

# ESTRATÉGIAS DE CONTROLE BASEADO EM COMPORTAMENTO DE SELEÇÃO DE AÇÃO APLICADO A ROBÔ SOCIAL PARA INTERAÇÃO COM CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA

VINÍCIUS BINOTTE, GUILHERME BALDO, CHRISTIANE GOULART, CARLOS VALADÃO, ELIETE CALDEIRA, TEODIANO BASTOS

Laboratório de Automação Inteligente, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo. Av. Fernando Ferrari, 514 (Goiabeiras), 29075-910, Vitória, Brazil  
E-mails: *vinicius.binotte@ufes.br*, *guilhermegaldocarlos@gmail.com*, *christiane.ufes@gmail.com*, *carlos.valadão@ufes.br*, *eliete.caldeira@ufes.br*, *teodiano.bastos@ufes.br*

**Abstract** — Considering the growing applications of social robotics in therapies for Autism Spectrum Disorder (ASD), the proposal of this work is to present the control of a mobile robot for interaction with children with ASD. The controllers are based on the child movements, and taking into account concepts of proxemics, to interact with those children. In addition, the design of implementation and evaluation of a behavior-based control strategy of action selection applied to a socially assisted robot was evaluated.

**Keywords** — Social Robot, Mobile robotics, Human-Robot Interaction, Behavior-Based Control, Autism Spectrum Disorder

**Resumo** — Considerando a crescente aplicação da robótica social em terapias voltadas para o Transtorno do Espectro Autista (TEA), a proposta deste trabalho é apresentar o manuseio de controles automáticos baseado em comportamento para um robô móvel desenvolvido para interação com crianças com autismo. Os controladores são modulados a partir de comportamentos, levando-se em consideração conceitos de proxêmica, e informações sobre a interação entre a criança e o robô. Além disso foi avaliada a concepção, implementação e avaliação de uma estratégia de controle baseado em comportamento de seleção de ação aplicado a um robô socialmente assistivo.

**Palavras-chave** — Robô social, Robótica móvel, Interação Humano-Robô, Controle baseado em Comportamento, Transtorno do Espectro Autista

## 1 Introdução

A Interação Humano-Robô (IHR) é um campo de pesquisa que se dedica ao projeto, compreensão e avaliação de sistemas robóticos para utilização por seres humanos ou em conjunto com seres humanos (Goodrich; Schultz, 2007).

O objetivo primário da IHR é o desenvolvimento de robôs cuja interação com pessoas ocorra de forma eficiente, segundo os critérios estabelecidos por suas arquiteturas de controle e sistemas. Esta interação deve ocorrer de forma aceitável, de acordo com os comportamentos, convenções, valores sociais e necessidades sociais e emocionais dos humanos em questão (Dautenhahn, 2013).

Neste contexto, a Proxêmica, definida como o estudo do espaço social e pessoal e à compreensão que o humano tem do ambiente (Hall, 2005), desempenhando um papel fundamental em uma IHR, e determinando assim como o robô deve se deslocar, se posicionar ou qual distância deve se manter do ser humano. “Navegar pelo mundo” pode ser considerada a tarefa mais básica, e uma das mais complexas, a ser executada por um robô, porquanto é exigido que ele “entenda o mundo humano” e seja capaz de se comunicar de maneira engajadora (Reis-Alves, 2016).

A robótica no campo da IHR é classificada em três grandes áreas de atuação: assistiva, socialmente

interativa e socialmente assistiva (Feil-Seifer; Mataric, 2011). A primeira diz respeito aos robôs que provêm assistência às pessoas com alguma deficiência física, possibilitando-lhes maior independência. Já a robótica socialmente interativa abrange os robôs cuja tarefa principal é desempenhar alguma forma de interação social com seres humanos. Por fim, a robótica socialmente assistiva surgiu da intersecção das duas primeiras categorias, sendo caracterizada pelo desenvolvimento de robôs que prestam assistência ao usuário humano por meio de uma interação social (Feil-Seifer, Mataric, 2011; Scassellati, Admoni, Mataric, 2012).

