

EvaML e EvaSIM: Proposta de Linguagem Baseada em XML e Simulador para o Robô EVA

Marcelo Marques da Rocha, Débora Christina Muchaluat-Saade¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Computação
Universidade Federal Fluminense (UFF)

{marcelo_rocha,deborax}@midia.com.uff.br

Resumo. Os robôs socialmente assistivos (SARs - *Socially Assistive Robots*) surgem da interseção das classes de robôs assistivos e robôs sociais interativos, que se comunicam com o usuário. O objetivo dos SARs não é apenas fornecer algum tipo de assistência ou se comunicar, mas fornecer estímulos ao usuário por meio da interação com o robô. Este trabalho propõe a linguagem EvaML, uma linguagem específica de domínio baseada em XML para facilitar a especificação de sessões interativas de um SAR chamado EVA. O trabalho apresenta também a proposta de um simulador para o robô EVA, o EvaSIM, capaz de executar suas sessões interativas e auxiliar no desenvolvimento de programas para o robô. É proposta ainda a extensão das funcionalidades do EVA com dois novos componentes para o aprimoramento da capacidade de interação multimodal do robô, oferecendo reconhecimento de expressões faciais dos usuários e integração de efeitos sensoriais de luz. Além disso, este trabalho propõe e avalia um jogo sério para crianças com TEA (Transtorno do Espectro Autista) utilizando o EVA com as novas funcionalidades implementadas.

1. Introdução

A interação homem-robô vem sendo empregada para melhorar a qualidade de vida e está se tornando cada vez mais comum. Uma nova classe de robôs, os robôs socialmente assistivos (SARs - *Socially Assistive Robots*), surge da interseção de duas outras classes, a classe dos robôs assistivos, que prestam algum tipo de assistência, e a classe dos robôs sociais interativos, que se comunicam com o usuário. Espera-se que os robôs assistivos se tornem onipresentes, transformando a vida cotidiana, e sejam amplamente utilizados em terapias de saúde.

Os SARs vêm sendo utilizados para auxílio no diagnóstico e tratamento de crianças com TEA (Transtorno do Espectro Autista). Em [Fachantidis et al. 2020], são apresentados resultados positivos da interação de crianças com TEA com um robô, indicando uma maior incidência de contato visual, proximidade e interação do que as interações entre crianças e um humano. Além da interação por voz, a interação por vídeo pode ser fornecida para ajudar a capturar a emoção do usuário. Assim como efeitos sensoriais de luz podem ser usados para criar terapias imersivas e torná-las mais atrativas para os usuários, principalmente crianças [Rocha et al. 2022c, Josué et al. 2020].

Nos últimos anos, dezenas de linguagens de programação foram projetadas e usadas para programar softwares de robôs. Algumas delas são linguagens de propósito geral, o que significa que elas não são especialmente projetadas para construir softwares de robôs, por exemplo, Java, C++, Python, etc. Uma dificuldade que se enfrenta, quando se

utiliza uma linguagem de propósito geral na programação de robôs, é a falta de elementos que possam acessar os componentes de hardware e recursos específicos de cada robô. As linguagens específicas de domínio (DSLs - *Domain Specific Languages*) estão começando a ganhar popularidade na comunidade robótica, porque prometem simplificar o processo de desenvolvimento de programas grandes e complexos que são necessários para robôs.

Quando se programa para um robô físico, nem sempre o hardware do robô está disponível para testes dos programas desenvolvidos. Um simulador permite testar algoritmos desenvolvidos para o robô físico, sem a necessidade de ter o dispositivo montado. Os simuladores de robôs têm sido utilizados como ferramentas no treinamento educacional com evidências de que os resultados obtidos com o uso do robô físico, durante o treinamento, são semelhantes aos do simulador [Kurniawan et al. 2018].

Neste contexto destacam-se as seguintes contribuições desta dissertação: (i) linguagem EvaML baseada em XML para o desenvolvimento de sessões interativas para o robô EVA; (ii) software simulador EvaSIM para auxiliar no desenvolvimento de programas para o robô; (iii) extensão da linguagem de programação visual do robô com novos componentes para o aprimoramento da capacidade de interação multimodal do robô, oferecendo reconhecimento de expressões faciais dos usuários e integração de efeitos sensoriais de luz; (iv) proposta e avaliação de um jogo sério para crianças com TEA utilizando o robô EVA com as novas funcionalidades implementadas neste trabalho.

