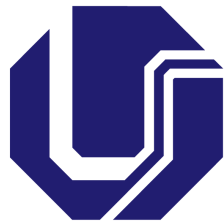

**Robótica Socialmente Assistiva no Ensino de
Habilidades Emocionais para Crianças com
Transtorno do Espectro Autista**

Cássio Weverton Marques Diniz



UFU

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Uberlândia
2023

Cássio Weverton Marques Diniz

**Robótica Socialmente Assistiva no Ensino de
Habilidades Emocionais para Crianças com
Transtorno do Espectro Autista**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Área de concentração: Sistemas de Informação

Orientador: Me. Claudiney Ramos Tinoco

Coorientador: Dra. Sara Luzia de Melo

Uberlândia

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

D585r
2023 Diniz, Cássio Weverton Marques, 1991-
 Robótica socialmente assistiva no ensino de habilidades emocionais
 para crianças com transtorno do espectro autista [recurso eletrônico] /
 Cássio Weverton Marques Diniz. - 2023.

Orientador: Claudiney Ramos Tinoco.

Coorientadora: Sara Luzia deMelo.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal de Uberlândia, Graduação em Sistemas de Informação.

Modo de acesso: Internet.

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Robótica. 2. Autismo. 3. Jogos educativos. 4. Habilidades
emocionais. 5. Computação afetiva. I. Tinoco, Claudiney Ramos, 1992-,
(Orient.). II. Melo, Sara Luzia de, 1982-, (Coorient.). III. Universidade
Federal de Uberlândia. Graduação em Sistemas de Informação. IV.
Título.

CDU: 681.3:007.52

André Carlos Francisco
Bibliotecário - CRB-6/3408

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Os abaixo assinados, por meio deste, certificam que leram e recomendam para a Faculdade de Computação, da Universidade Federal de Uberlândia, a aceitação da monografia intitulada “**Robótica Socialmente Assistiva no Ensino de Habilidades Emocionais para Crianças com Transtorno do Espectro Autista**” por **Cássio Weverton Marques Diniz** como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de **Bacharel em Sistemas de Informação**.

Uberlândia, 12 de julho de 2023

Orientador: _____
Prof. Me. Claudiney Ramos Tinoco
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Coorientadora: _____
Profa. Dra. Sara Luzia de Melo
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jean Roberto Ponciano
Universidade de São Paulo (USP)

Prof. Dr. Rafael Dias Araújo
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

*Dedico este trabalho às crianças que enxergam o mundo por um espectro diferente,
e cuja inocência nos proporciona uma profunda conexão emocional.*

Agradecimentos

Acima de tudo, expresso minha gratidão a Deus por permitir trilhar esse caminho e superar todas as adversidades ao longo do processo. Gostaria de agradecer ao meu falecido pai, Carlos Antônio Diniz, que me incentivou a concluir o curso e cujas palavras estiveram sempre presentes para me fortalecer diante de cada desafio. Um agradecimento especial à minha esposa, Juliana Figueiredo, que esteve ao meu lado em toda essa jornada, me apoiando e sendo compreensiva em todos os momentos. Sua presença foi meu maior suporte durante todo esse tempo.

Também gostaria de agradecer ao professor Claudiney, que acreditou no meu trabalho e participou ativamente de todas as etapas do desenvolvimento, esclarecendo minhas dúvidas e oferecendo incentivo. Não posso deixar de mencionar a professora Sara, que também contribuiu de forma significativa para o progresso do meu trabalho.

Por fim, meu agradecimento especial ao meu filho, Antônio Carlos, cuja inspiração foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma condição que afeta o desenvolvimento da comunicação e interação social desde a primeira infância, e o seu diagnóstico tem aumentado significativamente na última década. A busca pelo tratamento precoce é fundamental para o desenvolvimento das habilidades afetadas. Para isso, diversas abordagens terapêuticas têm sido utilizadas para evoluir áreas específicas em crianças com TEA. Dentre essas abordagens, a robótica tem apresentado resultados promissores em terapias com crianças autistas. No entanto, ainda é necessário aprimorar a capacidade dos robôs de expressar emoções, estimular o contato físico e visual, e adaptar-se às dificuldades de aprendizado específicas de cada indivíduo. Nesse contexto, este trabalho propõe uma plataforma robótica para o ensino de habilidades emocionais a crianças diagnosticadas com TEA. O robô possui uma aparência cuidadosamente projetada para ser percebida como amigável e atraente para as crianças, é capaz de expressar emoções e sons, além de conduzir dinâmicas e jogos didáticos com foco nas emoções. Além disso, coleta dados para autoadaptar o processo de ensino de acordo com o progresso do desenvolvimento. Portanto, a plataforma proposta busca contribuir para o ensino das habilidades emocionais, proporcionando um ambiente terapêutico que possa ser percebido como acolhedor, eficiente e personalizado.

Palavras-chave: Autismo, Robótica Assistiva, Jogos Educativos, Habilidades Emocionais, Computação Afetiva.

Abstract

Autism Spectrum Disorder (ASD) is a condition that affects the development of communication and social interaction from early childhood, and its diagnosis has significantly increased in the last decade. Early intervention is crucial for the development of affected skills. To this end, various therapeutic approaches have been used to evolve specific areas in children with ASD. Among these approaches, robotics has shown promising results in therapies for autistic children. However, it is still necessary to improve the robots' ability to express emotions, stimulate physical and visual contact, and adapt to the specific learning difficulties of each individual. In this context, this work proposes a robotic platform for teaching emotional skills to children diagnosed with ASD. The robot has a carefully designed appearance to be sensed as friendly and appealing to children, it is capable of expressing emotions and sounds, as well as conducting dynamics and educational games focusing on emotions. Additionally, it collects data to self-adapt the teaching process based on developmental progress. Therefore, the proposed platform aims to contribute to the teaching of emotional skills, providing a therapeutic environment that can be perceived as welcoming, efficient, and personalized.

Keywords: Autism, Assistive Robotics, Educational Games, Emotional Skills, Affective Computing.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Roda de emoções de Plutchik [Adaptado de: Plutchik (2001)].	27
Figura 2 – Expressões das seis Emoções básicas [Extraído de: Miguel (2015)]. . . .	28
Figura 3 – Exemplos de esquemas de bebê baixo (rosto estreito, testa baixa, olhos pequenos, nariz e boca grandes), não manipulado e alto (rosto redondo, testa alta, olhos grandes, nariz e boca pequenos) [Adaptado de: Glocker et al. (2009b)].	29
Figura 4 – Robô: Kaspar [Extraído de: Guizzo e Klett (2023)]	30
Figura 5 – Robô: NAO [Extraído de: Guizzo e Klett (2023)]	30
Figura 6 – Robô: Maria T21 [Extraído de: Damasceno (2022)]	31
Figura 7 – Robô: Kiwi [Extraído de: Guizzo e Klett (2023)]	31
Figura 8 – Robô: RABI [Extraído de: Reuters-Videos (2021)]	32
Figura 9 – Robô: FLASH [Extraído de: Guizzo e Klett (2023)]	32
Figura 10 – Robô: Moxie [Extraído de: Embodied (2023)]	33
Figura 11 – Robô: Zeno [Extraído de: Guizzo e Klett (2023)]	33
Figura 12 – Robô: QTrobot [Extraído de: Guizzo e Klett (2023)]	34
Figura 13 – Robô: Pepper [Extraído de: Guizzo e Klett (2023)]	34
Figura 14 – Modelagens iniciais: protótipos de rostos.	44
Figura 15 – Rosto final com modelagens representando as seis emoções básicas. . .	45
Figura 16 – <i>Frames</i> das animações de cada emoção	46
Figura 17 – <i>Frames</i> das transições entre a expressão neutra e cada emoção	47
Figura 18 – Visão completa da modelagem do robô 3D.	48
Figura 19 – Tela para iniciar/ligar o robô.	48
Figura 20 – Tela para seleção do nome para o robô.	49
Figura 21 – Principais telas de navegação.	49
Figura 22 – Menu introdutório para contextualizar as emoções.	50
Figura 23 – Associação das expressões faciais de cada emoção as respectivas cores. .	50
Figura 24 – Exemplo de sorteio 01: roleta com probabilidades iguais.	51
Figura 25 – Exemplo de sorteio 02: roleta com probabilidades diferentes.	52

Figura 26 – Exemplo de sorteio 03: roleta com probabilidades distintas.	53
Figura 27 – Tela com estatísticas de jogo.	54
Figura 28 – Execução do Jogo-01 com a emoção sorteada: Tristeza.	55
Figura 29 – Telas de resultado das respostas corretas e incorretas.	56
Figura 30 – Diagrama de Sequência do Jogo-01.	57
Figura 31 – Execução do Jogo-02 com a emoção sorteada: Tristeza.	58
Figura 32 – Diagrama de Sequência do Jogo-02.	58
Figura 33 – Execução do Jogo-03 com a emoção sorteada: Felicidade.	59
Figura 34 – Diagrama de Sequência do Jogo-03.	60
Figura 35 – Cenário selecionado 01: estatísticas do robô para o Jogo-01.	63
Figura 36 – Cenário selecionado 02: estatísticas do robô para o Jogo-03 e registro de jogadas. Essas informações permitem a adaptação do processo de aprendizagem para as dificuldades específicas de cada criança.	64
Figura 37 – Telas relacionadas a três jogadas diferentes no Jogo-03, nas quais foram sorteadas a emoção nojo. A diversidade de imagens na base de dados adotada permite apresentar diferentes imagens para a mesma emoção.	65
Figura 38 – Ponto de melhoria: apesar de possuir uma estrutura física amigável, as esteiras do robô podem apresentar um risco, dada a falta de proteção.	66

Lista de tabelas

Tabela 1 – Análise qualitativa dos robôs assistivos selecionados.	35
Tabela 2 – Especificações detalhadas e avaliações dos robôs assistivos selecionados.	36
Tabela 3 – Exemplo de sorteio 01: busca pela emoção sorteada.	51
Tabela 4 – Exemplo de sorteio 02: faixas de valores para cada emoção.	52
Tabela 5 – Exemplo de sorteio 03: faixas de valores para cada emoção.	53
Tabela 6 – Exemplo de análise de erro para a emoção Felicidade, buscando a emoção secundária mais problemática (nesse caso, foi a emoção Medo). . .	53
Tabela 7 – Tabela de pontuação de acordo com o tempo gasto para responder. . .	56

Lista de siglas

ASD *Autism Spectrum Disorder*

CDC Centro de Controle e Prevenção de Doenças dos Estados Unidos

GPL *GNU General Public License*

IHC Interação Humano-Computador

IHR Interação Humano-Robô

RaFD The Radboud Faces Database

RSA Robótica Socialmente Assistiva

SAR *Socially Assistive Robotics*

TEA Transtorno do Espectro Autista

VBI *Video-Based Intervention*

VR *Virtual Reality*

Sumário

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Justificativa	22
1.2	Objetivos	23
1.3	Método	23
1.4	Organização	24
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
2.1	Conceitos Fundamentais	25
2.1.1	Transtorno do Espectro Autista	25
2.1.2	Roda das Emoções de Robert Plutchik	26
2.1.3	Expressões Faciais das Emoções Básicas	27
2.1.4	O Kindchenschema Lorenziano	28
2.1.5	Robótica Socialmente Assistiva	29
2.2	Recursos Tecnológicos	37
2.2.1	Ferramentas de Desenvolvimento	37
2.2.2	Base de Imagens de Expressões Faciais	38
2.3	Trabalhos Correlatos	39
2.3.1	Robótica no Ensino das Emoções	39
2.3.2	Jogos Didáticos no Ensino das Emoções	41
3	PLATAFORMA ROBÓTICA PROPOSTA	43
3.1	Modelagem das Emoções Faciais	43
3.2	Modelagem do Robô	47
3.2.1	Integração das Emoções e Cores	49
3.2.2	Seleção Estocástica de Emoções	51
3.3	Desenvolvimento de jogos didáticos	54
3.3.1	Acessibilidade (Inclusão de Áudio)	59

4	ANÁLISE PRELIMINAR E DISCUSSÕES	63
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS . .	67
	REFERÊNCIAS	69

Introdução

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) — em inglês, *Autism Spectrum Disorder* (ASD) —, é uma condição que afeta o desenvolvimento da comunicação e interação social desde a primeira infância. Os primeiros sinais podem ser identificados antes dos três anos de idade. Iniciar o tratamento o mais cedo possível resulta em um melhor desenvolvimento das habilidades afetadas (DUARTE et al., 2016). Na última década, observou-se um aumento no número de diagnósticos de autismo, conforme dados do Centro de Controle e Prevenção de Doenças dos Estados Unidos (CDC) (ZEIDAN et al., 2022).

Há uma variedade de tratamentos e terapias disponíveis para aprimorar áreas específicas do desenvolvimento afetadas pelo TEA, conforme evidenciado por Teixeira-Machado (2015), Souza (2018) e Lúcio et al. (2020). Essas abordagens têm como objetivo aprimorar diferentes aspectos, incluindo cognição, habilidades de imitação e coordenação, interação social, identificação das emoções, linguagem e percepção tátil.

As emoções são características que surgem precocemente, uma vez que suas expressões são universais. Crianças constroem um repertório de memórias relacionadas a cada emoção, aprendendo como elas são expressas e quais reações causam nas pessoas ao seu redor. No entanto, crianças com TEA podem ter dificuldades em identificar emoções por meio das expressões faciais (JR et al., 1999). Essa dificuldade não está ligada à inteligência geral, pois elas conseguem identificar os elementos que compõem uma expressão facial, mas a dificuldade em atribuir um significado emocional ao conjunto de elementos.

Nos últimos anos, as tecnologias assistivas têm sido aplicadas no tratamento de indivíduos com TEA (MORESI et al., 2018). Essas tecnologias englobam recursos tecnológicos desenvolvidos para melhorar a qualidade de vida e a inclusão social de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida. Dessa maneira, a integração da tecnologia assistiva para pessoas com TEA auxilia em diversos aspectos do desenvolvimento, tais como alfabetização, estímulo da fala, concentração, integração social, compreensão do ambiente e na expressão de emoções.

Nesse contexto, surgiram aplicativos, jogos eletrônicos e robôs como apoio nas terapias de pessoas com TEA. A robótica tem sido utilizada devido à sua capacidade de atrair

a atenção e à sua adaptabilidade para melhorar habilidades específicas (SALEH; HANA-PIAH; HASHIM, 2021). Vários robôs foram criados especialmente para o tratamento de crianças com TEA, enquanto outros, mesmo sem essa finalidade específica, são usados em atividades que contribuem para o desenvolvimento de habilidades pessoais.

Após uma pesquisa sobre terapias robóticas em indivíduos com TEA, foram analisados os perfis e características desses robôs, bem como as habilidades que cada um deles visa tratar. Identificou-se uma lacuna no ensino de emoções por meio dos robôs, pois muitos deles possuem rostos pouco expressivos (apresentam expressões faciais imprecisas). Além disso, aqueles que possuem telas para exibir expressões faciais geralmente têm poucas variações emocionais. Porém, nos robôs analisados que abordam o tema das emoções, utiliza-se a técnica de histórias sociais e modelação por vídeo para o ensino. É importante ressaltar que a maioria dos robôs pesquisados, que trabalham com emoções, limita-se ao ensino das quatro emoções básicas: felicidade, tristeza, medo e raiva.

Embora existam desafios a serem enfrentados no desenvolvimento de robôs que abordem as emoções de forma mais abrangente, a integração da tecnologia assistiva e da robótica no tratamento de pessoas com TEA mostra-se promissora. Com esforços contínuos de pesquisa e desenvolvimento, é possível que futuros avanços permitam a criação de robôs mais expressivos e personalizados, capazes de auxiliar no ensino e na compreensão de um espectro mais amplo de emoções. Essas inovações têm o potencial de complementar as terapias existentes e proporcionar uma abordagem mais completa e eficaz para o desenvolvimento emocional de indivíduos com TEA.

1.1 Justificativa

Devido ao aumento nos diagnósticos de crianças com TEA, é fundamental contar com recursos que auxiliem no ensino e desenvolvimento de habilidades. Cada criança possui um perfil comportamental único, afetado de maneira diferenciada pelo TEA, o que implica que as respostas a cada técnica de desenvolvimento também sejam distintas. Ter diversas opções de ferramentas torna o ensino mais adaptativo, permitindo personalizar as abordagens de acordo com as habilidades mais afetadas e o nível de desenvolvimento.

As emoções desempenham um papel crucial ao fornecer um *feedback* sobre como estímulos externos e internos afetam uma pessoa. Elas constituem uma forma de comunicação não verbal compreendida em todo o mundo. As emoções são essenciais para a aprendizagem e os relacionamentos pessoais, pois, são através delas que as pessoas buscam satisfação e emoções positivas, ao mesmo tempo que evitam emoções que podem trazer sentimentos negativos (FONSECA, 2016). Para o desenvolvimento humano, é importante saber identificar e expressar emoções. No entanto, crianças com TEA enfrentam dificuldades nesse aspecto, algo que, para outras crianças, é natural. Por essa razão, o ensino das emoções é crucial para crianças com TEA, permitindo que compreendam e se expressem

de maneira mais adequada, entendendo suas emoções e o contexto em que elas surgem. Esse aprendizado proporciona melhorias gerais nos relacionamentos interpessoais.

Por fim, terapias com robôs estão em constante evolução, oferecendo uma ampla gama de possibilidades e superando os benefícios proporcionados por jogos isolados. Os robôs possuem uma capacidade única de personalização e adaptação, o que os torna ferramentas de ensino extremamente atrativas. Além disso, cativam a atenção das crianças por meio de combinações de cores, sons e movimentos dinâmicos, criando um ambiente envolvente que facilita a transmissão de informação e conhecimento. Essa capacidade de envolvimento direto e interativo faz com que os robôs sejam aliados poderosos no processo de ensino, proporcionando um engajamento mais efetivo e promovendo uma aprendizagem significativa (BARTL-POKORNY et al., 2021).

1.2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é fornecer apoio no ensino das emoções para crianças com TEA por meio da combinação da robótica e técnicas de ensino presentes na literatura. O foco está na integração dessas ferramentas para maximizar e concentrar-se em uma habilidade carente de ensino, ampliando as opções de recursos para o tratamento. Esse objetivo geral se divide nos seguintes objetivos específicos:

- ❑ Realizar um levantamento dos robôs utilizados no tratamento de crianças com TEA;
- ❑ Investigar as técnicas empregadas por cada robô para tratamentos específicos;
- ❑ Avaliar a eficiência das técnicas utilizadas para o ensino;
- ❑ Identificar áreas de ensino com escassez de recursos nos robôs existentes;
- ❑ Realizar a modelagem de um robô para o ensino de crianças com TEA;
- ❑ Desenvolver jogos didáticos voltados para o ensino das emoções.

1.3 Método

Realizou-se um levantamento dos robôs que vêm sendo utilizados no tratamento de crianças com TEA, bem como das dinâmicas em que esses robôs são empregados para interagir com as crianças. Após essa investigação, observaram-se os pontos de apoio no tratamento das crianças e as técnicas utilizadas pelos robôs para o ensino. Por exemplo, no auxílio ao desenvolvimento da fala, a técnica utilizada é o diálogo realizado pelo próprio robô como forma de ensino. Dessa maneira, foi possível identificar seis características em que os robôs auxiliam nesse tratamento: cognição, imitação e coordenação, interação social, identificação de emoções, fala e tato.

Vale ressaltar que nem todos os robôs abordam as seis características, e aqueles que auxiliam no tratamento de uma mesma característica, podem fazê-lo de diferentes formas e níveis de qualidade. Para realizar o levantamento dos perfis dos robôs e das técnicas que possuem a melhor qualidade para o ensino, os métodos de ensino de cada característica foram empiricamente pontuados com base em sua qualidade. Após essa avaliação, constatou-se que o ensino das emoções recebeu uma pontuação baixa, devido à escassez de robôs atuantes nessa área e à limitação desses em expressar emoções.

Com o objetivo de auxiliar no ensino das emoções para crianças com TEA, foi projetado um robô utilizando o software Blender, com características que possibilitam esse tipo de ensino. O robô possui um rosto exibido em uma tela, permitindo maior variação e expressão facial, além de uma segunda tela para interação com a criança, garantindo que o rosto esteja sempre visível durante o processo de aprendizado. Para ensinar o significado de cada emoção e como ela é expressa no rosto humano, foram projetados rostos utilizando o software Krita, destacando regiões de interesse como olhos, sobrancelhas e boca. A partir do rosto inicial, foram criadas variações de expressões para cada emoção, bem como todas as transições entre elas, para que esses rostos pudessem ser utilizados em jogos didáticos. Com base no robô modelado e nos rostos e expressões criados, foi desenvolvido jogos para despertar o interesse da criança e servir como fonte de ensino. Os jogos foram desenvolvidos no software Unity e utiliza expressões faciais e cores para ensinar as emoções. A partir da roda de emoções de Plutchik, atribuiu-se uma cor a cada uma das seis emoções básicas, que foram trabalhadas nos jogos de forma associativa.

