

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
PROJETO DE GRADUAÇÃO**



Camila Rodrigues de Carvalho e Carvalho

**Desenvolvimento de um Sistema Robótico para Interação  
e Assistência no Diagnóstico de Crianças com Transtorno  
do Espectro do Autismo**

Vitória-ES

Julho/2017

Camila Rodrigues de Carvalho e Carvalho

**Desenvolvimento de um Sistema Robótico para Interação  
e Assistência no Diagnóstico de Crianças com Transtorno  
do Espectro do Autismo**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação  
da aluna Camila Rodrigues de Carvalho e  
Carvalho, apresentado ao Departamento de  
Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico  
da Universidade Federal do Espírito Santo,  
como requisito parcial para obtenção do grau  
de Engenheira Eletricista.

Vitória-ES

Julho/2017

Camila Rodrigues de Carvalho e Carvalho

## **Desenvolvimento de um Sistema Robótico para Interação e Assistência no Diagnóstico de Crianças com Transtorno do Espectro do Autismo**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação da aluna Camila Rodrigues de Carvalho e Carvalho, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheira Eletricista.

Aprovado em 31, de Julho de 2017.

### **COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof. Dr. Anselmo Frizera Neto**  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador

---

**M.Sc. Andrés Alberto Ramírez Duque**  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Coorientador

---

**Prof. Dr. André Ferreira**  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Examinador

---

**Prof. M.Sc. Thomaz Rodrigues Botelho**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Espírito Santo  
Examinador

Vitória-ES

Julho/2017

*Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, que sempre me manteve no caminho certo, a minha mãe Rosemary, pela paciência(muita) e apoio, a meu pai José, pelas gambiarra mais engenhosas já vistas e a minha irmã Flávia, por me lembrar que devemos sempre seguir nossos sonhos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois foi Ele quem me guiou pelo caminho certo, mesmo quando eu não concordava. Cinco anos(e meio) depois entendo Seus planos e não há como agradecer o suficiente por tudo o que Ele me proporcionou.

A minha mãe, que sempre foi minha maior incentivadora e que nunca me deixou abater, mesmo quando eu mesma já tinha desistido. A meu pai, que fez acender em mim o amor pela engenharia, desde os primórdios da tabuada, e que sempre forneceu tudo o que eu precisava para trilhar esse caminho. A minha irmã, que apesar da idade, é meu maior exemplo de superação. Família, eu os amo, esse trabalho é de vocês.

Ao meu orientador Anselmo, que apesar do *bullying* e do trabalho escravo, sempre acreditou em mim, muito mais do que eu mesma. Obrigada pela confiança e apoio.

Ao meu coorientador Andrés, que tem a capacidade invejável de ver a simplicidade das coisas. Obrigada pela motivação e ajuda, sem você não conseguiria realizar este trabalho.

Agradeço aos meus irmãos de coração, Carol e Fifi, que mudaram minha vida assim que entraram nela, que viram meu melhor e meu pior e que nunca sairam do meu lado quando precisei. Obrigada pelas viagens, pelos fins de semana na stone, pelos passeios de carro, pelas conversas e desabafos. Obrigada também pelo suporte dado para a realização deste trabalho, desde as peças impressas até as fa-fa programações. Amo vocês.

Aos meus colegas de laboratório, em especial a Marix e ao Nico, por me fazerem rir, mesmo que seja de nós mesmos ou de quão ruim nossa situação está.

Aos meus amigos, Thais, Marcella, André, Paulo, Thomaz e tantos outros que, com sua amizade, ajudaram para que essa jornada pudesse ser mais leve. A todos aqueles que, de alguma forma, contribuiram para a conclusão dessa etapa, o meu mais sincero agradecimento.

## **RESUMO**

Os Transtornos do Espectro do Autismo (TEA) estão entre os problemas de saúde mental que mais prejudicam o desenvolvimento infantil. Crianças com esse transtorno podem apresentar déficits na interação social, dificuldades na fala e comportamentos além de interesses repetitivos e restritos. É de benefício da criança que ela seja diagnosticada o mais precocemente possível pois, uma vez diagnosticada, as intervenções específicas para suas necessidades podem ser realizadas. Alguns sinais no desenvolvimento infantil auxiliam no diagnóstico de crianças com TEA. Dentre eles, destacam-se as falhas nas habilidades de Atenção Compartilhada (AC). A AC refere-se à troca social na qual a criança coordena sua atenção entre uma pessoa e o ambiente, ou seja, seu compartilhamento de experiência com o parceiro social. O emprego de gestos, como o ato de apontar, é notada durante a ocorrência da AC. Falhas na AC são, portanto, buscadas em programas de diagnóstico e intervenção precoce em crianças. Tecnologias são cada vez mais utilizadas no auxílio do diagnóstico de crianças com TEA pois tecnologias possibilitam a criação de ambientes controlados que podem reduzir a ansiedade que situações sociais cotidianas podem causar em crianças com TEA. Estudos mostram resultados promissores como maior engajamento, maior nível de atenção e novos comportamentos sociais, como atenção compartilhada e imitação, de crianças quando estas interagem com robôs sociais. A Universidade Federal do Espírito Santo possui um grupo de pesquisa dedicado ao desenvolvimento de ferramentas de auxílio ao diagnóstico e à reabilitação de crianças com TEA. Esse projeto propõe uma adaptação no robô social Ono através da criação de braços robóticos controlados para identificação de falhas na atenção compartilhada auxiliando, portanto, no diagnóstico de crianças com autismo.

**Palavras-chave:** Robótica, Transtorno do Aspecto Autista, Atenção Compartilhada, Ono.

## **ABSTRACT**

The Autism Spectrum Disorders (ASD) are among the mental health problems that most affect child development. Children with this disorder may present deficits in social interaction, difficulties in speech and behaviors besides repetitive and restricted interests. Early diagnosis is of benefit to the child because, once diagnosed, specific interventions for their needs can be performed. Some signs in children's development aid in the diagnosis of children with ASD. Among them, are highlighted the failures in Joint Attention skills. The joint attention refers to the social exchange in which the child coordinates his / her attention between a person and the environment, in other words, your sharing of experience with the social partner. The use of gestures, as the act of pointing, is noticed during the occurrence of joint attention. Failures in joint attention are, therefore, searched in diagnostic programs and early intervention in children. Technologies are increasingly used to aid in the diagnosis of children with ASD because technologies enable the creation of controlled environments which can reduce the anxiety that everyday social situations can cause in children with ASD. Studies show promising results such as increased engagement, higher level of attention and new social behaviors, like joint attention and imitation, of children when they interact with social robots. The Federal University of Espírito Santo has a research group dedicated to the development of diagnostic tools and rehabilitation of children with ASD. This project proposes an adaptation in the social robot Ono through the creation of controlled robotic arms to identify failures in joint attention, thus helping to diagnose children with autism.