O restante do texto está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta a fundamentação teórica e discute alguns trabalhos relacionados. A Seção 3 apresenta as contribuições da dissertação. A Seção 4 traz as considerações finais.

2. Fundamentação Teórica

SARs tornaram-se ferramentas populares em intervenções com pacientes com TEA. Robôs têm sido usados em escolas de educação especial e centros de atendimento para pessoas autistas. Em [Santatiwongchai et al. 2016], um robô móvel foi desenvolvido e usado para investigar seu potencial em estimular interações sociais em crianças com autismo. Esses estímulos foram fornecidos por meio de jogos ou atividades terapêuticas. Durante as sessões com o robô, especialistas em autismo observaram algumas capacidades em pacientes que nunca haviam sido vistas em outras terapias, como a capacidade de desenvolver novas estratégias ao jogar com o robô.

O uso de efeitos sensoriais também tem sido aplicado em terapias de autismo. Em [Pares et al. 2005], há uma proposta de ambiente físico adaptativo que permite que crianças com autismo severo interajam com sucesso com estímulos multimodais. Esse ambiente gera estímulos de vários tipos (visuais, auditivos e vibrotáteis) em tempo real. Diferentes tipos de jogos podem melhorar diferentes aspectos cognitivos. Através do uso de jogos é possível proporcionar interatividade, aumentar a atividade mental e promover a interação social entre diversos usuários. Um jogo sério pode ser usado por crianças com TEA para melhorar a comunicação e a interação social. O desenvolvimento emocional de uma criança envolve a capacidade de compreender seus próprios sentimentos, bem como aqueles de quem a cercam. Para uma criança com TEA, o processo de compreensão e expressão de sentimentos é muito difícil. Inspirado em [Tan et al. 2013], esta dissertação propõe uma sessão interativa para o robô EVA, desenvolvendo um jogo sério para terapias de regulação emocional de crianças com TEA.

O trabalho de [Baillie 2005] propõe a linguagem URBI com o intuito de torná-la a linguagem de baixo nível padrão para o controle de robôs. URBI é uma linguagem baseada em uma arquitetura cliente/servidor. Um servidor URBI roda no robô e um cliente envia comandos para o servidor a fim de controlar o robô. A linguagem BUZZ, destinada à programação de grupos de robôs, usa uma sintaxe que mistura construções imperativas e funcionais e é inspirada em linguagens dinâmicas como JavaScript, Lua e Python. Em [Vasquez and Matia 2019] os autores desenvolveram uma linguagem de programação para um robô social chamado DORIS. O objetivo da proposta era a criação de uma linguagem simples, em que programadores pudessem programar facilmente e que fosse capaz de integrar os diferentes módulos da arquitetura do robô.

Os simuladores de robôs são comumente usados para o desenvolvimento de algoritmos sem que haja a necessidade de ter o robô montado fisicamente, facilitando a realização de experimentos, sem o risco de danificar o robô, e sendo também usados como ferramentas de apoio, ensinando as pessoas a programá-los. No trabalho de [Ishimura et al. 2003], foi proposto um ambiente de simulação open-source capaz de acomodar qualquer tipo de robô. O trabalho fornece o ambiente de simulação como um ambiente de testes primário para programadores de robôs iniciantes da plataforma de robótica AIBO da Sony, acelerando a curva de aprendizado. No trabalho de [Gena et al. 2021], há uma proposta de aplicativo que visa ampliar a funcionalidade da versão simulada do robô NAO, agregando ao simulador as características necessárias para o desenvolvimento de interações sociais. Os autores apontam que uma aplicação interessante do simulador seria utilizá-lo como um robô virtual que pudesse ser utilizado para dar continuidade às terapias na casa do paciente, sem o uso do robô físico.

Este trabalho propõe a linguagem EvaML, uma linguagem baseada em XML para a especificação de sessões interativas para a plataforma de robótica *open-source* EVA. Os trabalhos de [Baillie 2005, Pincioli and Beltrame 2016, Vasquez and Matia 2019] apresentam propostas de linguagens de programação para robôs que são uma mistura de linguagens como C, Pascal, JavaScript e Python, enquanto esta dissertação apresenta a proposta de uma linguagem baseada em XML. Por ser baseada em XML, EvaML apresenta os elementos de controle do robô com mais legibilidade, diferente do trabalho de [Tousignant et al. 2011], onde os elementos da linguagem são representados como máquinas de estado. Em [Gena et al. 2021], a proposta apresentada destina-se ao robô NAO que é uma plataforma de robótica comercial e de custo alto. A nossa proposta é destinada a uma plataforma de robótica *open-source* e de baixo custo.

