

Criação de avatares faciais personalizados para a reprodução de expressões faciais

Creating custom facial avatars for reproducing facial expressions

SIERRA, Isabella de Souza; Doutora; Universidade Federal do Paraná

isabella.sierra@ufpr.br

BERTOLDI, Marcela Nebesniak; Graduanda; Universidade Federal do Paraná

marcela.bertoldi@ufpr.br

Pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA) têm dificuldade de reconhecer e corresponder a emoções de outros a partir de suas expressões faciais e gestos. Por isso, elas precisam ser ensinadas a reconhecer e a reproduzir emoções. Conjeturou-se sobre a possibilidade de melhor aprendizagem utilizando modelos representativos da própria pessoa. Para isso acredita-se que a digitalização tridimensional possa ser uma solução, pois ela consegue capturar rostos e transformá-los em um modelo digital fiel. Esse modelo precisa ser trabalhado para que possa ser manipulado para a representação realista de expressões faciais. No entanto, insere-se em um contexto em que os profissionais envolvidos com a reabilitação de pessoas com TEA possuem pouco ou nenhum conhecimento na área. Assim, a partir da aplicação experimental de procedimentos para a realização dessas atividades, desenvolveu-se um método facilitado e de baixo custo para a criação de avatares faciais realistas para a reprodução de expressões faciais. Esse método é disponibilizado por meio de tutoriais em vídeo.

Palavras-chave: Autismo; Digitalização 3D; Personalização.

People with Autism Spectrum Disorder (ASD) have difficulty in recognizing and responding to the emotions of others from their facial expressions and gestures. Therefore, they need to be taught to recognize and reproduce emotions. We conjectured about the possibility of better learning using models that are representative of the person himself. For this, three-dimensional scanning can be a solution, as it can capture faces and transform them into a faithful digital model. This model needs to be worked on so that it can be manipulated for the realistic representation of facial expressions. However, it is part of a context in which professionals involved with the rehabilitation of people with ASD have little or no knowledge in the area. Thus, based on the experimental application of procedures to carry out these activities, an easy and low-cost method was developed for the creation of realistic facial avatars for the reproduction of facial expressions. This method is made available through video tutorials.

Keywords: Autism; 3D scanning; Personalization.

1 Introdução

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um distúrbio neurodesenvolvimental. As pessoas que estão no espectro podem apresentar sintomas em diferentes níveis de afetação, mas, no geral, estes são relacionados com dificuldades de comunicação e integração na sociedade. No Brasil, existem cerca de 2 milhões de casos diagnosticados, mas estima-se que o número real se aproxime de 3 milhões (PADOVAN; GAZOLA, 2018). Esta prevalência justifica pesquisas que consideram as particularidades dessas pessoas de maneira a auxiliar na sua inclusão.

Pessoas no espectro autista têm dificuldade de reconhecer e corresponder a emoções de outros a partir de suas expressões faciais e gestos causando dificuldades comunicacionais e sociais (WILKINSON et al., 2018; BARON-COHEN, 2009). Esses são, inclusive, os fatores determinantes do diagnóstico (LEITE; MAIA, 2018). Isso é um obstáculo para as pessoas com TEA, pois emoções são indispensáveis para a vida em sociedade (SERRET et al., 2014).

Por isso, elas precisam ser ensinadas a reconhecer e a reproduzir emoções para que possam utilizar esse conhecimento em seu dia a dia (BARON-COHEN, 2009). Contudo, a representação de emoções para a reabilitação e ensino é uma tarefa complexa. A maior parte das soluções existentes utiliza representações pouco realistas (SERRET et al., 2014; PARK; ABIRACHED; ZHANG, 2012; SILVER; OAKES, 2001) que dificultam a compreensão e reprodução das alterações faciais que compreendem a demonstração de um estado emocional.

Além das características já levantadas, pessoas com TEA possuem dificuldade para empatizar com outros seres humanos (BARON-COHEN, 2009). Em alguns casos isso pode se tornar uma barreira no aprendizado. Por esse motivo acredita-se na possibilidade de melhor aprendizagem utilizando modelos digitais representativos da própria pessoa. Essa teoria é corroborada por Valeria e Theng (2011) e Lopez-Mencia et al. (2010) que verificaram o interesse do público em ver-se enquanto estavam realizando as atividades propostas durante o ensino.

Ainda, estima-se que ao adicionar a possibilidade de demonstrar as alterações de expressão no rosto da própria pessoa em reabilitação, isso pode auxiliá-la a repetir mais fielmente a expressão como se estivesse utilizando um “espelho”. Para isso acredita-se que a tecnologia de digitalização tridimensional (3D) possa ser uma solução, pois ela consegue capturar rostos e transformá-los em um modelo digital fiel. O resultado da digitalização 3D precisa ser trabalhado e editado para que possa ser manipulado para a representação realista de emoções via técnicas de animação 3D (VANDEVENTER, 2015).

No entanto, insere-se em um contexto em que os profissionais envolvidos com a reabilitação de pessoas com TEA possuem pouco ou nenhum conhecimento na área de digitalização, modelagem e animação 3D necessários para a criação dessas oportunidades de ensino. Isso é somado ao fato de que as tecnologias de digitalização 3D e demais softwares associados com a modelagem e animação 3D, e especialmente aqueles que têm processos automatizados, geralmente têm um alto custo associado e, portanto, são ainda mais inacessíveis a esses profissionais (REDAELLI et al., 2018). Já os equipamentos e softwares de baixo custo que existem, como o Kinect 360 utilizado nesta pesquisa, envolvem uma alta capacidade técnica o que também pode ser uma barreira no seu acesso.

Assim coloca-se como problema: como se configura um método de captura, transformação e animação tridimensional de expressões faciais que pode ser utilizado em contexto de reabilitação de pessoas do espectro autista? Diante disso, o objetivo da pesquisa é desenvolver e disponibilizar um método facilitado e de baixo custo de captura via digitalização

tridimensional, modelagem 3D e aplicação de técnicas de animação 3D para a reprodução de expressões faciais para utilização em contexto de reabilitação de pessoas com TEA.

2 Fundamentação teórica

A fundamentação teórica é dividida em três partes, a primeira é sobre o transtorno do espectro autista, a segunda sobre os métodos de classificação de expressões faciais e o terceiro é sobre a teoria associada com a representação de expressões faciais via a digitalização e animação 3D.