Neste âmbito, estudos mostram que crianças com algum tipo de Transtorno do Espectro Autista (TEA), quando submetidas a interação com robôs socialmente assistivos apresentam comportamentos sociais inovadores e melhor engajamento nas atividades desenvolvidas durante as sessões com o robô e o terapeuta (Goodrich, Schultz, 2007; Wong, Zhong, 2016). Este êxito é atribuído ao fato de os robôs promoverem novos estímulos sociais nas crianças, serem mais previsíveis e fáceis de compreender que pessoas, e poderem ser personalizados conforme especificidades terapêuticas do usuário (Duquette; Michaud; Mercier, 2008).

Pesquisas recentes caracterizam o crescente campo da robótica social aplicada a crianças com TEA. Boccanfuso et al. (2017) desenvolveram o protótipo de um robô interativo de baixo custo para intervenção robô-assistida, chamado Charlie. Este robô

é pequeno, possui aparência de brinquedo e alguns poucos graus de movimento (movimentos necessários para ações de imitação). Ele foi utilizado para interação com oito crianças com TEA com idades entre 3 e 6 anos. Os autores verificaram relativos aumentos no discurso (fala), comunicação e interação social dessas crianças, através de proficiências básicas estruturadas por uma série de jogos interativos.

O robô social humanoide Robokind™ Zeno R25 possui rosto de silicone que exibe expressões faciais baseadas em expressões humanas (Palestra et al. 2016). Este robô foi utilizado para estimular contato visual, atenção compartilhada, imitação corporal e reconhecimento de emoções. Resultados preliminares desse estudo mostraram diferenças estatísticas relacionadas ao contato visual e comportamentos de imitação de expressão facial das crianças estimulados pelo robô.

O robô social humanoide NAO é reconhecido e utilizado em instituições e pesquisas para variadas aplicações no campo do TEA. Como exemplo de uma de suas aplicações, o trabalho de Li, Jia e Feng (2016) utiliza esse robô para interação com crianças com TEA, baseado em imitação de movimentos. Para isto, é utilizada uma plataforma de simulação capaz de modelar, programar e simular robôs móveis. Outro trabalho que utiliza o NAO é caracterizado por uma brincadeira musical, para o estabelecimento de uma interação entre a criança com TEA e o robô, a fim de analisar comportamentos pró-sociais (proximidade, toque físico e atendimento de instruções). Os resultados do trabalho feito com 5 crianças com TEA com idades entre 9 e 16 anos mostraram que, em geral, as crianças não seguiram as instruções de toque de partes do corpo do robô, no entanto, as crianças, mostraram melhoras de comportamento aproximando-se e permanecendo bem próximas ao robô na maior parte do tempo (Suzuki e Lee 2016).

Outro estudo na área é o de Zubrycki e Granosik (2016), no que foi utilizado um robô social para crianças com TEA. O robô, chamado de Ono, possui um rosto capaz de exibir uma variedade de emoções além de sensores de toque por todo o corpo. Em sua análise como ferramenta em terapias (opinião dos terapeutas), os pesquisadores avaliaram a aceitabilidade e a influência do uso do robô em sessões com crianças com TEA (capacidade de verbalização e expressões faciais).

Esses trabalhos anteriormente citados são alguns dos que apontam a forte tendência da utilização de robôs sociais em terapias pedagógicas/comportamentais de crianças com TEA.

## 2 Propósito

Esta pesquisa é parte de um Projeto de Pesquisa multidisciplinar da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) iniciado em 2013. O trabalho envolve o desenvolvimento e a aplicação de um robô móvel

social como ferramenta terapêutica em crianças com TEA.

Na fase atual da pesquisa o robô é capaz de localizar a criança por meio de sensor laser, mover-se autonomamente, e detectar, através de sensores capacitivos, o toque em 12 áreas distintas do corpo, além de executar atividades interativas comandadas através de um controle remoto que fica com o terapeuta durante toda a interação.

O objetivo deste trabalho circunda parte do projeto descrito acima, de forma que serão apresentadas as estratégias utilizadas para controlar o robô autonomamente. Para possibilitar isso, durante toda interação, é necessário que o terapeuta informe via tablet, o nível de interação entre a criança e o robô, já que o robô não é capaz de estimar isso.

