

Transferência de Expressão Facial para Avatares Animados: Auxiliando Crianças com Transtorno do Espectro Autista

Jesher Heliel Rodrigues*

Luciano Silva

Olga R. P. Bellon

IMAGO Research Group - Universidade Federal do Paraná

RESUMO

The facial expressions play an essential role in the relationship between humans, since the first months of life are already used as indicators for communication with their families. The understanding of facial expressions by people with autism spectrum disorders (ASD) is one of the great challenges in the health care, because this particular group of people has great difficulty in recognizing and playback facial expressions. Research in visual computing, covering techniques of image processing, computer graphics and computer vision are robust tools that have proven effectiveness in aid to treatments that aim to understanding of facial expressions by individuals with ASD. This work presents a prototype of a computational game for transfer the facial expressions for animated avatars. The purpose of the tool is to assist the treatment of children with ASD aged between 7 to 14 years. Initially, the tool is designed to help in four basic facial expressions: joy, sadness, fear and anger. The final tool will be an interactive game designed for children with ASD, where the child learns and trains facial expressions of playful way. Through the tool, we intended to provide alternatives to expand the capacity of communication and interaction of individuals with ASD with others improving their way of life.

Keywords: Expressions, Autism, avatars, computational game.

1 INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) pertence ao grupo dos transtornos de neurodesenvolvimento no qual ocorre uma ruptura em processos fundamentais de socialização, comunicação e aprendizado do indivíduo [1]. O TEA é considerado o mais prevalente e conhecido desse grupo, acometendo aproximadamente 2 milhões de pessoas no Brasil [2], segundo dados da Organização Mundial de Saúde. Entretanto, este número tem aumentado exponencialmente nos últimos anos, devido a evolução das pesquisas no diagnóstico precoce de crianças com TEA [3].

Os maiores desafios relativos ao diagnóstico do TEA estão relacionadas à interpretação dos sinais e o acompanhamento da evolução dos sintomas especialmente em crianças com poucos meses de vida, pois nem sempre os profissionais são treinados para essa difícil tarefa. Tais desafios envolvem as áreas de saúde e educação especial. Nesse contexto, famílias têm enfrentado diversos problemas, tanto para a obtenção de um diagnóstico preciso e definitivo para seus filhos, quando estes apresentam distúrbios de comportamento ou dificuldades de comunicação, quanto para encontrar tratamento adequado onde possam participar de forma mais ativa [4].

De modo a contribuir para mitigar tais desafios o presente trabalho visa o desenvolvimento de um jogo que possa ajudar no tratamento relacionado ao reconhecimento das emoções por meio do uso de computação visual e principalmente da Tecnologia Assistiva. Desta forma, pretende-se disponibilizar um sistema computacional

* e-mail: jesher@ufpr.br

que auxiliará profissionais e familiares no tratamento e educação de crianças com TEA.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Transtorno do Espectro Autista é um distúrbio que compõe o grupo dos Transtornos Globais do Desenvolvimento (TGD) caracterizado por desenvolvimentos anormais relacionados a interação social, comunicação, repetição de atividades e interesses [5]. O transtorno pode divergir de acordo com o desenvolvimento e a idade do portador de TEA [1].

A comunicação de pessoas com TEA acontece de forma verbal e não-verbal: a) a verbal na forma de repetições de palavras ou frases com dificuldade na pronúncia; b) a não-verbal por meio de movimentos repetitivos, rejeição ao contato físico e dificuldade em expressar necessidade, entre outras [6].

Devido aos problemas em sua comunicação não-verbal a socialização é marcada pela não expressividade de emoções e sentimentos, ocasionando assim inflexibilidade no pensamento, comportamento e linguagem, além da não interação social, ocasionando obstáculos inerentes ao conhecimento em diferentes áreas [7].

As emoções expressas por meio da face, apresentam um papel muito importante na comunicação e interação entre seres humanos. Desde os primeiros meses de vida os recém-nascidos já interagem a partir de expressões faciais, usando-as como sinais essenciais para entendimento da comunicação [8].

2.1 Expressões Faciais

As expressões faciais desempenham um papel muito importante em nossa interação e comunicação com outras pessoas. Darwin [9] descreve alguns princípios gerais sobre as expressões dos seres humanos e animais as classificando em grupos de expressões.

Outros autores apresentaram modelos para classificar as emoções e expressões faciais como os estudos de [10], [11] e Paul Ekman. Ekman [12] mapeou as emoções com as expressões faciais dos seres humanos e em seus estudos caracterizou um sistema de codificação universal para representar os músculos faciais utilizados para reproduzir uma expressão facial, chamado de Sistema de Codificação de Ação Facial (do inglês Facial Action Coding System, FACS). O FACS define quarenta e quatro unidades de ações (do inglês Action Units, AU). Cada unidade de ação consiste em uma ação de um músculo específico ou combinações de músculos. As imagens da Figura 1 demonstram alguns exemplos de unidades de ações das partes inferiores e superiores da face.

2.2 Transferência de Expressão Facial

As pesquisas em computação visual abrangem técnicas de processamento de imagens, computação gráfica e visão computacional e têm avançado significativamente nas últimas décadas fornecendo inovadoras tecnologias para a resolução de problemas em diversas áreas do conhecimento. Essas técnicas podem ser aplicadas em reconhecimento de expressões faciais [14], reconhecimento facial [15, 16], identificação de pose [17], classificação de gênero [18, 19], entre outros.