1.4 Organização

O trabalho está organizado em cinco capítulos, abordando a motivação, desenvolvimento e conclusão do estudo. No Capítulo 1, é realizada a introdução ao tema, apresentando o contexto do autismo e suas limitações, além de expor os objetivos, justificativa e o método adotado. Já no Capítulo 2, é abordada a fundamentação teórica, explorando os tratamentos utilizados para crianças com TEA, e descrevendo a roda de emoções de Robert Plutchik e as expressões faciais de Ekman. Também são descritos o conceito de Kindchenschema Lorenziano, recursos tecnológicos utilizados no trabalho, a base de imagens aplicada nos jogos didáticos e estudos correlatos. No Capítulo 3, a plataforma robótica é proposta, descrevendo a sua modelagem, a criação dos rostos e telas interativas, bem como a elaboração dos jogos para interação das crianças. No Capítulo 4, são apresentadas uma análise preliminar e as discussões dos resultados obtidos a partir de uma série de jogadas, além do funcionamento do algoritmo de adaptação do jogo. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as conclusões, consolidando os principais achados, contribuições alcançadas ao longo da pesquisa e possíveis trabalhos futuros.

Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta os principais pontos que compõem a Fundamentação Teórica. A Seção 2.1 descreve os conceitos fundamentais. Os principais recursos tecnológicos utilizados no desenvolvimento da proposta deste trabalho são detalhados na Seção 2.2. Finalmente, a Seção 2.3, apresenta os trabalhos correlatos com a abordagem proposta.

2.1 Conceitos Fundamentais

Nesta seção serão descritos os conceitos fundamentais necessários para o entendimento deste trabalho: (i) a roda de emoções de Robert Plutchik que estabelece uma associação entre cores e as emoções; (ii) as expressões faciais das seis emoções básicas com base no trabalho de Paul Ekman; (iii) o modelo “esquema de bebê” para modelagem de características faciais e corporais; e, por fim, (iv) a definição e os exemplos de robôs assistivos utilizados em terapias e tratamentos para crianças com autismo.

2.1.1 Transtorno do Espectro Autista

O Transtorno do Espectro Autista (TEA), popularmente conhecido como autismo, é considerado um distúrbio no neurodesenvolvimento que se manifesta desde a infância. Esse distúrbio resulta, principalmente, na dificuldade de comunicação e interação social, e a comportamentos restritivos e repetitivos. De acordo com Oliveira (2019), nos Estados Unidos, o TEA afeta 1 em cada 68 crianças. Sua incidência, no âmbito mundial, segundo Mapelli et al. (2018), é de 10 a cada 10000 crianças (existe uma grande subnotificação nesse cenário), tendo uma proporção de um caso para crianças do sexo feminino para cada cinco casos em crianças do sexo masculino.

O impacto do TEA no desenvolvimento infantil é uma evolução tardia na linguagem e no aspecto comportamental, déficits cognitivos que podem afetar a atenção alternada e seletiva, linguagem, memória de curto prazo, dentre outros. As crianças autistas que possuem isolamento social maior, apresentam um déficit cognitivo superior, pois, sua

percepção do uso da linguagem é reduzida (PROENÇA; SOUSA; SILVA, 2021). Existem diversos tipos de terapias para o TEA, e a família desempenha um papel fundamental no tratamento e desenvolvimento da criança, pois é essencial que a família a estimule e a apoie em suas dificuldades.

Entre os tratamentos disponíveis, o uso da tecnologia tem aumentado, onde a tecnologia assistiva está cada vez mais presente nas terapias. A intervenção baseada em vídeo — em inglês, *Video-Based Intervention* (VBI) —, possui fortes evidências de sua eficiência no ensino de comunicação, habilidades sociais e acadêmicas para estudantes com TEA (MORESI et al., 2018). Os dispositivos portáteis, como *tablets* e *smartphones*, tornam o uso da VBI acessível, facilitando a sua aplicação em terapias e atividades pedagógicas.

Diversos aplicativos e jogos têm sido desenvolvidos para estimular o desenvolvimento de crianças com TEA, como o ABC Autismo, AutApp, TEO (Tratar, Estimular e Orientar) e As Descobertas de Albert, conforme evidenciado por Aragão, Júnior e Zaqueu (2019). Pesquisas mostram que o uso da tecnologia no ensino de crianças com TEA tem demonstrado resultados que comprovam o seu benefício para o desenvolvimento cognitivo, comunicação, interação social e emoções (FREIRE; EGYPTO; SOUSA, 2022). O uso de ferramentas digitais promove uma maior autonomia, autorregulação, atenção e coordenação visomotora, reduzindo nas crianças os movimentos disruptivos e agitação. Outras pesquisas demonstram que ferramentas que utilizam tecnologia sensível ao toque (*touch*), são responsáveis por acionarem o sistema háptico e mecanismos neurofisiológicos, auxiliando no desenvolvimento da coordenação visomotora e permitindo uma acessibilidade maior em seu manuseio para indivíduos com TEA (BARROSO; SOUZA, 2018). Outro aspecto da tecnologia é a flexibilidade na manipulação de suas variáveis, possibilitando ajustes de níveis de dificuldades conforme a evolução das terapias.

2.1.2 Roda das Emoções de Robert Plutchik

Em 1982, o psicólogo Robert Plutchik (PLUTCHIK, 1982) definiu uma roda de emoções com o objetivo de estabelecer um consenso dentro do estudo das emoções sobre o que realmente são as emoções. Segundo a teoria de Plutchik (2001), as cores têm distintos significados que evocam diferentes emoções. Utilizando a psicologia evolutiva para estudar as emoções (que evoluem e mudam com o tempo), a roda das emoções, ilustrada na Figura 1, contém oito sentimentos principais relacionados a oito cores, sendo: alegria/*amarelo*, confiança/*verde-claro*, medo/*verde-escuro*, surpresa/*azul-claro*, tristeza/*azul-escuro*, nojo/*lilás*, raiva/*vermelho* e antecipação/*laranja*.

Além disso, ainda na Figura 1, é possível observar que a roda das emoções pode ser expandida em um cone de três dimensões, onde ocorre uma graduação de cores e emoções de acordo com a interpretação humana. Quando uma emoção está entre duas emoções da Roda das Emoções, isso gera uma emoção composta que é considerada um espaço sem cor e, portanto, menos intenso (PLUTCHIK, 2001). Assim, a emoção mais próxima do

núcleo (que só é visível em uma roda de emoções em três dimensões) terá a cor e a emoção mais pronunciada, o que afeta diretamente o comportamento do indivíduo.

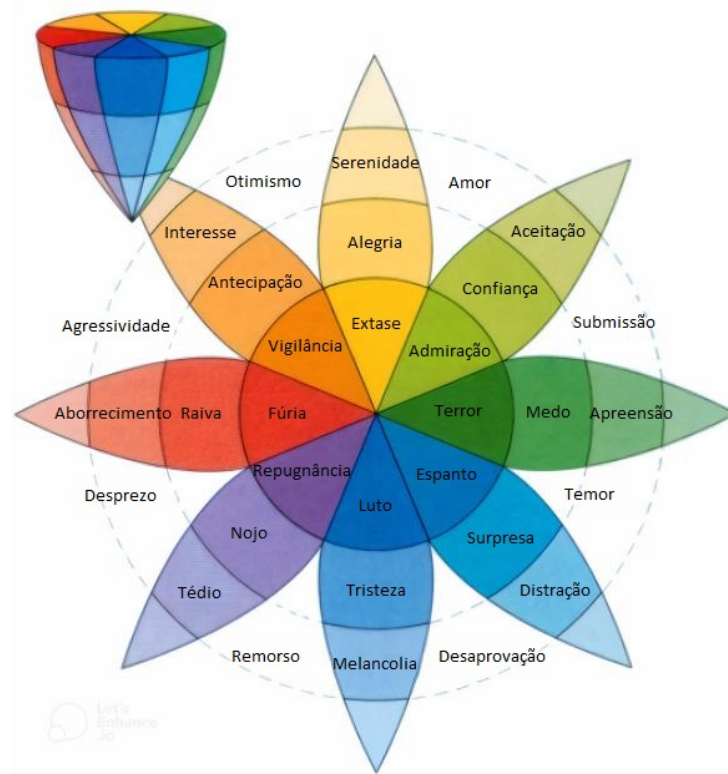


Figura 1 – Roda de emoções de Plutchik [Adaptado de: Plutchik (2001)].

2.1.3 Expressões Faciais das Emoções Básicas

Estudos realizados por Ekman, Sorenson e Friesen (1969) analisaram as expressões faciais de diferentes povos em diferentes regiões. Assim, foi observado que as expressões faciais referentes as emoções básicas são universais, i.e., essas expressões não são aprendidas ou sofrem variações, independente da cultura e região de um povo. Por meio desse estudo, as seis emoções básicas (sendo elas: alegria, tristeza, medo, raiva, nojo e surpresa) foram observadas e os movimentos faciais presentes em cada emoção foram analisados, como pode ser observado na Figura 2 (EKMAN; SORENSON; FRIESEN, 1969).

Ekman (2003) descreve as características principais de cada expressão facial referente das seis emoções básicas. A expressão facial referente a emoção felicidade (Figura 2a), apresenta uma elevação do sorriso e na contração de um músculo orbital que rebaixa a pele entre as pálpebras e sobrancelha. Na expressão típica do medo (Figura 2b), observa-se a abertura das pálpebras superiores com uma tensão nas pálpebras inferiores, mandíbula aberta com a parte inferior retraída e o levantamento das sobrancelhas.

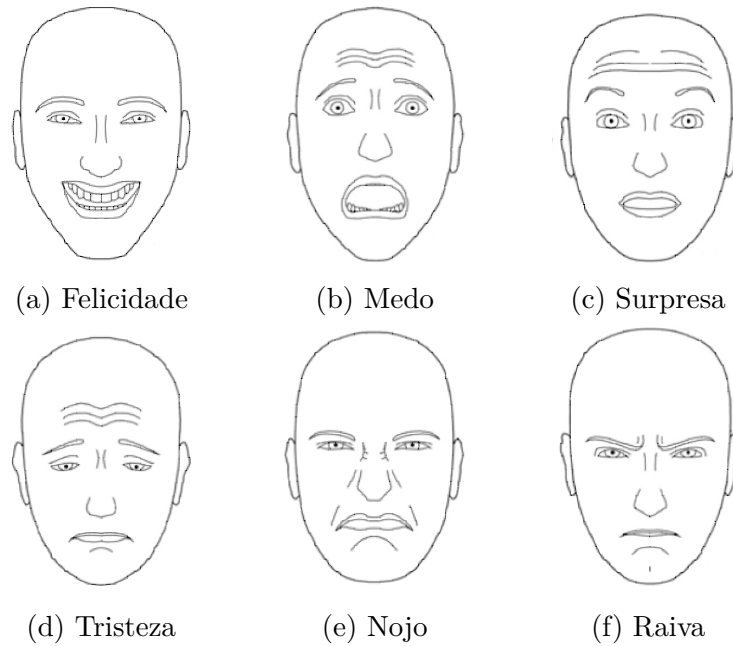


Figura 2 – Expressões das seis Emoções básicas [Extraído de: Miguel (2015)].

A expressão facial da emoção surpresa (Figura 2c) se assemelha a expressão de medo, distinguindo na elevação das pálpebras inferiores, na abertura da boca e no movimento de erguer a sobrancelha que causa um enrugamento maior na testa. A expressão da tristeza (Figura 2d) é caracterizada pelo rebaixamento das extremidades dos lábios, olhos apertados e caídos, elevação do centro das sobrancelhas e olhar para baixo.

A representação da emoção nojo pela expressão facial (Figura 2e), é composta pelo franzir do nariz e erguer das pálpebras inferiores. Além disso, nota-se a contração no queixo e o rebaixamento das sobrancelhas, se assemelhando com a expressão da emoção raiva. Por fim, a expressão de raiva (Figura 2f) consiste no rebaixamento da parte interna da sobrancelha, abertura dos olhos e tensão nos lábios.

2.1.4 O Kindchenschema Lorenziano

O etólogo Konrad Lorenz idealizou o conceito ‘Kindchenschema’ (esquema de bebê) para descrever as características faciais e corporais comuns em crianças e filhotes que despertam um instinto de proteção nos adultos (BORGHI; CIRULLI, 2013). Para isto, essas características incluem uma cabeça arredondada, olhos, testa e bochechas grandes, nariz e boca pequenos, membros curtos e roliços com pés e mãos pequenos. Os seres humanos interpretam esses traços como sinais de beleza, atratividade e “fofura”. Esse tipo de aparência não é restrito apenas a crianças e filhotes, mas também é encontrado em adultos e recebe o nome de neotenia (GLOCKER et al., 2009a).

Neste contexto, o esquema de bebê é caracterizado por algumas características físicas, que incluem uma cabeça maior em relação ao corpo, testa proeminente e alta, grandes olhos, bochechas proeminentes, nariz e boca pequenos, extremidades curtas e grossas e um

corpo roliço. Esses traços físicos são frequentemente associados à “fofura” e à atratividade, e podem ser encontrados em crianças e filhotes de diversas espécies animais (GLOCKER et al., 2009a). A Figura 3 apresenta como o esquema de bebê pode alterar um rosto.

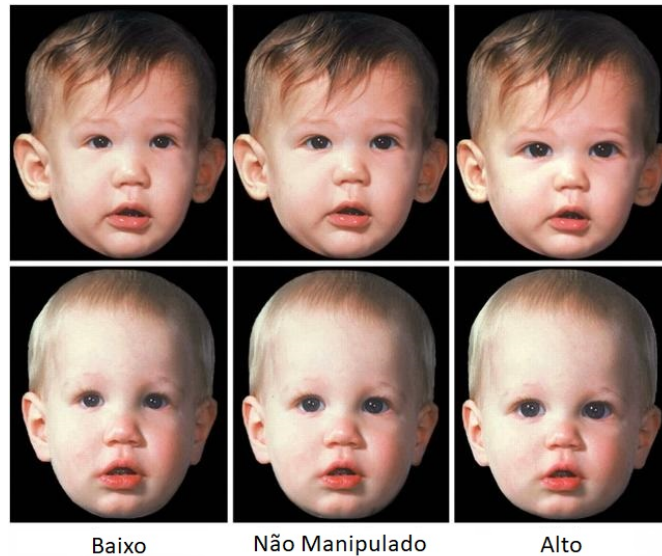


Figura 3 – Exemplos de esquemas de bebê baixo (rosto estreito, testa baixa, olhos pequenos, nariz e boca grandes), não manipulado e alto (rosto redondo, testa alta, olhos grandes, nariz e boca pequenos) [Adaptado de: Glocker et al. (2009b)].

Esses traços neotênicos são amplamente utilizados na criação de personagens de filmes de animação e jogos (ROBB, 2015), pois tornam os personagens mais atraentes e ajudam a estabelecer uma conexão emocional com o público.

2.1.5 Robótica Socialmente Assistiva

Na literatura, encontramos diversas categorias de robôs. Dentre essas categorias está a Robótica Socialmente Assistiva (RSA) — em inglês, *Socially Assistive Robotics* (SAR) —, que é considerada uma das três principais áreas da robótica no campo da Interação Humano-Robô (IHR) (FEIL-SEIFER; MATARIĆ, 2011). A RSA representa a intersecção entre a Robótica Assistiva e a Socialmente Interativa. Seu objetivo principal é criar uma interação próxima e eficaz com o usuário humano, buscando oferecer assistência e promover avanços mensuráveis em áreas como recuperação, reabilitação, aprendizagem e outros aspectos relacionados ao bem-estar humano.

A RSA vem sendo amplamente aplicada em terapias para crianças com TEA, buscando desenvolver a interação social e a inclusão, auxiliando na integração e ampliação de habilidades funcionais (BARTL-POKORNY et al., 2021). A interação com os robôs pode ser verbal, por meio de imagens, vídeos, jogos, gestos, toque e dinâmicas de grupo. Pesquisas mostram bons resultados na evolução das habilidades de crianças com TEA. A seguir, é apresentada uma lista com os principais robôs da atualidade utilizados na terapia de crianças com TEA.

- ❑ **Kaspar** (WOOD et al., 2021): O robô Kaspar foi desenvolvido pela Universidade de Hertfordshire para auxiliar no tratamento de crianças com TEA. Com características humanoides, se assemelha a uma criança de, aproximadamente, quatro anos. Kaspar reage a alguns estímulos táteis, conforme a intensidade do toque, para ensinar a identificar partes do corpo. Kaspar também pode ser usado em dinâmicas, estimulando a interação social entre as crianças, auxilia na exploração de emoções básicas e estimula a evolução cognitiva através de jogos.



Figura 4 – Robô: Kaspar [Extraído de: Guizzo e Klett (2023)]

- ❑ **NAO** (GOUAILLIER et al., 2009): NAO é um robô comercial com características humanoides, ele se movimenta, anda, dança e fala. Desenvolvido pela Aldebaran Robotics, é um robô de alta tecnologia, e tem sido usado para o ensino de programação, matemática, física, língua inglesa e outras disciplinas. Auxilia também no processo de socialização de crianças com TEA, por ser um robô com vários recursos que podem ser usados de forma positiva em terapias para o TEA.



Figura 5 – Robô: NAO [Extraído de: Guizzo e Klett (2023)]

- **Maria T21** (PANCERI et al., 2021): Maria T21 foi desenvolvido na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), e interage com as crianças por meio de jogos educacionais, incentivando o desenvolvimento cognitivo e habilidades motoras finas por meio de jogos de desenhos. O robô possui sensores e câmeras para monitorar a criança durante sua interação e para verificar evoluções durante o tratamento.

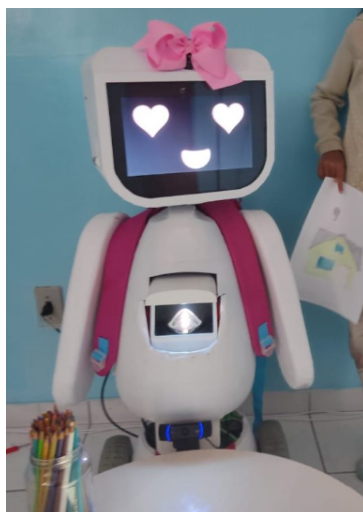


Figura 6 – Robô: Maria T21 [Extraído de: Damasceno (2022)]

- **KIWI** (JAIN et al., 2020): Desenvolvido por pesquisadores do Departamento de Ciência da Computação da Universidade do Sul da Califórnia (USC), KIWI é um robô voltado para o tratamento de crianças com TEA, por meio de um aprendizado personalizado. KIWI usa jogos educacionais para o ensino de disciplinas escolares a crianças. Ele consegue se adaptar às dificuldades da criança e assim, trabalhar pontos específicos para uma melhor evolução no tratamento.



Figura 7 – Robô: Kiwi [Extraído de: Guizzo e Klett (2023)]

- ❑ **RABI** (SO, 2020): RABI é um projeto criado devido à dificuldade que crianças com TEA possuem de se relacionar com pessoas fora do seu grupo familiar. O robô interage com as crianças através da fala, incentivando a comunicação, e através do diálogo, ensinando sobre relacionamento e comportamentos adequados para determinados momentos. Assim, trabalha pontos específicos para uma melhor evolução no tratamento.



Figura 8 – Robô: RABI [Extraído de: Reuters-Videos (2021)]

- ❑ **FLASH** (KEDZIERSKI; JANIÁK, 2012): O robô FLASH foi criado com o propósito de auxiliar adultos no aprendizado e compreensão das emoções. Equipado de um rosto com partes móveis, é capaz de representar de forma simples as emoções básicas. Mediante situações reais, o robô consegue expressar as emoções, permitindo que os indivíduos correlacionem a emoção e a expressão com a situação ou fato que as ocasionou. Espera-se que a interação com o FLASH permita que adultos com TEA desenvolvam uma maior compreensão emocional e, conseqüentemente, aprimorem a capacidade de se comunicar de forma mais efetiva em atividades profissionais.

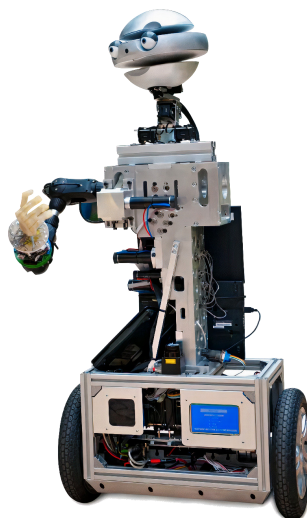


Figura 9 – Robô: FLASH [Extraído de: Guizzo e Klett (2023)]

- **Moxie** (HURST et al., 2020): Moxie é um robô companheiro que fala, expressa emoções, consegue ter um diálogo com a criança e se adaptar melhorando sua interação. Ele auxilia a criança na execução de tarefas e consegue medir sua evolução nas atividades, e ainda notifica os pais por meio de aplicativo. Moxie é um robô tecnológico, com bastante sensores e câmeras para monitoramento da criança durante suas interações.