**Keywords:** Robotics, Autism Spectrum Disorders, Joint Attention, Ono.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Robô KASPAR. . . . .	18
Figura 2 – Robô Auti. . . . .	19
Figura 3 – Robô Keepon. . . . .	20
Figura 4 – Parte interna e aspecto externo do robô Ono. . . . .	20
Figura 5 – Detalhamento módulos do robô. . . . .	21
Figura 6 – <i>Hardware</i> do sistema do robô Ono. . . . .	22
Figura 7 – Raspeberry Pi. . . . .	23
Figura 8 – Servo Tower Pro MG995. . . . .	23
Figura 9 – OnoHAT. . . . .	24
Figura 10 – Aplicativo Interface. . . . .	25
Figura 11 – Aplicativo Circumplex. . . . .	26
Figura 12 – Aplicativo Cockpit. . . . .	26
Figura 13 – Aplicativo Sliders. . . . .	27
Figura 14 – Aplicativo Sounds. . . . .	27
Figura 15 – <i>drive</i> PCA9685. . . . .	29
Figura 16 – Diagrama do sistema original e da inserção dos braços. . . . .	29
Figura 17 – Peça Arm - 3. . . . .	31
Figura 18 – Peça Arm - 7. . . . .	31
Figura 19 – (a) Peça original; (b) Peça modificada. . . . .	32
Figura 20 – (a) Peça original; (b) Peça modificada. . . . .	33
Figura 21 – Encaixe do braço. . . . .	33
Figura 22 – (a) Movimento de flexão e extensão do ombro; (b) Movimento de adução e abdução do ombro. (c) Movimento de flexão e extensão do cotovelo. . . . .	34
Figura 23 – Inserção da classe responsável pelos braços. . . . .	35
Figura 24 – Esquema cinemático dos braços criados. . . . .	37
Figura 25 – Braço simulado. . . . .	38
Figura 26 – (a) Braço final direito; (b) Braço final esquerdo. . . . .	39
Figura 27 – Interface após adição do aplicativo dos braços. . . . .	40
Figura 28 – Aplicativo Arm. . . . .	40
Figura 29 – Resultado final do robô Ono. . . . .	41
Figura 30 – Goniômetro Universal. . . . .	42
Figura 31 – (a) Movimento de flexão e extensão do ombro realizado pelo Ono; (b) Movimento de adução e abdução do ombro realizado pelo Ono. (c) Movimento de flexão e extensão do cotovelo realizado pelo Ono. . . . .	43
Figura 32 – (a) Ações de apontar realizadas pelo novo robô; (b) Funções extras realizadas pelo robô. . . . .	44

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AC	<i>Atenção Compartilhada</i>
ASD	<i>Autism Spectrum Disorders</i>
ASRG	<i>Grupo de Pesquisa de Sistemas Adaptativos</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CCD	<i>Dispositivo de Carga Acoplada</i>
CNC	<i>Comando Numérico Computadorizado</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DIY	<i>Do-It-Yourself</i>
DOF	<i>Graus de Liberdade</i>
DP	<i>Design Participativo</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
IAC	<i>Iniciação da Atenção Compartilhada</i>
ICS	<i>Iniciação de Comportamento de Solicitação</i>
PDD-NOS	<i>Transtorno Generalizado do Desenvolvimento Não-especificado</i>
PLA	<i>Poliácido Láctico</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RAC	<i>Resposta à Atenção Compartilhada</i>
ROS	<i>Robot Operating System</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
TEA	<i>Transtorno do Espectro do Autismo</i>
UFES	<i>Universidade Federal do Espírito Santo</i>
UVV	<i>Universidade Vila Velha</i>

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1	<b>Motivação</b>	<b>11</b>
1.2	<b>Objetivo Geral</b>	<b>13</b>
1.2.1	Objetivos Específicos	13
1.3	<b>Justificativa</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>15</b>
2.1	<b>Transtorno do Espectro do Autismo</b>	<b>15</b>
2.2	<b>Atenção Compartilhada</b>	<b>16</b>
2.3	<b>Tecnologias para Interação com Crianças com TEA</b>	<b>17</b>
2.3.1	Robôs Sociais	18
2.3.1.1	KASPAR	18
2.3.1.2	Auti	19
2.3.1.3	Keepon	19
2.4	<b>Robô Ono</b>	<b>20</b>
2.4.1	<i>Hardware</i>	22
2.4.1.1	Raspberry	23
2.4.1.2	Atuadores	23
2.4.1.3	OnoHAT	24
2.4.2	<i>Software</i>	25
2.4.2.1	Interface	25
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>28</b>
3.1	<b>Visão Geral do Projeto</b>	<b>28</b>
3.2	<b>Desenvolvimento Mecânico dos Braços Robóticos</b>	<b>30</b>
3.3	<b>Comunicação Braços - Robô</b>	<b>35</b>
3.4	<b>Definição das Tarefas</b>	<b>36</b>
3.5	<b>Desenvolvimento do Aplicativo</b>	<b>36</b>
3.6	<b>Confecção da Nova Identidade Visual</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>38</b>
4.1	<b>Braços Robóticos</b>	<b>38</b>
4.2	<b>Interface</b>	<b>39</b>
4.3	<b>Identidade Visual</b>	<b>41</b>
4.4	<b>Ângulos Máximos dos Braços</b>	<b>42</b>
4.5	<b>Funções Realizadas Pelos Braços</b>	<b>44</b>

5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS . . . . .	45
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	47
	<b>APÊNDICES</b>	<b>51</b>
	APÊNDICE A – ESTRUTURA DO CÓDIGO . . . . .	52

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Motivação

Os transtornos do neurodesenvolvimento são uma gama de condições que tem início no período do desenvolvimento. Esses transtornos são caracterizados por *déficits* no desenvolvimento que prejudicam a vida pessoal e profissional do indivíduo (American Psychiatry Association Apa, 2013). O transtorno do espectro do autismo (TEA) está relacionado a distúrbios de neurodesenvolvimento e caracteriza-se por déficits na comunicação e interação social, incluindo déficits na reciprocidade social, comportamentos não verbais e em habilidades para desenvolver, manter e compreender relacionamentos sociais. Além dos déficitis na comunicação anteriormente descritos, padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades são indicativos para o diagnóstico do TEA (American Psychiatry Association Apa, 2013). O TEA está entre os problemas de saúde mental que mais prejudicam o desenvolvimento infantil (CARVALHO et al., 2013).