Nesse contexto, a transferência de expressões é uma área da visão computacional que desperta muito interesse principalmente na

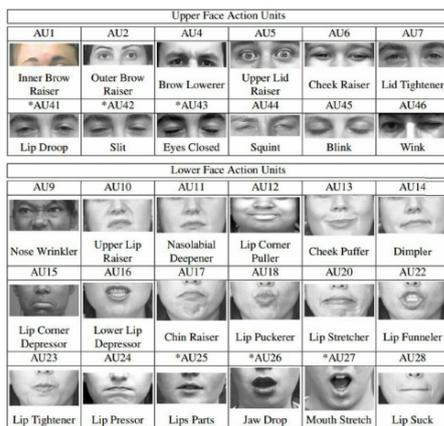


Figura 1: Unidades de ação da parte superior e inferior da face[13]

indústria do entretenimento, na qual são realizadas transferências de expressões em tempo real de pessoas para avatares animados em 3D. A transferência usa dois componentes importantes: o rastreamento do rosto, em que ocorre a extração das características faciais; e a animação de um personagem animado [20].

2.3 Serious Games

A palavra jogo se origina do vocábulo latino Ludus, que significa brincadeira, diversão, sendo assim elementos primordiais que sempre estiveram presentes na vida de todo indivíduo, desde dos tempos primitivos até a atualidade. Com o tempo os jogos ganharam subdivisões em categorias, como: jogos de regras, jogos de faz de conta e finalmente jogos eletrônicos. Hoje é encontrado os mais variados tipos de jogos: jogos de ação, aventura, RPGs, raciocínio, simulações e *Serious Games* [21].

Serious Games é uma definição de jogos eletrônicos que tem objetivo de melhorar aspectos como educação, aprendizagem de novos conceitos e habilidades, que usam o entretenimento para treinamentos corporativos, militares, educação, saúde e políticas públicas. Além disso, possui atividades com objetivos de instruir e educar gerando conhecimento e novas habilidades para o jogador [22].

O termo *serious games*, foi usado pela primeira vez na década de 1980, com simuladores de treinamento para área militar desenvolvida nos Estados Unidos [23]. Em 1983, a empresa Atari Inc. desenvolveu um jogo chamado Battlezone o qual simula um tanque de guerra em batalha, Figura 2. No simulador o jogador pode utilizar um painel em LCD, simulando a visão que um soldado tem de dentro de um tanque de guerra, por isso é considerado um dos primeiros jogos a usarem realidade virtual [24].

Esses jogos também são capazes de servir como um auxiliar no desenvolvimento de pessoas com deficiência, pois podem utilizar estratégias de ensino em educação especial [25]. A aprendizagem de pessoas com necessidades especiais deve estar diretamente relacionada à sua deficiência, a fim de criar métodos de ensino especificamente preparados para os diferentes tipos de dificuldades. Assim, alguns métodos proporcionam a essas pessoas uma adaptação maior na sociedade [26]. Por isso, segundo [27], uma das estratégias usadas em *serious games* voltado para público de pessoas com deficiência é a repetição dos jogos, pois ele pode se tornar muitas vezes um motivador e principalmente um dos métodos mais importantes para aprendizagem.

2.4 Trabalhos Relacionados

[28] detalha como é feita a transferência em tempo real de expressões faciais entre duas pessoas em um vídeo. Os autores de-



Figura 2: Unidades de ação da parte superior e inferior da face

monstram duas etapas principais que são necessárias para ocorrer a transferência em seu método. A primeira é capturar com precisão as expressões dos indivíduos de origem e destino em tempo real, para isso utilizam sensores RGB-D. A segunda etapa, é a transferência das expressões faciais na qual é necessário calcular a diferença entre as expressões de origem e destino e modificar os parâmetros do alvo para coincidir com as expressões do primeiro usuário.

Já o trabalho de [29] demonstra um sistema de transferência facial para um avatar animado permitindo ao usuário controlar as expressões faciais em tempo real. Nesse trabalho os autores apresentam um novo algoritmo de rastreamento da face combinando com a geometria e as texturas de um personagem animado. Ainda aborda a reconstrução da face em 3D sem a utilização de marcadores faciais, sendo uma aplicação com muito ganho nas áreas de interação social e jogos digitais.

O trabalho de [30] usa o rastreamento facial em tempo real e animação de um personagem animado. Ele usa um conjunto de imagens de expressões faciais utilizadas para treinar um algoritmo que mapeia aparência 2D da imagem para a forma 3D, portanto, ele utiliza marcadores faciais na forma 3D transferidas para um avatar que gera as animações correspondentes.

Há trabalhos que usam a geometria da face em diferentes expressões, como [31] que criou um conjunto de formas *blendshapes* para misturar diferentes tipos de expressões de uma malha no rosto tendo apenas uma expressão neutra.

Existem também softwares privados que fazem transferência facial, para uso de animações e jogos eletrônicos. Um exemplo de software seria o Faceshift, [32], que analisa os movimentos faciais em uma pessoa e os reproduzem em tempo real para um personagem virtual animado em 3D.

O uso de avatares pode ser aplicado para diversas finalidades entre elas na análise dos efeitos das características dos avatares na interação com adultos. Em [33] foram realizados experimentos com o objetivo de analisar as emoções demonstradas pelos participantes com base na manipulação das expressões dos avatares, além da alteração do nível de musicalidade que acompanhava o avatar.