Figura 10 – Robô: Moxie [Extraído de: Embodied (2023)]

- **Zeno** (HANSON et al., 2009): Zeno é um robô com objetivo principal de reforçar habilidades sociais e emocionais, comunicação e comportamentais de estudantes com TEA. Seu rosto se movimenta para expressar emoções e ele fala para interagir com a criança. Zeno também possui diversos módulos de ensino para ajudar no desenvolvimento cognitivo.



Figura 11 – Robô: Zeno [Extraído de: Guizzo e Klett (2023)]

- ❑ **QTrobot** (ZIAFATI; NAZARIKHORRAM, 2017): QTrobot é um robô companheiro usado no tratamento de crianças com TEA. Usando jogos interativos, dramatização e narrativas sociais para despertar interesse da criança, ele fala e consegue expressar emoções para o ensino de habilidades sociais. Ele possui planos personalizados de educação que se adaptam à medida que a criança evolui.

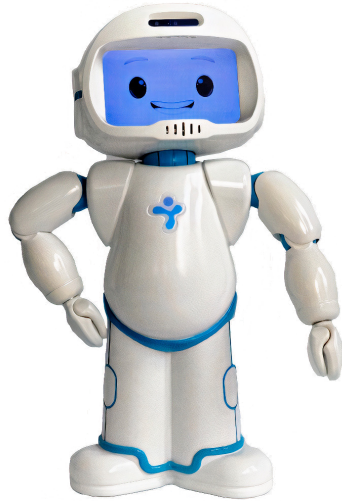


Figura 12 – Robô: QTrobot [Extraído de: Guizzo e Klett (2023)]

- ❑ **Pepper** (SOFTBANK; ALDEBARAN, 2014): Pepper é um robô socialmente inteligente, capaz de identificar emoções e dialogar. Ele vem sendo usado em sessões de terapias de jovens com TEA como estímulo para interação social. Pepper pode participar de atividades sociais e físicas, contar histórias e usar técnicas de relaxamento que ajudam a regular emoções dos pacientes.



Figura 13 – Robô: Pepper [Extraído de: Guizzo e Klett (2023)]

As características, habilidades e funcionalidades dos robôs previamente mencionados foram analisadas. Essa investigação está descrita nas Tabelas 1 e 2. Além disso, analisou-se a área de atuação desses robôs no contexto do ensino de crianças com TEA e identificaram-se pontos que necessitam de melhorias. Com base nessas informações, realizou-se uma comparação entre os robôs, com o objetivo de compreender quais aspectos apresentam deficiências no processo de ensino.

Na Tabela 1, os robôs foram empiricamente pontuados de acordo com suas áreas de atuação. Os pontos foram divididos em dois valores: 1, se o método utilizado pelo robô é considerado básico, e 2, se é considerado avançado. Após essa análise, tornam-se visíveis duas deficiências nos robôs listados: imitação/coordenação e identificação das emoções, sendo que em muitos casos a imitação/coordenação não é considerada, pois não é um aspecto levado em consideração para determinados robôs. Essa análise revelou uma necessidade de evolução na área de identificação de emoções, crucial para o processo de aprendizado, pelas plataformas robóticas.

Robôs	Características de Interesse					TOTAL
	Cognitivo	Imitação e Coordenação	Interação Social	Identificação de Emoções	Fala	
Kaspar	1	1	2	1	1	6
Nao	1	1	2	–	2	6
Maria T21	2	–	2	1	–	5
KIWI	2	–	2	1	1	6
RABI	1	–	1	–	1	3
FLASH	–	–	–	1	–	1
Moxie	2	–	2	2	2	8
Zeno	2	1	2	1	2	8
QTrobot	2	1	2	2	2	9
Pepper	2	1	2	2	2	9
Total p/ Categoria	15	5	17	11	13	

Tabela 1 – Análise qualitativa dos robôs assistivos selecionados.

Vale destacar que, robôs não humanoides, com aparência de animais, têm demonstrado ser uma ferramenta promissora no tratamento de crianças autistas. Sua aparência atrativa e familiar estabelece uma conexão emocional, o que facilita a interação e o engajamento durante as sessões terapêuticas. Além disso, esses robôs são programados para serem consistentes e previsíveis, criando um ambiente seguro e estruturado. Desempenhando um papel fundamental no ensino de habilidades sociais e emocionais, atuam como mediadores nas interações, oferecendo um suporte valioso e contribuindo para o desenvolvimento e o bem-estar das crianças com TEA (BARTL-POKORNY et al., 2021).

Na literatura revisada, foram identificados diversos modelos de robôs com diferentes configurações, os quais desempenham papéis variados e específicos no ensino de crianças com TEA. Alguns desses modelos têm se mostrado mais eficientes, abrangendo uma maior variedade de tipos de ensino e personalização, o que resulta em um aumento da

Robô	Características e Habilidades	Funcionalidades	Área de atuação	Avaliação
Kaspar	1- Humanoide; 2- Aparência de criança; 3- Movimenta os braços; 4- Expressões faciais; 5- Fala; 6- Epiderme sensível.	1- Ensina a criança a exercer um grau apropriado de força em suas interações, pois possui epiderme sensível; 2- Jogos de repetição, onde a criança deve imitar os movimentos do robô; 3- Ajuda no conhecimento de partes do corpo, ao tocar e dizer o nome da parte; 4- Auxilia na exploração de emoções básicas.	1- Cognitivo; 2- Imitação e coordenação; 3- Interação social; 4- Identificação de emoções; 5- Fala.	É necessária uma carga cognitiva alta do operador do robô, é importante simplificar os processos de controle para que o seu operador se concentre na criança, e não apenas nos controles e configurações do robô.
NAO	1- Humanoide; 2- Movimenta os membros; 3- Fala; 4- Programável.	1- Pode ser programado para jogos de repetição e ensino de matérias escolares; 2- Empregado em dinâmicas para estímulo de interações sociais; 3- Estimulo a fala.	1- Cognitivo; 2- Imitação; 3- Interação social; 4- Fala.	Necessidade de configurações para realização de cada dinâmica.
Maria T21	1- Android; 2- Monitor para exibição de imagens; 3- Fala; 4- Filma; 5- Movimentação por rodas.	1- Emite imagens e sons para gerar emoções nas crianças; 2- Filma a criança para obter informações sobre suas expressões faciais e evolução no tratamento; 3- Jogos de desenhos para evolução de habilidades motoras finas.	1- Cognitivo; 2- Interação social; 3- Identificação de emoções.	É preciso diversas repetições do experimento para se obter resultados significativos.
KIWI	1- Android; 2- Monitor para interação desacoplado do robô; 3- Fala; 4- Filma; 5- Aparência de coruja; 6- Rosto em tela animado.	1- Monitor para interação com jogos didáticos; 2- Robô dá feedback e instruções para os jogos; 3- Robô parabeniza os acertos, e aumenta o grau de dificuldade dos jogos; 4- Filma as crianças para saber o grau de envolvimento com o jogo.	1- Cognitivo; 2- Interação social; 3- Fala; 4- Identificação de emoções.	Considerando os seus atributos, o robô alcança o seu objetivo.
RABI	1- Android; 2- Fala; 3- Movimenta a cabeça.	1- Robô emite frases motivacionais e sobre comportamento adequado.	1- Cognitivo; 2- Interação social; 3- Fala.	Interação ocorre apenas por meio da fala.
FLASH	1- Android; 2- Rosto capaz de expressar emoções.	1- Robô capaz de expressar emoções com movimentos em eu rosto, para mostrar aprovação ou desaprovação para pessoas.	1- Identificação de emoções.	Emoções expressas diferentes das humanas.
Moxie	1- Android; 2- Rosto em tela animado; 3- Fala; 4- Filma; 5- Movimenta o corpo e braços.	1- Robô capaz de cantar e falar; 2- Realiza leituras auxiliando nos estudos; 3- Realiza jogos com a criança; 4- Se expressa também com movimentos.	1- Cognitivo; 2- Interação social; 3- Identificação de emoções; 4- Fala.	Considerando os seus atributos, o robô alcança o seu objetivo.
Zeno	1- Android; 2- Movimenta o corpo e braços; 3- Expressões faciais; 4- Fala; 5- Monitor para interação desacoplado do robô.	1- Monitor para interação através de jogos e dinâmicas; 2- Robô fala sobre as atividades; 3- Robô expressa emoções em seu rosto; 4- Robô gesticula ao falar.	1- Cognitivo; 2- Imitação; 3- Interação social; 4- Identificação de emoções; 5- Fala.	Considerando os seus atributos, o robô alcança o seu objetivo.
QTrobot	1- Android; 2- Rosto em tela animado; 3- Fala; 4- Movimenta o corpo e braços.	1- Robô realiza jogos e dinâmicas; 2- Robô fala sobre as atividades; 3- Robô expressa emoções na tela de seu rosto; 4- Robô gesticula ao falar.	1- Cognitivo; 2- Imitação; 3- Interação social; 4- Identificação de emoções; 5- Fala.	Considerando os seus atributos, o robô alcança o seu objetivo.
Pepper	1- Android; 2- Movimenta o corpo e braços; 4- Fala; 5- Monitor para interação acoplado no robô.	1- Monitor para interação através de jogos e dinâmicas; 2- Robô fala sobre as atividades; 3- Robô gesticula ao falar.	1- Cognitivo; 2- Imitação; 3- Interação social; 4- Identificação de emoções; 5- Fala.	Considerando os seus atributos, o robô alcança o seu objetivo.

Tabela 2 – Especificações detalhadas e avaliações dos robôs assistivos selecionados.

eficiência terapêutica. A disponibilidade de uma ampla diversidade de robôs e abordagens de ensino específicas para cada área auxilia na inclusão e atendimento de um número maior de crianças. Isso ocorre porque um robô que obteve êxito no ensino de uma criança pode não ser eficaz para outra, e, portanto, a diversidade de opções representa uma maior chance de encontrar um método de ensino que produza resultados positivos.

2.2 Recursos Tecnológicos

Nesta Seção são apresentados as ferramentas e os recursos tecnológicos importantes para o desenvolvimento deste trabalho. Dentre as ferramentas, destacam-se: (i) o Blender, uma suíte de criação 3D para modelagem, animação e criação de jogos; (ii) o Krita, um aplicativo voltado para a criação de arte digital, com foco em pintura, ilustração e texturização; (iii) o CANVA, uma plataforma que auxilia na criação de designs e edição de imagens; e (iv) o Unity, um motor de jogo utilizado na indústria e outras áreas, como arquitetura, educação, saúde e publicidade. Dentre os recursos tecnológicos, destaca-se: a base de imagens de expressões faciais The Radboud Faces Database (RaFD).

2.2.1 Ferramentas de Desenvolvimento

As seguintes ferramentas de desenvolvimento foram utilizadas para a modelagem e implementação da plataforma robótica proposta, juntamente com suas funcionalidades.

- **Blender** (BLENDER, 2018): O Blender é uma suíte de criação 3D gratuito e de código aberto. Oferece suporte a todas as etapas do *pipeline 3D*, desde modelagem e animação até renderização e criação de jogos. Usuários avançados podem personalizar o aplicativo com *scripts* Python que podem ser incluídos em futuras atualizações. O Blender é ideal para desenvolvedores individuais e pequenos estúdios, graças ao seu *pipeline* integrado e processo de desenvolvimento responsivo. Compatível com Linux, Windows e Macintosh, sua interface usa OpenGL para garantir uma experiência consistente. É um projeto de código aberto, licenciado sob a *GNU General Public License* (GPL), que permite que o público faça alterações no código-fonte e contribua para novos recursos, correções de *bugs* e usabilidade.
- **CANVA** (ZUKERMAN; LANCET, 2014): O serviço online CANVA é uma plataforma colaborativa destinada a auxiliar na criação de *designs* e edição de imagens. Possibilita a produção de diversos materiais, como cartões, convites, capas para redes sociais, currículos, pôsteres, apresentações em *slides* e identidade virtual para projetos, produtos e serviços. Embora seja gratuito, alguns *templates* e imagens do banco de dados exigem pagamento para utilização. O CANVA também oferece a opção de começar um trabalho do zero ou a partir de um *template*, permitindo

trabalho em equipe, o que é útil para projetos grandes. Além disso, a plataforma permite que o usuário escolha entre as medidas em *pixels* e centímetros, sendo adequado para a construção de sites. Em resumo, o CANVA é uma ferramenta que pode simplificar a explicação de ideias, conceitos e processos por meio de desenhos e figuras, tornando mais acessíveis os estudos e teorias em diversas áreas.

- ❑ **Krita** (ETTRICH, 2023): O Krita é um aplicativo gratuito e de código aberto, disponível em diversas plataformas, que oferece uma solução completa para a criação de arquivos de arte digital. Projetado para uso prolongado e focado, possui suporte explícito para ilustrações, arte conceitual, pintura fosca, texturas, quadrinhos e animações. Além disso, o Krita suporta padrões abertos e é capaz de interoperar com outros aplicativos. As ferramentas do Krita foram desenvolvidas com o objetivo de fornecer um aplicativo robusto para pintura digital e criação de obras de arte a partir do zero. Embora tenha recursos que se sobrepõem a outros editores, o Krita não pretende substituí-los, visto que suas ferramentas são mais relevantes para pintura digital, arte conceitual, ilustração e texturização, o que influenciou em grande parte o *design* do software.
- ❑ **Unity** (HAAS, 2014): O Unity é um motor de jogo e desenvolvimento de aplicativos que permite a criação de conteúdo interativo para diversas plataformas, incluindo *desktop*, *mobile* e *Virtual Reality* (VR). Com sua interface intuitiva e recursos avançados, o Unity é amplamente utilizado na indústria de jogos, mas também é aplicado em áreas como arquitetura, educação, saúde e publicidade. Além disso, o motor oferece suporte para várias linguagens de programação e uma comunidade ativa de desenvolvedores, o que torna mais fácil para os usuários compartilhar conhecimentos e recursos. No geral, o Unity é uma ferramenta versátil e poderosa para o desenvolvimento de conteúdo interativo, oferecendo recursos de alto desempenho e uma ampla gama de opções de personalização.

2.2.2 Base de Imagens de Expressões Faciais

A The Radboud Faces Database (RaFD) (LANGNER et al., 2010) é um conjunto de imagens de 67 modelos (incluindo homens, mulheres e crianças caucasianas e homens marroquinos holandeses), exibindo, com alta qualidade, oito expressões emocionais. A RaFD é uma iniciativa do Instituto de Ciências Comportamentais da Universidade Radboud de Nijmegen, localizada em Nijmegen (Holanda), e pode ser usada livremente para pesquisa científica não comercial por pesquisadores que trabalham em universidades oficialmente credenciadas. De acordo com o Sistema de Codificação de Ação Facial, cada modelo foi treinado para mostrar as seguintes expressões: raiva, nojo, medo, felicidade, tristeza, surpresa, desprezo e neutro. Cada emoção foi mostrada com três direções diferentes de olhar, e todas as imagens foram tiradas simultaneamente de cinco ângulos diferentes.

2.3 Trabalhos Correlatos

A robótica aplicada no ensino de emoções para crianças com TEA vem sendo explorada como uma alternativa promissora para melhorar a capacidade de reconhecer e expressar emoções dessas crianças. Diversos estudos têm explorado os benefícios da utilização de robôs como uma ferramenta para a promoção do ensino de habilidades sociais e emocionais em crianças com TEA. A revisão da literatura realizada por Cabibihan et al. (2013) destacou a importância dos robôs como uma ferramenta terapêutica, devido à sua capacidade de oferecerem um ambiente estruturado e previsível para a aprendizagem. Da mesma forma, uma revisão sistemática realizada por Pennisi et al. (2016) identificou que os robôs sociais apresentam uma grande variedade de vantagens em relação a outras tecnologias utilizadas no ensino de habilidades sociais e emocionais para crianças com TEA. Por fim, a revisão realizada por Ismail et al. (2018) destacou que a utilização de robôs como uma ferramenta terapêutica pode ser uma estratégia eficaz e segura para a promoção de habilidades sociais e emocionais em crianças com TEA.

2.3.1 Robótica no Ensino das Emoções

O estudo realizado por Adams e Robinson (2011), no qual foi utilizado um robô do tipo androide, apresentou resultados promissores em intervenções com crianças com TEA. O objetivo principal foi avaliar a eficácia do robô, focando especialmente no desenvolvimento das habilidades de reconhecimento de emoções em situações sociais reais. Além disso, a possibilidade de expandir o uso do robô para outras formas de intervenção foi explorada, como abordar sugestões sociais não-verbais (e.g., direção do olhar e turnos de fala) e proporcionar prática em contextos sociais através de atividades que estimulem emoções. Os autores acreditam que essa pesquisa contribuirá para o avanço do conhecimento na área de intervenção em crianças com TEA, oferecendo *insights* sobre a eficácia do uso de uma cabeça androide expressiva com recursos de reconhecimento de emoções.

No estudo realizado por Costa et al. (2014), propôs-se a automação de um robô chamado “ZECA”, desenvolvido pela *Hanson Robotics*, com o objetivo de incentivar crianças com TEA a reconhecer e nomear emoções. O experimento consistiu em apresentar 5 plaquinhas para a criança, cada uma com uma imagem referente a uma emoção e um *QR code*, e o robô exibia uma expressão facial e gestual correspondente a uma emoção. O desafio das crianças era identificar a emoção exibida pelo robô por meio das plaquinhas. Por sua vez, o ZECA identificava a resposta da criança por meio do *QR code* e respondia de acordo com a preferência de cada uma, seja por meio de movimentos, palavras ou ambos. Em caso de erro, o robô alertava a criança pelo erro e a incentivava a tentar novamente. Durante as sessões, observou-se uma melhora no tempo de resposta e na identificação correta das emoções pelas crianças.

Já no estudo de Miskam et al. (2014), foi explorado o uso do robô humanoide “NAO”

como ferramenta de ensino para o reconhecimento de emoções em crianças com TEA. O robô foi programado com um aplicativo Android específico que permite que as crianças interajam com ele e aprendam a reconhecer diferentes expressões faciais e corporais associadas a diferentes emoções. Durante o estudo, o robô NAO interagiu com um grupo de crianças com TEA, mostrando imagens e expressões faciais correspondentes a diferentes emoções. As crianças foram encorajadas a identificar e nomear as emoções que estavam sendo exibidas pelo robô. Os resultados indicaram que a interação com o robô NAO foi eficaz na melhoria da capacidade das crianças em reconhecer e identificar emoções.

O trabalho de Costa et al. (2017) apresenta um programa de treinamento para crianças com TEA, que utiliza um robô socialmente assistivo como parte do protocolo de intervenção. Esse treinamento é adaptado ao nível de desenvolvimento das crianças e é baseado em jogos para tornar o aprendizado mais divertido. O QTrobot foi usado como o principal meio de interação, expressando emoções de forma simples e clara para as crianças. O programa de treinamento é gravado usando a câmera do robô e uma câmera adicional voltada para a criança, registrando aspectos importantes da sessão. Embora estivesse em fase piloto quando apresentado, os resultados iniciais apresentados foram promissores. No entanto, são necessários estudos futuros para comparar o uso do robô com outras formas de administração do treinamento.

Mais recentemente, o trabalho de Santos (2019) empregou o robô “TEABot”, com características não-humanoides e se assemelhando a um brinquedo, no treinamento da capacidade de expressão facial emocional em crianças com TEA. O robô tem uma tela e uma câmera para captar imagens e um sistema de reconhecimento facial que pode detectar seis emoções básicas. Durante a interação, o robô exibe uma imagem humana expressando uma emoção e a criança deve replicar a imagem em seu rosto. O TEABot captura a imagem da expressão facial da criança e exibe uma mensagem em tela e em áudio sobre a precisão da expressão. Experimentos mostraram que o TEABot pode ajudar a melhorar a capacidade de expressão emocional em crianças com TEA.

Por fim, Glavey, Hines e Taylor (2022) utilizou o robô “Zoobee”, um robô socialmente assistivo desenvolvido para interagir com crianças com TEA e melhorar suas habilidades sociais e emocionais. O robô utiliza diversas estratégias interativas, incluindo conversas, jogos e histórias, para engajar as crianças e ajustar a interação de acordo com suas necessidades individuais. Além disso, o robô é capaz de reconhecer e responder às emoções das crianças e fornecer *feedback* visual através de um coração que muda de cor conforme o estado emocional do robô. O objetivo é ajudar as crianças a entender como o robô está se sentindo e a adaptar suas próprias interações. O robô também é programado para ajudar as crianças a desenvolver habilidades sociais específicas, incluindo comunicação e resolução de conflitos, através de jogos de imitação e outras atividades interativas. De acordo com os autores, o robô Zoobee se mostrou promissor para o desenvolvimento de habilidades sociais e emocionais em crianças com TEA.