2.1 Transtorno do espectro autista

O TEA é caracterizado por problemas comunicacionais e de interação social e pela presença de padrões de comportamento restritivos, repetitivos ou estereotipados. Outros sintomas incluem atraso na fala, discurso espontâneo, habilidades sociais subdesenvolvidas, hiper foco em determinadas atividades e hipersensibilidade às informações sensoriais como luzes, sons e texturas. Alguns indivíduos possuem altas habilidades, alta capacidade de compreensão espacial, percepção visual e memória. O diagnóstico do TEA é geralmente feito no início da infância, pois é quando se percebem atrasos comunicacionais e de interação social. (PADOVAN; GAZOLA, 2018; WILKINSON et al., 2018; COOK; POLGAR, 2015)

Apesar de não ser considerado uma deficiência, é classificado como alto em probabilidade de grave incapacidade (OMS, 2013). Por vezes, mesmo em situações de risco e estresse emocional, pessoas com TEA mantêm expressões faciais neutras (ALBERT; TULLIS, 2013) o que pode comprometer a sua saúde. Além da dificuldade em expressar emoções, têm dificuldade de compreender expressões, entonação vocal e linguagem corporal de outras pessoas. Apesar de que após a reabilitação alguns conseguem reconhecer emoções básicas, o reconhecimento de emoções complexas e dúbia pode ser prejudicado até na fase adulta (SERRET et al., 2014).

2.2 Classificação e representação de expressões faciais

Existem diversas classificações de emoções. Em alguns casos dividem-se em emoções básicas e complexas ou compostas, em outros casos são classificadas de acordo com o contexto ou com sua prevalência. Cada uma das emoções classificadas é identificada pelas expressões faciais diferenciadas, podendo somar-se com sons e gestos associados (ALBERT; TULLIS, 2013). As principais emoções básicas reconhecidas são felicidade, tristeza, surpresa, medo, raiva e nojo (ALBERT; TULLIS, 2013) às vezes somadas à dor (SERRET et al., 2014) e ao interesse (ROBERTS, 2012). Além dessas existem outras que são combinações das básicas como na Figura 1.

Figura 1 – Expressões faciais.



Fonte: Adaptado de Roberts (2012, p. 330).

Há controvérsias sobre a melhor maneira de representar emoções para o público de pessoas com autismo. Por haver baixo reconhecimento social, alguns autores acreditam que a representação simplificada das emoções seria mais eficaz (SERRET et al., 2014), entretanto, outros autores argumentam que o cérebro é mais bem treinado para reconhecer emoções em outros seres humanos e que, por isso, o realismo deve ser considerado (JAMES et al., 2015).

Para que possam ser representadas e analisadas, essas emoções podem ser divididas em unidades de ação (AU). O principal sistema de classificação das AU existente é o sistema de codificação de ação facial FACS (VANDEVENTER, 2015). Este classifica os trinta principais tipos de ação das expressões faciais (Figura 2) e com a soma dessas expressões em conjuntos pré-estabelecidos identifica sete emoções básicas: felicidade, tristeza, medo, raiva, nojo, surpresa e desprezo/desdém. Por exemplo, para representar tristeza utiliza-se a AU1, levantar a sobrancelha interna, AU4, abaixar a sobrancelha, e AU15, abaixar o canto da boca.

Figura 2 – Unidades de ação (AU) – FACS.



Fonte: Adaptado de Roberts (2012, p. 330).

2.3 Representação de expressões faciais via digitalização e animação 3D

Para o desenvolvimento do trabalho, além da compreensão das emoções, sua representação e como podem ser aplicadas no ensino para as pessoas do espectro autista, é necessário verificar o processo de captura da geometria, a partir do escaneamento 3D, transformação da malha escaneada para que possa ser trabalhada com modelagem digital e a animação do modelo digital que estão envolvidos na representação de emoções.

O processo se inicia com a digitalização tridimensional que é uma maneira não invasiva de adquirir formas complexas (JAVAID; HALEEM, 2018) e transformá-las em representações digitais 3D. Existem diversos equipamentos que realizam esse tipo de digitalização, conhecidos como escâneres tridimensionais. Eles podem ser utilizados de maneira segura junto às pessoas pois não há necessidade de contato físico, os raios emitidos não são danosos (nos equipamentos que são utilizados para a digitalização do rosto humano) e podem ser utilizados em qualquer ambiente com iluminação artificial (BRENDLER; TEIXEIRA, 2016).

Esses dados obtidos apresentam uma representação fidedigna do modelo/objeto escaneado (JAVAID; HALEEM, 2018). No entanto, a saída do escaneamento é uma nuvem de pontos que é transformada em uma malha de polígonos triangulares desordenados (Figura 3). Essa malha poligonal é demasiadamente complexa e apresenta diversos erros como buracos e geometrias inadequadas que precisam ser tratados antes da utilização (HEYMSFIELD et al., 2018).

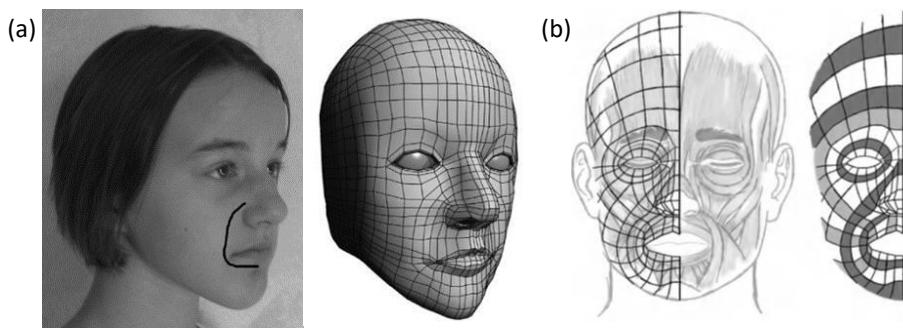
Figura 3 - Exemplo de malha escaneada com polígonos desordenados.



Fonte: Os autores (2022).

Isso implica na necessidade de realização de uma retopologia (CHOPIN, 2011) do modelo escaneado para que a malha possa ser utilizada para a deformação e animação necessários para a realização das expressões faciais. A retopologia envolve a recriação da malha a partir da criação de polígonos com quatro vértices, *quads*, sequencialmente distribuídos, ao invés dos triângulos originais. Isso acontece pois os pontos gerados a partir do escaneamento não são sequencialmente distribuídos ou uniformes gerando complexidade desnecessária o que dificulta o processo de animação da malha (BEANE, 2012). Ela deve ser feita considerando os traços de expressão e os músculos faciais assim como apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Retopologia de faces a partir da musculatura.



