figura 156. Character Definition Error.
Fonte: O autor
Figura 157. Character Layer.
Fonte: O autor
Figura 158. Inserção dos nodes.
Fonte: O autor
Figura 159. Dispositivo Brekel Pro Body 2®.
Fonte: O autor
Figura 160. Device no navigator.
Fonte: O autor
Figura 161. Pose-T.
Fonte: O autor

Figura 162. Personagem com esqueleto.
Fonte: O autor

Figura 163. Processo 1 - Modelação.
Fonte: O autor

Figura 164. Processo 2 – Escolha de cores e formas.
Fonte: O autor

Figura 165. Ambiente final.
Fonte: O autor

Figura 166. Processo 1 – Modelação bancos e mesas.
Fonte: O autor

Figura 167. Processo 2 – Janelas, quadro e placas de madeira.
Fonte: O autor

Figura 168. Processo 3 – Quadro tradicional, secretária, porta e luzes de teto.
Fonte: O autor

Figura 169. Processo 4 – Folhas penduradas com pionés e desenho no quadro.
Fonte: O autor

Figura 170. Processo 5 – Adição de objetos e pormenores.
Fonte: O autor

Figura 171. Vista de fora do quadro.
Fonte: O autor

Figura 172. Ambiente final.
Fonte: O autor

Figura 173. Processo 1 – Solo e alguns objetos.
Fonte: O autor

Figura 174. Processo 2 – Vale, árvores, macaca e cerca.
Fonte: O autor

Figura 175. Ambiente final.
Fonte: O autor

Figura 176. Transport Controls.
Fonte: O autor

Figura 177. Takes.
Fonte: O autor

Figura 178. Exemplo de gravação.
Fonte: O autor

Figura 179. Keyframes.
Fonte: O autor

Figura 180. Interpolation.
Fonte: O autor

Figura 181. Live Characters device.
Fonte: O autor

Figura 182. Código.

