

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

Marcelo Marques da Rocha, Débora Christina Muchaluat-Saade<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 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 disponíveis<sup>1</sup>.

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](#)<sup>2</sup>. 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-

---

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

<sup>2</sup><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 um 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 disponível<sup>3</sup>.

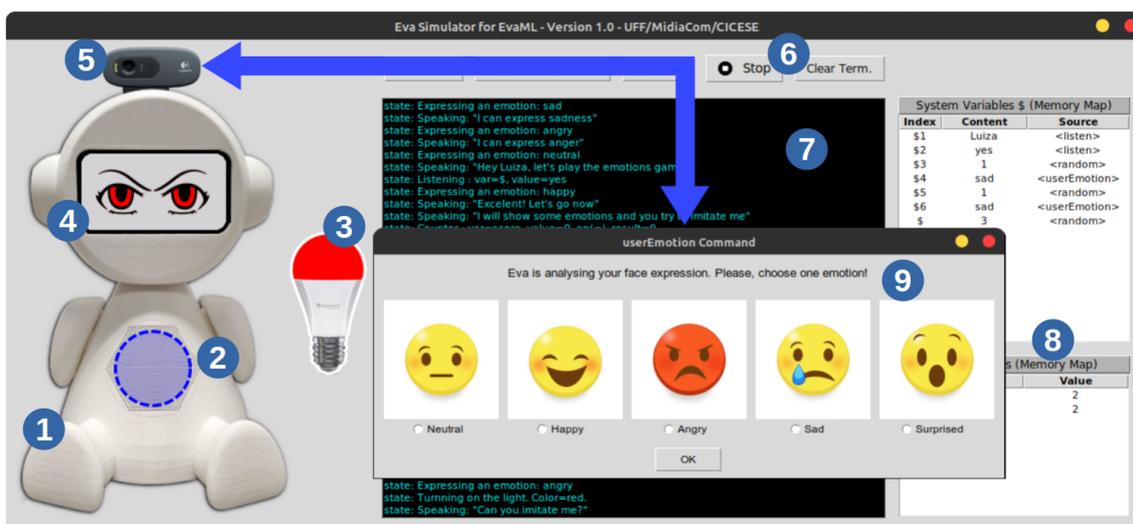


Figura 1. Elementos da interface gráfica de usuário do EvaSIM

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).

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

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<sup>4 5 6</sup> 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 ( $M_d = 3$ ), concluímos 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.

---

<sup>4</sup>[https://youtu.be/ScyzGQNp\\_w0](https://youtu.be/ScyzGQNp_w0)

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

<sup>6</sup><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.