Pesquisas mostram que os primeiros sintomas de TEA surgem entre os seis e doze meses de idade, sendo que estes são mais perceptíveis e estáveis entre os 18 e 24 meses, período em que já é possível fazer a identificação precoce do distúrbio (CARVALHO et al., 2014; ZAQUEU et al., 2015; OZONOFF et al., 2008; BELINI; FERNANDES, 2007; CLIFFORD; YOUNG; WILLIAMSON, 2007).

É de benefício da criança que ela seja diagnosticada o mais precocemente possível pois, uma vez diagnosticada, as intervenções específicas para suas necessidades podem ser realizadas, o que pode ter um impacto positivo nas áreas de adaptação psicossocial e familiar, desempenho cognitivo, comportamento adaptativo, habilidades de comunicação e de interação social (WAINER; INGERSOLL, 2015; CARVALHO et al., 2013; BOSA, 2006; ELDEVIK et al., 2009).

Alguns sinais no desenvolvimento auxiliam no diagnóstico de crianças com TEA nos primeiros anos de vida. Dentre eles, destacam-se as falhas nas habilidades de Atenção Compartilhada (AC) (MONTENEGRO, 2006; OZONOFF et al., 2008; MONTENEGRO, 2009; CARVALHO et al., 2013).

A AC refere-se à troca social na qual a criança coordena sua atenção entre uma pessoa e o ambiente, ou seja, seu compartilhamento de experiência com o parceiro social (MUNDY et al., 2007; MONTENEGRO, 2009). O emprego de gestos, seja sua produção ou compreensão, é notada durante a ocorrência da AC. O ato de apontar, por exemplo, é uma função para compartilhar atenção e interesse com o parceiro (BOSA, 2002). Falhas na AC são,

portanto, buscadas em programas de diagnóstico e intervenção precoce em crianças.

Diagnosticar indivíduos com TEA implica em algumas dificuldades. A primeira delas se dá pois seus sintomas se manifestam com diferentes níveis de intensidade, que variam de acordo com cada indivíduo. Essa pluralidade de sintomas e sua larga variação faz com que o TEA seja um distúrbio extremamente heterogêneo e, portanto, difícil de diagnosticar (HUIJNEN et al., 2016). Além disso, o custo envolvido no diagnóstico de crianças com TEA é alto, o que pode ser justificado pelo limitado número de especialistas aptos a realizar essa tarefa. Devido a essas dificuldades, novas tecnologias, principalmente os chamados robôs sociais tem sido utilizados na avaliação e intervenção de crianças com TEA (CHO; AHN, 2016).

Pesquisas recentes mostraram a aceitação e eficiência de tecnologias utilizadas como ferramentas auxiliares para terapia e ensino de indivíduos com TEA e das pessoas que os auxiliam no dia-a-dia (HUIJNEN et al., 2016; ARESTI-BARTOLOME; GARCIA-ZAPIRAIN, 2014; BOUCENNA et al., 2014; GOLDSMITH; LEBLANC, 2004; LEE; HYUN, 2015; GRYNSZPAN et al., 2014)

Tecnologias podem, deliberadamente, abordar em características específicas do transtorno pois são capazes de criar ambientes controlados que reduzem a ansiedade que situações sociais cotidianas podem causar em crianças com TEA (HUIJNEN et al., 2016; ARESTI-BARTOLOME; GARCIA-ZAPIRAIN, 2014). Mais especificamente, os robôs sociais possuem grande potencial para auxílio em diagnóstico e terapia de crianças com TEA (HUIJNEN et al., 2016; CABIBIHAN et al., 2013). Interações com robôs possuem maior grau de controle, previsão e simplicidade, gerando menos frustração para indivíduos com TEA que podem ter dificuldades em interpretar e responder a interações sociais humanas (SARTORATO; PRZYBYLOWSKI; SARKO, 2017).

Esse projeto propõe a realização de modificações no robô social Ono para que o mesmo possa ser utilizado em estratégias de auxílio ao diagnóstico e de identificação de falhas na atenção compartilhada em crianças com TEA. Com a participação de pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento (medicina, psicologia e engenharia) foram desenvolvidos braços robóticos controlados que permitem a realização de gestos coordenados com expressões faciais e fala, ampliando as possibilidades de interação multimodal entre o dispositivo robótico e as crianças durante o diagnóstico.

## 1.2 Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto de graduação aqui proposto é modificar o robô Ono para utilizá-lo no auxílio de identificação de tarefas de atenção compartilhada de forma a ser possível auxiliar especialistas no diagnóstico precoce de crianças com TEA. Para isso, braços robóticos ativos serão projetados e construídos para alteração do robô.

### 1.2.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos propostos por esse projeto são descritos a seguir:

- Revisar a bibliografia para verificar as tecnologias utilizadas atualmente no diagnóstico de crianças com TEA.
- Estudar intervenções crianças-robô para avaliar a Atenção Compartilhada
- Definir plataforma robótica e os requisitos necessários para que este possa ser utilizado no auxílio de diagnóstico de crianças com TEA.
- Projetar e implementar o *hardware* e *software* que cumprem com as especificações previamente definidas no sistema robótico.
- Desenhar e fabricar a mecânica das alterações necessárias no robô.
- Desenvolver um módulo que será responsável pelo controle dos braços na interface já existente.

## 1.3 Justificativa

Um marcador no desenvolvimento que vem sendo utilizado para a realização do diagnóstico precoce do TEA, que será o marcador alvo desse projeto são falhas nas habilidades de Atenção Compartilhada (AC). A AC diz respeito à troca social entre a criança, seu parceiro social e o ambiente (MUNDY et al., 2007). Ela pode ser dividida em três comportamentos: Resposta à AC (RAC), Iniciação da AC (IAC) e Iniciação de Comportamento de Solicitação (ICS). A RAC diz respeito à capacidade de seguir a direção do olhar e dos gestos de outra pessoa já a IAC está relacionada à capacidade de usar a direção do olhar e dos gestos para direcionar a atenção do parceiro social, de modo a compartilhar experiências com este e, finalmente, a ICS se refere à habilidade da pessoa em utilizar seu olhar e seus gestos para requisitar ajuda de um parceiro social com um objetivo.