## 3 Métodos

A estratégia de controle aplicada ao robô móvel durante a interação com crianças com TEA é fundamentada no conceito de navegação socialmente aceitável e distâncias sociais (proxêmica), que define o espaço pessoal de indivíduos e um robô social (Hall 1963).

### 3.1 Equipamentos

A plataforma robótica N-MARIA (Figura 1), acrônimo para New Mobile Autonomous Robot for Interaction with Autistics, utilizada nessa trabalho, utiliza como base móvel o robô Pioneer 3-DX, fabricado pela Omron/Adept, composto por duas rodas motorizadas e uma roda livre, além de um computador de bordo e baterias.



Figura 1. N-Maria, robô móvel utilizado nesta pesquisa.

Com relação ao sensoriamento do robô, este utiliza odometria e sensores externos de toque em 12 posições para detectar possíveis toques da criança. Para detectar a localização da criança ao redor do robô, a uma distância de até 6 metros, um sensor LIDAR (do inglês *Light Detection and Ranging*) foi incorporado na cintura do robô. As estratégias matemáticas para interação são programadas em linguagem C, levando-se em conta o modelo unicycle com restrições não holônicas deste robô móvel.

Além disso o robô também possui um tablet que representa seu rosto, o tablet pode mostrar diferentes imagens que representam diferentes emoções para o robô: neutro, alegre, feliz, triste, com raiva, surpreso, com nojo. O robô também possui caixas de som de forma a possibilitar uma interação verbal baseada em frases predefinidas.

### 3.2 Estratégia de Controle

Partindo do pressuposto de que o robô atuará como uma ferramenta auxiliar no trabalho terapêutico em crianças com TEA, escolheu-se uma arquitetura de controle baseado em comportamento de seleção de ação, dada sua capacidade de customização (Maes, 1989), já que o modo de funcionamento do robô altera conforme a configuração escolhida pelo terapeuta.

Mais semelhante à arquitetura de esquema motor, a seleção de ação opera dinamicamente na seleção de um comportamento. Esse dinamismo é obtido por meio de alguns fatores atribuídos aos comportamentos, por exemplo, grau de ativação, inibição por outros comportamentos, comportamento atual do robô ou até mesmo pelo decorrer do tempo.

Nesse sentido, quando existe um resultado favorável para mais de um comportamento, executa-se aquele com maior grau da ativação. Outra vantagem do uso dessa arquitetura é a possibilidade de inclusão de novos comportamentos ou sensores ao robô, sem que isso acarrete um impacto grande aos comportamentos já existentes. Numa arquitetura de subsunção, por exemplo, essas inclusões possivelmente constituir-se-iam uma limitação, dada a organização rígida dos comportamentos em camadas pré-definidas.

A determinação do grau de ativação determinante para a execução dos comportamentos na proposta de controle adotada nesta pesquisa baseia-se na distância existente entre o robô e a criança, na informação proveniente dos sensores de toque e, por fim, como já citado, na avaliação do terapeuta acerca do nível de interação entre o robô e a criança, assim como na curiosidade da mesma em relação ao robô.

### 3.3 Controle

A configuração de quais comportamentos serão ativados ou inibidos é feita pelo terapeuta através da customização das faixas onde cada comportamento atuará, de maneira a inibir ou ativar um dado com-

portamento. Ressalta-se que a distância entre o robô e a criança tem seu grau de ativação relacionado diretamente ao conceito de proximidade. Ou seja, comportamentos considerados “íntimos” serão ativados quando o robô estiver posicionado a uma distância que corresponde ao espaço íntimo da criança (entre 15 e 45 cm). O contrário também ocorrerá, isto é, esses comportamentos serão inibidos quando o robô estiver a uma distância “pública” maior do que a métrica utilizada como parâmetro (menos que 3,6 metros).

Devido ao objetivo de se construir uma interação efetiva entre a criança e o robô, caberá ao terapeuta avaliar os níveis de curiosidade e de interação, e enviar essas informações para o robô por meio do tablet que ficará à sua disposição.

Além dos quesitos determinantes para a ativação dos comportamentos e das informações enviadas ao robô por intermédio do terapeuta, há ainda comportamentos que poderão ser disparados por esse profissional para parabenizar e motivar a criança. Nas situações em que a criança fizer alguma pergunta ao robô, o terapeuta poderá selecionar um comportamento de resposta em que o robô responderá à última pergunta feita, a fim de evitar uma possível frustração na criança.

