

Guidelines para Engenharia de um Brinquedo Robô Personalizado para Reabilitação de Pessoa com Deficiência

Jonas C. Boechat¹, Fernando M. Magalhães², Otávio M. Dantas¹, Luciana C. L. de Faria Borges³, Elmo B. de Faria,³ Eunice P. S. Nunes³

¹Faculdade de Engenharia de Várzea Grande – Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 - Bairro Boa Esperança. Cuiabá - MT CEP 78060-900

²Departamento de Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 - Bairro Boa Esperança. Cuiabá - MT CEP 78060-900

³Instituto de Computação - Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 - Bairro Boa Esperança. Cuiabá - MT CEP 78060-900

jonas_boechat@hotmail.com, fernandinho_ferinha@hotmail.com,
otavio-dantas@live.com, lucianafariaborges@gmail.com

Abstract. *This article presents recommendations on the principles of software development and design for an inclusive robot toy, using engineering tools and practices that assist in the development of a robot, focusing on the rehabilitation of children with disabilities. Such recommendations come from the experience acquired during three years of research in the FATA project. The robot was customized built to meet the needs of three children with cerebral palsy and was designed in participatory design sessions.*

Resumo. *Este artigo apresenta recomendações sobre os princípios de desenvolvimento e projeto de software de um brinquedo robô inclusivo, utilizando ferramentas e práticas de engenharia que auxiliam o desenvolvimento de um robô, com foco na reabilitação da criança com deficiência. Tais recomendações são provenientes da experiência adquirida no projeto FATA durante três anos de pesquisa. O robô foi construído de forma personalizada para atender as necessidades de três crianças com paralisia cerebral e foi projetado em sessões de design participativo.*

1. Introdução

O processo de aprendizado das crianças é potencializado a partir das interações com o meio, que podem ser motivadas por histórias, cenários e desafios apresentados. Na infância os brinquedos desempenham importante papel social e educacional, o que não é diferente para Crianças com Deficiência (CcD), uma vez que o ato de brincar pode ajudar a desenvolver habilidades, promover interação e superar desafios [Souza, Figueiredo e Silva 2017].

Segundo [Souza, Figueiredo e Silva 2017], o ato de brincar aumenta a capacidade cognitiva e funções comuns que são aperfeiçoadas na vida cotidiana. A criança que não desenvolve "o brincar", tende a diminuir a criatividade, bem como a experiência de descoberta do mundo, e até de si mesma. [Klinger e Souza 2015] afirmam que há indícios de que o ato de brincar da CcD, aumenta a eficácia do tratamento, uma vez que pode resultar em melhorias no âmbito social e evolução no quadro clínico. Estimular a CcD a brincar, pode tornar parte do processo de tratamento, e causar impactos positivos nos resultados finais.

O brincar pode acontecer de diversas formas, incluindo o uso de brinquedos, entre eles, um brinquedo robô [Tsiakast, Abellanoza e Makedon 2016]. Porém, considerando que a CcD possui diferentes limitações [Goulart e Assis 2002], a adaptação e personalização dos brinquedos é necessária para obter melhores resultados. Embora a literatura mostra iniciativas de brinquedos inclusivos, como pode ser observado no estudo de [Nunes et al. 2017], é notável que a indústria ainda não produz de forma massiva brinquedos acessíveis para CcD, especialmente, brinquedos de baixo custo, a fim de alcançar crianças de diferentes níveis sociais.

Os brinquedos robôs podem ser personalizados conforme o tipo de deficiência da criança e seu nível de interação, buscando explorar aspectos lúdicos e educativos. Na literatura, encontram-se estudos que adotam brinquedos robôs nas atividades diárias, seja nas escolas ou centros de reabilitação [Nunes et al. 2017], já que os robôs podem oferecer recursos que estimulam os indivíduos a explorar diferentes sentidos e ações (ouvindo, olhando, falando, movendo-se, interagindo). Ao utilizar um robô, os sentidos da criança podem ser explorados por meio de sensores, câmeras e adaptações nas características físicas do robô. O processo de personalização e adaptação de brinquedos inclusivos pode ser mais efetivo se incluir a participação de diferentes atores. Logo, sessões de Design Participativo (DP) [Gaudio, Oliveira e Franzato 2015] colaboram com o processo de construção.