Fonte: O autor

Figura 183. Testes.
Fonte: O autor

Figura 184. Personagem no 3ds Max 2016®.
Fonte: O autor

Figura 185. Skeleton exporter.
Fonte: O autor

Figura 186. Slate Material Editor.
Fonte: O autor

Figura 187. Object exporter e Material exporter.
Fonte: O autor

Figura 188. Animation exporter e lista de ficheiros.
Fonte: O autor

Figura 189. Sala de aula.
Fonte: O autor

Figura 190. OSG exporter.
Fonte: O autor

Figura 191. Experiências de iluminação.
Fonte: O autor

Figura 192. Vistas do mundo virtual.
Fonte: O autor

Figura 193. Etapas do código.
Fonte: O autor

Figura 194. Experiências individuais.
Fonte: O autor

Figura 195. Alguns dos participantes.
Fonte: O autor

Figura 196. Layout do setup.
Fonte: O autor

Figura 197. Alguns participantes.
Fonte: Marco Simões, Filipa Diniz e o autor

Figura 198. Gráficos de dados quantitativos.
Fonte: Marco Simões e o autor

Anexos

Avaliações dos desenhos - Dados adicionais

Personagens - Parte 1 (avaliar de 1-10)	Estágio/Dissertação 2015/2016																											16/03/2016
GEOMÉTRICO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Peso	Escolher 3 personagens preferidas por ordem decrescente			Proporções reais (coluna esquerda) ou irreais (coluna direita)?	
Avaliador 1	5	6	6	4	3	4	3	3	6	4	4	7	3	5	8	6	9	8	5	4	8	5	5	6	17	15	x	
Avaliador 2	7	6	6	8	8	5	8	8	8	5	5	5	5	7	9	9	10	9	6	8	9	9	10	15	17	21	x	x
Avaliador 3	6	5	6	5	3	3	4	6	6	4	6	5	3	6	6	5	6	5	5	5	7	4	5	14	17	21	x	
Avaliador 4	9	7	7	8	6	5	8	9	10	5	4	4	4	7	8	6	7	6	6	7	6	6	15	1	8	9	x	
Avaliador 5	2	7	5	6	3	8	1	2	2	1	2	4	9	3	10	1	8	6	3	6	9	6	5	15	13	21	x	
Avaliador 6	8	7	3	3	1	1	3	4	10	1	1	1	1	1	2	2	5	2	6	2	1	3	10	9	1	7	x	
Avaliador 7	7	5	4	5	4	3	4	8	7	3	4	3	4	4	5	6	7	7	7	7	4	5	10	8	9	18	x	
Avaliador 8	7	6	8	6	4	5	6	7	9	6	6	5	4	6	7	8	7	8	8	7	6	8	15	9	16	19	x	
Avaliador 9	9	8	6	6	5	6	6	7	9	5	4	4	5	4	6	5	5	5	6	7	6	5	5	9	1	20	x	
Avaliador 10	5	8	3	6	5	4	3	5	6	2	3	2	2	4	5	3	5	7	3	3	4	5	10	2	18	4	x	
Avaliador 11	4	3	2	3	2	1	1	3	4	2	3	1	1	1	5	4	4	3	4	5	2	3	20					
Avaliador 12	8	9	8	9	4	10	7	7	7	6	5	7	7	5	9	2	9	9	7	8	8	8	20	6	2	17	x	
Avaliador 13	5	2	1	4	4	2	3	5	5	1	2	3	1	2	4	3	5	4	2	3	4	5	5					
Avaliador 14	1	8	6	5	2	9	3	6	9	7	5	9	7	4	10	6	8	9	6	7	7	6	5					
Avaliador 15	0	7	5	5	2	9	5	6	9	7	5	6	6	4	8	8	4	9	5	7	6	6	5					
Avaliador 16	5	8	6	4	2	9	4	5	7	5	4	7	6	4	7	4	6	8	5	2	2	6	5					
Avaliador 17	1	5	4	7	3	6	7	5	8	6	5	6	3	5	8	5	9	7	10	3	3	1	5					
MÉDIA	5,94	6,29	5,23	5,81	3,77	5,03	4,71	5,90	7,23	4,10	4,03	4,26	3,97	4,26	6,77	4,81	6,71	6,48	5,71	5,74	5,29	5,61		9	17	21	11	1

Personagens - Parte 1 (avaliar de 1-10)	Estágio/Dissertação 2015/2016																					16/03/2016
ROBÓTICO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Peso	Escolher 3 personagens preferidas por ordem decrescente			Proporções reais (coluna esquerda) ou irreais (coluna direita)?	
Avaliador 1	7	8	3	4	7	6	2	6	4	8	5	6	9	8	8	4	4	6	4	6	5	13	10	2		x
Avaliador 2	10	6	6	10	7	7	7	7	6	10	7	5	7	5	8	8	9	9	7	8	10	1	4	10	x	x
Avaliador 3	8	7	6	6	5	6	4	4	5	7	8	5	6	5	6	4	4	7	5	4	5	1	10	11	x	x
Avaliador 4	9	6	7	6	10	5	4	5	5	5	6	3	4	4	4	6	5	8	5	7	20	1	5	18	x	
Avaliador 5	6	7	2	2	2	6	5	4	3	8	3	2	9	2	6	7	10	6	8	9	5	17	13	20		x
Avaliador 6	3	1	1	2	9	2	2	1	7	8	8	2	2	1	2	1	6	5	1	4	10	5	10	11		x
Avaliador 7	4	7	5	5	8	3	4	4	3	3	7	4	7	4	7	4	6	7	5	5	10	4	15	11	x	
Avaliador 8	8	6	7	9	7	8	6	8	7	8	8	7	6	7	7	8	7	9	8	8	15	18	4	16	x	
Avaliador 9	6	4	2	5	4	5	3	4	5	4	8	5	7	6	5	5	6	5	7	5	5	11	19	13	x	
Avaliador 10	6	5	5	4	6	8	5	7	5	4	6	4	5	6	5	6	4	6	4	5	10	6	8	1	x	
Avaliador 11	5	5	3	5	5	5	6	4	4	6	5	3	3	5	5	4	3	6	6	7	20					
Avaliador 12	9	7	8	8	7	7	6	7	9	7	9	8	8	6	10	6	9	9	7	8	20	15	18	1	x	
Avaliador 13	6	3	2	4	4	4	5	5	5	4	6	4	4	5	4	6	3	4	5	5	5					
Avaliador 14	6	10	8	7	4	6	9	8	7	5	7	5	6	7	5	3	7	9	10	7	5					
Avaliador 15	6	10	9	7	5	7	9	7	6	5	8	5	4	7	4	4	6	9	10	7	5					
Avaliador 16	6	10	9	6	6	7	5	7	6	6	7	6	4	6	4	4	5	9	9	6	5					
Avaliador 17	5	10	7	6	5	6	9	6	6	7	4	5	4	6	7	3	5	8	10	7	5					
MÉDIA	6,81	6,16	5,47	6,00	6,59	5,78	5,28	5,53	5,69	6,25	6,75	4,69	5,41	5,16	5,94	5,19	5,91	7,38	6,19	6,63		1	10	11	8	5