Fonte: a) Chopin (2011, p.62); b) Chopin (2011, p.322).

Feita a retopologia, o próximo passo é a transformação da malha para que reproduza as expressões faciais. Uma das maneiras como isso pode ser feito é com a adição de controles, *rigs*, e pesos para os controles. A localização dos controles pode ser feita considerando as unidades de ação já comentadas. A adição de pesos permite que mais de uma parte da malha seja alterada ao mesmo tempo com diferentes níveis de afetação, por exemplo, ao abrir um sorriso há deformações na boca e nas bochechas, mas a ferramenta faz com que deformação dos lados da boca seja grande e nas bochechas seja menor (ROBERTS, 2012). O outro método

é a escultura digital direta das expressões faciais para criação de malhas e a mesclagem dessas expressões modeladas. Essa técnica é conhecida como *Blend Shape* ou *Shape Keys*.

Com esses controles é possível alterar a malha para modelar expressões faciais, animar os movimentos de realização da expressão, apresentando diferentes níveis de representação (contente ou muito feliz, por exemplo) e para animar entre as expressões faciais (de triste para bravo etc.). Nessa animação é possível criar barras de controle que permitam a fácil transformação da malha original neutra para essas expressões (CHOPIN, 2011).

3 Método

Para o desenvolvimento do método de captura via digitalização tridimensional, modelagem 3D e aplicação de técnicas de animação 3D para a reprodução de expressões faciais para utilização em contexto de reabilitação de pessoas com TEA, dividiu-se o desenvolvimento em três etapas: procedimentos de digitalização tridimensional, procedimentos de retopologia e procedimentos de realização das expressões faciais.

O método de identificação desses procedimentos se deu a partir da sua aplicação experimental e análise comparativa dos resultados. Foram aplicados dois procedimentos de digitalização tridimensional, quatro procedimentos de retopologia e três procedimentos de construção das expressões faciais, selecionando dentre cada um, o que melhor se adequa ao requisito de custo e simplicidade na realização.

3.1 Procedimentos de digitalização tridimensional

Para a seleção do procedimento de digitalização foram avaliados dois. A digitalização via fotogrametria que consiste na retirada de diversas fotos levemente deslocadas de uma pessoa em uma posição estática, fazendo isso até obter-se uma volta completa da geometria, e a utilização de um software que mescla essas fotografias criando um modelo 3D. O programa utilizado foi o Meshroom (UPTODOWN, 2019) que é gratuito e tem utilização simplificada.

O segundo procedimento foi o escaneamento tridimensional utilizando o Kinect 360 que é um controle de videogame que custa em torno de 200 reais. Esse equipamento tem fácil utilização e gera um modelo 3D a partir de uma gravação tridimensional da pessoa em uma posição estática. O modelo captado é processado internamente ao programa de captura Skanect (2022).

Os dois procedimentos geram malhas tridimensionais e contém informações de cores aplicadas às geometrias, chamadas de textura. O resultado das faces digitalizadas pelos dois procedimentos são utilizados nos procedimentos utilizados na sequência, de retopologia.

3.2 Procedimentos de retopologia

Para os procedimentos de retopologia, foram escolhidos dois softwares de modelagem e animação 3D, o Blender (2022) e o Maya (AUTODESK, 2022). Eles foram selecionados por possuírem ferramentas acessíveis e uma grande quantidade de conteúdo online disponível. Apesar do Maya ser um software pago, ele foi considerado para esse estudo, pois a Autodesk permite acesso educacional gratuito. Foram experimentados quatro procedimentos de retopologia.

O primeiro procedimento é baseado no vídeo "Precisamos falar sobre retopologia" de Alexandre Castro (2020). Para esse processo, Castro (2020) emprega ferramentas originais do Blender e utiliza apenas um plano que é colado à superfície da malha através da ferramenta *snap* e as propriedades modificadoras de subdivisão de superfície e *Shrinkwrap*. Desta forma,

o plano, se molda a uma parte da malha escaneada. Para conseguir a distribuição correta dos polígonos, utiliza-se a ferramenta de extrusão nas arestas deste plano, para criar planos e posicioná-los de modo a construir as formas desejadas (Figura 5).

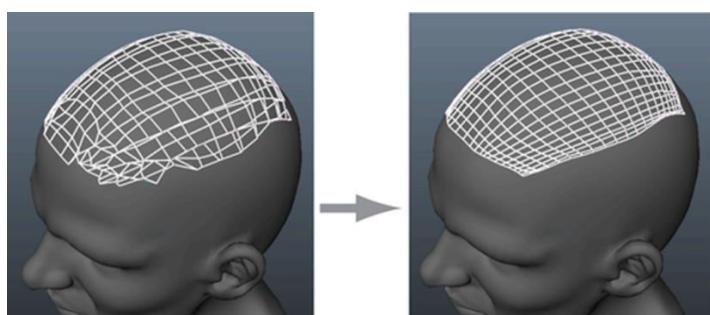
Figura 5 - Exemplo do primeiro procedimento de retopologia.



Fonte: Castro (2020).

Para o segundo procedimento, foi utilizado como base o vídeo “Como fazer a retopologia de uma cabeça no Maya” do canal FlippedNormals dirigido por Henning Sanden e Morten Jaeger. O processo se assemelha ao mencionado anteriormente, mas é realizado no software Maya. Para a retopologia, Jaeger e Sanden (2018) utilizam um plano que é moldado à malha através das ferramentas *make live* e desenho de quad. A partir disso, é utilizada a extrusão para criar faces e a tecla CTRL para dividir os planos em partes menores. Diferente da retopologia feita no Blender, o software Maya possui a ferramenta *relax brush* (Figura 6), que reorganiza os vértices da malha de forma que estes fiquem com um espaçamento mais uniforme, sem precisar fazer isso manualmente. Esta ferramenta torna o processo um pouco mais rápido.

Figura 6 - Exemplo de utilização do *relax brush*.

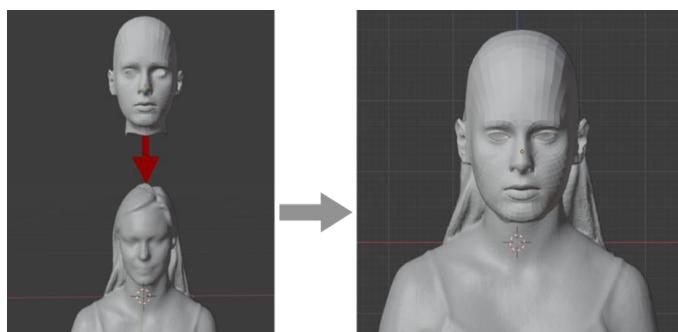


Fonte: Autodesk (2020).