Outra aplicabilidade dos avatares segundo a literatura atual está no uso de sua expressividade facial para aumentar a persuasão e a sociabilidade de um indivíduo. No trabalho proposto por [34] é ressaltada a descoberta que o ajuste da expressividade de avatares animados interativos pode ser uma maneira simples de influenciar os julgamentos sociais das pessoas, além de fazer com que as mesmas colaborem com os avatares. Todavia, a escolha do avatar e de suas respectivas técnicas de animação afetam a intensidade da influência perante uma pessoas. Por exemplo, distintas aparências de um avatar podem resultar na construção de diferentes impressões e gerar assim diversos estereótipos sociais.

Recentemente, novas abordagens visam o estudo da importância do uso de avatares na interação com crianças autistas no processo de socialização com os demais indivíduos que compõem seu ambiente de convivência. No [35] foi realizada uma comparação entre o comportamento de socialização de crianças portadoras de TEA em relação a interação com um avatar (personagem de desenho animado) e seres humanos.

No trabalho [36] foi analisado o comportamento emocional e conversacional de crianças portadoras de autismo em relação a interação com personagens animados e com pessoas que apareciam em vídeos gravados. Com base nos experimentos, não houve diferença no comportamento nas conversas das crianças, com os personagens de desenhos animados e com as pessoas mostradas nos vídeos mesmo nos momentos no qual a criança preferiu mais a pessoa ou quando o personagem animado exibiu expressões mais intensas. Esses resultados sugerem que as crianças irão interagir com personagens animados como fariam com uma pessoa.

3 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

Para o desenvolvimento do jogo foi usado a plataforma Unity, que consiste em um editor de jogos 2D e 3D. A escolha da respectiva plataforma baseou-se na flexibilidade de executar o algoritmo de detecção de expressões, além de permitir a manipulação de formas 3D. Para tais tarefas foram utilizados componentes nativos do Unity, que proporcionaram a codificação e a configuração dos personagens que compõem o jogo. Na figura 3 são exibidas as etapas do desenvolvimento e suas respectivas especificações

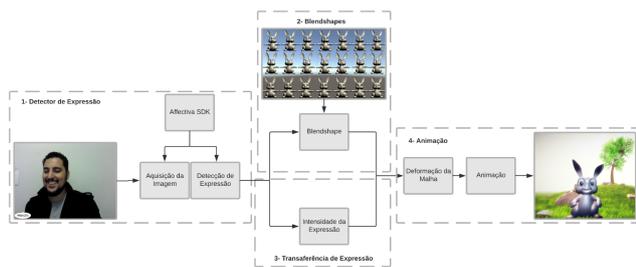


Figura 3: Etapa de desenvolvimento.

1. Detector de Expressões: O detector usado no presente trabalho é de propriedade intelectual da empresa "Affective" formada por pesquisadores do MIT Media Lab [37]. Essa ferramenta faz parte de um kit de específico para desenvolvedores na qual o objetivo é auxiliar o processo de análise de expressões faciais. Oferecer também um suporte para vários tipos de linguagens de programação e plataformas de desenvolvimento. Além disso, tanto pesquisadores quanto empresas privadas podem utilizar o kit no desenvolvimentos de novas aplicações e experiências digitais.
2. Blendshapes: Em seguida foi preciso criar um modelo 3D. Para isso, foi seguido os trabalhos de [29] e [30] que utilizam *blendshapes* de um avatar em 3D, para transferir as expressões. Blendshapes é um conjunto de malhas de rostos em um modelo 3D da face o qual podem ser combinados e interpolados gerando poses ou expressões faciais. Seguindo esses autores foi produzido um personagem animado a partir dos blendshapes das expressões faciais e emocionais como mostra a Figura 4. Foram construídas 21 formas de expressões do avatar, usando o software de modelagem 3D Autodesk Maya.
3. Transferência de Expressão: A animação da face do personagem ocorre por meio da deformação da malha 3D. A partir

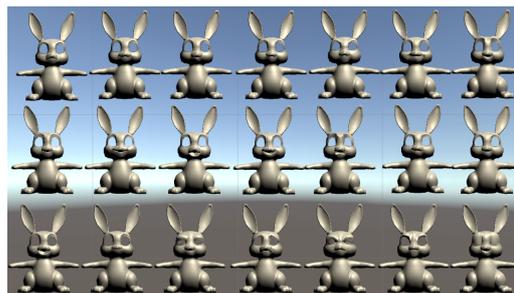


Figura 4: Blendshapes criados para jogo.

deste ocorre a deformação dos Blendshapes em uma escala que varia de 0 a 100, em cada um dos modelos de expressão proposto: alegria, tristeza, medo e raiva. O valor 0 representa a expressão neutra e 100 o máximo da expressão desenhada no modelo. Consequentemente, podemos manipular o blendshape criando expressões com intensidade menor que o máximo e maior que o neutro. O detector de expressão tem o papel de analisar a expressão facial em tempo real, e avalia a intensidade da expressão.

4. Animação: Para ocorrer a animação facial foi usado o valor da intensidade da expressão captada para o *blendshape* assim podemos controlar o personagem pela intensidade da expressão que se forma na frente do sensor. Desta maneira ocorre a transferência de expressão. A expressão feita é passada para o avatar que repete a partir do ligamento de intensidade de expressão com intensidade do *blendshape* gerando animação da face.