Portanto, este artigo apresenta recomendações sobre os princípios de desenvolvimento e projeto de software de um brinquedo robô inclusivo, utilizando ferramentas e práticas de engenharia que auxiliam o desenvolvimento de um robô com foco na reabilitação da CcD. O robô foi construído de forma personalizada, a fim de se adaptar às necessidades do usuário. Neste estudo, as sessões de DP conduzidas foram, em sua maior parte, com crianças com paralisia cerebral que se encontram em tratamento. Porém, é importante esclarecer que uma criança se difere de outra, tendo em vista os diferentes níveis da doença. Logo, as ferramentas que fazem parte desse processo são singulares.

Tais recomendações são provenientes da experiência adquirida durante três anos de pesquisa no projeto "Desenvolvimento de Tecnologias Assistivas Personalizadas na FATA", desenvolvido no âmbito do Laboratório de Ambientes Virtuais Interativos - LAVI¹. Destaca-se que o projeto conta com uma equipe multidisciplinar no campo das Tecnologias Assistivas. Na sequência, o trabalho apresenta a metodologia adotada na

¹ lavi.ic.ufmt.br. O Lavi atua na análise e desenvolvimento de sistemas, contribuindo com a sociabilização de tecnologias digitais e com o processo de ensino-aprendizagem.

pesquisa, os principais resultados relacionados às recomendações propostas e as conclusões obtidas neste estudo.

2. Metodologia

Esta pesquisa iniciou por um levantamento bibliográfico que buscou identificar como os princípios de desenvolvimento e projeto de software poderiam ser aplicados no desenvolvimento de um brinquedo robô inclusivo, a partir de ferramentas e boas práticas de engenharia de software. A proposta buscou na literatura, princípios com foco na reabilitação da CcD, explorando o brincar, a personalização, o baixo custo e a agilidade nas entregas. Foram selecionados artigos nas bases de dados IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) e Google Acadêmico, considerando publicações entre os anos de 2015 e 2018.

Adicionalmente, foram conduzidas sessões de DP em parceria com uma instituição de reabilitação de Pessoas com Deficiência (PcD), com vistas a desenvolver tecnologias assistivas personalizadas com base no robô Otto². Técnicas de DP foram adotadas em todas as fases de desenvolvimento do brinquedo inclusivo, com propósito de incluir todos os *stakeholders* do projeto como co-designers da solução proposta, também como forma de aplicar a metodologia de desenvolvimento de software ágil, visando entregas frequentes e a satisfação dos usuários.

Na primeira fase do projeto, uma equipe multidisciplinar que incluiu terapeutas ocupacionais, fisioterapeutas, assistentes sociais e pedagogas da instituição de reabilitação, bem como os pesquisadores (dois professores e três estudantes dos cursos de Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Elétrica da UFMT), atuaram na sessão de DP usando a técnica *Contextual Inquiry* [Schuler e Namioka 1993], a fim de identificar os requisitos funcionais e não funcionais do robô, considerando as especificidades de cada caso singular, e visando a personalização. Este levantamento considerou ainda, as necessidades e limitações de três crianças com paralisia cerebral, que foram selecionadas pelos profissionais de saúde da instituição de reabilitação.

As três CcD selecionadas, apresentam sequelas decorrentes de paralisia cerebral. Algumas de suas características são: 1. Do sexo masculino, 6 anos de idade, possui boa coordenação motora, bom entendimento cognitivo. A mãe relatou que a criança já usa o celular ou tablet como dispositivo de interação; 2. Do sexo masculino, 7 anos de idade, não fala, usa as duas mãos para segurar objetos. Embora a mão direita tenha melhor coordenação motora, suas ações são lentas. Possui um bom entendimento e se comunica usando gestos. A mãe relatou que a criança geralmente brinca em seu computador usando joystick pois possui dificuldade com o touchscreen; 3. Do sexo feminino, 12 anos de idade, fala limitada, usa a mão esquerda para segurar objetos, tem um bom entendimento e se comunica por gestos. Pode lidar bem com o celular e tablet, e costuma jogar nesses dispositivos.

Na primeira fase, as sessões de DP foram conduzidas com os profissionais de saúde, que apontaram as seguintes necessidades do brinquedo robô personalizado para

² ottodiy.com

cada uma das crianças: i) que fosse possível explorar a lateralidade; ii) que fosse possível explorar funções de comunicação, a fim de estimular o desenvolvimento cognitivo e a interação social.