Vale salientar que essa funcionalidade foi desenvolvida para atender situações em que a criança re- trucar alguma pergunta feita por N-MARIA. Essas duas ações (responder e parabenizar) apresentam uma característica digital, sendo que o terapeuta enviará a informação para o robô e, imediatamente, um comportamento correspondente será acionado.

Os sensores de toque também atuam de forma digital, porém, inibindo um comportamento indesejado e contribuindo para a ativação de comportamentos mais relacionados ao toque e à exploração do robô.

Além das variáveis com características digitais, existem as com características analógicas que contribuem, dentro de uma faixa configurada pelo terapeuta, para a ativação dos comportamentos. Na Tabela 1 mostram-se como as variáveis escolhidas contribuem para o grau de ativação de cada comportamento, e os respectivos responsáveis pela informação.

Variáveis	Mínimo - Máximo	Tipo de Sinal
Distância	Íntimo - Público	Analógico
Toque	Não - Sim	Digital
Responder	Não - Sim	Digital
Curiosidade	0-100%	Analógico
Interação	0-100%	Analógico
Parabenizar	Não - Sim	Digital

Tabela 1. Variáveis, graus de ativação e responsáveis pela informação.

É possível que dois ou mais comportamentos apresentem o mesmo grau de ativação. Neste caso, a opção será pela utilização de uma variável aleatória que definirá, o comportamento a ser executado. A

Tabela 2 apresenta um exemplo de configuração de um comportamento e as variáveis relacionadas. Nota-se de as configurações dos comportamentos devem ser feitas por um terapeuta e que no caso, foram definidos valores para avaliar o controle proposto.

	Faixa de operação (tipo de variável)	
	Analogica	Digital
Responder		Não
Parabenizar		Não
Curiosidade	50-80%	
Interação	20-90%	
Toque		Não
Distância	Social	

Tabela 2. Configuração dos comportamentos e variáveis relacionadas.

Ao analisar a Tabela 2 pode-se observar que o comportamento será ativado quando a criança estiver a uma distância “social” (1,2 a 2,1 metros) do robô e o grau de curiosidade e interação estiver entre 50 a 80% e 20 e 90%, respectivamente. Nota-se que esse comportamento mostrado será inibido em caso de toque ou em caso que o terapeuta execute o comando “parabenizar” ou “responder” do robô.

Não obstante à limitação da ativação de comportamentos (um por vez), é possível configurar o controlador de forma que comportamentos de naturezas diferentes (como fala e modo de operação) sejam ativados simultaneamente ou em conjunto. A combinação desses comportamentos, portanto, permitirá a criação de novos comportamentos.

### 3.4 Controle de mobilidade

O controle de mobilidade aplicado ao robô é similar ao apresentado em Secchi (1998), como mostrado na Equação 1. Porém, nota-se que tanto a velocidade linear como a velocidade angular são dependentes do erro angular e linear (Figura 2).

$$v = v_{\max} \tanh \rho \cos \alpha$$

$$\omega = k_{\omega} \alpha + v_{\max} \frac{\tanh \rho}{\rho} \sin \alpha \cos \alpha, \quad (1)$$

onde,  $v$  é a velocidade linear;  $v_{\max}$  é a velocidade linear máxima;  $\rho$  é a distância entre o robô e o ponto onde se quer chegar;  $\alpha$  é o ângulo de orientação entre a criança e o robô;  $\omega$  é a velocidade angular;  $k_{\omega}$  é um ganho constante do controlador;  $x$  e  $y$  são as coordenadas onde o robô se encontra, e  $x_d$  e  $y_d$  são as coordenadas do ponto destino.

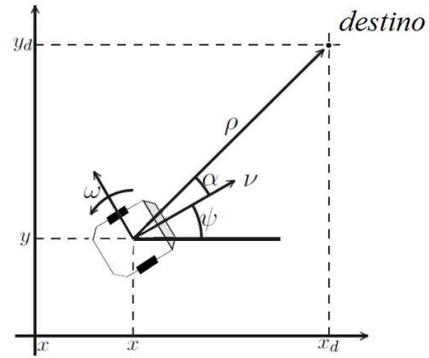


Figura 2. Sistema de coordenadas utilizado para controle de posição final.