Logo, é importante detectar falhas nos comportamentos da AC, descritos acima, para a realização do diagnóstico precoce em crianças. Devido à dificuldade da realização desse

diagnóstico, tecnologias vêm sendo utilizadas para esse fim, assim como para utilização em tratamento de crianças com TEA. As pessoas necessitam de diferentes tipos de suporte e o que pode ser benéfico para uma pode não ser para outra (HUIJNEN; LEXIS; WITTE, 2016). Intervenções utilizando robôs podem ser capazes de abordar a ampla gama de necessidades de crianças com TEA de forma individual (SCASSELLATI; ADMONI; MATARIĆ, 2012). Robôs sociais podem representar uma ferramenta ideal para facilitar o desenvolvimento de habilidades sociais e de realizar intervenções que aliviam dificuldades para indivíduos com TEA. Interações com robôs possuem maior grau de controle, previsão e simplicidade, gerando menos frustração para indivíduos com TEA que podem ter dificuldades em interpretar e responder às interações sociais humanas (SARTORATO; PRZYBYLOWSKI; SARKO, 2017).

Vários grupos de pesquisa têm estudado a resposta de crianças com TEA a brinquedos robóticos. Os resultados encontrados por esses grupos indicam que várias crianças mostram preferência por brinquedos com características robóticas sobre brinquedos tradicionais e, em algumas situações, respondem mais rápido a movimentos realizados pelos brinquedos robóticos que a movimentos humanos(WARREN et al., 2015).

Dautenhahn (2007) e Kim et al. (2013) concluíram que crianças com TEA são mais proativas em iniciar interações sociais com robôs sociais, além de produzirem mais discursos, em geral, na presença de um robô social e mais interação social em direção a adultos presentes no mesmo ambiente na presença destes.

Scassellati, Admoni e Matarić (2012) e Thill et al. (2012) constataram efeitos positivos como aumento do comprometimento, atenção e novos comportamentos sociais, como atenção compartilhada e imitação ao realizar interações entre crianças com TEA e robôs. Isso pode se dar devido à possibilidade da aplicação controlada dos robôs de modo a apresentar somente informações relevantes, minimizando o risco da criação de situações complexas e estressantes para a criança.

A Universidade Federal do Espírito Santo possui um grupo de pesquisa, o Núcleo de Tecnologia Assistiva (NTA), dedicado ao desenvolvimento de ferramentas de auxílio ao diagnóstico e à reabilitação de crianças com TEA. Esse projeto se insere nesse contexto e propõe uma adaptação no robô social Ono através da criação de braços robóticos controlados para identificação de falhas na atenção compartilhada auxiliando, portanto, no diagnóstico de crianças com TEA.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Será apresentada neste capítulo a base teórica necessária para o entendimento do projeto e de seu desenvolvimento. Primeiramente serão abordados conceitos gerais sobre o TEA, juntamente com suas características e formas de diagnóstico utilizadas no momento. Logo após, a atenção compartilhada será melhor discutida, em seguida serão mostradas algumas tecnologias utilizadas para auxílio do diagnóstico e tratamento do TEA e, finalmente, o robô Ono será apresentado, com detalhes de seu *hardware* e *software*.

### 2.1 Transtorno do Espectro do Autismo

O TEA foi descrito pela primeira vez em 1943 pelo psiquiatra Leo Kanner da Universidade Johns Hopkins, como um pequeno grupo de crianças que demonstraram distanciamento e total indiferença para/com outras pessoas. Já em 1944, Hans Asperger, pediatra australiano, publicou um artigo que descrevia crianças que demonstraram sintomas similares aos já descritos por Kanner (JOHNSON; MYERS, 2007).

Atualmente, sabe-se que o transtorno do espectro autista está relacionado a distúrbios de neurodesenvolvimento. O TEA caracteriza-se por déficits persistentes na comunicação social e na interação social em múltiplos contextos, incluindo déficits na reciprocidade social, em comportamentos não verbais de comunicação usados para interação social e em habilidades para desenvolver, manter e compreender relacionamentos (American Psychiatry Association Apa, 2013).

As deficiências na comunicação e interação social características do TEA podem variar de um indivíduo para o outro, podendo se apresentar em diferentes níveis de intensidade. Algumas crianças não possuem nenhum tipo de comunicação verbal, enquanto outras, podem não apresentar nenhum problema nesse domínio (ANDREAE et al., 2014a).

Segundo a quinta edição do Manual de Classificação Estatística dos Transtornos Mentais DSM-5 (American Psychiatry Association Apa, 2013), o TEA inclui também a síndrome de Asperger e o transtorno generalizado do desenvolvimento não-especificado (PDD-NOS), aumentando ainda mais a gama de sintomas e os níveis que podem ser encontrados.

A origem do TEA ainda é incerta. Devido a sua natureza heterogênea, o TEA pode ser resultado de diversas causas, que resulta em comportamentos similares. Devido a isso, diversas pesquisas com diferentes abordagens buscam encontrar a real, ou as reais, origens

desse transtorno. Descendência genética, teorias comportamentais e cognitivas estão na lista de possíveis causas do TEA. O diagnóstico de indivíduos com TEA é difícil de ser realizado devido à pluralidade de sintomas que esse transtorno possui, como descrito anteriormente. De acordo com o DSM-5, o diagnóstico de TEA deve apresentar todos os requisitos seguintes (American Psychiatry Association Apa, 2013):

- Deficiência persistente na comunicação social. O indivíduo deve apresentar todos os sintomas seguintes:
  - Falhas na reciprocidade socio-emocional, como pouco interesse em compartilhar interesses e emoções.
  - Falhas na utilização de comunicação não-verbal para interação social.
  - Falhas no desenvolvimento, manutenção e entendimento de relacionamentos, como dificuldades em fazer amigos.
- Comportamentos restritos e repetitivos. O indivíduo deve demonstrar dois ou mais dos sintomas seguintes:
  - Movimentos, fala e uso de objetos de forma repetitiva.
  - Insistência em rotinas e comportamentos ritualizados.
  - Interesses restritos.
  - Aumento ou diminuição da resposta a entradas sensoriais, como resposta adversa a certos sons ou indiferença à temperatura.
- Os sintomas devem prejudicar alguma função cognitiva ou social.
- Os sintomas devem ter sido apresentados no início do desenvolvimento do indivíduo.
- Os sintomas não são melhores explicados por deficiências intelectuais ou atrasos no desenvolvimento.