Nessa animação que ocorre na face do personagem é possível interpolar expressões, pois o detector identifica as várias expressões faciais ao mesmo tempo, por exemplo, um sujeito faz a expressão de alegria levantando as sobrancelhas o avatar reconhece e junta essa expressão alegre com a sobrancelha levantada.

Essa interpolação tem um papel muito importante, pois ela faz com que o avatar possa ter conjuntos de expressões criando uma correspondência mais realista entre o usuário e o avatar.

4 ESPECIFICAÇÃO

Com base nos estudos apontados na seção 3, o protótipo do jogo computacional foi desenvolvido seguindo exemplo dos trabalhos [25] e [27] sobre serious games focados para pessoas com deficiência. O protótipo tem uma interface simples e com elementos animados. Para elaboração do jogo foi preciso seguir alguns passos tais como: roteiro, game design, game play e interface gráfica, os quais serão detalhados nas próximas sessões.

4.1 Roteiro

O roteiro de um jogo assemelha-se com roteiros de filmes. É uma das partes fundamentais para o processo de criação na qual será descrito toda história. O roteiro torna-se o fator chave para o sucesso do desenvolvimento do jogo [38]. No jogo proposto inicialmente não existe uma narrativa, história específica ou um roteiro definido, pois sua estrutura inicial é simples. O foco principal do jogo nessa fase inicial é a interação da criança com o computador.

4.2 Game Design

Game Design é a conceituação artística do jogo [38]. Como esse protótipo é destinado para crianças com TEA foi preciso elaborar um design específico em relação as cores e desenhos dos personagens.

A percepção de cores por pessoas com autismo podem causar uma sobrecarga sensorio-visual, o qual pode estimular sentimentos de obsessão, alívio e estresse de acordo com a hipo ou hipersensibilidade da pessoa. A percepção de cores por crianças varia a partir de experiências e contextos que o indivíduo se encontra [39].

O intuito é trabalhar com cores e texturas com tons leves, diversificados e chamativos, pois prendem atenção de quem observa. Para o estágio no qual encontra-se o protótipo não foi implementado esses padrões de cores, pois o foco inicial no design foi desenvolver as animações e cenas do ambiente deixando a implementação de cores como última etapa antes de efetuar os testes.

Para criação dos personagens foram utilizadas formas 3D com traços artísticos infantis com objetivo de agradar, chamar a atenção e causar a sensação de satisfação no jogador. O protótipo desenvolvido nessa fase inicial compõe-se de dois personagens: um coelho e uma tartaruga.

4.3 Game Play

O objetivo é proporcionar autonomia a criança e não exigir muita interação em componentes de hardware como controles, teclado e mouse. Os únicos componentes serão uma câmera de vídeo para capturar suas expressões faciais e um monitor de vídeo para visualização do avatar.

Não havendo interação com periféricos, o controle para jogar será sua face de frente com o monitor e os botões serão suas expressões faciais. Cada expressão feita pela criança será reproduzida pelo personagem juntamente com ações que a criança executar, tais como:

- Se a criança ficar movimentando o rosto para os lados, focando em outros objetos ao invés do computador o personagem irá fazer animações de bater palmas que irá chamar sua atenção, como é apresentado na Figura 5.

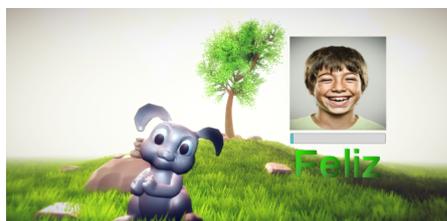


Figura 5: Animação para chamar atenção.

- Caso a criança saia da frente do computador (câmera), o personagem chamará sua atenção, mas se ela não voltar, o personagem sairá do centro da tela Figura 6, e só irá retornar para tela se a criança ficar em frente ao computador novamente.



Figura 6: Personagem saindo.

O jogo consiste em uma tela inicial onde a criança coloca seu nome, idade e sexo apresentado na Figura 7. Este pequeno cadastro pode ser feito pela própria criança, terapeuta ou responsável. Após

o cadastro o jogo iniciará com o personagem apresentando-se para criança com pequenas animações para interação.



Figura 7: Tela de Cadastro.

Em seguida o personagem ficará localizado no centro da tela e ocorrerá repetição das expressões faciais da pessoa em frente a câmera para o personagem. Por exemplo: Se a criança sorrir, o coelho (personagem criado) repetirá instantaneamente o sorriso. O jogo consiste em duas etapas inicial:

- Produção de Expressões Faciais sem avatar: Objetivo dessa etapa é fazer com que a criança faça expressões faciais apresentadas em uma imagem, representado na Figura 8. Essa imagem terá uma pessoa produzindo uma expressão na tela, a partir da produção da expressão realizada uma barra de slide vai sendo preenchida para conclusão. Após ela reproduzir a expressão outra imagem com outra expressão aparecerá e ocorrerá todo o procedimento novamente.



Figura 8: Produção de Expressões Faciais sem avatar.

- Produção de Expressões Faciais com avatar: Objetivo dessa etapa é a mesma da anterior, sendo que neste conterá um avatar que realizará as expressões faciais feitas pelas crianças.