2.3.2 Jogos Didáticos no Ensino das Emoções

Em grande parte dos estudos, o ensino das emoções ocorre através da aplicação de jogos didáticos (ZAKARI; MA; SIMMONS, 2014). De maneira simplificada, esses podem ser definidos como jogos nos quais o propósito principal é ensinar, treinar e/ou informar (e.g., jogos educacionais, para saúde, sustentabilidade e negócios), além de entreter.

No trabalho de Miranda et al. (2011), são abordadas diversas soluções que têm sido utilizadas no ensino de pessoas com TEA para reconhecer expressões faciais. O estudo destaca a importância do uso de métodos sistemáticos e estímulos realistas para melhorar o reconhecimento de emoções nesse contexto. Os métodos tradicionais que empregam imagens fixas e modelos convencionais de interação são contrastados com a abordagem interativa proposta. Essa abordagem propõe uma interação mais natural entre pessoas autistas (pacientes e/ou terapeutas) e avatares em 3D, com expressões faciais realistas. Acredita-se que essa interação mais imersiva e envolvente possa facilitar a generalização do conhecimento adquirido para situações da vida real.

Ainda nesse trabalho, os autores destacaram a importância da expressão facial na transmissão de emoções e argumentaram que o ensino do reconhecimento de emoções em pessoas autistas requer animações verossímeis. No entanto, gerar movimentos faciais realistas apresenta desafios devido às sutilezas envolvidas nesse processo. A abordagem proposta apresenta um modelo de interação inovador e sofisticado, semelhante a um jogo, que permite que os jogadores aprendam a reconhecer emoções faciais por meio da observação e imitação dos movimentos dos avatares. O modelo possui uma estrutura modular, o que oferece flexibilidade e adaptabilidade às necessidades individuais.

O trabalho de Garcia-Garcia et al. (2019) apresenta um sistema de jogos chamado “EmoTEA”, que tem como objetivo ensinar crianças com TEA a identificar e expressar emoções. O sistema é composto por três jogos diferentes: (i) o primeiro jogo utiliza cartas com representações de emoções básicas e um leitor NFC para que o usuário selecione a carta correspondente à emoção exibida no dispositivo móvel; (ii) o segundo jogo busca ensinar os usuários a expressar emoções por meio da mímica, utilizando detecção de expressões faciais; e, por fim, (iii) o terceiro jogo usa trechos de filmes da Pixar para que os usuários identifiquem emoções em situações contextuais. Os jogos são organizados em níveis de dificuldade crescente e o *feedback* fornecido é personalizado para incentivar o usuário a continuar jogando e aprender mais sobre as emoções. Apesar do interesse das crianças nos cartões, houve necessidade de ajuda inicial para que elas compreendessem como utilizá-los e onde colocá-los para que fossem lidos pelo dispositivo.

Buscando uma opção de ensino das emoções para crianças com TEA por meio de um programa de computador com interfaces tangíveis, Ramos-Aguiar e Álvarez-Rodríguez (2021) propõem um aplicativo denominado “Tangible Emotions” e sua primeira fase exploratória. No aplicativo, os níveis são desbloqueados à medida que as atividades são concluídas com sucesso. Após a seleção de um nível, os usuários são levados à interface

principal, onde uma frase relacionada a uma emoção específica (alegria, tristeza, desgosto, surpresa, medo e raiva) causada por um evento social é apresentada. A criança deve deduzir qual emoção sentiria em relação a esse evento e, com o auxílio de um adulto, selecionar o objeto correspondente a essa emoção e colocá-lo na interface tangível. O aplicativo avalia as respostas e fornece *feedback* para a criança.

Ainda se tratando do aplicativo Tangible Emotions, os autores destacaram a utilização de interfaces tangíveis e técnicas de gamificação, que oferecem uma abordagem diferenciada para o ensino de emoções em crianças com TEA. O uso de questões relacionadas a eventos sociais é considerado relevante, uma vez que crianças com TEA reconhecem que certas emoções estão associadas a situações específicas. Uma avaliação inicial de usabilidade foi realizada com especialistas em crianças com TEA, que indicaram resultados preliminares satisfatórios. No entanto, os autores sugerem melhorias nas interfaces e a implementação de diferentes métodos de avaliação de usabilidade com especialistas e crianças com TEA para obter melhores resultados.

Dantas et al. (2019) propuseram a criação do aplicativo “Michelzinho”, com o objetivo de aprimorar as habilidades de reconhecimento e expressão das emoções básicas. Essa proposta baseia-se na teoria de sistema de codificação de ação facial, combinada com avançadas técnicas de processamento digital de imagens. O aplicativo oferece aos usuários personagens, cenários e animações modelados em 3D projetados para se aproximar das características faciais humanas. Sua arquitetura foi concebida para dispositivos móveis, garantindo uma experiência fluida e acessível. Além disso, a funcionalidade de computação em nuvem permite o reconhecimento de emoções em uma ampla variedade de modelos e configurações de plataformas, ampliando sua utilidade e alcance.

Mais recentemente, Oliveira, Arantes e Mota (2021) desenvolveram o jogo “Meu Jardim de Emoções”, com o propósito de auxiliar crianças e adolescentes autistas a identificar e compreenderem as seis emoções básicas por meio do reconhecimento de expressões faciais. O jogo apresenta três personagens e oferece desafios em que o jogador precisa identificar a emoção representada por meio de uma série de imagens faciais do personagem citado na cena. Além disso, o jogo conta com *feedback* de acerto e erro e um sistema de recompensas para incentivar os jogadores a progredirem e alcançarem novos níveis. Apesar de o jogo estar pronto, sua eficácia como ferramenta terapêutica para crianças com TEA ainda não havia sido avaliada até o momento.

Plataforma Robótica Proposta

Como visto nos capítulos anteriores, o uso de robôs em terapias para crianças com TEA tem obtido resultados promissores. No entanto, o desenvolvimento de robôs que sejam capazes de expressar emoções, estimular o contato físico e/ou visual, e adaptar-se às dificuldades de aprendizado das crianças ainda é um desafio. Nesse sentido, propomos a modelagem e o desenvolvimento de uma plataforma robótica que busca abranger essas importantes características. O objetivo é criar um robô com uma aparência amigável e atraente para as crianças, capaz de expressar emoções e sons, e realizar jogos didáticos que auxiliem no ensino das emoções. Além disso, o robô irá coletar dados durante o processo de aprendizado, permitindo se adaptar às dificuldades encontradas. A plataforma robótica proposta busca, portanto, contribuir no ensino das habilidades emocionais de crianças com TEA, proporcionando um ambiente terapêutico mais acolhedor e eficiente.

3.1 Modelagem das Emoções Faciais

As emoções faciais foram modeladas com o uso do software Krita (ETTRICH, 2023), com base no conceito de *Baby Schema* (ver Seção 2.1.4 para mais detalhes), que consiste na criação de um rosto que atraia a atenção das crianças. Para isso, foram utilizadas características como olhos grandes e arredondados, nariz pequeno (desconsiderado na versão final) e a aproximação dos olhos com a boca. As regiões de interesse no rosto para trabalhar as emoções foram identificadas como a sobrancelha, os olhos e a boca.

Inicialmente, foi modelado um rosto que incluía a cabeça (Fig. 14). Nos modelos iniciais, o rosto e o cabelo mudavam de cor de acordo com a emoção expressada, como mostrado na Figura 14a. Em um segundo exemplo, apenas o rosto mudava de cor de acordo com a expressão, como ilustrado na Figura 14b. No entanto, em ambos os casos, as mudanças de cor davam a impressão de que o personagem era outro, i.e., um personagem para cada emoção. Isso não conciliava com a proposta do trabalho, que era criar um robô com uma única persona.

Diante disso, o modelo foi modificado onde o fundo da cabeça exibia a cor referente à

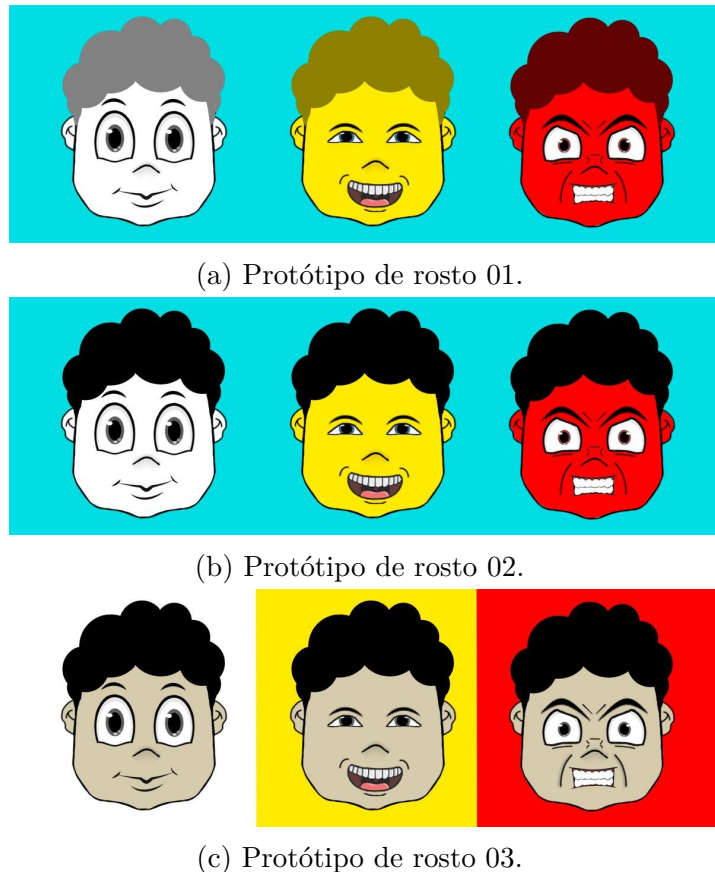


Figura 14 – Modelagens iniciais: protótipos de rostos.

emoção, como apresentado na Figura 14c. No entanto, o modelo precisou ser desconsiderado, pois a aparência não ficaria adequada com a tela que seria o rosto do robô exibindo uma cabeça completa. Dessa forma, o *design* foi restrito a modelar apenas o rosto que ocupasse toda a extensão da tela do robô.

O processo de desenvolvimento do modelo de rosto do robô foi crucial para garantir que ele transmitisse a emoção correta, sem confundir a identidade do personagem. Além disso, o modelo final foi projetado para ser mais condizente com a aparência de um rosto humano, o que contribuiu para aumentar a empatia e a interação com o robô.

A partir do rosto criado, foram modeladas sete variações de rostos para representar as emoções básicas usando como referência o trabalho de Ekman (2003).

O primeiro rosto criado foi o neutro (Fig. 15a), com um sorriso discreto de boca fechada e sobrancelha em posição de descanso, transmitindo a sensação de neutralidade e observação por parte do robô. Na Figura 15b, a emoção de medo foi representada por um rosto com a boca aberta e apresentando assimetria facial, olhos bem abertos e olhar para cima, sobrancelhas caídas na parte externa e levantadas na parte interna. Já a expressão de felicidade (Fig. 15c) foi composta por um rosto contendo um grande sorriso mostrando os dentes e olhos pouco fechados devido ao movimento das maçãs do rosto no sorriso, e sobrancelha em posição de descanso.

A emoção de surpresa (Fig. 15d) foi representada com olhos completamente abertos,

sobrancelhas erguidas em forma de arco e boca aberta na vertical. A tristeza (Fig. 15e), por sua vez, foi expressa com a boca aberta em formato de arco na parte superior, sobrancelhas próximas com a parte interna elevada, olhos caídos e lacrimejando. Na (Fig. 15f), a expressão de nojo foi composta por olhos fechados, sobrancelhas próximas, boca meio aberta e língua de fora, simulando a repulsa. Por fim, a emoção de raiva (Fig. 15g) foi representada por sobrancelha caída na parte interna, boca aberta na horizontal com os dentes expostos e olhos semifechados devido ao movimento da sobrancelha e boca.

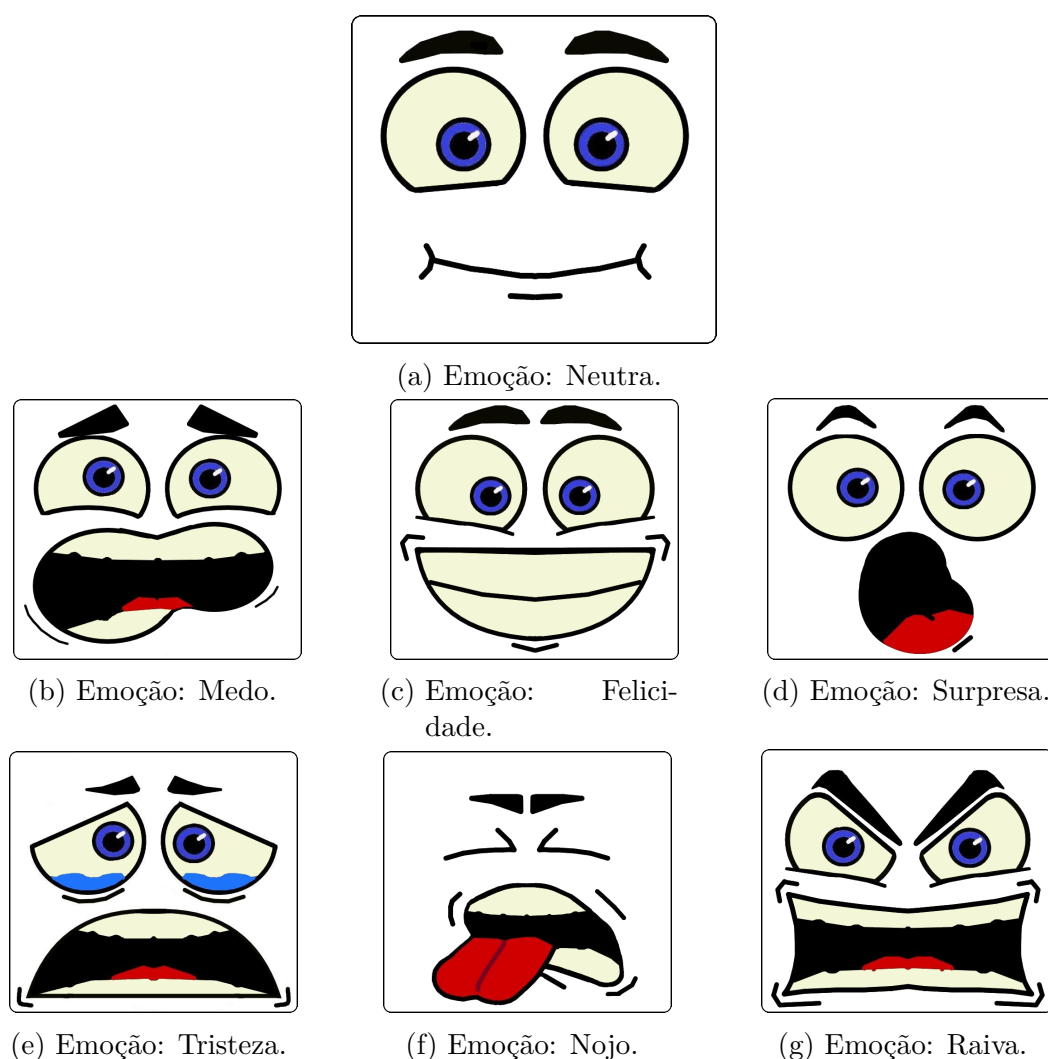


Figura 15 – Rosto final com modelagens representando as seis emoções básicas.

Buscando proporcionar uma interação mais rica e natural entre o robô e as crianças, foi necessário criar animações faciais que permitissem a exibição de diferentes emoções. Para isso, foram modelados os rostos do robô e o progresso de cada emoção, desenhado *frame a frame* utilizando o software Krita, conforme a Figura 16.

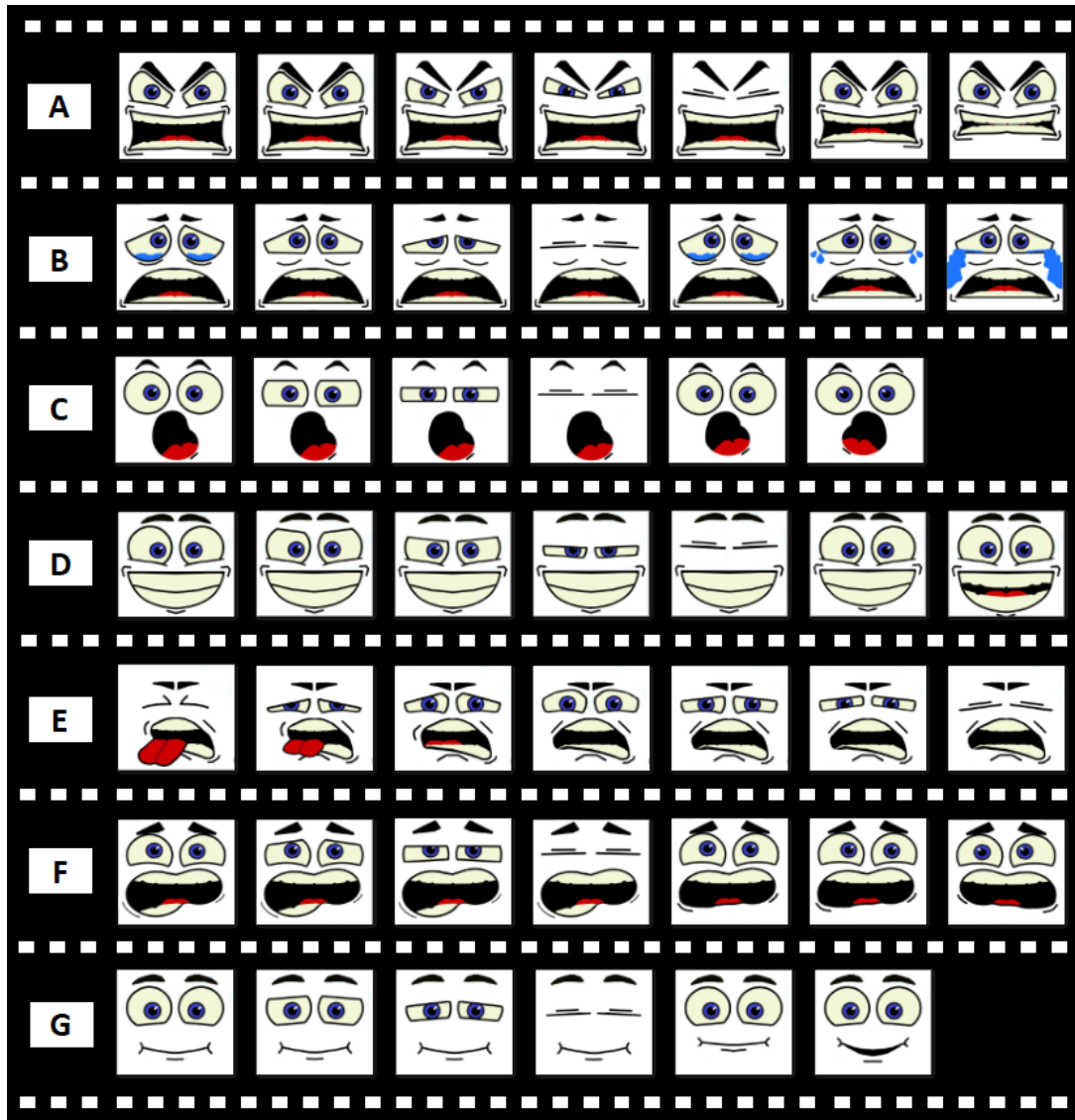


Figura 16 – *Frames* das animações de cada emoção: A) *Frames* da emoção raiva; B) *Frames* da emoção tristeza; C) *Frames* da emoção surpresa; D) *Frames* da emoção felicidade; E) *Frames* da emoção nojo; F) *Frames* da emoção medo; e G) *Frames* da expressão neutra.

A fim de evitar a aparência estática no rosto do robô, foram criados vídeos de exibição para cada emoção. Utilizando a plataforma CANVA, foram elaborados vídeos a partir dos *frames* desenhados, gerando movimento e tornando o rosto do robô animado. Além disso, para evitar transições bruscas entre as emoções, foram desenhados *frame a frame* as transições do rosto neutro para determinada emoção, bem como da emoção para o rosto neutro, como ilustrado na Figura 17. Os respectivos vídeos foram criados no CANVA, proporcionando uma fluidez na animação do rosto do robô e dando a impressão de que seu rosto está se movendo de forma semelhante ao rosto humano.

Com as animações criadas para cada emoção e transições suaves entre elas, o robô foi capaz de apresentar expressões faciais naturais e fluidas, permitindo uma interação mais agradável e confortável com as crianças.