Na sequência, as três crianças participaram das sessões de DP a partir da técnica de *Mock-up* [Melo, Baranauskas e Soares 2008] e avaliaram a usabilidade e acessibilidade do robô. Nesta etapa, foi projetado para o Otto as funcionalidades de reprodução de voz, movimentação, sensor para evitar colisão e movimentos no modo de dança.

Posteriormente, em uma das sessões de DP incluindo as três crianças (Figura 1), foi dada uma tarefa para cada criança realizar com o robô - fazer o robô Otto caminhar pela avenida, sendo orientado a visitar e parar em alguns locais indicados na maquete, desviar de obstáculos. Deste modo, foi possível explorar direções de lateralidade até atingir a meta proposta. A partir dos resultados obtidos nas sessões de DP, a equipe de desenvolvedores identificou as melhorias que deveriam ser implementadas no robô, visando melhorar a experiência dos usuários. Salientamos que foram identificadas algumas melhorias que são comuns entre as três crianças e outras específicas para cada criança, de acordo com suas limitações.



Figura 1. Criança em um teste participativo com o robô Otto

Fonte: Os Autores

A partir dos *Mockups* do robô Otto, os *stakeholders* identificaram a necessidade de implementar outras formas de expressão para o robô e melhorar os módulos de bateria, pois descarregavam muito rápido. Também foi observada a necessidade de remodelar o design do robô, conforme mostra o esboço na Figura 2.

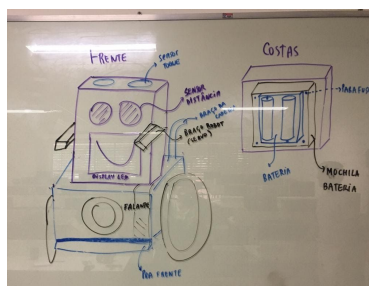


Figura 2. Reunião de Design Participativo para remodelação do robô

Fonte: Os Autores

Também foi observada a necessidade de desenvolver novos tipos de interação, respeitando o objetivo do projeto que é desenvolver uma tecnologia assistiva de baixo

custo. Isto foi possível notar nas sessões de DP com os *stakeholders* - terapeutas, orientadores e alunos, quando o novo design do robô foi abordado. Ao adicionar e modificar componentes presentes, foi possível identificar novas funcionalidades de interação, visando aprimorar a experiência do robô com os usuários.

Uma proposta de melhoria do robô, inclui: i) com vistas a resolver as limitações de movimento da primeira versão foram adicionadas rodas ao robô (Figura 2), ademais as crianças poderiam se identificar com o robô, tendo em vista o uso da cadeira de rodas, e assim melhorar a interação entre as crianças com deficiência motora e o robô; ii) com novas adaptações, o corpo do robô foi modificado para acoplar os novos componentes, e a modelagem das peças foram feitas no software Autodesk Inventor e produzidas em uma impressora 3D.

2.1. Tecnologias Usadas

A partir das sessões de DP, o design do robô foi projetado e as peças 3D foram desenvolvidas no software de modelação Autodesk Inventor. O aprendizado necessário para o desenvolvimento das peças aconteceu com a colaboração de alunos pesquisadores do curso de Engenharia de Controle e Automação do laboratório de pesquisa IARA (Inteligência Artificial Robótica e Automação) do Instituto da Computação – UFMT, sob a orientação de professores pesquisadores das áreas da Computação e Engenharia. As peças, paulatinamente produzidas em impressora 3D, após algumas tentativas de impressão, foram aprovadas para uso.

A montagem do circuito foi produzida no Laboratório de pesquisa, CAP (Computação em Agricultura de Precisão) vinculado ao Instituto da Computação da UFMT, tem como orientador um cientista da computação e contém todos os equipamentos necessários para o desenvolvimento do circuito do robô. O estudo necessário para o desenvolvimento do circuito do robô vem de uma bagagem de aulas como Eletrônica, Circuitos Elétricos e Microcontroladores, ministradas nos cursos de Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Elétrica.

A programação do robô foi desenvolvida por partes: a) cada sensor foi programado individualmente - utilizando *header files* - foi possível chamar os sensores como biblioteca para o arquivo principal, no qual são definidas as funções do microcontrolador; b) um pesquisador desenvolvedor ficou responsável pela programação dos sensores e outro pela alocação das bibliotecas para o código principal.