Para o terceiro procedimento, realizado é necessário baixar o add-on Retopoflow 3 (BLENDER MARKET, 2022) que é um complemento do Blender que possui funções específicas para realizar a retopologia. Por possuir diferentes ferramentas, é possível realizar a retopologia de diversas formas. As ferramentas *PolyPen* e *PolyStrips* são indicadas para criar os contornos ao redor dos olhos e da boca, pois elas os constroem rapidamente. Já a função *contornos* os cria ao redor de formas cilíndricas, portanto pode ser usado para fazer a retopologia de regiões como o pescoço e tronco. Para a região atrás da cabeça, que geralmente é uma área sem muitos detalhes, é possível utilizar as ferramentas *Strokes* e *Patches*, pois preenchem grandes áreas sem detalhes. Este add-on possui a função de relaxamento, similar ao pincel do Maya.

Além desses três procedimentos baseados em fontes, foi desenvolvido um quarto procedimento autoral. Esta técnica utiliza o software Make Human (2022) onde é possível criar modelos 3D do corpo humano com a topologia adequada para animação. Após elaborar o rosto de uma pessoa neste programa, o modelo pode ser importado para o Blender e ser posicionado sobre a malha escaneada (Figura 7). Com a ferramenta *Shrinkwrap*, a malha do Make Human encolhe e se molda ao formato da outra malha. Por fim, basta ajustar alguns vértices para que fiquem na posição correta, principalmente os que pertencem à região dos olhos, nariz e boca.

Figura 7 - Posicionamento das malhas no procedimento 4.



fonte: O autor (2022).

Após feita a retopologia são aplicados os procedimentos de realização das expressões faciais.

3.3 Procedimentos de realização das expressões faciais

Para selecionar esse procedimento testaram-se três procedimentos. O primeiro consiste na utilização das ferramentas de escultura e de mesclar as malhas usando as ferramentas *Blend Shape* ou *Shape Keys*, para construção das expressões faciais. Este foi aplicado tanto no software Maya quanto no Blender. Para o Maya, usando as unidades de ação definidas para as expressões faciais a malha original é multiplicada e para cada uma delas uma parte do rosto é alterada. Em seguida, usando a ferramenta *Blendshape* é feita a associação entre essas malhas. Usando a barra de controle gerada é possível transitar entre a expressão neutra e as expressões esculpidas. Para o programa Blender as esculturas são realizadas na malha original usando a ferramenta *Shape Keys*, que similarmente ao *Blendshape* gera uma barra de controle para as expressões. As expressões resultantes variam da expressão neutra original até a esculpida, sendo possível aplicar mais de uma expressão simultaneamente (como por exemplo misturar as expressões dos olhos com as da boca).

O segundo procedimento testado consiste na criação de um rig de maneira manual a partir da criação de cada um dos controles e pesos necessários para a movimentação da face da malha considerando cada uma das expressões faciais que precisam ser realizadas. Dada a complexidade deste procedimento buscou-se uma solução semiautomatizada para a construção desses controles gerando o terceiro procedimento testado.

Para executar o terceiro procedimento, foi utilizado o software Blender com o add-on "Rigify" e como base para o processo o vídeo "[Blender 2.8/2.9] Rigify Face Rig (Rigify Series, Part #9)", gravado por Todor (2020) para o canal CGDive no Youtube. O add-on possui conjuntos de "ossos" ligados entre si que simulam diferentes partes do corpo, desta forma não é necessário criar cada um dos individualmente. Foi utilizado o conjunto "faces.super_face" e "spines.super_head", que representam as estruturas ósseas do rosto e do pescoço,

respectivamente. Após adicionar estas estruturas, é necessário ajustar os “ossos” em seus respectivos lugares, pois cada rosto possui uma proporção diferente. Após esta etapa, são criados os controles, com base na estrutura adicionada. Estes controles são os responsáveis por movimentar a malha para criar as expressões faciais e suas animações.

3.4 Desenvolvimento dos tutoriais

Após a aplicação e seleção dos procedimentos para cada uma das etapas, foram desenvolvidos quatro vídeos tutoriais que podem ser usados como base para a recriação desses procedimentos selecionados. Os vídeos são detalhados de modo que possam ser utilizados por pessoas que não tem experiência na área de modo a democratizar o conhecimento associado com essas tarefas. Os links para os tutoriais desenvolvidos são apresentados ao final do quarto capítulo.

4 Resultados e discussão

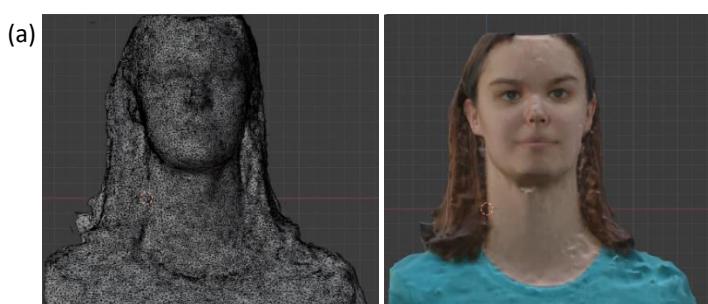
Na sequência são apresentados os resultados da aplicação dos procedimentos descritos no método. A seleção dentre eles foi segundo os que melhor se adequam aos requisitos de facilidade de aplicação e de baixo custo. Ao final do capítulo são apresentados os tutoriais desenvolvidos da aplicação desses procedimentos selecionados.

4.1 Resultados da digitalização tridimensional

Foram aplicados dois procedimentos a digitalização via fotogrametria e via escaneamento tridimensional. Para a fotogrametria foram tiradas 50 fotografias levemente deslocadas entre si, no entorno de toda a cabeça da pessoa. Estas fotografias foram importadas para o programa Meshroom que fez a transformação automática para a malha tridimensional. Para o escaneamento a cabeça da mesma participante foi digitalizada fazendo o escaneamento de todo o entorno da cabeça obtendo-se a malha 3D.