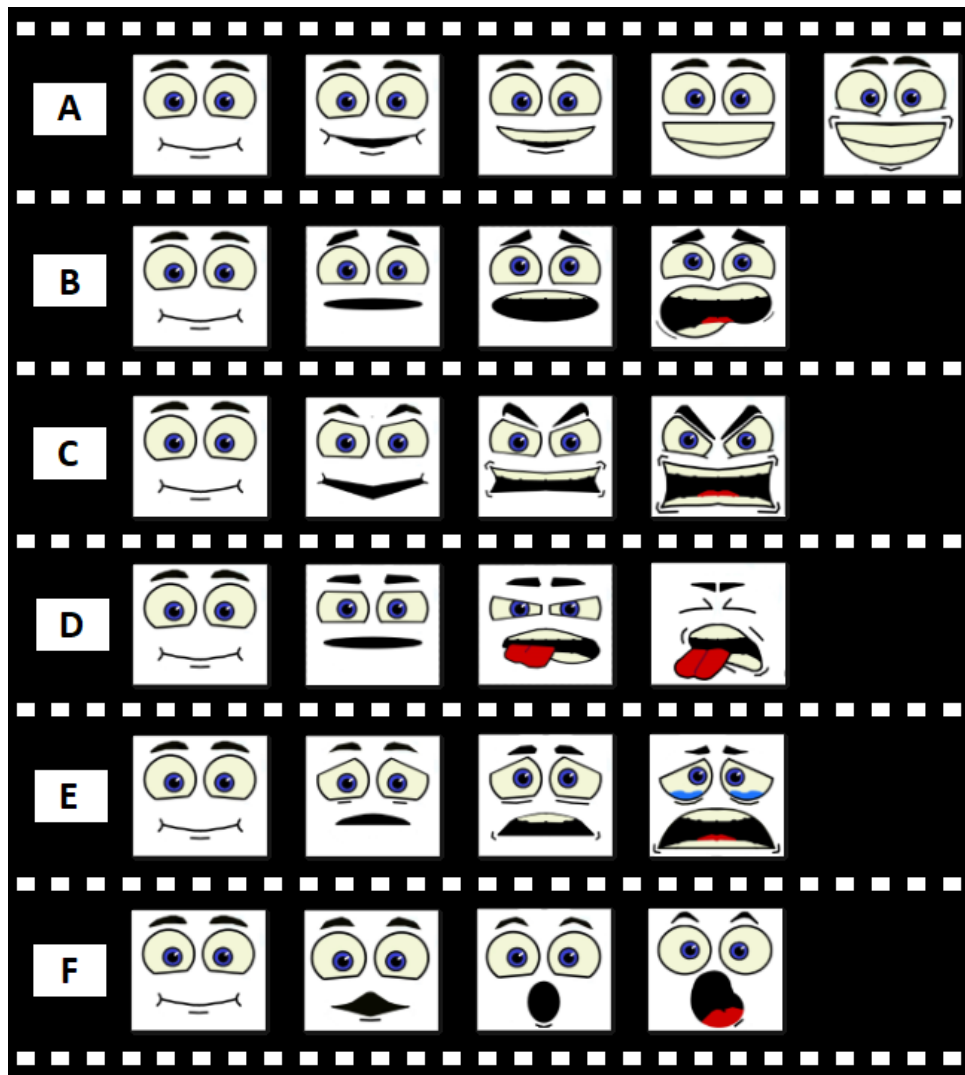


Figura 17 – *Frames* das transições entre a expressão neutra e cada emoção: A) *Frames* da transição neutro/felicidade; B) *Frames* da transição neutro/medo; C) *Frames* da transição neutro/raiva; D) *Frames* da transição neutro/nojo; E) *Frames* da transição neutro/tristeza; e F) *Frames* da transição neutro/surpresa.

3.2 Modelagem do Robô

O robô foi projetado no software Blender, utilizando a teoria do *Kindchenschema Lorenziano*, que consiste em proporções que lembram traços infantis, como uma cabeça maior em relação ao corpo e extremidades arredondadas (Fig. 18). Para garantir sua estabilidade durante as interações com as crianças, o robô foi equipado com rodas do tipo esteira, o que dificulta seu desequilíbrio e possíveis quedas. Além disso, o robô possui braços com articulações apenas nos ombros e movimentação limitada, uma vez que, no escopo deste trabalho, não serão utilizados nas interações.

O robô conta com duas telas: um na parte frontal de sua cabeça, que simula seu rosto e exibe variações de expressões emocionais durante suas interações, e uma segunda tela em seu tronco, onde a criança poderá selecionar jogos e receber *feedback* sobre sua

pontuação, estatísticas, acertos e erros durante os jogos. Para evitar confusões nos jogos que envolvem cores, as cores do robô são neutras e não associadas a emoções.

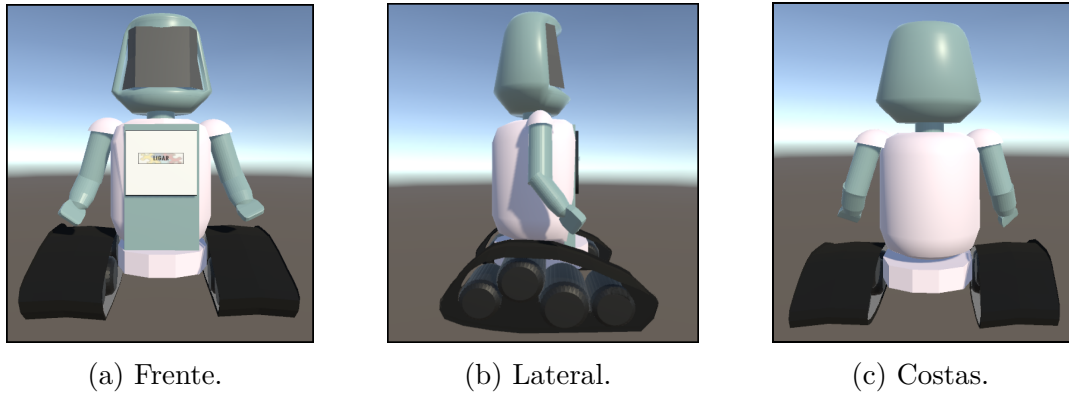


Figura 18 – Visão completa da modelagem do robô 3D.

Após a modelagem do robô no Blender, ele foi exportado para o software Unity para o desenvolvimento dos jogos didáticos e animações das telas. A primeira tela exibida ao ligar o robô é a ilustrada na Figura 19. Após ser ligado por meio de um botão físico, o robô exibe a animação com seu rosto neutro (Fig. 20b) e saúda a criança com a mensagem “*Olá! Como você gostaria de me chamar?*”. Em seguida, são apresentadas seis opções de nomes para a criança escolher. Quando um nome é selecionado, o robô o repete em forma de áudio. A criança pode mudar o nome, confirmá-lo ou desligar o robô (Fig. 20a). Se a criança desliga o robô, o nome não é salvo, e na próxima vez que ele for ligado, a tela de seleção de nome é exibida novamente. Se a criança seleciona um nome e confirma, ela é redirecionada para a tela de menu (Fig. 21a), e o nome selecionado fica registrado. Na próxima vez que o robô for ligado, ele irá se apresentar com o nome selecionado e irá diretamente para a tela de menu.

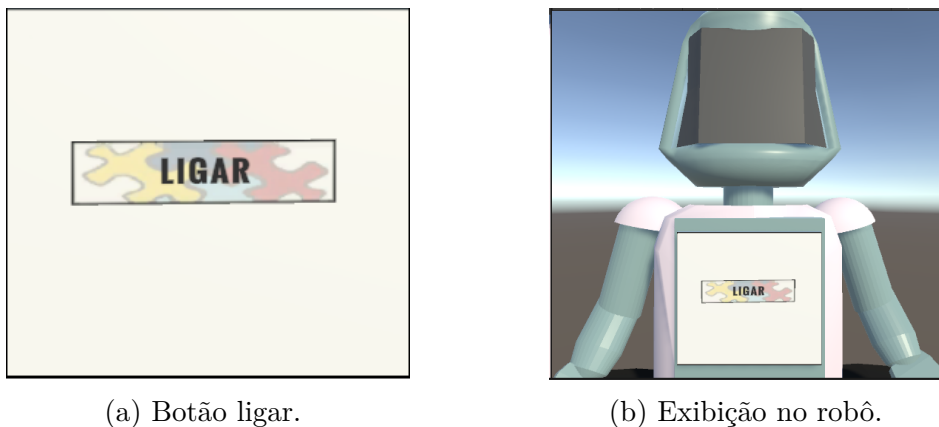


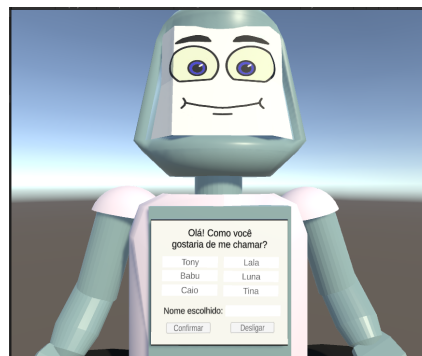
Figura 19 – Tela para iniciar/ligar o robô.

Olá! Como você gostaria de me chamar?

Tony	Lala
Babu	Luna
Caio	Tina

Nome escolhido:

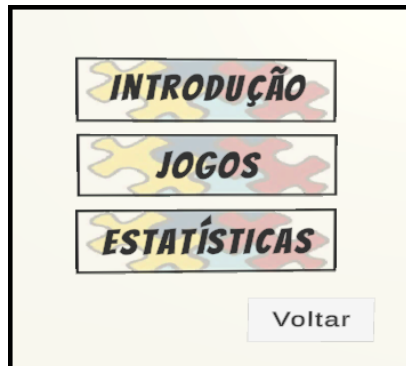
(a) Possibilidades de nomes.



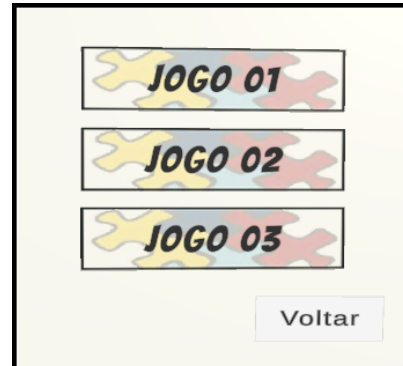
(b) Exibição no robô.

Figura 20 – Tela para seleção do nome para o robô.

A tela de menu oferece três opções: a tela de introdução, que redireciona para a tela de ensino das emoções (abordada nas próximas seções), as opções de jogos e estatísticas, ambas redirecionando para a mesma tela (Fig. 21b), mas com funções diferentes. Na tela de jogos, as três opções apresentadas iniciam seus respectivos jogos. Já na tela de estatísticas, serão exibidos os dados referentes ao jogo selecionado.



(a) Tela com o menu inicial.

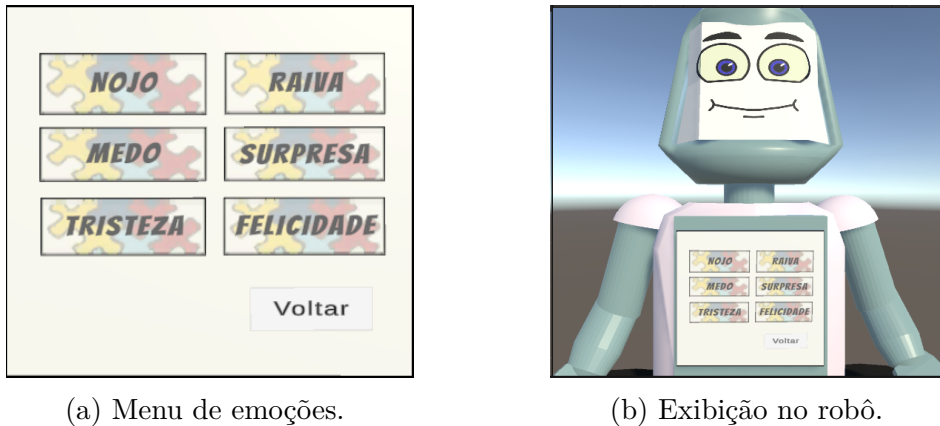


(b) Tela de seleção de jogo.

Figura 21 – Principais telas de navegação.

3.2.1 Integração das Emoções e Cores

No robô, foi desenvolvido um menu (Fig. 22) para contextualizar as emoções e associá-las a cores específicas. O menu apresenta seis botões, cada um correspondente a uma emoção. Ao selecionar uma emoção, o robô exibe a expressão facial correspondente e a cor associada em seu monitor, enquanto reproduz um áudio que contextualiza a emoção. Após a reprodução do áudio, a tela de seleção de emoção é exibida novamente e o robô retorna à sua expressão neutra.



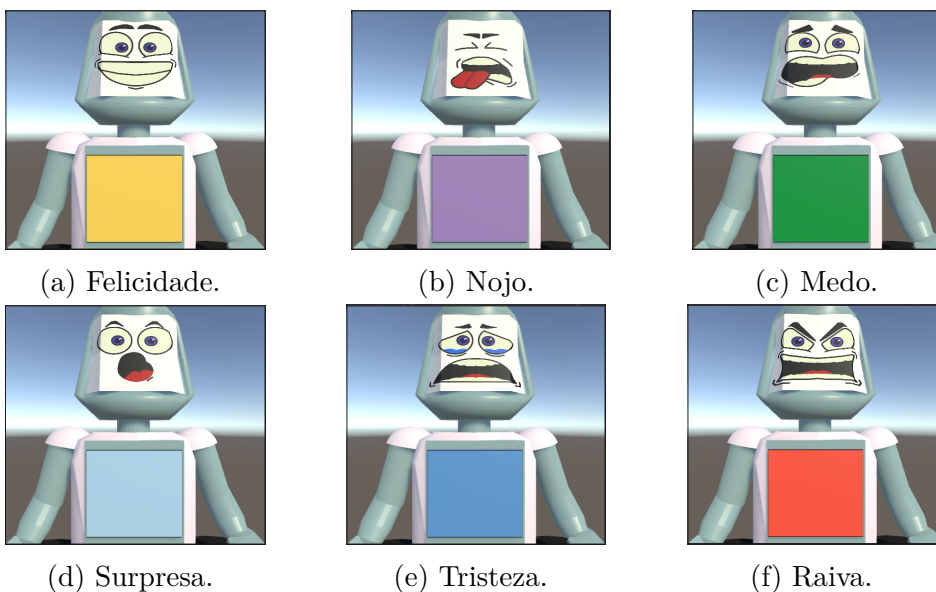
(a) Menu de emoções.

(b) Exibição no robô.

Figura 22 – Menu introdutório para contextualizar as emoções.

Cada emoção foi associada a uma cor e a um áudio específico, sendo:

- ❑ **Felicidade** - RGB:{255, 215, 88} (Fig. 23a): “*Essa é minha expressão de felicidade. Eu fico feliz quando você brinca comigo!*”;
- ❑ **Nojo** - RGB:{162, 132, 195} (Fig. 23b): “*Essa é minha expressão de nojo. Eu fico com nojo quando meu monitor está sujo!*”;
- ❑ **Medo** - RGB:{0, 152, 63} (Fig. 23c): “*Essa é minha expressão de medo. Eu fico com medo quando me deixam sozinho!*”;
- ❑ **Surpresa** - RGB:{175, 214, 244} (Fig. 23d): “*Essa é minha expressão de surpresa. Eu fico surpreso quando acontece algo inesperado!*”;
- ❑ **Tristeza** - RGB:{93, 154, 219} (Fig. 23e): “*Essa é minha expressão de tristeza. Eu fico triste quando gritam comigo!*”;
- ❑ **Raiva** - RGB:{255, 84, 62} (Fig. 23f): “*Essa é minha expressão de raiva. Eu fico com raiva quando me derrubam no chão!*”.



(a) Felicidade.

(b) Nojo.

(c) Medo.

(d) Surpresa.

(e) Tristeza.

(f) Raiva.

Figura 23 – Associação das expressões faciais de cada emoção as respectivas cores.

3.2.2 Seleção Estocástica de Emoções

Para realizar o sorteio das emoções nos jogos 01 e 02, foi utilizada uma técnica inspirada na roleta dos algoritmos genéticos. Antes de descrever o seu funcionamento, é necessário descrever como os dados dos jogos são armazenados. Cada jogo possui um arquivo de texto armazenado no robô. Esse arquivo é preenchido a cada rodada do jogo com as informações de “Emoção sorteada”, “Data da jogada”, “Pontos” e “Emoção selecionada”. Todos os jogos seguem o mesmo padrão de registro dessas informações.

Ao iniciar o robô pela primeira vez, todos os arquivos estão em branco, o que significa que todas as seis emoções possuem probabilidades iguais de serem sorteadas. Para garantir essa igualdade, cada emoção recebe um peso de 120, o que resulta em um *range* de 1 a 720 para o sorteio (6×720). As emoções são armazenadas em uma lista, cada uma com seus respectivos pesos. Após o sorteio de um número de 1 a 720, o algoritmo percorre a lista de emoções e verifica se o valor sorteado está dentro do intervalo de valores da posição atual. Dessa forma, é possível identificar qual emoção está relacionada ao valor sorteado. A Tabela 3 ilustra esse exemplo. No exemplo apresentado na tabela, o valor sorteado foi 550 e a lista de emoções foi percorrida até encontrar a emoção “Surpresa”, que possuía a faixa de pontos referente. Com base nesse exemplo, é possível observar que cada emoção possui uma probabilidade de 16,66% de ser sorteada, como exibido na Figura 24.

Após cada jogada, é necessário calcular a média de pontos para cada emoção no arquivo de texto correspondente. Para isso, é preciso percorrer o arquivo, somar os pontos de cada

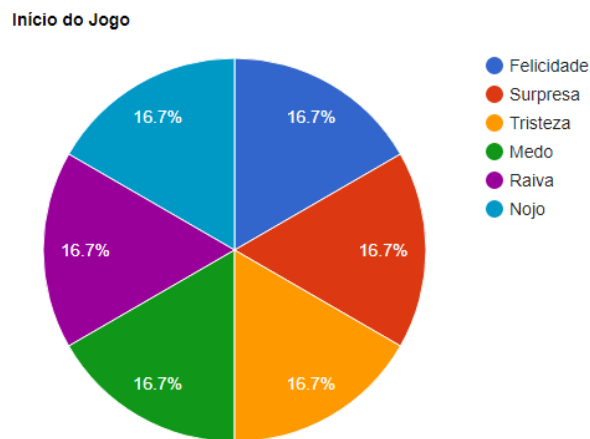


Figura 24 – Exemplo de sorteio 01: roleta com probabilidades iguais.

							Valor Sorteado	550
Emoções	Felicidade	Medo	Tristeza	Raiva	Surpresa	Nojo		
Pontos	120	120	120	120	120	120		
Faixa	1 até 120	121 até 240	241 até 360	361 até 480	481 até 600	601 até 720		
Busca	X	X	X	X	✓	-		

Tabela 3 – Exemplo de sorteio 01: busca pela emoção sorteada.

emoção e determinar a quantidade de jogadas para cada uma delas. A média de pontos para cada emoção é obtida pela fórmula: *(soma dos pontos/incidência)*.

Em seguida, é realizado outro cálculo para atualizar o peso de cada emoção para o próximo sorteio. Por exemplo, se a emoção Felicidade foi sorteada em uma única jogada, obtendo 100 pontos (pontuação máxima - o jogador acertou rapidamente), seu peso para o próximo sorteio será de 120 (valor inicial do peso) menos 100 (média de pontos), i.e., peso 20. Assim, o *range* para o próximo sorteio será de 1 até 620, como descrito na Tabela 4. A chance de cada emoção ser sorteada será de 19,35% para todas, exceto Felicidade, que terá apenas 3,22% de chance, como ilustrado na Figura 25.

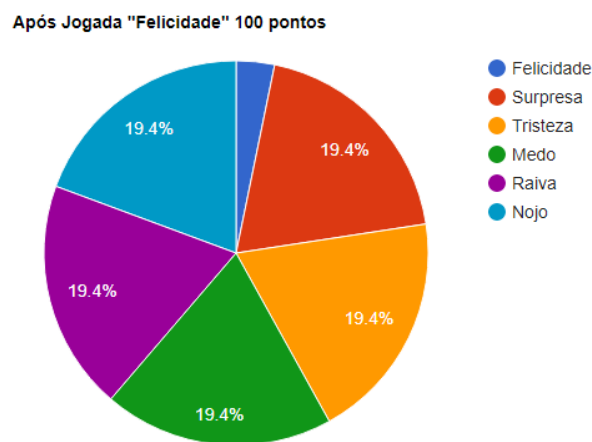


Figura 25 – Exemplo de sorteio 02: roleta com probabilidades diferentes.

Emoções	Felicidade	Medo	Tristeza	Raiva	Surpresa	Nojo
Pontos	20	120	120	120	120	120
Faixa	1 até 20	21 até 140	141 até 260	261 até 380	381 até 500	501 até 620
Busca	-	-	-	-	-	-

Tabela 4 – Exemplo de sorteio 02: faixas de valores para cada emoção.