A partir das sessões de DP e da revisão bibliográfica realizada, foi apresentada uma nova proposta de interação entre o usuário e o brinquedo, adicionando uma matriz de LED ao projeto, visando trazer expressões ao robô. As expressões podem ser configuradas por meio de um aplicativo, a ser desenvolvido em trabalhos futuros.

Todo o controle do robô foi feito por um aplicativo desenvolvido em Flutter, um *framework* gratuito da Google para desenvolvimento de aplicativos que funcionam nas plataformas Android e iOS, com uma comunidade vasta e ativa [Flutter 2020].

3. Resultados

Foi desenvolvida uma versão personalizada do robô Otto para atuar como tecnologia assistiva em atividades cotidianas em instituições que cuidam de CcD, permitindo a democratização desse recurso. A Figura 3 mostra as duas versões desenvolvidas do robô: i) Figura 3 à esquerda - 1ª. versão do robô, que se locomove por passos a frente, para trás e para as laterais; ii) Figura 3 à direita - 2ª. versão do robô, personalizado para se locomover por meio de rodas e, além disso possui uma matriz de LED, que simula uma boca, para expressar alguns estados emocionais.

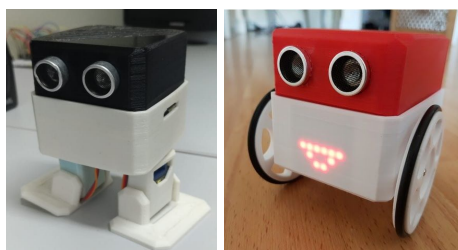


Figura 3. Primeira e Segunda versão do Robô Otto

Fonte: Adaptado do projeto wikifactory.com/+OttoDIY/w

As recomendações apresentadas são principalmente de aspectos construtivos do robô, como também no seu processo de desenvolvimento, principalmente o design. A Figura 4 ilustra as conexões do módulo principal (Arduino/ESP32) com os demais sensores.

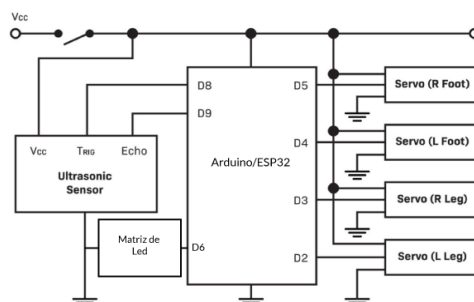


Figura 4. Diagrama geral do robô otto

Fonte: Os Autores

3.1. Componentes

3.1.1. Microcontrolador

Um dos mais importantes componentes a ser selecionado é o Microcontrolador, que é o “cérebro” do robô, responsável por receber os comandos e processá-los, acionando todos os sensores conectados a ele. Sua seleção deve ser criteriosa, já que no mercado é

possível encontrar diversos tipos, cada um com suas peculiaridades.

As recomendações consideram os principais aspectos sobre a escolha de um Microcontrolador direcionado a esta aplicação:

- Observar a quantidade de *GPIO's* (*General Purpose Input/Output*), entradas e saídas digitais, presentes no Microcontrolador. Dependendo da quantidade de sensores adicionados no robô pode ser necessário outro microcontrolador com maior capacidade ou adição de um *shield* de expansão;
- A leitura do *Data Sheet* do microcontrolador é importante para reconhecer as *GPIO's*, além de descrever todos os recursos e funções disponíveis;
- O preço de um microcontrolador se altera conforme a quantidade de recursos e funções disponíveis como *Bluetooth*, *WiFi*, quantidade de *GPIO's*, etc. Logo é importante conhecer anteriormente quais recursos serão utilizados visando o custo benefício.

Na primeira versão desenvolvida do robô Otto, o microcontrolador empregado foi o Arduino Nano, entretanto, como o mesmo possui poucas *GPIO's*, e não contém o recurso de *Bluetooth* e *WiFi* embutidos, para a nova versão foi usado o ESP32, um microcontrolador que possui quase o mesmo tamanho que o Arduino Nano, porém dispõe mais *GPIO's* e também recurso de *WiFi* e *Bluetooth* embutido. Com esta troca foi possível baratear a construção do robô, já que para usar recursos *Bluetooth* e *Wifi* com o Arduino Nano foi necessário aquisição de um componente adicional.