3. Contribuições e Resultados

3.1. Linguagem EvaML

Com o objetivo de facilitar o desenvolvimento de sessões interativas por pessoas com conhecimento técnico em programação, mas ainda mantendo a legibilidade dos códigos dos scripts, este trabalho propõe a EvaML [Rocha et al. 2022b], uma linguagem baseada em XML para a especificação de sessões interativas usando a plataforma de robótica *open source* EVA. A EvaML possibilita a criação de scripts de interação para o robô EVA usando apenas um simples editor de texto. Todos os comandos que controlam os elementos de interação multimodal do robô estão presentes na EvaML, entre eles, o componente *Light* (que controla a lâmpada inteligente), os comandos de reconhecimento de

voz e o comando *UserEmotion* que possibilita o reconhecimento da expressão facial do usuário através de uma *webcam*. A linguagem também possui elementos para criação e manipulação de variáveis, geração de números aleatórios, controles condicionais usando elementos *switch* e *case* e outros. O *parser* EvaML gera automaticamente um script correspondente no formato JSON que pode ser adicionado ao banco de dados de scripts do robô e então ser executado por ele. EvaML foi especificada em XMLSchema e sua especificação, assim como o parser da linguagem estão disponíveis¹.

Para avaliar a linguagem EvaML, foi utilizada a metodologia GQM (*Goal Question Metric*). Para analisar a linguagem para desenvolvimento de sessões interativas para o robô EVA, a EvaML, com o propósito de avaliação da sua usabilidade do ponto de vista dos usuários, foram usadas questões específicas relacionadas à *Clareza*, à *Eficácia*, ao *Tempo*, medido em minutos e, à *Facilidade de Uso Percebida*. Com exceção da métrica Tempo, todas as outras foram medidas usando a resposta do usuário na escala *Likert* de 1 a 5. Também foi utilizado um questionário com 9 questões baseadas no framework *Cognitive Dimensions of Notations* (CDN). Para avaliar a usabilidade da linguagem EvaML no desenvolvimento de sessões interativas para o robô EVA, foi realizada uma atividade dividida em três etapas. O objetivo da atividade era a criação de uma sessão interativa para o robô EVA usando os elementos definidos na linguagem EvaML de forma progressiva. Ao finalizar as três etapas, a sessão interativa deveria ser similar à disponível neste [link](#)². Um total de 12 desenvolvedores, 6 experientes e 6 iniciantes em XML, participaram do experimento. Após a finalização das atividades, os participantes enviaram seus scripts e preencheram o questionário proposto.

Com relação à métrica *Clareza* os resultados mostraram que não há diferença significativa nas respostas dos dois grupos e que a linguagem EvaML foi facilmente compreendida do ponto de vista do usuário. Para a métrica *Eficácia* todos os 12 participantes afirmaram ter concluído com sucesso as três etapas da atividade proposta, com isso, foi obtido 100% de respostas positivas. Os scripts criados pelos participantes foram avaliados e todos os integrantes dos dois grupos fizeram o uso correto dos elementos da linguagem, implementando o "Jogo da Imitação" de maneira semelhante à versão apresentada no vídeo de exemplo. Após análise da corretude dos scripts desenvolvidos, pode-se concluir que a linguagem EvaML é eficaz do ponto de vista do usuário. Para a métrica *Tempo*, medido em minutos, não houve diferença estatística no tempo gasto entre os dois grupos nas etapas 1 e 3. Contudo, na etapa 2, o grupo dos experientes em XML terminou a tarefa em um tempo menor que os iniciantes em XML, indicando que a experiência em XML pode influenciar no tempo gasto no processo de criação de scripts com a linguagem EvaML. Com base nos resultados obtidos na análise da métrica *Facilidade de Uso Percebida*, associada à questão que investiga o nível de dificuldade na utilização dos comandos da linguagem EvaML, para os dois grupos, a mediana apresentou valor menor do que 3, o que nos leva a concluir que a utilização dos elementos da linguagem EvaML seria livre de esforço, do ponto de vista do usuário.