Em outro cenário, em que todas as emoções têm média 100, exceto a emoção Nojo, com média 0, o peso para cada emoção com média 100 será de 20 (valor mínimo de peso), enquanto o peso para a emoção Nojo será de 120. Assim, o *range* para o próximo sorteio será de 1 até 220, conforme a descrito na Tabela 5. A probabilidade da emoção Nojo ser sorteada será de 54,54%, enquanto as demais emoções terão apenas 9,09% de probabilidade, conforme ilustrado na Figura 26.

No contexto do presente trabalho, o algoritmo utilizado favorece a escolha de emoções com pontuações mais baixas, visando reforçar o ensino das mesmas. Isso se deve ao fato de que, quando a média está baixa para determinada emoção, isso indica que a criança apresenta dificuldade em identificá-la. Assim, o algoritmo procura trabalhar mais frequentemente com a emoção em dificuldade, buscando nivelar o aprendizado.

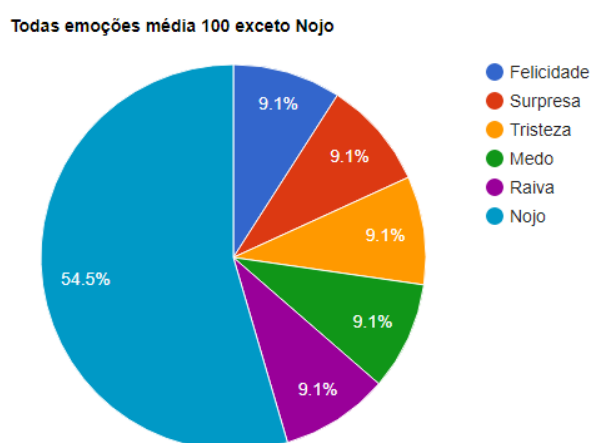


Figura 26 – Exemplo de sorteio 03: roleta com probabilidades distintas.

Emoções	Felicidade	Medo	Tristeza	Raiva	Surpresa	Nojo
Pontos	20	20	20	20	20	120
Faixa	1 até 20	21 até 40	41 até 60	61 até 80	81 até 100	101 até 220
Busca	-	-	-	-	-	-

Tabela 5 – Exemplo de sorteio 03: faixas de valores para cada emoção.

No que se refere ao Jogo-03, esse utiliza a mesma técnica de sorteio empregada nos jogos 01 e 02. Além disso, como forma de reforçar ainda mais o aprendizado, após o sorteio de uma emoção, realiza-se uma busca adicional na base de dados. Essa busca verifica qual emoção foi obtida como resposta todas as vezes que a criança errou a emoção sorteada. Tal procedimento é adotado para identificar a emoção que mais foi confundida com a sorteada. Como exemplo, a Tabela 6 apresenta a situação em que a emoção felicidade foi sorteada e, na segunda busca, foram encontradas seis jogadas, sendo que em quatro delas houve erro na identificação da emoção. Verifica-se que a emoção felicidade foi confundida uma vez com tristeza e três vezes com medo. Nesse contexto, no Jogo-03, apresentará uma imagem referente à emoção felicidade, e as opções de resposta serão as emoções felicidade e uma segunda, onde a emoção medo terá uma probabilidade maior de ser selecionada do que as demais, a fim de corrigir a confusão entre ambas e reforçar suas diferenças.

Emoção Sorteada	<i>Felicidade</i>	<i>Felicidade</i>	<i>Felicidade</i>	<i>Felicidade</i>	<i>Felicidade</i>	<i>Felicidade</i>
Data da jogada	02/06/2023	02/06/2023	02/06/2023	02/06/2023	02/06/2023	02/06/2023
Pontos	0	70	0	0	0	80
Emoção Selecionada	<i>Tristeza</i>	<i>Felicidade</i>	<i>Medo</i>	<i>Medo</i>	<i>Medo</i>	<i>Felicidade</i>

Tabela 6 – Exemplo de análise de erro para a emoção Felicidade, buscando a emoção secundária mais problemática (nesse caso, foi a emoção Medo).

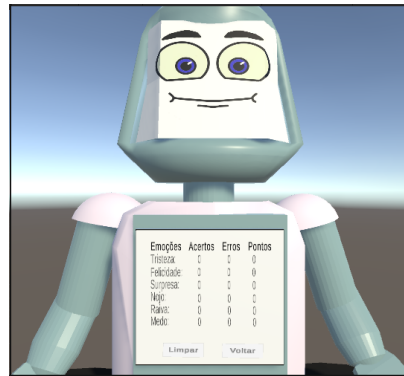
O algoritmo de sorteio utilizado neste trabalho é baseado nos registros das jogadas e suas estatísticas, que podem ser consultadas no robô de forma separada por jogo. Ao

clicar no botão “Estatística” na tela ilustrada na Figura 21a, o usuário é direcionado para a tela ilustrada na Figura 21b, onde é possível acessar as estatísticas específicas de cada jogo. A tela de estatística (Figura 27) apresenta informações importantes como a quantidade de jogadas corretas, a quantidade de jogadas incorretas e a média de pontos obtidos pelo usuário. Essa tela serve para acompanhar a evolução da criança durante o aprendizado e para adaptar o ensino de acordo com as dificuldades encontradas.

Emoções	Acertos	Erros	Pontos
Tristeza:	0	0	0
Felicidade:	0	0	0
Surpresa:	0	0	0
Nojo:	0	0	0
Raiva:	0	0	0
Medo:	0	0	0

Limpar Voltar

(a) Tela de estatística.



(b) Exibição no robô.

Figura 27 – Tela com estatísticas de jogo, apresentando a quantidade de acertos, erros e pontuação de cada emoção para cada jogo.

Os registros das jogadas e estatísticas do jogo são fundamentais para o processo de ensino, pois permitem a adaptação do ensino às dificuldades individuais de cada criança na identificação de emoções básicas e suas diferenças, nivelando assim o aprendizado. É importante ressaltar que a limpeza dos dados pode ser realizada pelo botão “Limpar”, que apaga todas as informações armazenadas no arquivo de texto referente ao jogo em questão, possibilitando reiniciar o aprendizado e/ou o seu uso por outras crianças.

3.3 Desenvolvimento de jogos didáticos

Como mencionado anteriormente, a tecnologia tem sido cada vez mais utilizada em terapias e tratamentos de crianças com TEA. Os jogos são uma forma lúdica e interativa de ensinar e envolver as crianças em atividades educativas. Neste trabalho, propomos o desenvolvimento de três jogos com o objetivo de ensinar as emoções de forma eficaz.

Os jogos incentivam a criança a associar emoções com expressões faciais adequadas, ajudando-as a identificar e expressar suas emoções em situações específicas. Além disso, os jogos também fazem associação das emoções com cores. Essa técnica é particularmente vantajosa para crianças com dificuldades de comunicação verbal, uma vez que as cores podem ser facilmente associadas com as emoções que elas representam. Por exemplo, a cor vermelha pode ser utilizada para representar raiva, enquanto a cor azul pode ser usada para representar tristeza.

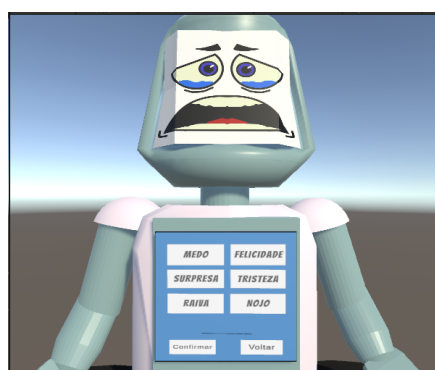
Além disso, associar as emoções a cores pode ajudar as crianças a identificar e compreender melhor seus sentimentos, visto que as cores são um recurso visual poderoso que pode auxiliar a perceber as emoções de forma mais clara. Isso pode ser especialmente útil para crianças com TEA, que muitas vezes enfrentam dificuldades para assimilar e expressar emoções de maneira convencional. Sendo assim, os seguintes jogos foram desenvolvidos:

- ❑ **Jogo-01:** Emoções e Expressões Faciais Artificiais;
- ❑ **Jogo-02:** Emoções e as Cores de Robert Plutchik; e
- ❑ **Jogo-03:** Emoções e Expressões Faciais Reais.

O Jogo-01 foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar as crianças no processo de associação entre as emoções e seus respectivos nomes e cores. O jogo é projetado para medir a dificuldade da criança em identificar determinada emoção e reforçar o ensino, além de pontuar de acordo com o tempo gasto para identificar a emoção. Na Figura 28a é possível visualizar um exemplo da tela do jogo, enquanto na Figura 28b é mostrado como essa tela aparece no robô. O exemplo exhibe a emoção tristeza, sua respectiva cor (ver Seção 3.2.1) e os botões com as opções de emoções disponíveis para resposta.



(a) Tela do jogo.

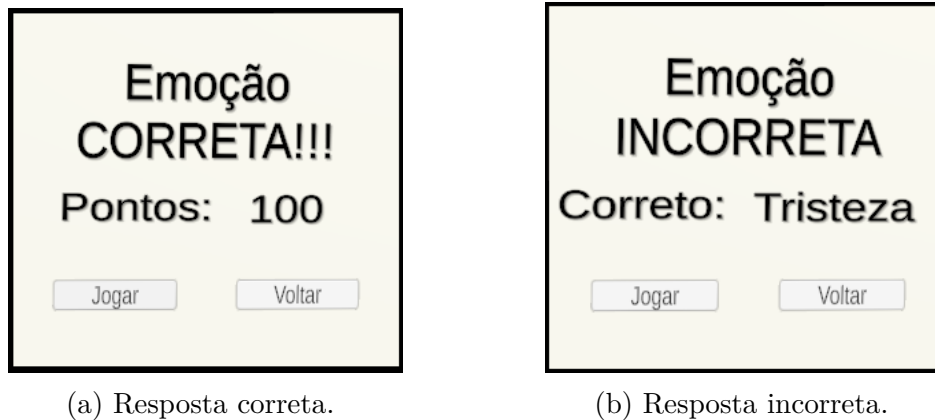


(b) Exibição no robô.

Figura 28 – Execução do Jogo-01 com a emoção sorteada: Tristeza.

Esse jogo opera da seguinte maneira. Ao ser iniciado, o robô informa por meio do áudio “*Selecione o nome correto da emoção e confirme!*” e, por meio de um algoritmo seleção (ver Seção 3.2.2), sorteia uma emoção. Em seguida, o robô realiza a transição do rosto, da emoção neutra para a emoção selecionada, e exibe em seu monitor os botões correspondentes a cada emoção. O plano de fundo muda para a cor da emoção selecionada, considerando a roda de emoções de Plutchik (ver Seção 2.1.2 - Fig. 1).

Para evitar que a criança associe a posição dos botões a uma emoção específica, os botões são exibidos em diferentes posições a cada rodada. Ao selecionar um botão, o robô repete a emoção selecionada em formato de áudio, reforçando o ensino e garantindo a acessibilidade. Após selecionar uma emoção, a criança pode confirmar sua resposta e ser redirecionada para a tela de acerto (Fig. 29a) ou de erro (Fig. 29b). Em caso de dúvidas, a criança pode selecionar outra emoção até ter certeza da escolha correta.



(a) Resposta correta.

(b) Resposta incorreta.

Figura 29 – Telas de resultado das respostas corretas e incorretas.

Após cada jogada, a criança recebe uma pontuação de acordo com o seu desempenho. Em caso de erro, ela recebe zero pontos e o robô retorna à expressão neutra. Em seguida, exibe a tela de erro, que mostra qual seria a emoção correta e repete a expressão sorteada em seu rosto, além de dizer a seguinte frase: “*Você se confundiu, a emoção correta seria Tristeza*”, ilustrando o exemplo da Figura 29b. Isso é feito para reforçar a associação da emoção ao seu nome. Após essas informações, o robô exibe os botões Jogar e Voltar, para iniciar uma nova rodada ou sair do jogo, respectivamente.

No caso de acerto, o robô exibe a tela de sucesso e retorna para a expressão neutra, seguido do áudio “*Resposta correta!*”. Na tela de sucesso, a pontuação é exibida de acordo com o desempenho da criança. Como o jogo tem a intenção de medir a dificuldade de identificar determinada emoção e reforçar o ensino, nem sempre é atribuído 100 pontos aos acertos. O tempo de resposta para identificar a emoção também é levado em consideração. Quanto maior o tempo, menor é a pontuação obtida na jogada. A forma como a pontuação da jogada é determinada em relação ao tempo gasto para identificar a resposta correta é detalhada na Tabela 7. Os valores numéricos foram estabelecidos empiricamente, considerando que uma palavra leva cerca de 1 segundo para ser lida.

Tempo Gasto em milissegundos (ms)	Pontuação
(tempo \leq 6000)	100
(tempo $>$ 6000) e (tempo \leq 7000)	95
(tempo $>$ 7000) e (tempo \leq 8000)	90
(tempo $>$ 8000) e (tempo \leq 9000)	85
(tempo $>$ 9000) e (tempo \leq 10000)	80
(tempo $>$ 10000) e (tempo \leq 11000)	75
(tempo $>$ 11000)	70

Tabela 7 – Tabela de pontuação de acordo com o tempo gasto para responder.

No diagrama de sequência apresentado na Figura 30, é possível observar a sequência de ações que ocorrem ao iniciar o Jogo-01. Primeiramente, a tela do jogo é habilitada enquanto as telas de menu são desabilitadas. Em seguida, uma chamada é realizada para

gerar um rosto, passando como parâmetro o jogo em questão. O rosto é gerado e, em seguida, é retornado para ocorrer a transição do rosto neutro para a emoção sorteada, que fica em *loop* no rosto até o fim da rodada. Além disso, a cor de fundo da tela também é alterada para a cor correspondente à emoção sorteada, e botões são gerados na tela em posições aleatórias, enquanto o áudio referente às instruções do jogo é disparado. Todas essas ações são executadas imediatamente ao iniciar o jogo.

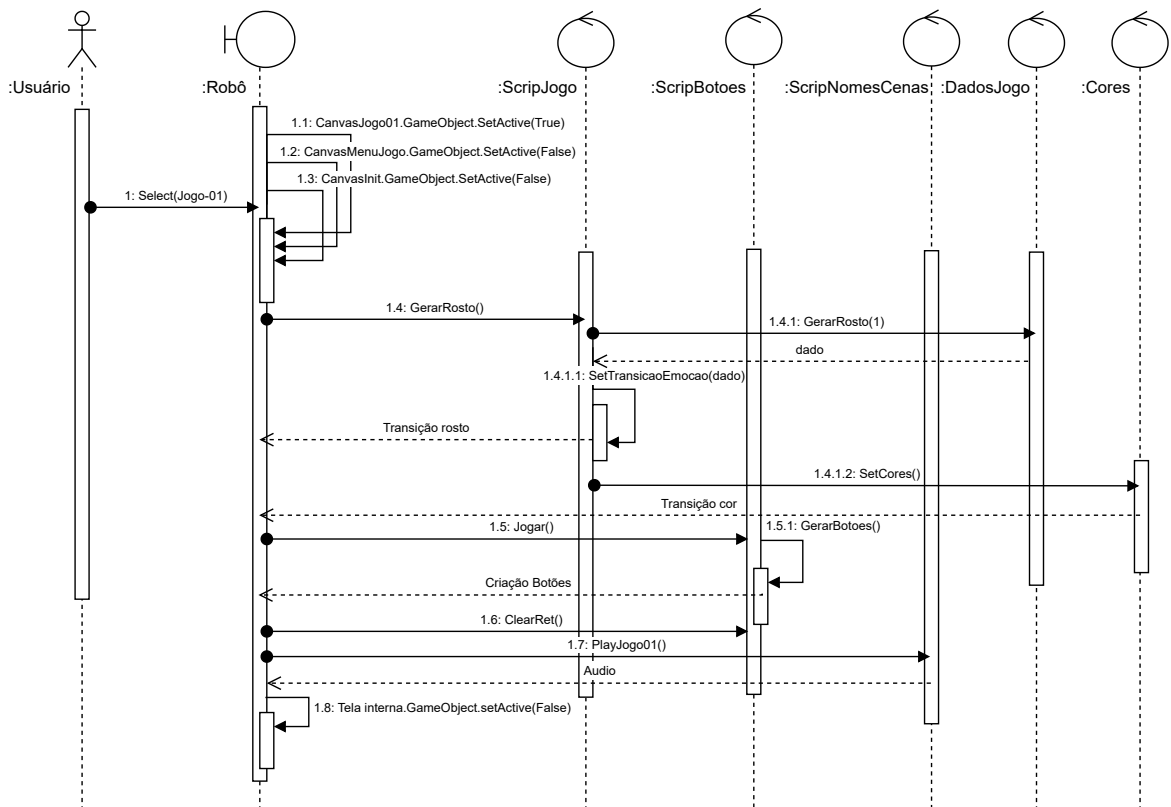
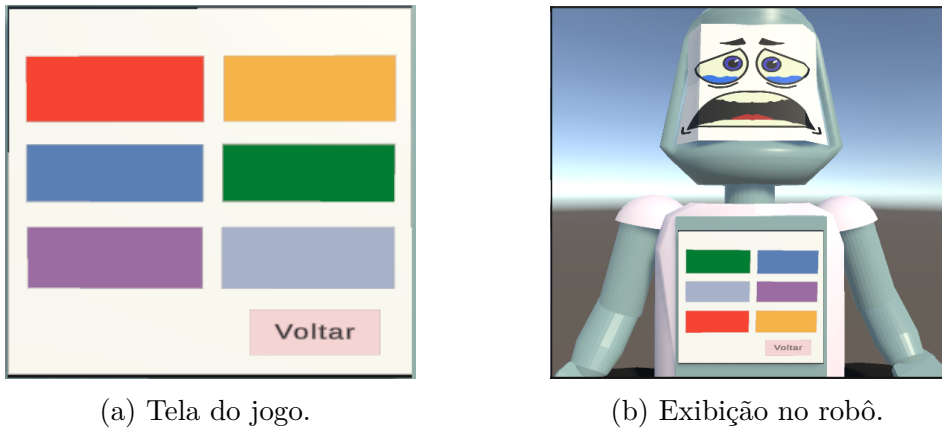


Figura 30 – Diagrama de Sequência do Jogo-01.

O Jogo-02 foi desenvolvido como uma evolução do Jogo-01, mantendo a mesma proposta de auxiliar no processo de associação entre emoções e cores. Entretanto, o Jogo-02 apresenta algumas diferenças em relação ao seu predecessor. Ao iniciar o jogo, ele utiliza o mesmo algoritmo do Jogo-01 para sortear uma emoção, faz a transição do rosto neutro para a emoção sorteada e solicita que a criança selecione a cor correspondente à emoção. Para isso, são exibidos botões com as cores das emoções (Fig. 31), sem a exibição dos nomes das emoções e sem um botão de confirmação, i.e., ao clicar em um botão, a resposta é considerada como a emoção relacionada à cor do botão. A fim de evitar que a criança associe a posição dos botões a uma resposta específica, esses são exibidos em diferentes posições a cada rodada. Vale ressaltar que, para jogar o Jogo-02, a criança precisa passar pelo Jogo-01 e fixar as associações de emoção, rosto e cor em sua mente, já que o Jogo-02 não apresenta a emoção escrita nem no formato de áudio.



(a) Tela do jogo.

(b) Exibição no robô.

Figura 31 – Execução do Jogo-02 com a emoção sorteada: Tristeza.

Quanto à pontuação, telas de sucesso e erro, o Jogo-02 segue o mesmo padrão do Jogo-01. Após cada jogada, a criança recebe uma pontuação de acordo com o seu desempenho, levando em consideração o tempo gasto para identificar a emoção.

No diagrama de sequência do Jogo-02 (Fig. 32), podemos observar uma diferença em relação ao Jogo-01. Após a criação dos botões em ordem aleatória, é executada a função “*ColorirBtn()*”. Nessa etapa, os botões são preenchidos com cores referentes a cada emoção e seus textos são removidos, a fim de indicar ao jogador qual cor deve ser pressionados para corresponder à emoção exibida.