3.1.2. Alimentação

Diversos recursos e sensores adicionados vão consumir uma determinada quantidade de energia. Isto deve ser observado tendo em vista que o robô deve ter uma autonomia suficiente para que seja possível realizar atividades mais longas.

Durante os testes com a primeira versão do Otto foi observado uma curta duração de tempo das baterias, o que limitou o tempo de realização das atividades. Logo, é recomendável:

- o emprego de pilhas de lítio como alimentação podem aumentar significativamente a autonomia do robô, contudo será necessário acrescentar um módulo de carregamento TP4056, que permite o carregamento das pilhas com um carregador de celular comum;
- a utilização de funções de economia de energia no microcontrolador escolhido como, por exemplo, o ESP 32 já citado anteriormente que contém o recurso de *Bluetooth Low Energy*, como forma de consumir menos energia durante o uso do brinquedo.

3.1.3. Mobilidade

Nos primeiros testes da primeira versão do robô Otto, foram constatados problemas de

controle em um percurso determinado, ocasionado pela falta de mobilidade decorrente do mecanismo de locomoção usado, que era um mini servo motor. É recomendável portanto, a sua alteração por outras opções como:

- Mecanismos que façam o uso de motores DC conectado a rodas, que podem permitir uma maior facilidade e responsividade no controle, assim como maior fluidez em seu movimento;
- Redução na quantidade de motores e rodas, pode ser utilizado associado dois motores com rodas, uma roda livre, permitindo que o robô continue tendo estabilidade e mobilidade com um custo menor.

3.1.4. Sensores e Recursos

Alguns sensores podem ser acrescentados no robô de acordo com o objetivo do projeto, a fim de ampliar recursos e funções que possibilitem realizar atividades com CcD. A seguir são mostrados alguns tipos de sensores desses que podem ter papel fundamental, tanto na funcionalidade quanto na atratividade:

- Speaker, componente capaz de reproduzir áudio, adicionado a um módulo MP3 e cartão SD, que pode trazer voz ao robô, falas podem ser gravadas e reproduzidas pelo robô por meio de comando via aplicativo;
- Matriz de LED, que pode incluir traços de expressões faciais para o robô trazendo um diferencial, tornando mais atrativo e melhorando a comunicação do robô com as crianças.

Salienta-se que outras funções e componentes podem ser acrescentadas ao robô. Considerando que o Otto é um projeto *Open Source* [Otto 2020], o robô pode ser customizado, incluindo aplicativo para controle, configurações e peças pré-definidas, a depender do projeto e do público alvo.

3.2. Processo de Desenvolvimento

Após determinar os aspectos construtivos, funções e recursos, é iniciado o processo de desenvolvimento, o qual deve ser feito seguindo um planejamento de atividades, já que podem surgir alguns problemas que podem atrasar e dificultar o andamento do processo, então é recomendável que:

- O dimensionamento da placa de circuito impresso (PCI) seja executado com extrema atenção, já que depois de pronta é quase impossível sua correção, obrigando já a refazer, desperdiçando material e tempo. É recomendável sua montagem usando uma fresa, tecnologia que permite uma placa menor e com trilhas precisas, diferente de outros métodos;
- Para montagem do design, o uso de tecnologias de impressora 3D permite um maior custo benefício e personalização. O design pode ser encontrado em sites com tecnologias de hardware livre, nos quais seu uso é irrestrito.

- Na Internet e no próprio site da empresa criadora do robô encontram-se aplicativos desenvolvidos para controlar o Otto. Entretanto, caso seja adicionado muitas funções e sensores de forma personalizada, é recomendável o desenvolvimento de um aplicativo. O aplicativo pode ser moldado pelo desenvolvedor junto às adaptações do robô. Para isto recomenda-se o *framework* da Google, o Flutter, que possui uma grande comunidade e um vasto material na internet [Quinbundo 2019], sendo possível encontrar um guia de configurações para ajudar na escolha do sistema operativo.

4. Discussões e Considerações Finais

A partir dos resultados obtidos, com as sessões de DP, e a experiência vivenciada durante o processo de desenvolvimento do produto, é possível indicar recomendações sobre como desenvolver um brinquedo robô personalizado para atender Crianças com Deficiência, especialmente, com paralisia cerebral. Os resultados mostraram que as recomendações podem colaborar com desenvolvedores no processo de engenharia de um robô, considerando características semelhantes.