## 2.2 Atenção Compartilhada

A atenção compartilhada reflete o grau no qual cada indivíduo coordena sua atenção com um parceiro social em relação a objetos, graças a ações de apontar ou de olhar (MUNDY; NEWELL, 2007).

Mundy e Newell (2007) descrevem a atenção compartilhada como a capacidade humana de coordenar a atenção com um parceiro social. Capacidade fundamental para nossa capacidade de aprendizado, linguagem e competências sociais.

Emery (2000) diz que a AC pode ser interpretada como a soma de dois processos consecutivos: seguir a linha do olhar de outra pessoa e, então, olhar o mesmo ponto observado. Isso é chamado de *seguimento de olhar*, ou seja, a direção do olhar de uma pessoa serve como guia para orientar a atenção do outro.

Gestos também podem ser utilizados para compartilhar o ambiente com o parceiro social. Seu emprego inclui tanto a produção, quanto a compreensão destes, produzidos por outros, durante a ocorrência da AC. Apontar, por exemplo, tem a função de compartilhar a atenção e o interesse com o parceiro (BOSA, 2002).

Como já dito, a AC pode ser dividida em três comportamentos: Resposta à AC, Iniciação da AC e a Iniciação de Comportamento de Solicitação. A primeira diz respeito à capacidade de seguir a direção do olhar e dos gestos de outra pessoa, a segunda está relacionada à capacidade de usar a direção do olhar e dos gestos para direcionar a atenção do parceiro social, de modo a compartilhar experiências com este e a terceira se refere à habilidade da pessoa em utilizar seu olhar e seus gestos para requisitar ajuda de um parceiro social com um objetivo (MUNDY; NEWELL, 2007).

A AC aparece durante o primeiro ano de vida e começa a surgir em torno dos seis meses de idade (COURGEON et al., 2014; CHARMAN, 2003). Crianças com TEA tendem a ter falhas na produção e compreensão de comportamentos da atenção compartilhada. Elas não usam gestos ou outras estratégias, como apontar e pegar a mão de um adulto, para compartilhar interesses em objetos ou suas propriedades (MUNDY; NEWELL, 2007; CHARMAN et al., 1997; JOHNSON; MYERS, 2007).

## 2.3 Tecnologias para Interação com Crianças com TEA

Tecnologias vêm sendo utilizadas no diagnóstico e assistência de crianças com TEA. A utilização destas podem ser justificadas pela capacidade que tecnologias têm de criar situações ou ambientes de aprendizado em que as crianças se sintam mais à vontade do que com pessoas ou situações da vida diária (ARESTI-BARTOLOME; GARCIA-ZAPIRAIN, 2014; HUIJNEN et al., 2016).

Boucenna et al. (2014) sugerem que pode ser mais fácil para crianças com TEA interagirem com robôs do que com pessoas. Para o diagnóstico, o uso de robôs possibilita o encontro das diferentes características presentes em crianças com e sem o TEA, já para o tratamento, os robôs podem ser programados para ajudar as crianças na prática de interações e ensinar comportamentos sociais.

### 2.3.1 Robôs Sociais

Os robôs sociais possuem grande potencial para auxílio em diagnóstico e terapia de crianças com TEA (HUIJNEN et al., 2016; CABIBIHAN et al., 2013) pois podem abordar a ampla gama de necessidades de crianças com TEA de forma individual (SCASSELLATI; ADMONI; MATARIĆ, 2012). Robôs sociais podem representar uma ferramenta ideal para facilitar o desenvolvimento de habilidades sociais e de realizar intervenções que aliviam dificuldades para indivíduos com TEA. Interações com robôs possuem maior grau de controle, previsão e simplicidade, gerando menos frustração para indivíduos com TEA que podem ter dificuldades em interpretar e responder a interações sociais humanas (SARTORATO; PRZYBYLOWSKI; SARKO, 2017). A seguir, serão brevemente descritos alguns dos robôs encontrados atualmente que são utilizados para diagnóstico e acompanhamento de crianças com TEA.

#### 2.3.1.1 KASPAR

KASPAR é um robô humanoide do tamanho de uma criança regular, minimamente expressivo, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa de Sistemas Adaptativos (ASRG) da Universidade de Hertfordshire. O objetivo desse projeto foi de descobrir se a interação e a comunicação com KASPAR ajudaria crianças com TEA a interagir e se comunicar mais facilmente do que com outras pessoas. Podemos ver na Figura 1 o robô KASPAR.

Figura 1 – Robô KASPAR.



Fonte: (HEARTFORDSHIRE, 2017).

O projeto KASPAR mostrou que o robô pode contribuir positivamente para o aprendizado/aumento da consciência social, ajudando no conhecimento das partes do corpo e interações físicas apropriadas (COSTA et al., 2013). Além disso, KASPAR se mostrou capaz de facilitar crianças a interagir socialmente com outras pessoas (ROBINS; DAUTENHAHN; DICKERSON, 2009) e a encorajar habilidades colaborativas entre crianças com TEA (WAINER et al., 2014).

### 2.3.1.2 Auti

Auti é um robô, mostrado na Figura 2, com forma não particular, não possuindo face, com o intuito de diminuir a ansiedade e confusão que as expressões faciais podem gerar em uma criança com TEA. Além disso, ele não se parece com nenhum animal em particular, simplificando o modo de brincar e, tornando-o mais atraente às crianças (ANDREAE et al., 2014a). Auti foi desde o início desenvolvido para crianças com TEA. Auti possui texturas contrastantes (corpo peludo e pernas lisas) para incentivar a exploração sensorial das crianças (NITTONO et al., 2012).

Contatos físicos gentis são detectados por um sensor de proximidade, que é atuado quando o corpo da pessoa chega perto o suficiente para tocar seu pelo. Auti responde a esse tipo de gesto com um de seus seis movimentos de resposta. Quando o robô detecta gritos ou interações físicas ásperas, ele congela por 5 segundos. Após sua ação ele entra num estado de espera até que seja ativado, o que encoraja as crianças a iniciarem a interação social com o robô (ANDREAE et al., 2014a).