Enquanto o usuário estiver participando dessas etapas dados serão coletados para futuro acompanhamento da evolução da paciente. Esses dados serão:

- Vídeo do usuário: O usuário terá sua imagem (2D e 3D) gravada durante a execução de todos os níveis de testes da ferramenta;
- Interação com a interface: para registro das interações do usuário com o a interface do jogo serão salvas em um banco de dados para posteriormente analisar os dados.
- Respostas: todas as respostas dos desafios serão gravadas.

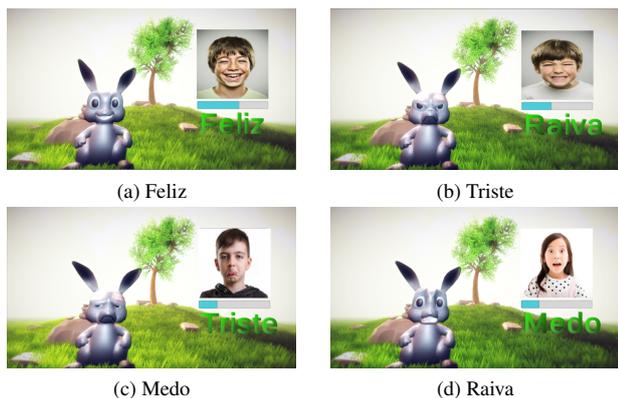


Figura 9: Produção de Expressões Faciais com avatar

5 RESULTADOS

O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa do setor de Ciências da Saúde da UFPR, sob o número CAAE 55205016.0.0000.0102. Todos os pais ou responsáveis receberam um termo de consentimento livre e esclarecido, aprovando a participação das crianças no presente estudo.

Os testes foram acompanhados e supervisionados por um profissional da área da saúde de cada instituição parceira, juntamente com o educador responsável pela criança.

Foram recrutadas no total 15 autistas com idade de 4 a 17 anos, sendo 12 da Associação dos Amigos dos Autistas - AMA e 3 da Associação Maringense Estrela de Davi, ambas de Maringá, Paraná. Todas as crianças que participaram dos testes são não-verbais, as quais tem dificuldade na expressividade de emoções e sentimentos[7].

Os testes foram executados em uma sala cedida pela direção de AMA, para maior conforto e sem objetos ou figuras para não atrapalhar e distrair a criança durante o teste. Na estrela de Davi foi realizado testes no consultório da fonoaudióloga responsável pelas crianças, onde era feito testes nos intervalos de cada seção da profissional.

Os testes foram realizados em três dias nos período manhã e tarde. No primeiro dia foram realizado apenas teste na AMA, divididas em cinco crianças no período da manhã e três a tarde. No segundo dia ocorreram com duas crianças de manhã e duas a tarde na AMA.

No terceiro dia foram três crianças da Estrela de Davi que participaram dos testes. Essa variação de turnos para os testes foi estratégia sugerida pelos professores que acompanham os alunos para que não atrapalhasse suas atividades escolares e terapias feitas pelos profissionais de saúde na instituição.

Cada teste foi acompanhado por um profissional de saúde e o professor responsável pelo aluno. Antes de iniciar os testes foi apresentado aos professores as funcionalidades do jogo e orientando para que qualquer dificuldade apresentado pelas crianças em reproduzir alguma expressão eles poderiam as auxiliar.

Após essa demonstração e orientações foi ressaltado como o papel dos profissionais seria importante para motivar e orientar a criança na realização dos testes, assim oferecendo mais segurança e conforto para as crianças com intensão de não ocorrer alguma agitação ou nervosismo durante os testes.

Foi previsto a realização de 15 testes com crianças na AMA, sendo possível apenas com 12, porque 3 crianças se encontravam muito agitadas e nervosas, sendo assim os professores responsáveis por essas crianças orientaram que não seria possível realizar testes para evitar algum conflito ou um desconforto ainda maior.

5.1 Dados Coletados

Durante o jogo foram coletados alguns dados do usuários como: intensidade das expressões; tempo para concluir cada expressão; e o tempo total em cada fase do jogo. Assim podemos avaliar como foi o desempenho das crianças.

O jogo proposto consiste em duas etapas, onde a primeira etapa visa a interação com a criança sem o uso do avatar e a segunda utiliza o avatar no processo de interação com a mesma. Sendo que cada etapa é composta por 4 expressões faciais e ambas foram testadas por 12 crianças, totalizando assim 96 interações ao final do experimento.

No gráfico apresentado na Figura 10 temos um comparativo dos tempos médios para reprodução das expressões, assim podemos analisar a diferença de tempo de cada expressão facial entre as etapas propostas, sendo que os participantes conseguiram reproduzir as expressões em menos tempo com Avatar presente.

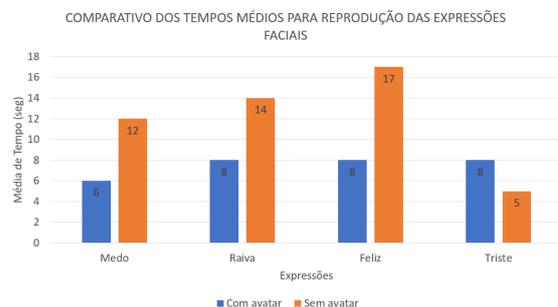


Figura 10: Comparativo dos tempos médios para reprodução das expressões faciais.