Visando obter um comportamento mais natural, em que a aproximação é feita de forma indireta com velocidades angular e linear independentes dos erros linear e angular respectivamente, foi proposto o controle mostrado na Equação 2.

$$v = v_{\max} \tanh \rho \tanh d$$

$$\omega = \omega_{\max} \tanh \alpha \tanh d, \quad (2)$$

O último fator multiplicador da equação (onde  $d$  é a distância entre o robô e a criança) impõe ao robô velocidades menores quando este está próximo à criança. Essa necessidade se dá devido à existência de situações onde o ponto destino do robô é diferente da localização da criança. Sem esse último fator, o robô se moveria com velocidade alta, podendo causar desconforto ou insegurança à criança.

A estabilidade do controlador pode ser provada aplicando a Equação 2 na função candidata de Lyapunov apresentada pela Equação 3 (definida positiva). É possível verificar que o sistema é assintoticamente estável no sentido de Lyapunov, como mostrado na Equação 4, que é definida negativa.

$$V(\rho, \alpha) = \frac{\rho^2}{2} + \frac{\alpha^2}{2} \quad (3)$$

$$\dot{V}(\rho, \alpha) = v_{\max} \tanh \rho \tanh d (-\rho \cos \alpha + \alpha \frac{\sin \alpha}{\rho}) - \alpha \omega_{\max} \tanh \alpha \tanh d, \quad (4)$$

Uma melhor ilustração da forma de aproximação citada anteriormente pode ser vista na Figura 3. Pode-se perceber que o controle proposto tem uma aproximação mais gradual e menos direta. É válido ressaltar que existem controles que possibilitam realizar a mesma tarefa percorrendo um espaço menor, porém, para a atividade proposta, o tempo ou distância de percurso não são variáveis de interesse.

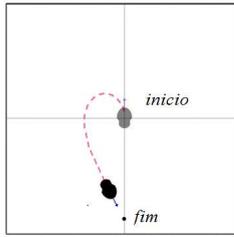


Figura 3. Trajetória percorrida com o controle proposto.

#### 4 Resultados

Com o intuito de avaliar o controle móvel proposto, e também verificar quais as configurações que resultaram em um comportamento coerente, caracterizando uma interação socialmente mais aceitável, foi proposta uma interação onde um voluntário representasse a criança durante a interação e outro representasse o terapeuta indicava o grau de interação e a curiosidade entre o voluntário e a N-MARIA.

Desta feita, os comportamentos foram ativados ou inibidos a depender da situação em que se encontrava a interação.

Registraram-se os dados enviados, via tablet, com o grau de interação e curiosidade, com as informações acerca das distâncias (Proxêmica), os momentos em que ocorreram ou não toque físico no robô, e a indicação de ativação ou inibição de todos os comportamentos.

Acerca do controle de mobilidade, pode ser visto nas Figuras 4 e 5, que o sinal de controle atua buscando diminuir o erro o qual representa a posição do voluntário tendo como referencial o robô. Isso é, à medida que o robô se aproxima do ponto desejado (posição do voluntário) o sinal de controle do robô atua diminuindo assim o erro.

Para se avaliar o controle baseado em comportamento e para possibilitar um melhor entendimento dos comportamentos ativados durante a interação, as informações de todas as variáveis relacionadas ao experimento estão dispostas nas Figuras 6, 7, 8 e 9. Onde são apresentados os dados na mesma linha do tempo.

A Figura 6 mostra os comportamentos que foram ativados naquele momento da interação. A Figura 7 é o que de fato foi executado pelo robô. Já as Figuras 8 e 9 mostram como as variáveis utilizadas para o cálculo da ativação dos comportamentos se comportaram ao longo do tempo.

Os comportamentos apresentados na Figura 6, podem ser divididos em dois tipos. O primeiro grupo (1 a 10) são comportamentos relacionados a fala do robô, sendo eles em ordem: “Eu estou feliz, você está feliz?”, “Olá, meu nome é N-Maria, qual é o seu nome?”, “Olá, meu nome é N-Maria, eu estou aqui para brincar”, “Venha me conhecer, toque meus braços e minhas mãos”, “Você gosta de brincar? Eu gosto! Vamos brincar?”, “Venha me seguir”, “Muito bom”, “Vamos tentar de novo?”, “Vamos andar agora? Venha andar ao meu lado”, “Segure a minha mão”.