Figura 2 – Robô Auti.



Fonte: (ANDREAE et al., 2014b)

### 2.3.1.3 Keepon

O robô Keepon foi desenvolvido para realizar troca emocional com humanos (principalmente crianças) de forma simples e compreensiva. É um boneco de neve amarelo, como pode ser visto na Figura 3. O robô possui dois olhos, cada um com uma câmera CCD (Dispositivo de Carga Acoplada) com lentes angulares e um nariz, que é um microfone. O robô também possui quatro fios que manipulam o corpo como uma marionete, dois motores, entre outros componentes. Keepon foi criado com a intenção de ser utilizado em creches, hospitais infantis e ambientes similares (KOZIMA; NAKAGAWA; YASUDA, 2005).

Kozima, Nakagawa e Yasuda (2005) concluíram que crianças com dificuldades em co-

municação interpessoal (especialmente crianças com TEA) conseguiram se aproximar do Keepon com curiosidade e segurança. Isso pode ser por causa da aparência mais simples deste robô, não similar à humana.

Figura 3 – Robô Keepon.



Fonte: (LLC, 2017).

## 2.4 Robô Ono

O robô social escolhido para este projeto foi o robô Ono, mostrado na Figura 4. Ono é um robô *open source* de baixo custo para utilização em pesquisas com crianças que foi projetado para ser produzido usando somente técnicas e matérias de fácil acesso (VANDEVELDE et al., 2014).

Figura 4 – Parte interna e aspecto externo do robô Ono.

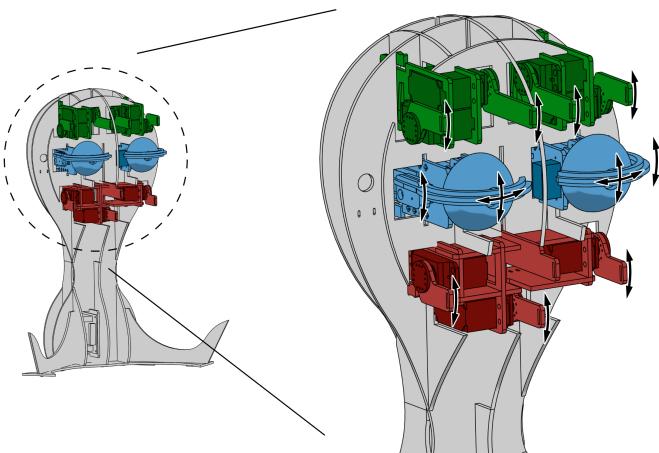


Fonte: (UNIVERSITY, 2017).

O robô Ono propõe algumas características que apresentam vantagens quando comparado a demais robôs de mesma aplicação. Seu *hardware* e *software* são livres, isso faz com que ele possa ser ajustado ou adaptado de acordo com a aplicação da pesquisa. Isso

proporciona melhor adequação do robô ao estudo de interesse, o que pode trazer maior facilidade de resultados. O robô possui modularidade, ou seja, é dividido em subunidades funcionais menores, chamadas módulos. Essa divisão pode proporcionar reparos mais rápidos e fáceis. Os módulos podem ser reaproveitados em outros projetos e novo módulos mais específicos podem ser desenvolvidos. (VANDEVELDE et al., 2014). O robô é de fácil reproduzibilidade, pois é construído com componentes e matérias de fácil acesso. Componentes personalizados podem ser produzidos usando máquinas CNC (Comando Numérico Computadorizado), mas comumente cortes a laser (VANDEVELDE et al., 2014). O fato do robô ter sido assim projetado proporciona facilidade de construí-lo em qualquer lugar sem a necessidade de componentes, materiais ou técnicas avançadas. Isso faz com que Ono seja mais acessível a grupos de pesquisas, profissionais e estudantes. Finalmente, Ono possui vasta expressividade social, seu rosto possui 13 DOF, possibilitando que o robô olhe e mostre expressões faciais (VANDEVELDE et al., 2014). Os módulos e seus respectivos graus de liberdade são mostrados na Figura 5

Figura 5 – Detalhamento módulos do robô.



Fonte: (VANDEVELDE et al., 2014).

Ono foi desenvolvido como um robô social para crianças. O fato de o robô ter sido escolhido com o propósito específico de utilização com crianças levou a uma série de preocupações com o design deste. Todo o robô é coberto de espuma e tecido para ter uma aparência mais convidativa às crianças, além da função de proteger os componentes internos a danos. Além disso, Ono possui uma cabeça desproporcional em relação ao resto de seu corpo para tornar as expressões faciais mais notáveis (VANDEVELDE et al., 2014).

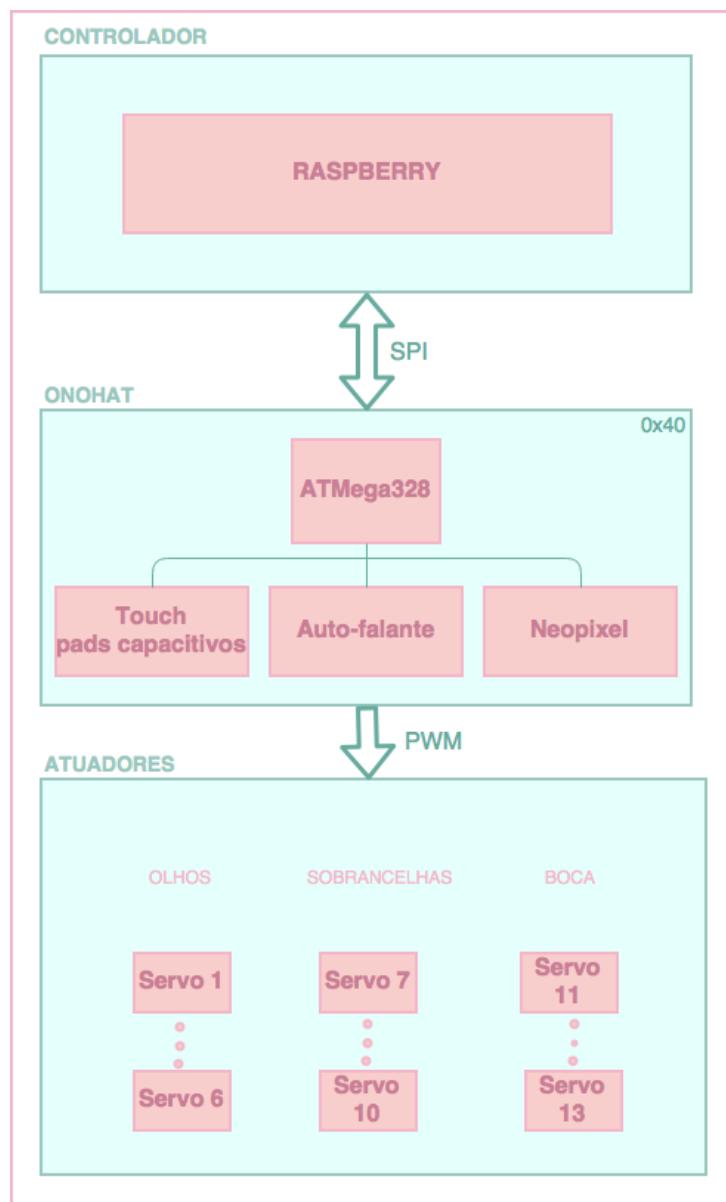
O robô Ono foi criado com o intuito de ser utilizado em intervenções com crianças, esse fato fez com que detalhes como o design e as características anteriormente detalhadas fossem pensados de antemão.