Além de avaliar o tempo para reproduzir a expressão proposta foi medido a intensidade de cada expressão através do SDK Affectiva, essa intensidade é medida de 0 a 100 [37].

Por meio da figura 11, podemos perceber que as intensidades variaram muito entres as etapas do jogo. A expressão feliz foi a que teve a maior intensidade entre todas em ambas as etapas e triste a que teve menos intensidade. As expressões de raiva e mendo são as que mais tiveram dificuldade por parte das crianças ao tentar reproduzir expressão de tristeza. Podemos perceber a diminuição da intensidade das expressões sem avatar. Quando o avatar esta presente muitas crianças ficaram animadas e empolgadas e não conseguiram prestar atenção na sequência do jogo quando elas deveriam reproduzir as expressões das imagens.

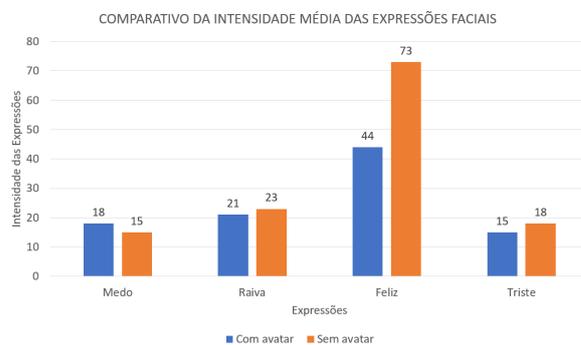


Figura 11: Gráfico Comparativo da intensidade média das expressões faciais.

Nas etapas propostas pelo jogo concluímos a partir das análises dos testes que algumas crianças não quiseram reproduzir determinadas expressões faciais. Mesmo com o professor auxiliando

houve rejeição da parte da criança. Outras ficaram agitadas e com execução de movimentos de auto estimulação o que dificultou a captura das expressões faciais por meio da câmera e consequentemente o processo de coleta dos dados.

Diante aos obstáculos mencionados no decorrer dos testes foram gravadas intensidades de expressões com valor zero, que descrevem a não possibilidade de captura da reprodução da respectiva expressão facial que estava sendo exibida no jogo. Logo podemos considerar esse fato como um erro de reprodução. Na Figura 12 temos uma comparação de Expressão X Erro em relação a cada etapa do jogo.

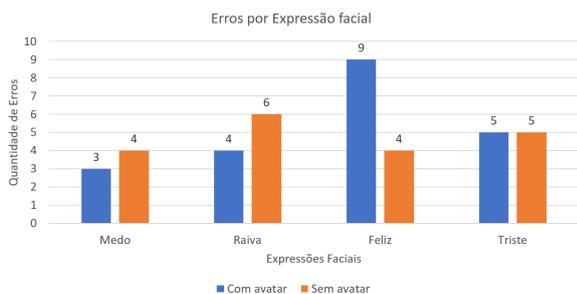


Figura 12: Gráfico de Erros por Expressão facial.

5.2 Vídeos das Atividades

Os vídeos gravados durante cada seção pode ser utilizado como critérios para avaliação de cada criança. Para fins de pesquisa e estudos posteriores foram gravadas utilizando a câmera Intel® RealSense™. Esta câmera permite a obtenção de três formatos: Imagem RGB, imagem de profundidade e Imagem infravermelha 13, ambas gravadas na resolução de 640x480 pixels, 60 FPS.

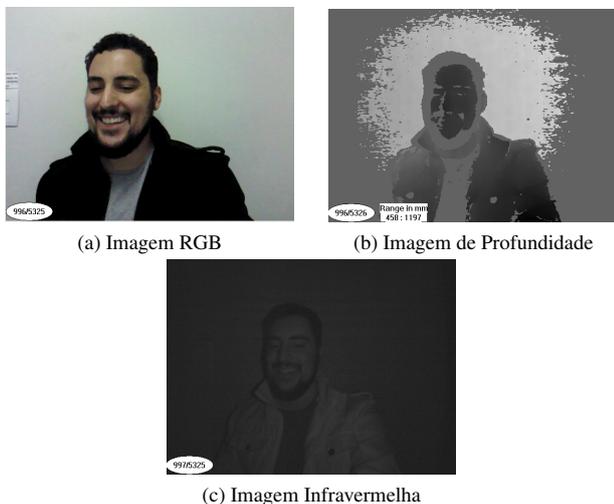


Figura 13: Imagens obtidas com câmera Intel®RealSense™.

Estes vídeos coletados podem auxiliar no desenvolvimento de algoritmos que sejam mais adequados para o público autista, visto as limitações na produção de expressões faciais que os mesmos apresentam.

6 DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos foi possível perceber que maioria das crianças conseguiram entender o jogo proposto, entretanto

algumas precisaram de auxílio dos professor para executar as atividades. Sendo assim, acredita-se que o *Game Design* proposto na Seção 4.2 foram cruciais para facilitar e prender as atenções no jogo.

Observou-se também que o *Game Play* projetado foi relevante para interações com o personagem, pois o mesmo não oferecia periféricos de hardware que de alguma forma pudessem atrapalhar ou dificultar na execução das atividades propostas.

As atividades propostas para reprodução de expressões faciais com e sem personagem, notou-se diferença de comportamento entre as atividades, sendo que muitas crianças ficaram agitadas, pelo fato de se surpreenderem e alegrar-se com as interações e animações que o personagem apresentava na tela. Estas reações apresentadas pelas crianças muitas vezes foram um fator que dificultaram na reprodução das outras expressões.