Já o segundo grupo (11 a 15) são comportamentos relacionados a mobilidade do robô, sendo eles em ordem os comportamentos de girar, afastar, aproximar, seguir e retornar para origem.

Sobre os comportamentos escolhidos, percebeu-se que comportamentos muito extensos, poderiam ser divididos em comportamentos menores. Com isso existiria um número maior de comportamentos possibilitando também a criação de novos comportamentos através da combinação de outros.

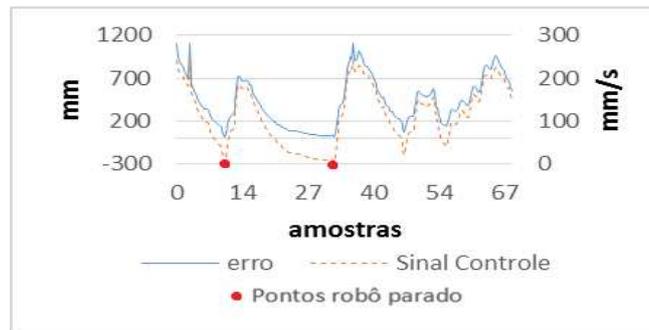


Figura 4. Erro de distância, velocidade linear e pontos de repouso.

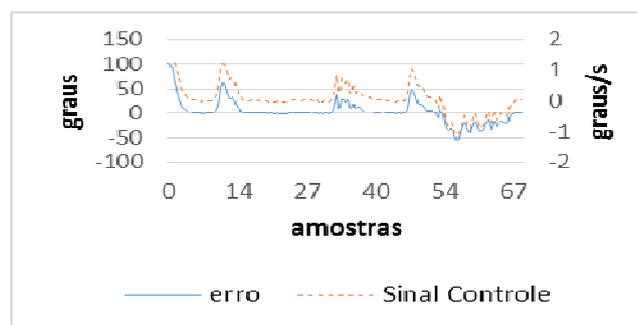


Figura 5. Erro angular e velocidade angular.

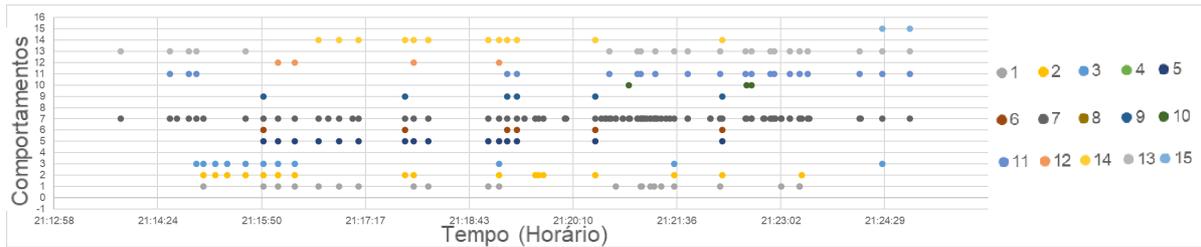


Figura 6. Comportamentos e seus momentos de ativação.

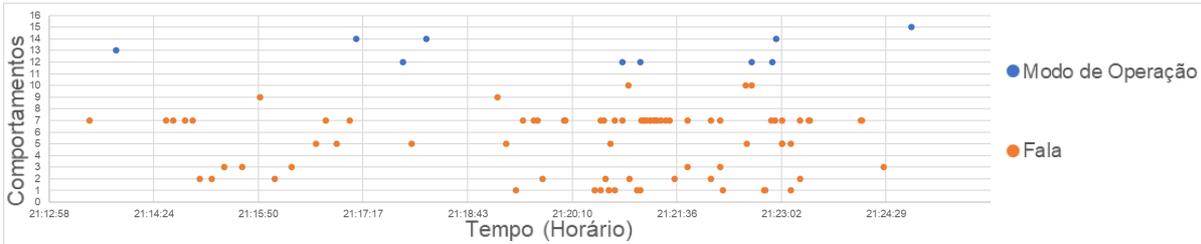


Figura 7. Comportamentos executados pelo robô.