O laboratório onde foi realizado este trabalho já possuía o robô Ono disponível para pesquisas. Por este motivo e, pelas demais características mostradas anteriormente, este robô foi selecionado para este projeto de graduação.

#### 2.4.1 Hardware

O sistema do robô Ono foi interpretado, simplificadamente, como mostrado no esquema da Figura 6. O sistema é composto de uma Raspberry Pi, que se comunica com uma placa chamada OnoHAT, constituída de um microcontrolador ATMega328. Essa placa envia os comandos aos treze servos motores que compõe os módulos(olhos, sobrancelhas e boca) do robô. Nessa seção, os componentes deste sistema serão melhor detalhados.

Figura 6 – *Hardware* do sistema do robô Ono.



Fonte: Produção do próprio autor.

#### 2.4.1.1 Raspberry

O controlador utilizado pelo robô Ono é uma Raspberry Pi, mostrada na Figura 7. A Raspberry Pi é um mini-computador desenvolvido no Reino Unido pela Fundação Raspberry Pi. Ele possui processador, processador gráfico, *slot* para cartão de memória, interface USB, HDMI e seus respectivos controladores. Além de memória RAM, entrada de energia e barramentos de expansão (FOUNDATION, 2017). A Raspberry Pi foi desenvolvida para oferecer um controlador barato e acessível.

A Raspberry Pi apesar de pequena, tem as funcionalidades de um computador, ou seja, pode ser utilizada para navegação na internet, reprodução de conteúdo multimídia, criação de conteúdo em forma de texto, planilhas e imagens.

Figura 7 – Raspeberry Pi.



Fonte: (FOUNDATION, 2017).

#### 2.4.1.2 Atuadores

Servo motores são utilizados nos módulos do Ono, responsáveis pelas expressões deste robô. O servo motor possui controle preciso do torque, velocidade e posição. Os servos utilizados pelo Ono foram do modelo MG995 (TowerPro Pte Ltd, República da China).

Figura 8 – Servo Tower Pro MG995.



Fonte: (Torq Pro & Tower Pro, 2014).

Seguem as especificações fornecidas pelo fabricante dos servos motores utilizados pelo robô:

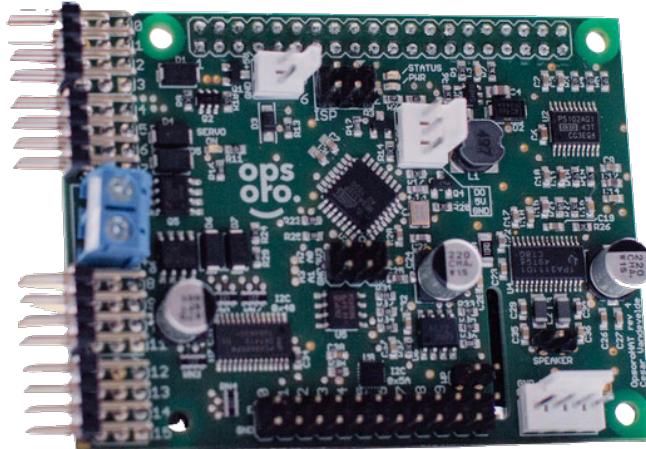
Tabela 1 – Dados do atuador utilizado.

Modelo	TowerPro MG995
Tensão de operação	4,8-7,2V
Tipo de engrenagem	Metálica
Modulação	Analógica
Velocidade de operação	0,17seg/60graus (4,8V sem carga)
Velocidade de operação	0,13seg/60graus (6,0V sem carga)
Torque	13 kg.cm (4,8V) e 15 kg.cm (6,0V)
Faixa de Rotação	180
Tamanho cabo	300mm
Dimensões	40 x 19 x 43mm
Peso	69g

### 2.4.1.3 OnoHAT

O robô Ono possui, além da Raspberry Pi, uma placa nomeada OnoHAT. Essa placa é responsável, entre outras funções, pelo controle dos módulos já descritos anteriormente. A Figura 9 mostra a placa.

Figura 9 – OnoHAT.



Fonte: (OPSORO, 2017).

Entre outras funções, a placa possui uma saída de auto-falante, uma porta para comunicação I2C e conectores para servos (VANDEVELDE et al., 2014).

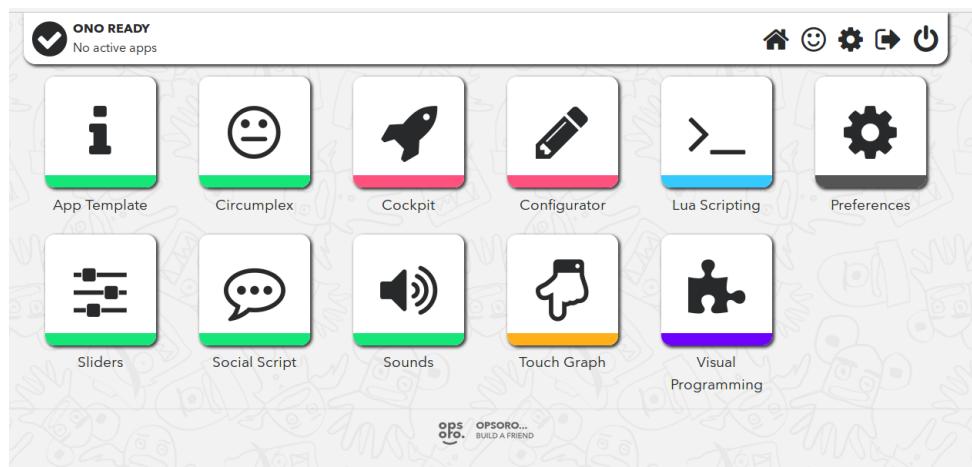
## 2.4.2 Software

Nessa seção será discutido o *software* do robô Ono, mais especificamente seu site e aplicativos com suas respectivas funções.