Sobre os resultados, percebeu-se que a malha obtida via fotogrametria possui menos polígonos, mas que estes são mais desordenados e menos uniformes em tamanho (Figura 8-a). Para a malha obtida via escaneamento 3D, esta aparece na imagem quase completamente preta demonstrando que a quantidade de polígonos é maior, capturando também mais detalhes (Figura 8-b). No entanto, quanto maior o número de polígonos maior a necessidade de retopologia, que é a etapa realizada na sequência.

Figura 8 – Comparativo dos resultados de digitalização tridimensional.





Legenda: a) Fotogrametria; b) Escaneamento.

Fonte: O autor (2022).

As duas técnicas de obtenção da malha tridimensional também aplicam cores para as formas tridimensionais. Sobre essas pode-se observar que as imagens da fotogrametria são mais nítidas, no entanto as formas da malha obtidas via escaneamento são mais orgânicas e acuradas.

Sobre os procedimentos, a pessoa sendo digitalizada comentou que por demorar mais tempo para tirar as 50 fotos, em torno de dois minutos, foi mais difícil manter a posição estática do que durante o escaneamento que levou em torno de 30 segundos. Isso é uma questão relevante pois o público final a ser beneficiado pela aplicação do procedimento serão pessoas com TEA que podem não ser capazes de manter a posição estática por tanto tempo quanto necessário para a realização da técnica de fotogrametria.

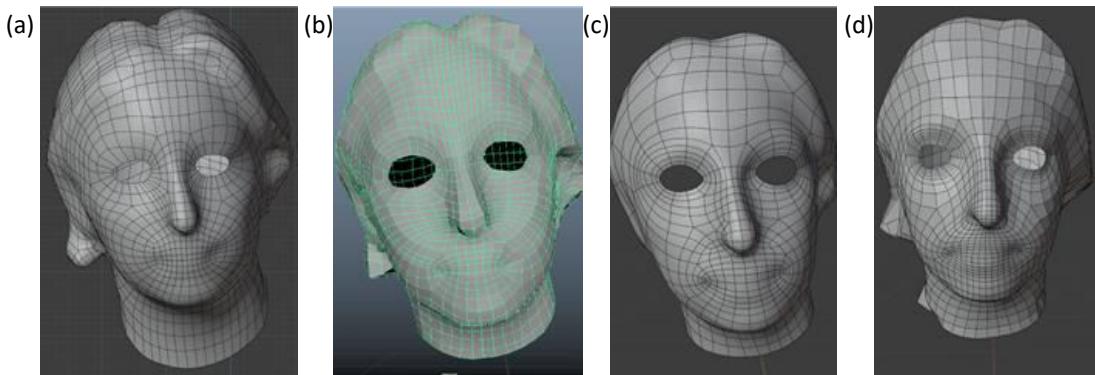
No entanto, a técnica de fotogrametria é mais acessível e completamente gratuita podendo ser realizada com fotografias tiradas pelo celular, já o escaneamento usando o Kinect 360 depende de um escâner e adaptadores que custam em torno de 240 reais, o que pode ser impeditivo para alguns contextos. Cabe destacar que esse investimento é realizado apenas uma vez e o equipamento pode ser utilizado para diversas digitalizações.

Considerando esses fatores, acredita-se que as duas técnicas possam ser utilizadas para a obtenção das malhas tridimensionais de forma fácil e rápida. Sendo assim essas duas opções são disponíveis e por serem de fácil utilização podem ser selecionadas de acordo com o interesse dos desenvolvedores e necessidades do público sendo digitalizado.

4.2 Resultados da retopologia

Usando uma outra malha, foram aplicados os quatro procedimentos de retopologia descritos no método. A retopologia consiste em recriar uma malha por cima daquela obtida digitalização ou escultura de modo a se obterem polígonos quadriláteros e ordenados de modo que possam ser mais facilmente e acuradamente animados. Na Figura 9 são apresentados os resultados obtidos em cada procedimento.

Figura 9 – Comparativo dos resultados da retopologia.



Legenda: a) procedimento 1; b) procedimento 2; c) procedimento 3; d) procedimento 4.

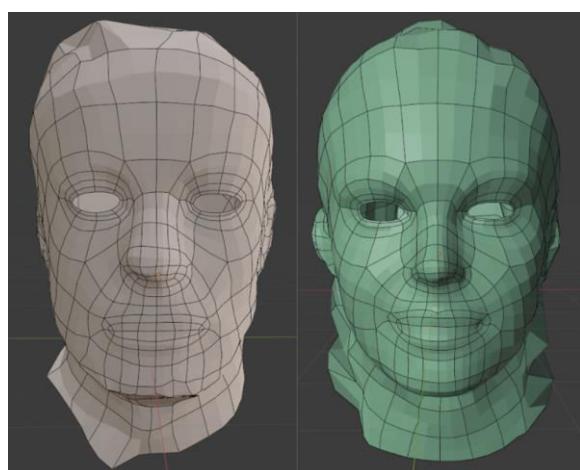
Fonte: O autor (2022).

Não existe uma regra para a organização desses polígonos e cada um dos procedimentos gerou um ordenamento levemente diferente dos outros. Ao avaliar o processo de construção da malha e os resultados, é possível perceber que os procedimentos 1, 2 e 3 permitem a criação de uma malha que segue o ordenamento tradicional dos polígonos, por serem procedimentos mais manuais, onde se constrói cada polígono no seu devido lugar. No entanto, estes também exigem que o responsável pela retopologia compreenda sobre o assunto e saiba construí-la. Dentre esses procedimentos, o procedimento 3 se torna mais rápido devido às diferentes ferramentas que auxiliam na criação da malha.

No entanto, o procedimento 4, apesar de não apresentar um resultado com qualidade igual aos demais, é o processo mais rápido dentre todas as opções e não exige conhecimentos prévios sobre o tema e gera resultados satisfatórios. Portanto, considerando os requisitos deste projeto, o processo escolhido foi o procedimento 4, por sua praticidade e rapidez.

Após esta escolha, foram feitos novos testes de retopologia usando o procedimento 4, mas dessa vez com diferentes malhas digitalizadas, a fim de perceber possíveis falhas no processo. Na Figura 10 são apresentados os resultados obtidos.

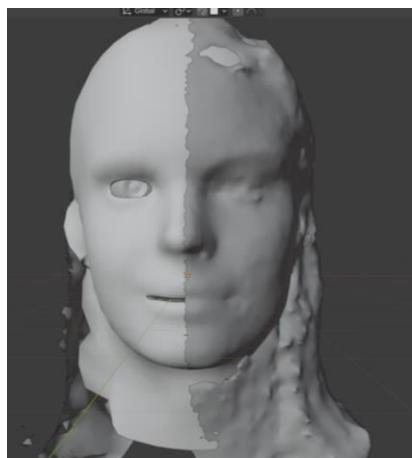
Figura 10 – Resultados da retopologia usando o procedimento 4.