Personagens - Parte 1 (avaliar de 1-10)	Estágio/Dissertação 2015/2016																	16/03/2016
REAL (Cartoon)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Peso	Escolher 3 personagens preferidas por ordem decrescente		
Avaliador 1	3	3	5	4	4	4	5	8	6	6	5	8	5	8	5	6	5	14	8	12
Avaliador 2	10	8	4	7	8	6	8	7	8	10	8	8	9	8	7	9	10	1	10	16
Avaliador 3	7	6	7	6	4	4	4	4	5	5	5	4	6	5	4	4	5	1	3	4
Avaliador 4	9	8	6	6	10	6	7	6	7	8	6	7	6	5	4	5	15	1	5	10
Avaliador 5	4	4	10	5	3	9	2	2	9	2	2	8	6	7	6	6	5	3	6	9
Avaliador 6	8	8	4	6	10	3	6	7	9	9	6	6	4	3	2	1	10	5	9	10
Avaliador 7	9	7	5	6	6	4	4	6	7	8	6	4	7	7	5	5	10	1	10	14
Avaliador 8	8	6	6	7	7	6	7	7	7	8	8	6	7	7	8	7	15	1	10	15
Avaliador 9	8	6	5	6	9	4	7	6	5	7	6	4	6	5	5	8	5	5	1	16
Avaliador 10	7	6	6	6	7	7	4	3	4	6	4	6	3	2	2	2	10	3	12	6
Avaliador 11	8	4	5	7	4	1	2	4	3	5	5	1	4	3	2	2	20			
Avaliador 12	10	7	9	8	6	10	4	7	8	8	7	10	7	6	9	8	20	12	1	6
Avaliador 13	8	6	5	7	6	2	3	3	3	4	3	2	3	2	2	2	5			
Avaliador 14	3	4	4	4	4	4	4	4	5	4	10	4	5	3	4	4	5			
Avaliador 15	4	4	2	4	4	4	5	3	5	4	8	3	3	4	2	4	5			
Avaliador 16	2	4	2	4	4	4	4	4	5	4	4	2	3	2	3	3	5			
Avaliador 17	3	4	2	2	3	4	4	4	6	4	6	2	5	1	4	3	5			
MÉDIA	7,52	5,97	5,55	6,16	6,26	5,13	4,77	5,39	6,16	6,65	6,03	5,42	5,52	4,81	4,74	4,84		1	10	16

Questionário da experiência final

Institute for Biomedical Imaging and Life Sciences
University of Coimbra

Unidade Neurodesenvolvimento & Autismo

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E FORMAÇÃO CLÍNICA

CHUC CENTRO HOSPITALAR E UNIVERSITÁRIO DE COIMBRA

QUESTIONÁRIO

Nome Completo: _____

Data de Nascimento: _____

Mão dominante: _____

Percebeste o objetivo desta experiência? Se sim, qual foi? _____
_____
_____
_____

Percebeste que eras uma das personagens e que ela te imitava? _____

Avalia a facilidade de compreender os gestos a imitar de 1 a 10, sendo que 10 foi com muita facilidade que entendeste os gestos a imitar e 1 que foi difícil de entender os gestos a imitar _____

Avalia a facilidade que tiveste a imitar os gestos da outra personagem de 1 a 10, sendo que 10 foi muito fácil e 1 muito difícil _____

Gostaste das personagens que imitaste? _____

Qual foi a tua personagem favorita a imitar? _____

As personagens eram masculinas ou femininas? _____

Ordena de 1 a 4 os personagens por ordem de preferência, sendo 1 o teu favorito e 4 o que menos gostaste

__ Geométrico __ Robótico __ Cartoon __ Real

De 1 a 10 avalia o teu gosto por cada personagem, sendo que 10 gostaste muito e 1 gostaste pouco

__ Geométrico __ Robótico __ Cartoon __ Real

De 1 a 10 avalia o teu gosto pela personagem que te representou, sendo que 10 gostaste muito e 1 gostaste pouco _____

Consideraste a personagem que te imitou como se fosses tu próprio? _____

Se pudesses ser outro tipo de personagem, que personagem serias? _____

_____

_____

Ordena de 1 a 3 os cenários por ordem de preferência, sendo 1 o teu favorito e 3 o que menos gostaste

__ Caixa __ Sala de Aula __ Recreio

De 1 a 10 avalia o teu gosto por cada cenário, sendo que 10 gostaste muito e 1 gostaste pouco

__ Caixa __ Sala de Aula __ Recreio

Tens alguma sugestão de outro cenário que poderia ter sido utilizado? _____

_____

_____

Achaste a experiência divertida? _____