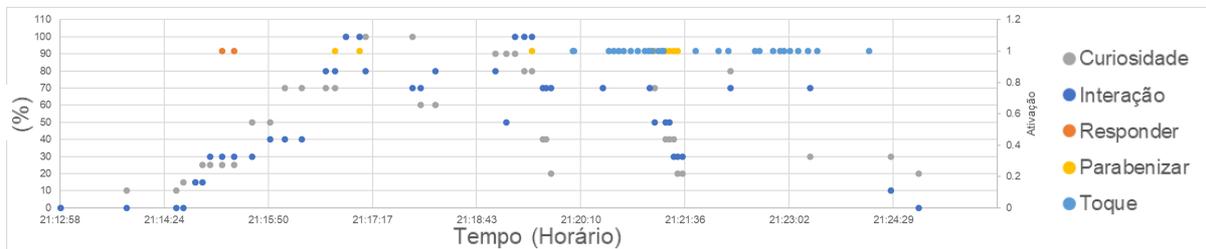


Figura 8. Variáveis utilizadas para se calcular os níveis de ativação.

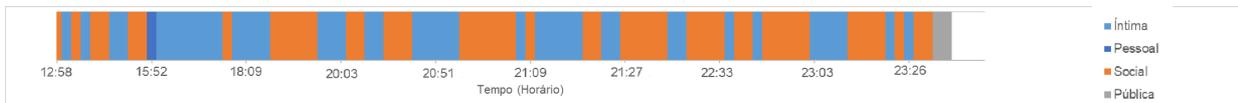


Figura 9. Região social onde a pessoa (criança) está, em relação ao robô.

## 5 Discussão

Ao analisar as Figuras 6 e 7, identifica-se que houve uma boa distribuição quanto à decisão de qual comportamento adotar a partir da escolha aleatória para os casos em que mais de um comportamento foi ativado. Porém, os dados da Figura 7 indicam que, mesmo com uma boa diversidade de comportamentos executados ao longo do tempo, houve a repetição dos comportamentos 1 e 7 em mais de um momento, o que não é interessante para a interação. Nota-se também que os comportamentos 4, 6, 8 e 11 não foram executados, isso ocorreu devido a inibição desses comportamentos que necessitava de um alto grau de interação com a criança distante.

Notou-se também que os comportamentos ligados à mobilidade do robô demandam maior correlação com os demais comportamentos, principalmente àqueles relacionados à fala. Um exemplo dessa necessidade são os casos em que se executam falas com caráter convidativo. Estas carecem de um comportamento de característica móvel em sequência, podendo gerar, assim, uma frustração por parte da criança.

Sobre a mobilidade do robô, o controlador proposto se mostrou estável, já sobre os comportamentos de mobilidade ativados, percebeu-se que ocorreu uma ativação por um de tempo muito curto, podendo esse ser maior o que estimularia o voluntário andar com o robô.

Por se tratar de um estudo preliminar com foco no controle do robô, não é possível determinar quais comportamentos seriam melhores para determinadas situações ao lidar com a criança com TEA, e nem como os comportamentos do robô podem interferir no comportamento da criança com TEA.

Esses e outros itens relacionados a especificidade da interação com crianças com TEA, fazem parte da segunda fase do projeto, onde serão analisados pelos terapeutas, quais comportamentos são melhores para estabelecer uma interação e ajudar assim a terapia com as crianças.

## 6 Conclusão

Este trabalho apresentou a concepção, implementação e avaliação de uma estratégia de controle basea-

do em comportamento de seleção de ação aplicado a um robô socialmente assistivo. Levou-se em consideração aspectos sociais definidos em conjunto por restrições referentes à proxêmica e à configurações e comandos determinados pelo terapeuta.

A partir dos resultados pode-se concluir que o robô foi capaz de experimentalmente produzir uma variedade de interações e comportamentos, a partir de medições de sensores e entrada de parâmetros de interação e curiosidade por parte do terapeuta. Desta forma, atingindo o objetivo da pesquisa e demonstrando o potencial desta estratégia de controle para a aplicação em robôs socialmente assistivos.