Fonte: O autor (2022).

A reconstrução das malhas usando esse procedimento gera um resultado com um ordenamento de polígonos que é satisfatório sem a necessidade de reconstrução manual da malha. Também observando a Figura 11 é possível identificar que esse processo alisa as deformações provenientes da fotogrametria e do escaneamento, sem perda excessiva dos detalhes. Na Figura 11 o lado esquerdo do rosto é a retopologia e o direito é a malha digitalizada.

Figura 11 – Comparativo entre retopologia (esquerda) e a digitalização (direita).



Fonte: O autor (2022).

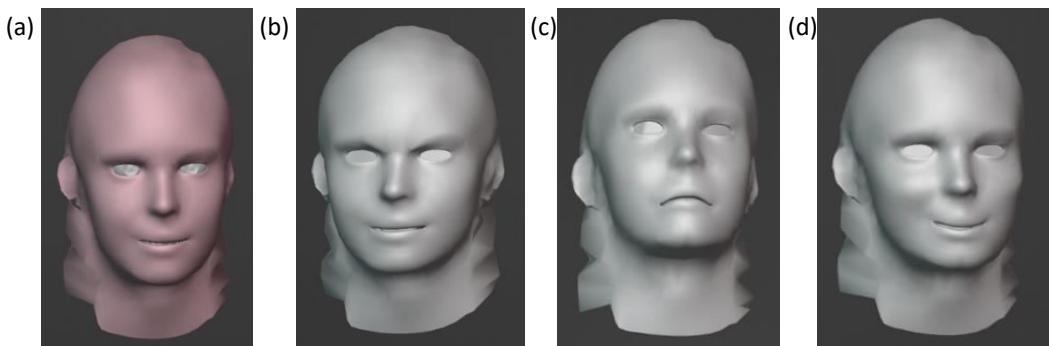
Essas malhas com a retopologia feita usando o quarto procedimento são usadas para o teste dos procedimentos de recriação das expressões faciais.

4.3 Resultados dos procedimentos de realização das expressões faciais

Para esses procedimentos foram aplicadas duas técnicas diferentes, a primeira técnica foi a de escultura e a segunda de criação de um esqueleto de controle.

Para a técnica de escultura, esta foi aplicada usando os dois softwares, o Maya e o Blender. Nesses dois as técnicas diferem um pouco como descrito no método, mas o resultado é o mesmo, a criação de barras de controle que permitem a realização das expressões faciais (exemplo na Figura 12). Na aplicação desses procedimentos identificaram-se dois problemas principais. O primeiro é o processo de escultura que não é óbvio, mesmo utilizando uma malha com boa topologia e as referências das expressões usando o FACTs. Para fazer as esculturas é preciso ter um bom conhecimento de anatomia e biomecânica da face, o que limita o potencial de utilização da técnica.

Figura 12 – Exemplo da aplicação do procedimento de escultura.



Legenda: a) Expressão neutra original; b) Expressão AU2 - Abaixar a sobrancelha; c) Expressão AU15 - Abaixar o canto da boca; d) Expressão AU13— Levantar as bochechas.

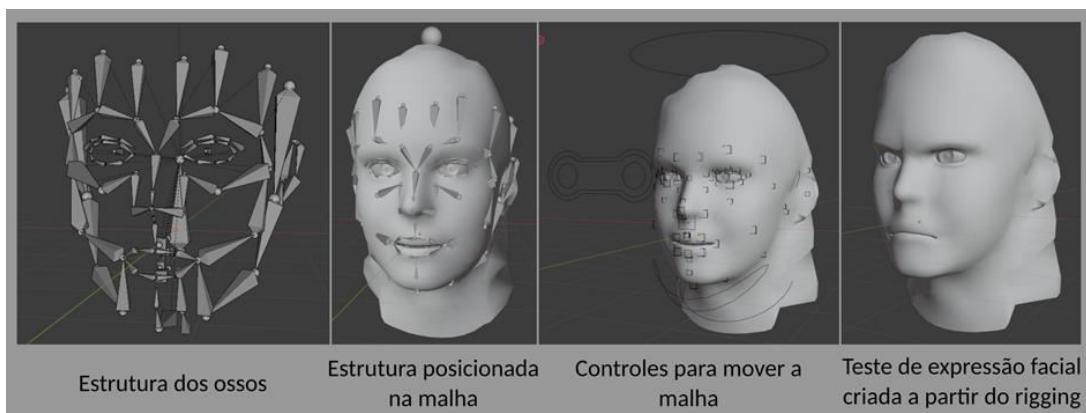
Fonte: O autor (2022).

Ademais o fechamento dos olhos e abertura da boca são difíceis usando essa técnica pois a separação dessas partes acaba deformando as partes do entorno. No uso dessa técnica ainda há outra limitação que é a própria expressão esculpida que se torna o máximo da expressão sendo realizada, por exemplo ao tentar representar uma expressão “muito feliz” seria necessário aumentar o sorriso, mas se o sorriso esculpido é menos exagerado, essa alteração seria impossível. Ainda, ao exagerar-se nas expressões para conseguir uma amplitude maior de expressões, a transição entre as expressões pode ser tornar pouco natural.

Deste modo essa técnica foi desconsiderada e partiu-se para a aplicação da segunda técnica que é a de *rigging*. Esse procedimento consiste na criação de uma espécie de esqueleto que irá controlar a deformações da malha. No caso dos rostos são cerca de 60 controles que precisam ser modelados e posicionados corretamente. Essa atividade é complexa e na sua realização foi desconsiderada pela dificuldade de aplicação.

A segunda experiência utilizando a técnica de *rigging* foi a de importar um modelo dos controles da cabeça já construído e reposicionar esse modelo de modo que se encaixe na malha com a retopologia. O resultado dessa aplicação pode ser visualizado na Figura 13. Esse “esqueleto” cria controles (cubos) que podem ser manipulados livremente para a realização das expressões.