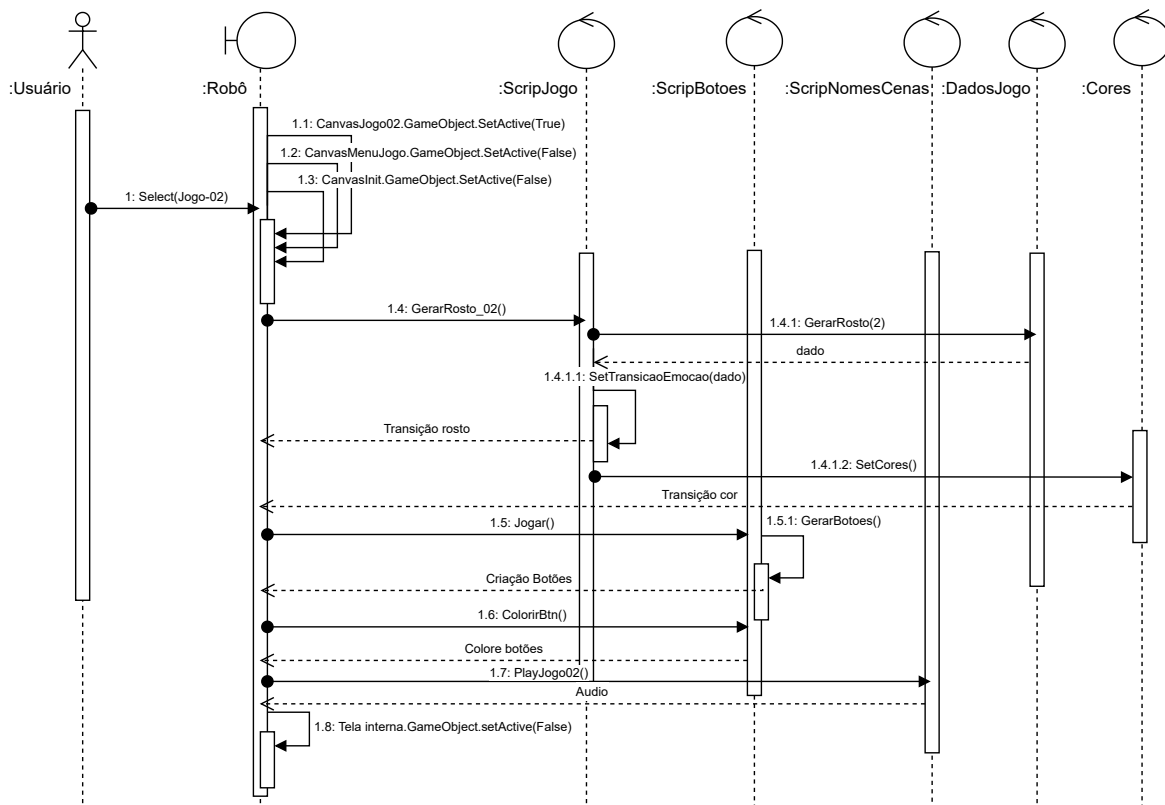


Figura 32 – Diagrama de Sequência do Jogo-02.

O Jogo-03 consiste em associar as emoções humanas aos seus respectivos nomes. Para isso, utilizou-se a base de imagens de expressões faciais RaFD (LANGNER et al., 2010) (ver Seção 2.2.2), com o intuito de validar o aprendizado obtido nos jogos anteriores.

Ao iniciar o jogo, o robô apresenta a frase: “*Selecione a opção referente à emoção da imagem exibida.*”. Então, duas emoções são sorteadas (ver Seção 3.2.2), uma para ser jogada e outra como resposta errada. Diferentemente dos jogos anteriores, a emoção sorteada não é exibida no rosto do robô, o qual permanece na expressão neutra. Em vez disso, a imagem de uma pessoa, referente à emoção sorteada, é exibida juntamente com duas opções de respostas, que alternam suas posições, como ilustrado na Figura 33.

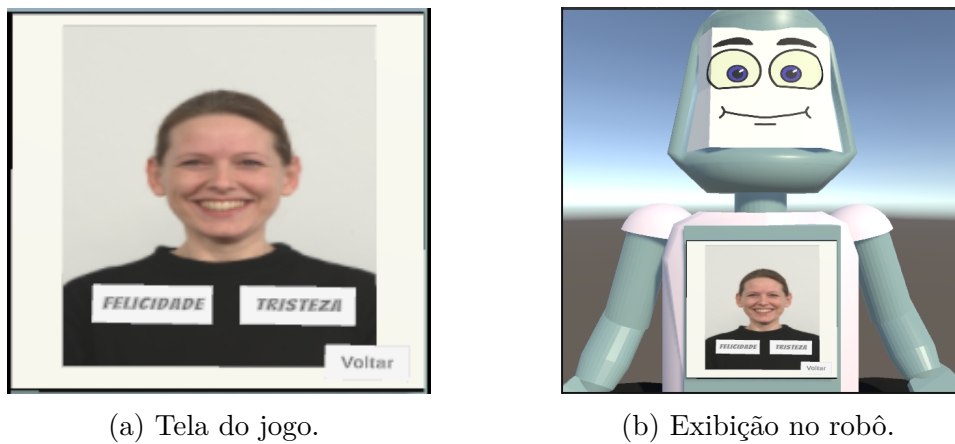


Figura 33 – Execução do Jogo-03 com a emoção sorteada: Felicidade.

Ao selecionar uma emoção como resposta, o robô informa a pontuação ou erro, seguindo o mesmo padrão dos jogos anteriores. Nesse jogo, as opções de resposta são limitadas, e o foco está nas expressões humanas, o que torna o aprendizado mais direcionado às relações interpessoais. O algoritmo utilizado no jogo será detalhado posteriormente.

O diagrama de sequência do Jogo-03 (Fig. 34), apresenta um fluxo de execução em que, após a geração de uma emoção, essa mesma emoção é passada como parâmetro para a função “*GetSecEmocao()*”, responsável por obter a segunda opção de resposta do jogo. Em seguida, são criados os botões referentes às duas emoções em posições aleatórias na tela. Posteriormente, uma imagem correspondente à emoção sorteada é selecionada aleatoriamente, e exibida na tela localizada no tronco do robô.

3.3.1 Acessibilidade (Inclusão de Áudio)

O robô conta com alguns áudios previamente gravados para alguns pontos de configuração e durante jogos, buscando assim ser mais inclusivo para crianças com dificuldade de leitura. Na tela de configuração do robô, onde é possível selecionar o nome do robô, a frase “*Olá! Como você gostaria de me chamar?*” é repetida e as opções de nome são fornecidas. Ao serem selecionados, os nomes são repetidos em forma de áudio, para a criança escutar a pronúncia dos mesmos: “Tina”, “Tony”, “Babu”, “Lala”, “Caio” e “Luna”.

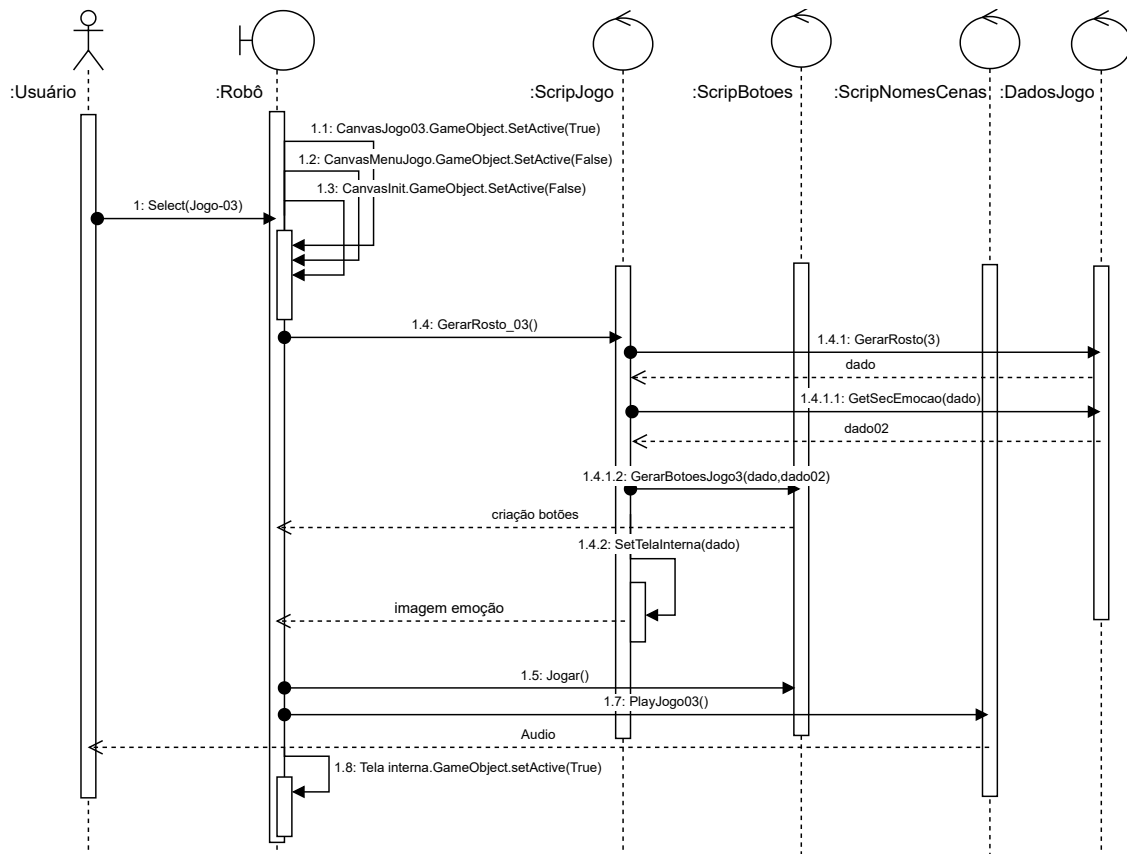


Figura 34 – Diagrama de Sequência do Jogo-03.

Esses nomes foram escolhidos por serem curtos e terem uma fácil pronúncia, facilitando seu entendimento e repetição por parte da criança.

Na tela de ensino, para cada emoção é repetida uma frase para contextualizar a causa da emoção. Para a emoção de felicidade, o robô diz: *“Essa é minha expressão de felicidade. Eu fico feliz quando você brinca comigo!”* Para a emoção de raiva, ele diz: *“Essa é minha expressão de raiva. Eu fico com raiva quando me derrubam no chão!”*. Para a emoção de nojo, o robô explica: *“Essa é minha expressão de nojo. Eu fico com nojo quando meu monitor está sujo!”*. Para a emoção de medo, ele diz: *“Essa é minha expressão de medo. Eu fico com medo quando me deixam sozinho!”*. Para a emoção de tristeza, o robô fala: *“Essa é minha expressão de tristeza. Eu fico triste quando gritam comigo!”*. E, para a emoção de surpresa, ele diz: *“Essa é minha expressão de surpresa. Eu fico surpreso quando acontece algo inesperado!”*. São frases curtas e diretas para que a criança consiga fazer uma fácil associação da emoção a uma situação.

Ao iniciar o Jogo-01, o robô orienta em forma de áudio como funciona o jogo, *“Selecione o nome correto da emoção e confirme.”*, e ao selecionar cada emoção ele repete seu nome permitindo que não haja dúvidas no momento de confirmar a emoção selecionada.

No Jogo-02 e Jogo-03, ele orienta respectivamente com os áudios *“Selecione a cor referente à emoção.”* e *“Selecione a opção referente à emoção da imagem exibida.”*. No

Jogo-02, como os botões representam as cores da emoção, não demanda leitura para seleção da opção correta. Já no Jogo-03, é necessário a leitura das opções, então para ser jogado é necessário saber ler ou estar acompanhado de alguém para auxiliar na leitura.

Durante os jogos, após cada rodada o robô exibe a tela de acerto ou erro, caso a resposta esteja correta é informado por áudio “Resposta correta!”, se a resposta estiver errada ele diz “Você se confundiu, o correto seria... <emoção correta>.”. Além disso, sempre que é ligado, se já possuir um nome selecionado, ele cumprimenta a criança com o áudio “Olá, meu nome é: <nome selecionado>!”.

O projeto do robô desenvolvido busca ser inclusivo e didático para crianças com dificuldades de leitura. Com áudios previamente gravados e frases curtas e diretas, o robô orienta e contextualiza as emoções para que a criança possa compreendê-las melhor. A seleção de nomes curtos e de fácil pronúncia também contribui para a inclusão, permitindo que a criança possa escolher um nome para o robô que seja de seu agrado. Além disso, os jogos propostos permitem que a criança pratique o reconhecimento das emoções de forma lúdica e interativa. Dessa forma, o projeto busca contribuir para o desenvolvimento emocional e cognitivo das crianças de forma acessível e divertida.

Análise Preliminar e Discussão

Este capítulo apresenta o conjunto de análises preliminares e discussões relacionadas à modelagem do robô proposto. Por meio de experimentações empíricas, procurou-se obter percepções significativas para orientar as próximas etapas de desenvolvimento.

Testes realizados com o Jogo-01 permitiram observar o funcionamento do algoritmo que reforça o ensino das emoções (ver Seção 3.2.2 - Seleção Estocástica de Emoções), principalmente para aquelas que possuem pontuações mais baixas. O algoritmo trabalha na identificação dessas emoções de forma mais intensa (aumentando a probabilidade), tornando o aprendizado mais desafiador e buscando uma maior efetividade.

A Figura 35 apresenta um cenário específico que descreve as estatísticas de jogos que estão armazenadas no robô. Essas estatísticas mostram que foram realizadas um total de 16 jogadas, das quais 6 foram para a emoção surpresa, que possui uma pontuação menor devido à quantidade de erros cometidos. Vale destacar que a emoção surpresa apareceu com uma frequência de 37,5% (devido ao algoritmo de seleção), enquanto que, se o sorteio das emoções fosse aleatório, a frequência seria de 16,66% (idêntica para todas as emoções). Dessa forma, pode-se concluir que o algoritmo de seleção não dá preferência exclusiva para a emoção com pontuação mais baixa, mas sim aumenta a probabilidade dessa ser sorteada. Isso torna o jogo mais equilibrado e desafiador para a criança e, principalmente, mostra o funcionamento do algoritmo de ensino por reforço.

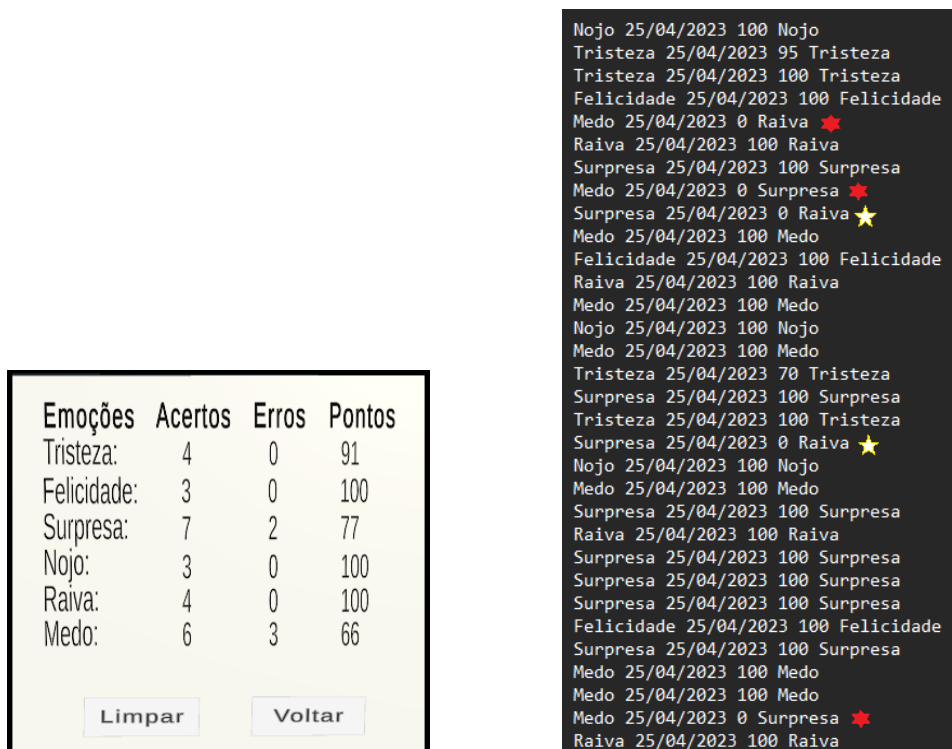
Emoções	Acertos	Erros	Pontos
Tristeza:	2	0	100
Felicidade:	4	0	100
Surpresa:	2	4	33
Nojo:	1	0	100
Raiva:	1	0	100
Medo:	2	0	100

Figura 35 – Cenário selecionado 01: estatísticas do robô para o Jogo-01.

Após análise do jogo-03, foi possível observar o funcionamento do algoritmo de combinação de respostas, que utiliza as emoções que foram selecionadas como respostas erradas com maior frequência para uma dada emoção qualquer, e aumenta a probabilidade de aparecerem como combinação de resposta.

Na Figura 36a, as estatísticas mostram que as emoções surpresa e medo possuem uma pontuação mais baixa, o que indica que elas serão sorteadas mais vezes durante o jogo. Por sua vez, na Figura 36b, temos o registro na base de dados, onde as respostas erradas de cada emoção foram devidamente marcadas. No caso da emoção surpresa, essa apresentou duas respostas erradas (destacadas pela estrela amarela, $2 \times [\text{Surpresa } 25/04/2023 \text{ } 0 \text{ Raiva}]$), ambas confundidas com a emoção raiva. Isso significa que, na próxima vez que a emoção surpresa for sorteada, há uma maior probabilidade da segunda opção de resposta ser raiva. O mesmo acontece com a emoção medo, que teve três respostas erradas (destacadas pela estrela vermelha, $1 \times [\text{Medo } 25/04/2023 \text{ } 0 \text{ Raiva}]$ e $2 \times [\text{Medo } 25/04/2023 \text{ } 0 \text{ Surpresa}]$), sendo uma confundida com raiva e duas com surpresa. Nesse caso, a probabilidade da segunda opção de resposta em caso de sorteio da emoção medo é maior para surpresa, seguida da emoção raiva.

Dessa forma, o algoritmo de combinação de respostas do Jogo-03 utiliza as informações dos erros cometidos pela criança para criar combinações de respostas mais desafiadoras, aumentando a efetividade do jogo na aprendizagem das emoções.



(a) Tela de estatísticas.

(b) Registros de jogadas.

Figura 36 – Cenário selecionado 02: estatísticas do robô para o Jogo-03 e registro de jogadas. Essas informações permitem a adaptação do processo de aprendizagem para as dificuldades específicas de cada criança.

Para o desenvolvimento do Jogo-03, utilizou-se a base de imagens de expressões faciais RaFD (ver Seção 2.2.2). Para cada emoção incluída na base de dados, há um conjunto de 67 imagens correspondentes. Quando uma emoção é sorteada para jogada, uma nova seleção aleatória é realizada entre as imagens que representam aquela emoção, a fim de garantir a variabilidade das imagens exibidas. Por exemplo, na Figura 37, pode-se observar três jogadas onde a emoção nojo foi sorteada, e em todas as jogadas foram selecionadas imagens diferentes para exibição.

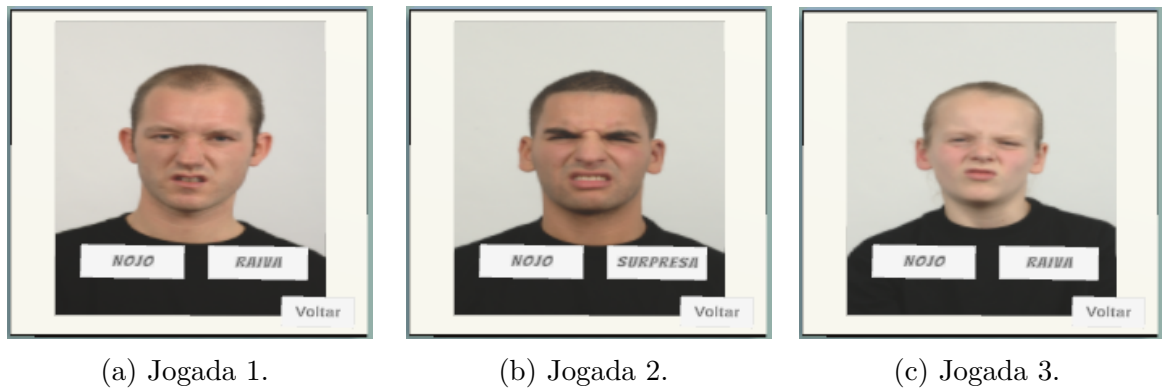


Figura 37 – Telas relacionadas a três jogadas diferentes no Jogo-03, nas quais foram sorteadas a emoção nojo. A diversidade de imagens na base de dados adotada permite apresentar diferentes imagens para a mesma emoção.

A interação com o robô é realizada por meio de uma interface *touch* em seu tronco, tornando a utilização do dispositivo intuitiva e fácil. Além disso, o robô foi projetado para se comunicar com uma voz infantilizada, com o objetivo de aumentar a acessibilidade, facilitar a sua assimilação e familiarização pelas crianças. Essa abordagem é uma aplicação das técnicas estudadas pela Interação Humano-Computador (IHC), que se dedica a explorar como as pessoas interagem com sistemas computacionais e como esses sistemas podem ser projetados para melhorar essa interação. Dessa forma, a interface *touch* e a voz infantilizada são estratégias que buscam tornar a experiência de interação com o robô mais agradável e eficiente para as crianças. Além disso, o *software* do robô foi projetado de forma a permitir a fácil inclusão de novos jogos. Isso demonstra a preocupação com a usabilidade do dispositivo e a facilidade de manutenção e atualização.