Dessa forma, foi possível perceber que o uso de um personagem animado facilitou no entendimento das expressões faciais abortadas neste trabalho. Através dos trabalhos de [36], ressalta que personagens animados podem ser uma maneira simples para interação de crianças autistas no processo de socialização.

7 CONCLUSÃO

Nesse trabalho é apresentado uma ferramenta para auxiliar no tratamento de crianças com TEA. Assim, foi desenvolvido um jogo que possa auxiliar no entendimento e reprodução das expressões faciais. Para apoiar esse processo foi criado um personagem animado com objetivo de ajudar a criança na concentração e interação com o jogo. Foram efetuadas coletas de informações para análise.

Todo o processo foi realizado a partir de um estudo sobre transferência de expressões faciais para personagens animados, e como eles poderiam ser utilizados para auxiliar no tratamento mencionado.

Para avaliar o jogo desenvolvido, foi efetuado experimentos com um grupo de quinze crianças com TEA, sendo doze da AMA e três da Estrela de Davi, ambas de Maringá. As crianças efetuaram duas atividades propostas pelo jogo, uma para reprodução de expressão facial sem o personagem e a outra com personagem. Nos experimentos foi gravado as atividades por duas câmeras (uma 2D e uma 3D), acompanhado por um profissional de saúde da instituição e professor responsável pelo aluno.

Analisando os dados coletados, observou-se que os usuários conseguiram utilizar a ferramenta sem dificuldades o que é um indicador de que a ferramenta é intuitiva para esse público. Podemos considerar que algumas crianças não conseguiram reproduzir as expressões devido a seu nervosismo, agitação e movimentos inesperados, o que dificultou a animação do personagem, ocasionando ruídos na coletas dos dados.

Com os resultados desse estudo, foi possível identificar funcionalidades que devem ser aprimoradas. Incluindo melhorias no método de reconhecimento de expressão, pois a animação do personagem é co-dependente do reconhecimento de expressões, identificamos que o maior problema ocorre quando há variação de pose na cabeça da criança. Novos personagens para que as crianças possam escolher antes das atividades, pois acreditamos que aumenta o engajamento, melhorias na coleta de informações do jogo e desenvolvimento de uma nova atividade onde o professor possa interagir com as crianças com outro personagem. Estas melhorias e estudos podem, além de melhorar a qualidade de vida das crianças, servir como uma ferramenta de auxílio de profissionais da área de educação especial e profissionais de saúde.

REFERÊNCIAS

- [1] A. Klin and M. T. Mercadante, "Autism and the pervasive developmental disorders," *Revista Brasileira de Psiquiatria*, vol. 28, pp. s1-s2, 2006.