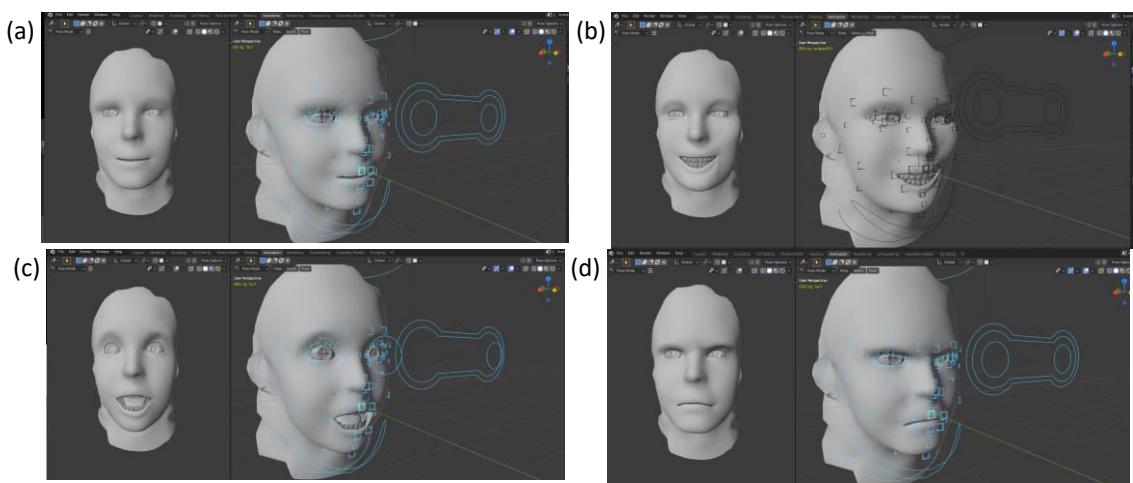
Figura 13 – Aplicação do procedimento de *rigging*.



Fonte: O autor (2022).

Os principais benefícios desse procedimento são a facilidade e rapidez na obtenção de uma malha que pode realizar qualquer expressão facial, a possibilidade de exagerar ou simplificar as expressões e a possibilidade de animar a realização dessas expressões. Ademais o *rig* permite a abertura e fechamento da boca e olhos mais facilmente. Um exemplo da malha controlada usando esse procedimento e realizando algumas expressões é encontrada na Figura 14.

Figura 14 – Exemplo das expressões faciais usando o *rig*.



Legenda: a) Expressão Neutra; b) Expressão Feliz; c) Expressão surpresa; d) Expressão Raiva.

Fonte: O autor (2022).

Assim selecionado este último procedimento, foram definidos todos os procedimentos de obtenção, recriação e animação da malha a serem desenvolvidos os tutoriais.

4.4 Desenvolvimento dos tutoriais

Após a definição dos procedimentos de retopologia e de *rigging* do rosto, partiu-se para a criação dos tutoriais de aplicação do método. Para os procedimentos de digitalização recomenda-se a busca no Youtube pois contém diversos vídeos explicando esse processo. Para os demais procedimentos foram desenvolvidos tutoriais próprios.

Os tutoriais foram desenvolvidos em formato de vídeo. Esse formato facilita o entendimento da aplicação do método por se tratar de processos visuais. Foi feita a gravação da tela mostrando os processos de criação da retopologia e do *rigging*, com uma narração didática e uma sobreposição com a indicação dos botões apertados do mouse e teclado para a realização dos comandos, para ajudar na compreensão.

Os tutoriais foram divididos em 4 vídeos e consideram que a digitalização tridimensional já foi realizada. O primeiro trata do software Make Human, ensinando a baixá-lo e a utilizar as principais ferramentas para criar uma malha mais próxima possível da aparência da pessoa escaneada. O tutorial pode ser acessado em: https://youtu.be/2HGEUY_yasc.

O segundo mostra como executar todo o procedimento de retopologia, desde a importação do modelo do Make Human para o Blender, até os ajustes na malha após o *Shrinkwrap*. O tutorial pode ser acessado em: https://youtu.be/8GkX_6bDFg.

Em seguida, o terceiro vídeo tutorial mostra algumas alterações na malha da retopologia que devem ser feitas antes da criação do *rigging*, como adicionar os globos oculares, os dentes e a

língua, que futuramente serão animados. O tutorial pode ser acessado em: <https://youtu.be/jggEiTfouHg>. Por último, o quarto vídeo trata do processo de criação do *rigging* utilizando o add-on Rigify, com o objetivo de obter os controles que movimentam a malha. O tutorial pode ser acessado em: <https://youtu.be/xWY1DBtXLGU>.

5 Considerações finais

O conhecimento técnico e o alto custo de equipamentos e softwares associados com a prática de design são barreiras pelas quais a sua democratização é prejudicada. No contexto do desenvolvimento de ferramentas para grupos de trabalho interdisciplinares, ou com diferentes níveis de conhecimento técnico e recursos financeiros, isso é bastante prevalente, o que acarreta na dificuldade de aplicar esses conhecimentos na realização de pesquisas e criação de ferramentas. Assim um dos papéis do designer, é, além da aplicação das ferramentas, a sua propagação para que outros possam aplicá-las também.

Considerando a presente pesquisa, insere-se em um grupo interdisciplinar de designers, pedagogos e terapeutas ocupacionais que atendem públicos de pessoas com TEA, que possuem particularidades e necessidades específicas. No desenvolvimento de ferramentas para esse público identificou-se que ferramentas digitais são as preferidas e por isso preferíveis. Além disso, conjecturou-se que usando as novas tecnologias de digitalização 3D e ferramentas de animação 3D seria possível criar uma ferramenta que atendesse essas necessidades.

No entanto, nessa fase inicial, o primeiro problema a ser resolvido foi a identificação e a definição de procedimentos que fossem acessíveis para a realização das etapas iniciais de digitalização das faces das pessoas com TEA e a sua transformação em um avatar digital fidedigno que pode ter sua face animada para a realização de expressões faciais.

Para tanto foram experimentados diversos procedimentos que tinham potencial para que pudessem ser aplicados mesmo por aqueles com pouco ou nenhum conhecimento técnico na área, selecionando aqueles que se mostraram mais adequados. Ademais, para democratizar ainda mais o conhecimento foram criados vídeos tutoriais que descrevem e demonstram o passo a passo da realização dessas atividades.

Com isso cumpriu-se com o objetivo do trabalho de determinar procedimentos facilitados e de baixo custo de captura via digitalização tridimensional, modelagem 3D e aplicação de técnicas de animação 3D para a reprodução de expressões faciais para utilização em contexto de reabilitação de pessoas com TEA.