Com relação às dimensões cognitivas relacionadas a fatores negativos conforme o framework CDN, para a dimensão *viscosidade*, os dois grupos discordaram fortemente que "a modificação de um elemento do seu código exigiu a modificação de outros ele-

¹<https://github.com/midiacom/eva-robot/tree/master/EvaML-EvaSIM-source-code>

²<https://www.youtube.com/watch?v=uDkwUEX8IeA>

mentos”. Os dois grupos de usuários, para a dimensão *propensão a erros*, discordam fortemente que *“a linguagem EvaML induza o usuário a cometer erros”*. Na questão sobre a dimensão *dependências ocultas*, isto é, *“se a EvaML possui muitas dependências ocultas entre seus elementos”*, os experientes demonstraram um posição de neutralidade, já o grupo dos iniciantes, discorda parcialmente sobre a questão. Para a dimensão cognitiva *comprometimento prematuro*, para o grupo dos experientes em XML, pode-se concluir que o grupo se posicionou com neutralidade sobre a questão da linguagem *“restringir muito a ordem de criação dos elementos das suas aplicações”*. Para o grupo dos iniciantes, concluiu-se que eles discordam parcialmente com essa questão. Sobre a dimensão *verbosidade*, pode-se concluir que os dois grupos discordam parcialmente que a EvaML seria uma linguagem *verbosa*. Os experientes em XML apresentaram um nível de discordância maior sobre essa dimensão, 83,33%, enquanto os iniciantes apresentaram um nível de discordância de aproximadamente 66,67%. Considerando que a EvaML é uma linguagem baseada em XML e que XML é uma linguagem naturalmente verbosa, esse resultado é bastante promissor.

Considerando as dimensões cognitivas do framework CDN, para a dimensão *consistência*, os experientes em XML apresentaram um nível de concordância de 66,67% e os iniciantes apresentaram um nível de concordância de 83,33%. Pode-se concluir que os dois grupos concordam que *“os elementos da linguagem EvaML com semânticas similares são expressos por sintaxes similares”*. A dimensão *expressividade dos papéis* está relacionada à *“capacidade do usuário de entender as funcionalidades dos elementos da linguagem”*. Para essa questão, os resultados para dois grupos foram exatamente os mesmos. Os dois apresentaram um nível de concordância de 100%, levando-nos a concluir que os dois grupos concordaram parcialmente que foram capazes de entender as funcionalidades dos elementos da linguagem EvaML. A *visibilidade* está relacionada à *“habilidade de facilmente visualizar os componentes da linguagem”*. Tanto os experientes em XML quanto os iniciantes, apresentaram um nível de concordância de 100%. Conclui-se que ambos os grupos puderam facilmente visualizar os componentes da linguagem EvaML. A dimensão cognitiva *proximidade do mapeamento* está relacionada à *“proximidade da notação com os elementos do domínio”*, ou seja, quão intimamente relacionada está a notação utilizada com o resultado que está descrevendo e através dela busca-se mensurar o quão fácil foi implementar cada etapa da atividade proposta com os elementos da linguagem. Como o experimento com a linguagem EvaML foi uma atividade dividida em três etapas, com níveis crescentes de dificuldade, essa questão foi dividida para cada etapa. Para as etapas 1 e 2 do teste, os dois grupos apresentaram um nível de concordância de 100%. A partir desses valores, pode-se concluir que os dois grupos concordam fortemente que foi muito fácil completar a primeira e a segunda etapa do teste com os elementos da linguagem. A terceira etapa do teste exigia dos participantes uma lógica mais elaborada e um maior entendimento sobre a criação e manipulação de variáveis, exigindo também um maior domínio sobre as estruturas condicionais e de repetição da EvaML. Com valores para as suas medianas iguais a 3, pode-se concluir que os dois grupos concluíram a etapa 3 do teste com um grau de dificuldade médio.

Uma boa avaliação de usabilidade de uma linguagem é aquela em que as dimensões cognitivas, que estão relacionadas a fatores positivos da linguagem, são mais bem avaliadas, e que as dimensões cognitivas, que estão ligadas a fatores negativos da linguagem, recebam valores mais baixos no experimento. As dimensões ligadas a fatores

positivos da linguagem obtiveram os maiores valores para as suas medianas. A avaliação da dimensão *proximidade do mapeamento* foi dividida em três partes e teve suas etapas 1 e 2 muito bem avaliadas, sendo apenas a sua etapa 3 avaliada com neutralidade pelos dois grupos.