Em síntese, as recomendações são:

- O desenvolvedor deve estar atento em avaliar os custos e benefícios trazidos para o projeto, mediante a escolha dos componentes na personalização do robô Otto;
- A importância de considerar o envolvimento dos *stakeholders* (equipe multidisciplinar) na engenharia do robô customizado para ofertar tecnologias assistivas. Nesse contexto, pode-se destacar o potencial apresentado pela abordagem do DP;
- Adoção de um modelo de desenvolvimento ágil de software, de forma que as entregas sejam frequentes a cada ciclo, e elimine o máximo de esforços que não geram valor ao produto.

A principal dificuldade encontrada foi quanto ao desenvolvimento do design do robô, que precisou ser remodelado com base nas sugestões coletadas nas sessões de DP com as terapeutas. Outra dificuldade encontrada foi quanto a autonomia do robô, já que no primeiro Mockup apresentado, o tempo de duração da bateria foi considerado curto, limitando o tempo dos experimentos. Deste modo, para solucionar o problema, foi acrescentado um outro tipo de bateria, mais robusta, mas que impactou diretamente no design e peso do robô.

Em suma, as recomendações aqui apresentadas apontam os caminhos percorridos, e que se mostraram eficientes no desenvolvimento e projeto de software do brinquedo robô inclusivo, utilizando ferramentas e práticas de engenharia que auxiliam no desenvolvimento de um robô com foco na reabilitação da CcD.

Como trabalhos futuros, os robôs desenvolvidos podem ser personalizados com novos sensores, visando ampliar suas funcionalidades, além de implementar recursos de Realidade Virtual e/ou Aumentada que permitam o desenvolvimento de atividades que

misture o mundo virtual com o real, especialmente, para Crianças com Deficiência. Pretende-se também, propor um novo modelo de design que seja considerado mais “humanóide”, ou seja, mais atrativo e empático para as crianças.

Referências

- Del Gaudio, C.; Oliveira, A. J.; Franzato, C.. Design Participativo e inovação social: a influência dos fatores contextuais. *MIX Sustentável*, v. 1, n. 2, p. 140-141, 2015.
- Flutter. “beautiful native apps in record time”, 2020. [Online]. Available: <https://flutter.dev>. Acesso em: 12, março de 2020.
- Goulart, P.; Assis, G. J. A.. Estudos sobre autismo em análise do comportamento: aspectos metodológicos. *Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva*, v. 4, n. 2, p. 151-165, 2002.
- Klinger, E. F.; Souza, A. P. R. Análise clínica do brincar de crianças do espectro autista. *Distúrbios da Comunicação*, v. 27, n. 1, 2015.
- Melo, A. M.; Baranauskas, M. C. C.; Soares, S. C. M. Design com Crianças: da Prática a um Modelo de Processo. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 16, n. 01, 2008.
- Nunes, E. P. S.; Conceição Junior, V. A. ; Santos, L. V. G. ; Pereira, M. F. L. ; Borges, L. C. L. F. Inclusive Toys for Rehabilitation of Children with Disability: A Systematic Review. *Lecture Notes in Computer Science (Internet)*, v. 10277, p. 503-514, 2017.
- Otto. “Otto diy - build your own robot,” 2020. [Online]. Available: www.ottodiy.com. Acesso em: 12 março de 2020.
- Quinbundo, M. Introdução ao Flutter: O Básico. 2019. Available: <https://medium.com/flutter-angola>. Acesso em: 12, março de 2020.
- Schuler, D.; Namioka, A. *Desenho participativo: princípios e práticas* . CRC Press, 1993.
- Souza, D. S.; Figueiredo, B. A.; Silva, Â. C. D. O brincar de crianças com deficiência física sob a perspectiva dos pais/The play of children with disabilities from the perspective of parents. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, v. 25, n. 2, 2017.
- Soleiman, P. et al. RoboParrot: A robotic platform for human robot interaction, case of autistic children. In: 2014 Second RSI/ISM International Conference on Robotics and Mechatronics (ICRoM). IEEE, 2014. p. 711-716.
- Tsiakas, K.; Abellanoza, C.; Makedon, F.. Interactive learning and adaptation for robot assisted therapy for people with dementia. In: *Proceedings of the 9th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*. 2016. p. 1-4.