- [2] C. S. Paula, S. H. Ribeiro, E. Fombonne, and M. T. Mercadante, “Brief report: prevalence of pervasive developmental disorder in brazil: a pilot study,” *Journal of Autism and Developmental Disorders*, vol. 41, no. 12, pp. 1738–1742, 2011.
- [3] J. L. Matson and A. M. Kozlowski, “The increasing prevalence of autism spectrum disorders,” *Research in Autism Spectrum Disorders*, vol. 5, no. 1, pp. 418–425, 2011.
- [4] Z. Warren, M. L. McPheeters, N. Sathe, J. H. Foss-Feig, A. Glasser, and J. Veenstra-VanderWeele, “A systematic review of early intensive intervention for autism spectrum disorders,” *Pediatrics*, vol. 127, no. 5, pp. e1303–e1311, 2011.
- [5] S. P. H. Camargo and C. A. Bosa, “Competência social, inclusão escolar e autismo: revisão crítica da literatura,” *Psicologia & sociedade. São Paulo SP. Vol. 21, n. 1 (jan./abr. 2009)*, p. 65-74., 2009.
- [6] D. E. Papalia, S. W. Olds, and R. D. Feldman, *O Mundo da Criança: Da Infância à Adolescência*. AMGH Editora, 2009.
- [7] L. M. Passerino, L. M. C. Santarosa, and L. M. Tarouco, “Interação social e mediação em ambientes digitais de aprendizagem com sujeitos com autismo,” *Brazilian Journal of Computers in Education*, vol. 15, no. 1, 2009.
- [8] R. W. Picard, E. Vyzas, and J. Healey, “Toward machine emotional intelligence: Analysis of affective physiological state,” *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 23, no. 10, pp. 1175–1191, 2001.
- [9] C. Darwin, *The expression of the emotions in man and animals*, vol. 526. University of Chicago press, 1965.
- [10] M. B. Arnold, “Emotion and personality,” 1960.
- [11] R. Plutchik, “The nature of emotions human emotions have deep evolutionary roots, a fact that may explain their complexity and provide tools for clinical practice,” *American scientist*, vol. 89, no. 4, pp. 344–350, 2001.
- [12] P. Ekman and W. V. Friesen, “Facial action coding system,” 1977.
- [13] Y.-I. Tian, T. Kanade, and J. F. Cohn, “Recognizing action units for facial expression analysis,” *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 23, no. 2, pp. 97–115, 2001.
- [14] H. Ding, S. K. Zhou, and R. Chellappa, “Facenet2expnet: Regularizing a deep face recognition net for expression recognition,” in *Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2017), 2017 12th IEEE International Conference on*, pp. 118–126, IEEE, 2017.
- [15] N. Kumar, A. C. Berg, P. N. Belhumeur, and S. K. Nayar, “Attribute and simile classifiers for face verification,” in *Computer Vision, 2009 IEEE 12th International Conference on*, pp. 365–372, IEEE, 2009.
- [16] N. Kumar, A. Berg, P. N. Belhumeur, and S. Nayar, “Describable visual attributes for face verification and image search,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 33, no. 10, pp. 1962–1977, 2011.
- [17] X. Zhu and D. Ramanan, “Face detection, pose estimation, and landmark localization in the wild,” in *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012 IEEE Conference on*, pp. 2879–2886, IEEE, 2012.
- [18] R. Ranjan, V. M. Patel, and R. Chellappa, “Hyperface: A deep multi-task learning framework for face detection, landmark localization, pose estimation, and gender recognition,” *arXiv preprint arXiv:1603.01249*, 2016.
- [19] R. Ranjan, S. Sankaranarayanan, C. D. Castillo, and R. Chellappa, “An all-in-one convolutional neural network for face analysis,” in *Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2017), 2017 12th IEEE International Conference on*, pp. 17–24, IEEE, 2017.
- [20] J. M. Saragih, S. Lucey, and J. F. Cohn, “Real-time avatar animation from a single image,” in *Automatic Face & Gesture Recognition and Workshops (FG 2011), 2011 IEEE International Conference on*, pp. 117–124, IEEE, 2011.
- [21] J. S. Moura, “Jogos eletrônicos e professores: primeiras aproximações,” *4º Seminário Jogos eletrônicos, educação e comunicação: construindo novas trilhas*, 2008.
- [22] M. Zyda, “From visual simulation to virtual reality to games,” *Computer*, vol. 38, no. 9, pp. 25–32, 2005.
- [23] R. Stone, “Serious games: virtual reality’s second coming?,” *Virtual reality*, vol. 13, no. 1, pp. 1–2, 2009.
- [24] D. Harries, *The new media book*. British Film Institute, 2002.
- [25] J. Kwon and Y. Lee, “Serious games for the job training of persons with developmental disabilities,” *Computers & Education*, vol. 95, pp. 328–339, 2016.
- [26] R. Glat and E. M. Fernandes, “Da educação segregada à educação inclusiva: uma breve reflexão sobre os paradigmas educacionais no contexto da educação especial brasileira,” *Revista Inclusão*, vol. 1, no. 1, pp. 35–39, 2005.
- [27] C. Aldrich, *The complete guide to simulations and serious games: How the most valuable content will be created in the age beyond Gutenberg to Google*. John Wiley & Sons, 2009.
- [28] J. Thies, M. Zollhöfer, M. Nießner, L. Valgaerts, M. Stamminger, and C. Theobalt, “Real-time expression transfer for facial reenactment,” *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, vol. 34, no. 6, p. 183, 2015.
- [29] T. Weise, S. Bouaziz, H. Li, and M. Pauly, “Realtime performance-based facial animation,” *ACM Transactions on Graphics (Proceedings SIGGRAPH 2011)*, vol. 30, July 2011.
- [30] C. Cao, Y. Weng, S. Lin, and K. Zhou, “3d shape regression for real-time facial animation,” *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, vol. 32, no. 4, p. 41, 2013.
- [31] C. Pawaskar, W.-C. Ma, K. Carnegie, J. P. Lewis, and T. Rhee, “Expression transfer: A system to build 3d blend shapes for facial animation,” in *2013 28th International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ 2013)*, pp. 154–159, IEEE, 2013.
- [32] Faceshift, “Software faceshift animation, 2016. disponível: <http://www.faceshift.com/>,” 2017.
- [33] J. Hyde, E. J. Carter, S. Kiesler, and J. K. Hodgins, “Assessing naturalness and emotional intensity: a perceptual study of animated facial motion,” in *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Perception*, pp. 15–22, ACM, 2014.
- [34] J. Hyde, E. J. Carter, S. Kiesler, and J. K. Hodgins, “Using an interactive avatar’s facial expressiveness to increase persuasiveness and socialness,” in *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1719–1728, ACM, 2015.
- [35] E. J. Carter, D. L. Williams, J. K. Hodgins, and J. F. Lehman, “Are children with autism more responsive to animated characters? a study of interactions with humans and human-controlled avatars,” *Journal of autism and developmental disorders*, vol. 44, no. 10, pp. 2475–2485, 2014.
- [36] J. Hyde, S. Kiesler, J. K. Hodgins, and E. J. Carter, “Conversing with children: cartoon and video people elicit similar conversational behaviors,” in *Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems*, pp. 1787–1796, ACM, 2014.
- [37] D. McDuff, A. Mahmoud, M. Mavadati, M. Amr, J. Turcot, and R. e. Kaliouby, “Affdex sdk: a cross-platform real-time multi-face expression recognition toolkit,” in *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 3723–3726, ACM, 2016.
- [38] E. W. G. Clua and J. R. Bittencourt, “Desenvolvimento de jogos 3d: concepção, design e programação,” in *XXIV Jornadas de Atualização em Informática (JAI) Part of XXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*, pp. 22–29, 2005.
- [39] H. F. S. d. Miranda, “O efeito das cores em crianças com autismo,” 2014.