3.2. Simulador EvaSIM

Embora o robô EVA use hardware de baixo custo e software de código aberto, nem sempre é prático ter um robô físico à mão, principalmente durante o projeto iterativo de terapias. Portanto, é difícil testar uma sessão de terapia robótica se você não tiver o robô físico montado com todos os seus componentes de hardware e também é difícil treinar pessoas (técnicos ou pesquisadores), ensinando-os a programar um aplicativo ou sessão de terapia interativa usando a ferramenta de programação do robô. Para contornar essas dificuldades, esta dissertação projetou e desenvolveu o EvaSIM, um simulador para o robô EVA. O simulador é open-source e está disponível³.

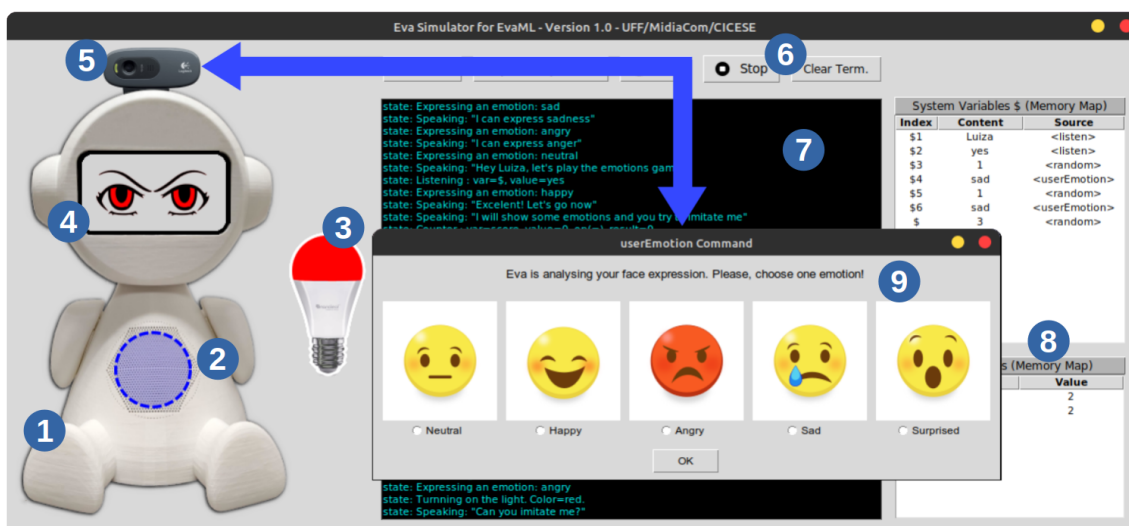


Figura 1. Elementos da interface gráfica de usuário do EvaSIM

A Figura 1 mostra a interface gráfica de usuário do EvaSIM e cada número na figura está associado a um dos seguintes elementos: (1) corpo do robô EVA impresso em 3D; (2) representa os LEDs localizados no tórax; (3) a representação gráfica da lâmpada inteligente; (4) representa a tela de 5,5” do robô; (5) representa a webcam integrada ao robô; (6) conjunto de botões que controlam o simulador; (7) apresenta a emulação de um terminal; (8) apresenta as tabelas do mapa de memória do simulador; (9) janela que simula o reconhecimento da expressão facial do usuário. Para facilitar o processo de simulação da captura de voz, o processo foi representado por uma janela com uma caixa de texto onde o usuário pode entrar com sua resposta através do teclado. O EvaSIM pode executar os scripts criados na linguagem EvaML e os scripts criados usando a linguagem de programação visual (VPL) do robô, o que o torna uma ferramenta capaz de auxiliar no desenvolvimento e teste de interações para o robô EVA, seja utilizando uma linguagem textual (EvaML) ou uma linguagem gráfica (VPL).