De forma geral, a estrutura física do robô busca ser amigável. Com as duas telas, a interação com a criança é facilitada, pois, a tela referente ao rosto serve apenas como face e toda a interação com o robô é feita na tela em seu tronco. No entanto, após algumas avaliações, foi observada a necessidade de proteção nos rolamentos das esteiras de movimentação (Fig. 38) para evitar possíveis acidentes. Alternativamente, sugere-se a substituição das rodas por uma base fixa, pois o uso do robô foi projetado de tal forma que não exige que ele se locomova para interagir com a criança. O modelo foi projetado no Blender, o que permite uma fácil implementação das configurações apresentadas e a impressão de sua estrutura em impressoras 3D.

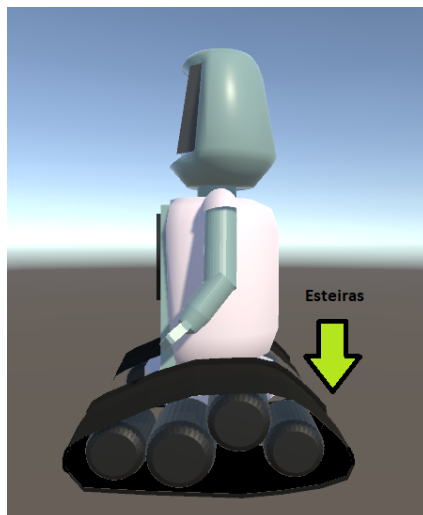


Figura 38 – Ponto de melhoria: apesar de possuir uma estrutura física amigável, as esteiras do robô podem apresentar um risco, dada a falta de proteção.

Por último, vale analisar a possibilidade de aprimorar o *feedback* recebido pelo robô em relação à sua efetividade no ensino das emoções. Até o momento, esse está relacionado apenas às estatísticas geradas pelos jogos, o que justifica a necessidade de novas formas de avaliação. Nesse caso, seria interessante utilizar, por exemplo, câmeras instaladas no robô e *softwares* de reconhecimento de expressões faciais, o que possibilitaria a identificação, em tempo real, da emoção expressada pela criança. O uso de técnicas avançadas como Aprendizado de Máquina e Computação Evolutiva tem se mostrado promissoras no contexto de robôs assistivos para o ensino de emoções em crianças com TEA (RUDOVIC et al., 2018). Através do Aprendizado de Máquina, é possível desenvolver algoritmos que permitem ao robô reconhecer e interpretar expressões faciais e corporais das crianças, facilitando a compreensão e a interação. Já a Computação Evolutiva possibilita a criação de algoritmos que podem ser utilizados para otimizar o comportamento do robô, permitindo que esse evolua ao longo do tempo, se adaptando às necessidades e preferências individuais de cada criança. Outra possibilidade é evoluir sua movimentação corporal, servindo como um estímulo a mais para a criança. Essas abordagens combinadas abrem novas perspectivas para o desenvolvimento de robôs assistivos mais eficientes e personalizados, contribuindo para o avanço das terapias de crianças com TEA, e aumentando a efetividade do processo de ensino e aprendizagem.

Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Este trabalho propôs a modelagem de um robô assistivo para auxiliar crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) no reconhecimento de emoções básicas e suas respectivas expressões faciais. Como resultado, pretende-se desenvolver a interação social e a expressão emocional dessas crianças, uma vez que esses aspectos costumam ser deficientes. De acordo com análises preliminares, foi possível constatar que o robô proposto tem potencial para desempenhar um papel importante em terapias de crianças com TEA, uma vez que, através de um ambiente interativo lúdico, poderá auxiliar no processo de desenvolvimento de habilidades emocionais, comunicativas e sociais.

O protótipo do robô modelado possui fácil interação, com capacidade de exibir seu rosto mimetizando emoções de forma simples e compreensível. Com uma face neutra e seis emoções básicas (felicidade, medo, surpresa, tristeza, nojo e raiva), suas expressões permutam através de *frames* de transição da face neutra para as outras emoções e vice-versa, a fim de criar animações suaves e evitar transições bruscas. Além disso, o robô associa essas emoções a cores, proporcionando uma ferramenta adicional de expressão. Buscando promover uma experiência dinâmica e educativa para as crianças, foram desenvolvidos menus de navegação, escolha de nome, estatísticas e três jogos que utilizam as emoções e cores como recursos pedagógicos.

A diversidade de opções é fundamental para atender a um maior número de crianças e permitir que cada uma trabalhe com a ferramenta que melhor se adapte às suas necessidades individuais. Portanto, essa proposta de robô é uma importante contribuição para os recursos disponíveis nas terapias de crianças com TEA. As emoções modeladas são adaptáveis para outras aplicações e os jogos podem ser estendidos, aprimorados e/ou substituídos. Além disso, o *design* do robô pode ser utilizado para a construção de outros dispositivos que possam ser empregados em terapias similares.

O modelo completo está disponível *online*¹ sob a licença GNU AGPLv3. Vale destacar

¹ <https://github.com/cassiowmd19/tcc>

que o robô está disponível para *upgrades*, implementação de novos aplicativos e formas de interação, o que abre um vasto campo de possibilidades para o seu aperfeiçoamento. Assim, este projeto representa uma importante contribuição para as comunidades que estejam envolvidas em terapias de crianças com TEA.

Algumas dificuldades foram enfrentadas e superadas, e as principais valem ser destacadas: (i) a produção dos rostos demandou o estudo de diversos modelos existentes para gerar uma ideia inicial. A partir disso, foi necessário desenhar os rostos e encontrar uma ferramenta que simplificasse esse processo; (ii) a modelagem 3D na ferramenta Blender demandou muitas horas de estudos teóricos e práticos para atingir o resultado esperado; e, por fim, (iii) o processo de desenvolvimento dos jogos na Unity também foi um desafio. Foi necessário aprender a importar o modelo 3D do robô, fazer as configurações, importar *scripts* de código, imagens, vídeos e áudios, para tornar o robô funcional.

Existem várias possibilidades de caminhos a serem seguidos em trabalhos futuros. Uma delas é da modelagem das transições das emoções de forma lateral, evitando que todas as transições sempre iniciem no estado neutro. Dessa forma, é importante explorar opções para tornar as transições mais suaves. Essa melhoria poderá aumentar a naturalidade da interação com o robô e tornar as atividades mais interessantes para as crianças.

Para aprimorar a visibilidade das estatísticas, é importante criar gráficos comparativos. Esses gráficos proporcionam uma maneira mais clara e visual de entender a evolução ou involução dos valores ao longo do tempo. Dessa forma, é possível obter uma compreensão mais intuitiva das tendências e variações das emoções analisadas.

Para o aperfeiçoamento da estrutura física do robô, é importante considerar não apenas o seu tamanho, mas também as opções de segurança. Isso pode envolver a substituição da esteira por uma base fixa ou a sua adaptação para reduzir o risco de acidentes. Além disso, será necessário realizar a análise dos requisitos de *hardware* para definir quais componentes serão utilizados e como as peças internas ficarão dispostas. Dessa forma, é possível refinar a modelagem para a impressão 3D, garantindo um funcionamento seguro e eficiente.

Outra possível melhoria é a instalação de microfones e câmeras no robô para a captura de áudio e vídeo durante as interações. Esses dados poderão ser utilizados para fornecer um *feedback* mais completo sobre essas interações, e para aprimorar as suas funcionalidades. Além disso, é possível utilizar esses recursos para identificar emoções através de algoritmos de aprendizado de máquina, tornando a interação mais dinâmica.

Finalmente, será importante realizar uma análise de efetividade do modelo em crianças com TEA, através de, pelo menos, duas etapas. Na primeira etapa, o robô poderia ser utilizado em um ensaio clínico virtual, a fim de verificar a reação e adaptação da criança ao rosto, voz e jogos do robô. Na segunda etapa, com o robô completo, seria possível verificar como o robô físico chama a atenção das crianças e como isso impactaria nas sessões de terapia. Essas informações poderão ser utilizadas para avaliar a efetividade do modelo e para fornecer direcionamentos para futuras evoluções.

Referências

- ADAMS, A.; ROBINSON, P. An android head for social-emotional intervention for children with autism spectrum conditions. In: **Affective Computing and Intelligent Interaction: Fourth International Conference, ACII 2011**. Memphis, TN, USA: Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 183–190. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-24571-8_19>.
- ARAGÃO, M. C. M.; JÚNIOR, J. B. B.; ZAQUEU, L. d. C. C. O uso de aplicativos para auxiliar no desenvolvimento de crianças com transtorno do espectro autista. **Olhares & Trilhas| Uberlândia**, v. 21, n. 1, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.14393/OT2019v21.n.1.46088>>.
- BARROSO, D. A.; SOUZA, A. C. R. D. D. O uso das tecnologias digitais no ensino de pessoas com autismo no brasil. UFSCar, São Carlos, UFSCar, 2018.
- BARTL-POKORNY, K. D. et al. Robot-based intervention for children with autism spectrum disorder: A systematic literature review. **IEEE Access**, v. 9, p. 165433–165450, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3132785>>.
- BLENDER, O. C. **Blender - a 3D modelling and rendering package**. Stichting Blender Foundation, Amsterdam, 2018. Disponível em: <<http://www.blender.org>>.
- BORGI, M.; CIRULLI, F. Children's preferences for infantile features in dogs and cats. **Human-Animal Interaction Bulletin**, v. 1, n. 2, p. 1–15, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1079/hai.2013.0010>>.
- CABIBIHAN, J.-J. et al. Why robots? a survey on the roles and benefits of social robots in the therapy of children with autism. **International journal of social robotics**, Springer, v. 5, p. 593–618, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12369-013-0202-2>>.
- COSTA, A. P. et al. Socially assistive robots for teaching emotional abilities to children with autism spectrum disorder. In: ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY. **Proceedings of the 3rd Workshop on Child-Robot Interaction at HRI**. Vienna, Austria, 2017.
- COSTA, S. et al. Building a game scenario to encourage children with autism to recognize and label emotions using a humanoid robot. In: IEEE. **The 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication**. Edinburgh, UK, 2014. p. 820–825. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/ROMAN.2014.6926354>>.

DAMASCENO, A. **Robô Maria ganha nova versão com funções mais lúdicas e interativas**. 2022. Disponível em: <<https://blog.ufes.br/revistauniversidade/2022/10/27/robo-maria-ganha-nova-versao-com-funcoes-mais-ludicas-e-interativas/>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

DANTAS, A. C. et al. Michelzinho: Jogo sério para o ensino de habilidades emocionais em pessoas com autismo ou deficiência intelectual. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO – SBC. **Brazilian symposium on computers in education (simpósio brasileiro de informática na educação-sbie)**. Brasília, 2019. p. 644–653. Disponível em: <<https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2019.644>>.

DUARTE, C. P. et al. Diagnóstico e intervenção precoce no transtorno do espectro do autismo: relato de um caso. In: CAMINHA, V. L. et al. (Ed.). **Autismo: Vivências e caminhos**. São Paulo: Blucher, 2016. p. 45–56.

EKMAN, P. **Emotions revealed**. New York: Times Book, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1136/sbmj.0405184>>.

EKMAN, P.; SORENSON, E.; FRIESEN, W. V. Pan-cultural elements in facial displays of emotion. **Science**, v. 164, n. 3875, p. 86–88, 1969.

EMBODIED, I. **Moxie Robot**. 2023. Disponível em: <<https://moxierobot.com/products/ai-robot>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

ETTRICH, M. **The Krita Foundation**. 2023. Disponível em: <<https://krita.org/>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

FEIL-SEIFER, D.; MATARIĆ, M. J. Socially assistive robotics. **IEEE Robotics & Automation Magazine**, IEEE, v. 18, n. 1, p. 24–31, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/MRA.2010.940150>>.

FONSECA, V. d. Importância das emoções na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica. **Revista Psicopedagogia**, scieloapsic, v. 33, p. 365 – 384, 00 2016. ISSN 0103-8486. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84862016000300014&nrm=iso>.

FREIRE, Y. M. T.; EGYPTO, I. A. S. d.; SOUSA, M. N. A. d. O uso de tecnologia robótica como prática integrativa ao tratamento do transtorno do espectro autista. **Revista Contemporânea**, v. 2, n. 3, p. 523–546, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.56083/RCV2N3-024>>.

GARCIA-GARCIA, J. M. et al. Emotea: Teaching children with autism spectrum disorder to identify and express emotions. In: ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY. **Proceedings of the XX International Conference on Human Computer Interaction**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. ISBN 978-1-4503-7176-6. Conference held in Donostia, Gipuzkoa, Spain. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3335595.3335639>>.

GLAVEY, E. M.; HINES, R. A.; TAYLOR, M. S. Project raise: Developing a socially assistive robot to increase the social-emotional skills of elementary students with autism. **DADD Online**, v. 70, p. 125, 2022.

GLOCKER, M. L. et al. Baby schema in infant faces induces cuteness perception and motivation for caretaking in adults. **Ethology**, Wiley Online Library, n. 115, p. 257–263, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2008.01603.x>>.

_____. Baby schema modulates the brain reward system in nulliparous women. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, National Acad Sciences, v. 106, n. 22, p. 9115–9119, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1073/pnas.0811620106>>.

GOUAILLIER, D. et al. Mechatronic design of nao humanoid. In: IEEE. **2009 IEEE international conference on robotics and automation**. Kobe, Japan, 2009. p. 769–774. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/ROBOT.2009.5152516>>.

GUIZZO, E.; KLETT, R. **Robots: Your Guide to the World of Robotics**. 2023. Disponível em: <<https://robotsguide.com/robots>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

HAAS, J. K. A history of the unity game engine. Worcester Polytechnic Institute, 2014.

HANSON, D. et al. Zeno: A cognitive character. In: AAAI. **AI Magazine, and Special Proc. of AAAI National Conference**. Chicago, 2009.

HURST, N. et al. Social and emotional skills training with embodied moxie. **arXiv preprint arXiv:2004.12962**, 2020.

ISMAIL, L. I. et al. Leveraging robotics research for children with autism: a review. **International Journal of Social Robotics**, Springer, v. 11, p. 389–410, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12369-018-0508-1>>.

JAIN, S. et al. Modeling engagement in long-term, in-home socially assistive robot interventions for children with autism spectrum disorders. **Science Robotics**, American Association for the Advancement of Science, v. 5, n. 39, p. eaaz3791, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/scirobotics.aaz3791>>.

JR, F. B. A. et al. Reconhecimento facial e autismo. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 57, n. 4, p. 944–949, 1999.

KEDZIERSKI, J.; JANIĄK, M. Construction of the social robot flash. In: WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. **Scientific Papers on Electronics**. Warsaw, Poland, 2012. p. 681–694. (in Polish).

LANGNER, O. et al. Presentation and validation of the radboud faces database. **Cognition & Emotion**, v. 24, n. 8, p. 1377–1388, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/02699930903485076>>.

LÚCIO, L. et al. Novas terapias para o tratamento do transtorno do espectro do autismo revisão de literatura. **Revista Fluminense de Extensão Universitária**, v. 10, n. 1, p. 24–27, 2020.

MAPELLI, L. D. et al. Criança com transtorno do espectro autista: cuidado na perspectiva familiar. **Escola Anna Nery**, SciELO Brasil, v. 22, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2177-9465-EAN-2018-0116>>.

MIGUEL, F. K. Psicologia das emoções: uma proposta integrativa para compreender a expressão emocional. **Psico-usf**, SciELO Brasil, v. 20, p. 153–162, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1413-82712015200114>>.

MIRANDA, J. C. et al. Interactive technology: teaching people with autism to recognize facial emotions. In: WILLIAMS, T. (Ed.). **Autism Spectrum Disorders-From Genes to Environment**. United Kingdom, UK: InTech, 2011. p. 299–312. ISBN 978-953-307-558-7.

MISKAM, M. A. et al. Humanoid robot nao as a teaching tool of emotion recognition for children with autism using the android app. In: IEEE. **2014 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS)**. Nagoya, Japan, 2014. p. 1–5.

MORESI, E. A. D. et al. Tecnologia assistiva e autismo. In: IIS. **Memorias de la Octava Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética (CICIC)**. 2018. Disponível em: <<http://www.iiis.org/CDs2018/CD2018Spring/papers/CB032HE.pdf>>.

OLIVEIRA, L. B. d. O desejo da mãe a partir do diagnóstico de autismo. **Psicologia em Revista**, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, v. 25, n. 3, p. 1287–1300, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.5752/P.1678-9563.2019v25n3p1287-1300>>.

OLIVEIRA, S. E. S.; ARANTES, A.; MOTA, V. F. Meu jardim de emoções: jogo para compreensão de expressões faciais para crianças e adolescentes autistas. In: SBC. **Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital**. 2021. p. 549–555. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/sbgames_estendido.2021.19688>.

PANCERI, J. A. C. et al. A new socially assistive robot with integrated serious games for therapies with children with autism spectrum disorder and down syndrome: A pilot study. **Sensors**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 21, n. 24, p. 8414, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/s21248414>>.

PENNISI, P. et al. Autism and social robotics: A systematic review. **Autism Research**, Wiley Online Library, v. 9, n. 2, p. 165–183, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/aur.1527>>.

PLUTCHIK, R. A psychoevolutionary theory of emotions. Sage Publications, 1982. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/053901882021004003>>.

_____. 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**, Sigma Xi, The Scientific Research Honor Society, v. 89, n. 4, p. 344–350, 2001.

PROENÇA, M. F. R.; SOUSA, N. D. d. S. de; SILVA, B. R. da. Autismo: classificação e o convívio familiar e social. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 4, n. 8, p. 221–231, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.5281/zenodo.4637209>>.

RAMOS-AGUIAR, L. R.; ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, F. J. Teaching emotions in children with autism spectrum disorder through a computer program with tangible interfaces. **IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje**, v. 16, n. 4, p. 365–371, 2021. Disponível em: <[10.1109/RITA.2021.3125901](https://doi.org/10.1109/RITA.2021.3125901)>.

REUTERS-VIDEOS, Y. **Robots help autistic children boost social skills**. 2021. Disponível em: <<https://malaysia.news.yahoo.com/robots-help-autistic-children-boost-111506986.html>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

- ROBB, A. Why pixar movies make us cry? **Vulture**, 2015. Disponível em: <<http://www.vulture.com/2015/06/why-pixar-movies-make-us-cry.html>>.
- RUDOVIĆ, O. et al. Personalized machine learning for robot perception of affect and engagement in autism therapy. **Science Robotics**, American Association for the Advancement of Science, v. 3, n. 19, p. 1–11, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/scirobotics.aao6760>>.
- SALEH, M. A.; HANAPIAH, F. A.; HASHIM, H. Robot applications for autism: a comprehensive review. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, Taylor & Francis, v. 16, n. 6, p. 580–602, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1685016>>.
- SANTOS, J. A. P. d. **Teabot: Robô para treinamento de expressões faciais emocionais para pessoas com Transtorno do Espectro do Autismo**. Dissertação (B.S. thesis) — Brasil, 2019.
- SO, W. C. Robot for autism behavioral intervention. **The Chinese University of Hong Kong**, 2020.
- SOFTBANK, M. C.; ALDEBARAN, R. S. Softbank mobile and aldebaran unveil “pepper” – the world’s first personal robot that reads emotions. **SoftBank Press Releases**, SoftBank, v. 1, p. 1–1, 2014.
- SOUZA, V. M. O uso de terapias complementares no cuidado à criança autista. **Revista Saúde Física & Mental-ISSN 2317-1790**, v. 6, n. 2, p. 69–88, 2018.
- TEIXEIRA-MACHADO, L. Dançaterapia no autismo: um estudo de caso. **Fisioterapia e pesquisa**, SciELO Brasil, v. 22, p. 205–211, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.590/1809-2950/11137322022015>>.
- WOOD, L. J. et al. Developing kaspar: a humanoid robot for children with autism. **International Journal of Social Robotics**, Springer, v. 13, p. 491–508, 2021.
- ZAKARI, H. M.; MA, M.; SIMMONS, D. A review of serious games for children with autism spectrum disorders (asd). In: SPRINGER. **Serious Games Development and Applications: 5th International Conference, SGDA 2014, October 9-10, 2014. Proceedings 5**. Berlin, Germany, 2014. p. 93–106. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-11623-5_9>.
- ZEIDAN, J. et al. Global prevalence of autism: A systematic review update. **Autism research**, Wiley Online Library, v. 15, n. 5, p. 778–790, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/aur.2696>>.
- ZIAFATI, P.; NAZARIKHORRAM, A. **QTrobot. Educational Robot for at Home Education of Children with Autism**. LuxAI S.A., 2017. Disponível em: <<https://luxai.com/humanoid-social-robot-for-research-and-teaching/>>. Acesso em: 12 jun. 2023.
- ZUKERMAN, E.; LANCET, Y. **Canva Review: Free tool brings much-needed simplicity to design process**. 2014. Disponível em: <<https://www.pcworld.com/article/449059/canva-review-free-tool-brings-much-needed-simplicity-to-design-process.html>>. Acesso em: 12 jun. 2023.