Vale também ressaltar o potencial de escalabilidade de comportamentos do sistema, assim, é possível a inserção de novos comportamentos de forma simples, sem comprometer o funcionamento do resto do sistema. Além disso, adição de novos sensores como novos sensores de toque espalhados pelo corpo do robô ou sensores de temperatura, batimento cardíaco e de pressão localizados na mão do robô pode ajudar na identificação de pistas sociais que auxiliem a decisão dos comportamentos.

As próximas etapas do trabalho consistirão nos testes com o robô em Associações que oferecem terapias especializadas para crianças com TEA, de forma a analisar sua utilização para o estímulo de habilidades sociais dessas crianças e como potencial ferramenta para terapeutas.

### Agradecimentos

Agradecemos à CAPES, CNPq e FAPES pelas bolsas de pesquisa e apoio financeiro, e à UFES pelo apoio técnico e científico.

### Referências Bibliográficas

- Boccanfuso, L., Scarborough, S., Abramson, R. K., Hall, A. V., Wright, H. H., O’Kane, J. M. (2017). A low-cost socially assistive robot and robot-assisted intervention for children with autism spectrum disorder: field trials and lessons learned. *Autonomous Robot*, 41, 637–655.
- Dautenhahn, K. Human-Robot Interaction. In: *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*. 2 Ed. The Interaction Design Foundation, 2013. Disponível em: <<https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/human-robot-interaction>> Acesso em: 28 de dezembro de 2017.
- Duquette, A., Michaud, F., Marcier, H. (2008). Exploring the use of a mobile robot as an imitation agent with children with low-functioning autism. *Autonomous Robot*, 24, 147–157.
- Feil-Seifer, D. and Matari’c, M. J. (2011). Socially Assistive Robotics. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, Vol. 18, No. 1, pp. 24–31.
- Goodrich, M. A.; Schultz, A.C. Human-Robot Interaction: a Survey, *Human-Computer Interaction*, v. 1, n° 3, 2007. pp. 203-275.
- Hall, E. (1963). A System for the Notation of Proxemic Behavior. *American Anthropologist*, Vol. 65, N.5, New Series, pp. 1003-1026.
- Hall, E. T. *A dimensão oculta*. São Paulo: Martins Fontes, 2005.
- Junior, V. G. *Arquitetura híbrida para robôs móveis baseada em funções de navegação com interação humana*. [Tese de Doutorado] Universidade de São Paulo, 2006.
- Li, C., Jia, Q., and Feng, Y. (2016). Human-Robot Interactoin Design for Robot-Assisted Intervention for Children with Autism Based on E-S Theory. 8th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, DOI 10.1109/IHMSC.2016.103.
- Maes, P. The Dynamics of action selection, *IJCAI’89 Proceedings of the 11th international joint conference on Artificial intelligence*, v. 2, 1989. pp. 991-997.
- Palestra, G., Varni, G., Chetouani, M., Esposito, F. (2016). A Multimodal and Multilevel System for Robotics Treatment of Autism in Children. *Proceedings of the International Workshop on Social Learning and Multimodal Interaction for Designing Artificial Agents (DAA’16)*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3005338.3005341>.
- Reis-Alves, S. F. *Arquitetura de Controle Inteligente para Interação Humano-Robô*. Tese (Doutorado). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo, 2016.
- Scassellati, B.; Admoni, H.; Matari’C, M. Robots for use in Autism research, *Annual Review of Biomedical Engineering*, v. 14, 2012, pp. 275-294.
- Secchi, H. (1998). *Control de vehículos autoguiados con realimentación sensorial*. Master's thesis, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan, San Juan-Argentina.
- Suzuki, R., Lee, J.(2016). Robot-play Therapy for Improving Prosocial Behaviours in Children with Autism Spectrum Disorders. *International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS)*, doi: 10.1109/MHS.2016.7824238.
- Won, H. Y. A and Zhong, Z. W. (2016). Assessment Of Robot Training for Social Cognitive Learning. 16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), doi: 10.1109/ICCAS.2016.7832420.
- Zubrycki, I. and Granosik, G. (2016). Understanding Therapists’ Needs and Attitudes Towards Robotic Support. *The Roboterapia Project. International Journal of Social Robotics*, 8:553–563.