³<https://github.com/midiacom/eva-robot/tree/master/EvaML-EvaSIM-source-code/Version1.0/evasim>

Para avaliar o simulador EvaSIM, assim como a EvaML, foi utilizada a metodologia GQM (*Goal Question Metric*). A fim de avaliar a usabilidade do simulador EvaSIM do ponto de vista do usuário, foi desenvolvido um experimento que contou com a participação dos mesmos usuários do experimento com a linguagem EvaML (12 participantes), contou também com a participação de um outro grupo de 12 usuários que fazem parte do grupo de pesquisa dos criadores do robô EVA, além de mais 2 alunos do mestrado em Computação da UFF. Para a avaliação dos resultados, os 26 participantes foram divididos em dois grupos, o grupo dos experientes (12) com o EVA e o grupo dos iniciantes (14) com o EVA. Foram definidas questões relativas às métricas *Utilidade Percebida*, *Facilidade de Uso Percebida* e *Clareza*. Além dessas questões, os participantes tiveram que responder às dez questões do questionário SUS (System Usability Scale).

Para a análise da métrica *Utilidade Percebida*, os dois grupos apresentaram nível de concordância maior que 90% concordando fortemente que o EvaSIM os ajudaria a programar scripts para o robô EVA. Para a análise da métrica *Facilidade de Uso Percebida*, associada a duas questões, com um nível de discordância acima de 90%, pode-se concluir que os participantes experientes e iniciantes com o EVA discordam fortemente que alguma mensagem emitida pelo EvaSIM tenha sido de difícil compreensão e concordam fortemente que foi fácil instalar os componentes de software do EvaSIM. Com isso, concluímos que a utilização do simulador EvaSIM seria livre de esforço do ponto de vista do usuário. Para a análise da métrica *Clareza*, ambos os grupos apresentaram um nível de concordância acima de 91,00%. Sendo assim, conclui-se que os integrantes dos dois grupos concordam fortemente que os elementos de interface do simulador EvaSIM representaram bem as funcionalidades do robô. Além dessas questões, os usuários responderam a 10 questões do questionário SUS. O valor da pontuação SUS foi calculado para cada usuário. A pontuação obtida (90) está acima da média (68). Numa escala objetiva, a usabilidade geral do EvaSIM pode ser classificada como *aceitável*. Além da escala de aceitabilidade relativa à pontuação SUS, é possível classificar a usabilidade do EvaSIM utilizando-se uma escala de adjetivos. Essa escala é dividida em seis categorias associadas à pontuação SUS. Baseado na escala adjetiva, podemos classificar o EvaSIM com o adjetivo "melhor imaginável".

3.3. Extensão da Interação Multimodal do EVA e Jogo Sério TEA

Esta dissertação também propôs a extensão da plataforma EVA com novas funcionalidades para controlar efeitos sensoriais de luz e reconhecer a expressão facial do usuário. Foi proposto o componente *Light*, que dá ao robô a capacidade de controlar efeitos sensoriais de luz usando uma lâmpada inteligente. Também foi proposto o componente *UserEmotion*, que dá ao EVA a capacidade de identificar a emoção do usuário por meio do reconhecimento de expressões faciais e utilizar essas informações dentro do aplicativo. Essa é uma facilidade que amplia o poder de interação do robô com o usuário.

Foi desenvolvido um jogo sério para auxiliar em terapias de regulação emocional para crianças com TEA. O jogo conta com três estágios. No primeiro estágio, *jogo das cores*, a criança é solicitada a identificar as cores que são apresentadas pelo robô usando os efeitos sensoriais de luz. No segundo estágio, *jogo das emoções*, o robô apresenta diversas expressões faciais, enquanto a criança tenta identificá-las. Nesses dois primeiros estágios a criança interage com o robô via voz. No terceiro estágio, *jogo da imitação*, a criança precisa imitar as emoções do robô com suas próprias expressões faciais.

Para avaliar a proposta apresentada, utilizou-se o modelo TAM (Modelo de Aceitação de Tecnologia). Conforme sugerido por [Salleh et al. 2017], o jogo foi testado por uma criança neurotípica de 6 anos. Alguns vídeos da criança jogando cada etapa do jogo com EVA^{4 5 6} foram gravados, com o consentimento dos pais. Foi pedido aos usuários que assistissem aos vídeos e respondessem o questionário. As questões para avaliar a utilidade percebida e a facilidade de uso percebida utilizaram a escala Likert variando de (1) discordo fortemente a (5) concordo fortemente. Um grupo de 48 usuários adultos, com idades entre 19 e 61 anos, incluindo profissionais de saúde e estudantes, como médicos, psiquiatras, psicólogos, enfermeiros, psicopedagogos, educadores, fonoaudiólogos e terapeutas ocupacionais, avaliou a proposta. Consideramos os profissionais com dois ou mais anos de experiência no cuidado de crianças com TEA como especialistas e aqueles com menos de dois anos, incluindo estudantes, como iniciantes.