Para trabalhos futuros esses procedimentos serão aplicados no desenvolvimento de uma ferramenta de ensino de expressões faciais para pessoas no espectro autista.

Referências

ALBERT, W.; TULLIS, T. **Measuring the user experience:** collecting, analyzing, and presenting usability metrics. 2. ed. Burlington: Morgan Kaufmann, 2013.

AUTODESK. **Maya.** Autodesk, 2022. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/maya/overview?us_oa=dotcom-us&us_si=391bdaed-f053-4ab0-ac11-d0e85aa8d424&us_st=maya&us_pt=MAYAUL>. Acesso em: 10/01/2022.

- AUTODESK. **Relax vertices with Quad Draw.** Autodesk Help, 2020. Disponível em: <<https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Maya-Modeling/files/GUID-171B1A46-C616-4D92-83D8-C6440A51264C-htm.html>>. Acesso em: 09/01/2022.
- BARON-COHEN, S. The empathising-systemising theory of autism: implications for education. **Tizard Learning Disability Review**, v. 14, n. 3, p. 4-13, 2009.
- BEANE, A. **3D Animation essentials.** Hoboken: John Wiley & Sons, 2012.
- BLENDER. **Blender 3.0.** Blender, 2022. Disponível em: <<https://www.blender.org/download/>>. Acesso em: 10/01/2022.
- BLENDER MARKET. **Retopoflow 3.** Blender Market, 2022. Disponível em: <<https://blendermarket.com/products/retopoflow>>. Acesso em: 09/01/2022.
- BRENDLER, C. F.; TEIXEIRA, F. G. T. Método para Obtenção de Medidas Antropométricas Utilizando um Digitalizador 3D de Baixo Custo. **Design & Tecnologia**, v. 11, p. 53-67, 2016.
- CASTRO, A. **Precisamos falar sobre Retopologia.** Youtube, 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=zWR-USEZ3MA>>. Acesso em: 07/01/2022.
- CHOPIN, A. **3D Art essentials:** the fundamentals of 3D modeling, texturing, and animation. Waltham: Focal Press, 2011.
- COOK, A. M.; POLGAR, J. M. **Cook & Hussey's assistive technologies:** principles and practice. 4. ed. St. Louis: Mosby Elsevier, 2015.
- HEYMSFIELD, S. B. et al. Digital anthropometry: a critical review. **European journal of clinical nutrition**, v. 72, n. 5, p. 680-687, 2018.
- JAEGER, M.; SANDEN, H. **How to Retopologize a Head in Maya.** Youtube, 2018. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=9N4rG5qHWgk>>. Acesso em: 09/01/2022.
- JAMES, T. W. et al. How Realistic Should Avatars Be? An initial fMRI investigation of activation of the face perception network by real and animated faces. **Journal of Media Psychology**, v. 27, n. 3, p. 109-117, 2015.
- JAVAID, M.; HALEEM, A. Additive manufacturing applications in medical cases: A literature-based review. **Alexandria Journal of Medicine**, v. 54, n. 4, p. 411-422, 2018.
- LEITE, J.; MAIA, I. Desenvolvimento de Ambiente Gráfico de jogo educativo para pessoas com Transtornos do Espectro Autista. In: PASCHOARELLI, L. C.; MEDOLA, F. O. **Tecnologia Assistiva: Desenvolvimento e Aplicações – I.** Bauru: Canal 6, 2018, p. 417-424.
- LOPEZ-MENCIA, B. et al. **A Collaborative Approach to the Design and Evaluation of an Interactive Learning Tool for Children with Special Educational Needs.** In: International Conference on Interaction Design and Children, 9., 2010. New York: Assoc. Computing Machinery, 2010.
- MAKE HUMAN. **Downloads.** Make Human, 2022. Disponível em: <<http://www.makehumancommunity.org/content/downloads.html>>. Acesso em: 10/01/2022.
- OCCIPITAL. **Skanect.** Occipita, 2022. Disponível em: <<https://skanect.occipital.com/>>. Acesso em: 29/03/2022.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Como usar a CIF:** Um manual prático para o uso da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF). Versão preliminar para discussão. Genebra: OMS, 2013.

PADOVAN, A. L.; GAZOLA, M. M. TEA (Transtorno do Espectro Autista) em um estudo de caso com foco na comunicação da criança autista. In: PASCHOARELLI, L. C.; MEDOLA, F. O. **Tecnologia Assistiva: Desenvolvimento e Aplicações – I.** Bauru: Canal 6, 2018, p. 411-416.

PARK, J. H.; ABIRACHED, B.; ZHANG, Y. **A framework for designing assistive technologies for teaching children with ASDs emotions.** In: Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, 12., 2012, New York. New York: ACM, 2012. p. 2423-2428.

REDAELLI, D. F. et al. Low-cost 3D devices and laser scanners comparison for the application in orthopedic centres. **Int. Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences**, v. 42, n. 2, p. 953-960, 2018.

ROBERTS, S. **Character animation fundamentals:** developing skills for 2D and 3D character animation. Londres: Routledge, 2012.

SERRET, S. et al. Facing the challenge of teaching emotions to individuals with low- and high-functioning autism using a new Serious game: a pilot study. **Molecular Autism**, v. 5, n. 1, p. 37-54, 2014.

SILVER, M.; OAKES, P. Evaluation of a new computer intervention to teach people with autism or Asperger syndrome to recognize and predict emotions in others. **Autism**, v. 5, n. 3, p. 299-316, 2001.

TODOR. **[Blender 2.8/2.9] Rigify Face Rig (Rigify Series, Part #9).** Youtube, 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=n8aCBKjPJRE>>. Acesso em: 09/01/2022.

UPTODOWN. **Meshroom.** Uptodown, 2019. Disponível em: <<https://meshroom.br.uptodown.com/windows>>. Acesso em: 09/01/2022.

VALERIA, N.; THENG, L.B. **Learn with Me:** Collaborative virtual learning for the special children. In: International Conference on Software Engineering and Computer Systems. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. p. 486-505.

VANDEVENTER, J. **4D (3D Dynamic) statistical models of conversational expressions and the synthesis of highly-realistic 4D facial expression sequences.** 2015. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Faculdade de Ciência da Informação e Informática, Universidade de Cardiff. Gales, p. 274. 2015.

WILKINSON, A. et al. An App to encourage social interaction by children with Autism Spectrum Disorder: A proof of concept study. **New Zealand Journal of Physiotherapy**, v. 46, n. 1, p. 12-18, 2018.