Com base nos resultados obtidos para as questões relacionadas à Utilidade Percebida, pode-se concluir que a maioria dos especialistas concorda que o EVA seria útil para ajudá-los durante as sessões de terapia. Os especialistas também concordam que as extensões propostas neste trabalho são úteis e os ajudariam a realizar seu trabalho de forma mais eficaz. Considerando os resultados das questões relacionadas à Facilidade de Uso Percebida, a maioria dos especialistas concorda que seria fácil usar o EVA em suas sessões de terapia de TEA sem muito esforço. Por outro lado, alguns especialistas indicaram que os pacientes com TEA podem ter dificuldade de interagir com o EVA por meio da voz, dependendo do nível de comprometimento da comunicação social que possuem. Com relação à questão sobre a utilização de efeitos sensoriais de luz tornar as sessões de terapia menos atrativas, os especialistas mostraram que discordam da afirmação, porém, com um nível de discordância de apenas 54, 17% contra 45, 83% de nível de concordância. Analisando as respostas dos iniciantes, com base nos níveis de discordância (50%), neutralidade (25%) e concordância (25%), pode-se ver que, apesar do nível de discordância ser maior que o nível de concordância, não houve maioria no grupo para essa questão. Com base no valor de mediana ($M_d = 3$), concluimos que os iniciantes não discordam e nem concordam sobre a utilização de efeitos sensoriais de luz tornar as sessões de terapia menos atrativas. Por outro lado, considerando os efeitos sonoros, 25% dos especialistas demonstrou ter algum tipo de preocupação com seu uso. Foi feita uma análise estatística usando o teste não paramétrico de *Mann-Whitney* para comparar as respostas do TAM entre os grupos de especialistas e iniciantes para cada questão. Foi encontrada diferença estatística ($U = 169, 5; p < 0, 05$) apenas na questão onde os iniciantes constataram que os efeitos sonoros tornam a sessão de terapia mais atrativa que os especialistas. Para o grupo dos especialistas obteve-se $M_d=4$ e para o grupo dos iniciantes $M_d=5$. Em todas as outras perguntas, iniciantes e especialistas concordam em suas respostas. Analisando os resultados do TAM, pode-se concluir que o EVA, junto com as novas capacidades de interação multimodal propostas no nosso trabalho, é útil e fácil de usar para terapias de TEA de acordo com os profissionais de saúde.

⁴https://youtu.be/ScyzGQNp_w0

⁵<https://www.youtube.com/watch?v=KnyPr1Bc3Lo>

⁶<https://www.youtube.com/watch?v=PU8BLwTkGaw>

4. Conclusão

Esta dissertação possui três contribuições principais: a linguagem EvaML, o simulador EvaSIM e a extensão da interação multimodal do robô EVA, avaliada através de um jogo sério para crianças com TEA. A linguagem EvaML foi avaliada com 12 usuários em relação à sua clareza, eficácia, facilidade de uso percebida e teve sua usabilidade avaliada segundo nove dimensões cognitivas do framework CDN, do ponto de vista dos usuários, apresentando bons resultados em todos os pontos considerados.

O simulador EvaSIM foi analisado em relação à sua utilidade percebida, facilidade de uso percebida, clareza e teve sua usabilidade avaliada através das questões do SUS, do ponto de vista dos usuários. A avaliação do EvaSIM com 26 usuários apresentou bons resultados e teve sua usabilidade geral classificada como *aceitável* e *”melhor imaginável”* na escala SUS.

As capacidades de interação multimodal do robô foram estendidas com a implementação de dois novos elementos à sua linguagem de programação, um elemento para controle de efeitos sensoriais de luz e outro para o reconhecimento de expressões faciais. Também foi apresentada a proposta de um jogo sério para terapias de crianças com TEA, utilizando-se os dois novos componentes. A fim de avaliar a proposta, 44 profissionais de saúde responderam a um questionário com questões adaptadas do modelo de aceitação de tecnologia (TAM) após assistir a vídeos onde uma criança neurotípica de 6 anos jogou com o robô EVA. Os resultados foram promissores indicando que os profissionais de saúde consideraram a proposta útil e fácil de utilizar em sessões de terapias para crianças com TEA [Rocha et al. 2022a, Rocha 2022].

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio recebido da CAPES, CAPES PRINT, CNPq, INCT-MACC, FAPERJ e FAPESP.

Referências

- Baillie, J.-C. (2005). Urbi: Towards a universal robotic low-level programming language. In *2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pages 820–825. IEEE.
- Fachantidis, N., Syriopoulou-Delli, C. K., and Zygopoulou, M. (2020). The Effectiveness of Socially Assistive Robotics in Children With Autism Spectrum Disorder. *International Journal of Developmental Disabilities*, 66(2):113–121.
- Gena, C., Mattutino, C., Maltese, W., Piazza, G., and Rizzello, E. (2021). Nao_prm: an interactive and affective simulator of the nao robot. In *2021 30th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pages 727–734. IEEE.
- Ishimura, T., Kato, T., Oda, K., and Ohashi, T. (2003). An open robot simulator environment. In *Robot Soccer World Cup*, pages 621–627. Springer.
- Josué, M., Montevecchi, E., Abreu, R., Barreto, F., Santos, J., and Muchaluat-Saade, D. C. (2020). Ambientes multissensoriais aplicados à saúde: desenvolvimento de aplicações e tendências futuras. In *Livro de Minicursos do SBCAS 2020*, chapter 2. SBC.

- Kurniawan, O., Lee, N. T. S., Datta, S., Sockalingam, N., and Leong, P. K. (2018). Effectiveness of physical robot versus robot simulator in teaching introductory programming. In *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, pages 486–493. IEEE.
- Pares, N., Masri, P., Van Wolferen, G., and Creed, C. (2005). Achieving dialogue with children with severe autism in an adaptive multisensory interaction: the "mediate" project. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 11(6):734–743.
- Pincioli, C. and Beltrame, G. (2016). Buzz: a programming language for robot swarms. *IEEE Software*, 33(4):97–100.
- Rocha, M. (2022). EvaML e EvaSIM: Proposta de linguagem baseada em XML e simulador para o robô EVA. Master's thesis, Instituto de Computação, UFF, Niterói, RJ, Brasil.
- Rocha, M., Cruz-Sandoval, D., Favela, J., and Muchaluat-Saade, D. (2022a). Evasim: a software simulator for the eva open-source robotics platform. In *2022 IEEE RO-MAN: 31st IEEE International Conference on Robot Human Interactive Communication*.
- Rocha, M., Melo, S., Favela, J., and Muchaluat-Saade, D. C. (2022b). Robôs socialmente assistivos: Desenvolvendo sessões de terapia multissensorial com o robô eva. In *Livro de Minicursos do SBCAS 2022*, chapter 4. SBC.
- Rocha, M., Valentim, P., Barreto, F., Mitjans, A., Cruz-Sandoval, D., Favela, J., and Muchaluat-Saade, D. (2022c). Towards enhancing the multimodal interaction of a social robot to assist children with autism in emotion regulation. In *International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, pages 398–415. Springer.
- Salleh, M. H. K., Miskam, M. A., Yussof, H., and Omar, A. R. (2017). Hri assessment of asknao intervention framework via typically developed child. *Procedia Computer Science*, 105:333–339.
- Santatiwongchai, S., Kaewkamnerdpong, B., Jutharee, W., and Ounjai, K. (2016). Bliss: Using robot in learning intervention to promote social skills for autism therapy. In *Proceedings of the International Convention on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology, i-CREATE 2016*, Midview City, SGP. Singapore Therapeutic, Assistive & Rehabilitative Technologies (START) Centre.
- Tan, C. T., Harrold, N., and Rosser, D. (2013). Can you copyme? an expression mimicking serious game. In *SIGGRAPH Asia 2013 Symposium on Mobile Graphics and Interactive Applications*, SA '13, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Tousignant, S., Van Wyk, E., and Gini, M. (2011). An overview of xrobots: A hierarchical state machine-based language.
- Vasquez, B. P. E. A. and Matia, F. (2019). A social robot empowered with a new programming language and its performance in a laboratory. In *2019 IEEE International Symposium on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA)*, pages 1–6. IEEE.