### 2.4.2.1 Interface

A interface fornecida pelo robô Ono é a que, atualmente, pode ser utilizada por terapeutas e profissionais da área, para controlar este robô social. Na Figura 10 podemos ver o site fornecido e os aplicativos atuais.

Figura 10 – Aplicativo Interface.



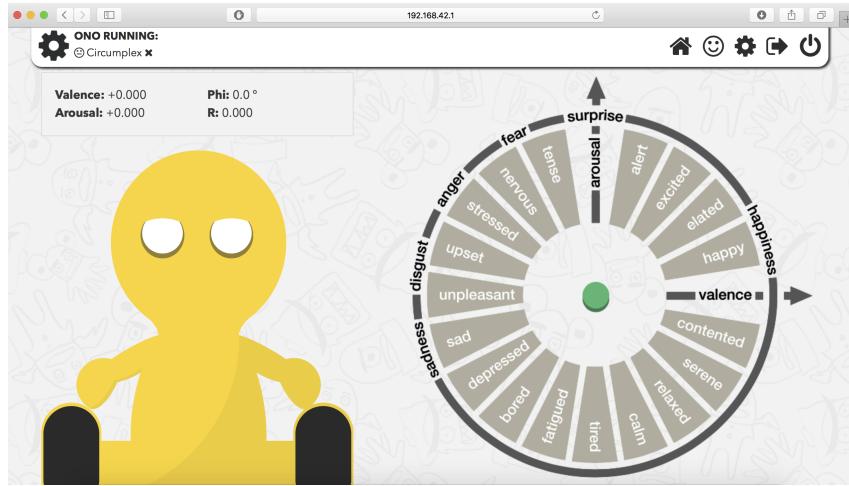
Fonte: Produção do próprio autor.

A seguir serão brevemente descritos os aplicativos mais relevantes para o desenvolvimento deste trabalho.

- Circumplex:

Esse aplicativo possui uma gama de expressões faciais, como raiva, felicidade, tédio, surpresa, que estão dispostas em um círculo. Girando uma seta, é possível escolher uma dentre as expressões disponíveis e realizáveis pelo robô. O comprimento da seta também pode ser variado, o que regula a intenção daquela expressão facial escolhida. A Figura 11 apresenta a interface do aplicativo circumplex.

Figura 11 – Aplicativo Circumplex.

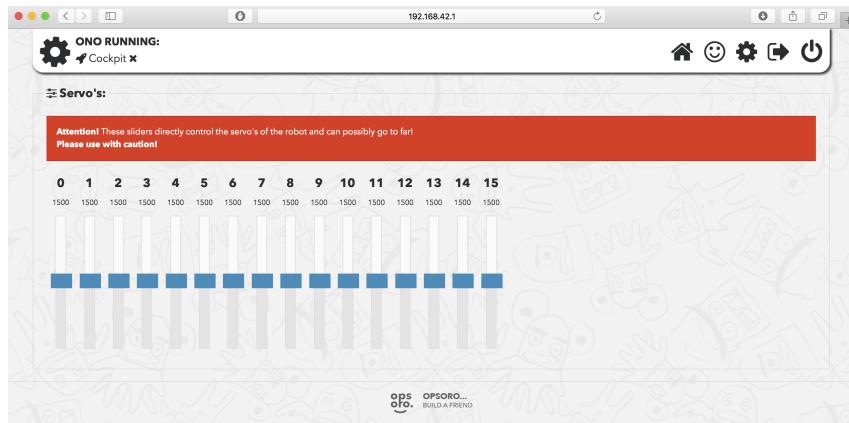


Fonte: Produção do próprio autor.

- Cockpit:

O aplicativo Cockpit possibilita o ajuste manual dos servo motores utilizados nos módulos do robô. Este aplicativo deve ser utilizado com cuidado pelo usuário pois este não limita nenhum tipo de valor enviado ao motor, valor este que pode estar além do limite físico disponível pelo motor. Segue na Figura 12 o aplicativo.

Figura 12 – Aplicativo Cockpit.

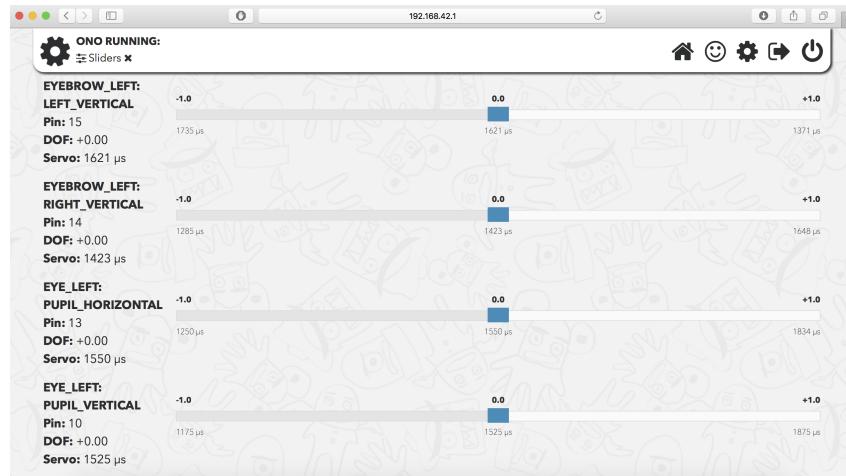


Fonte: Produção do próprio autor.

- Sliders:

Esse aplicativo, mostrado na Figura 13, permite ao usuário mexer manualmente com os valores dos servos do robô através de *sliders*, assim como o aplicativo *Cockpit* mas, com limites definidos para cada servo, impedindo que estes ultrapassem seus valores extremos e, consequentemente sejam forçados.

Figura 13 – Aplicativo Sliders.

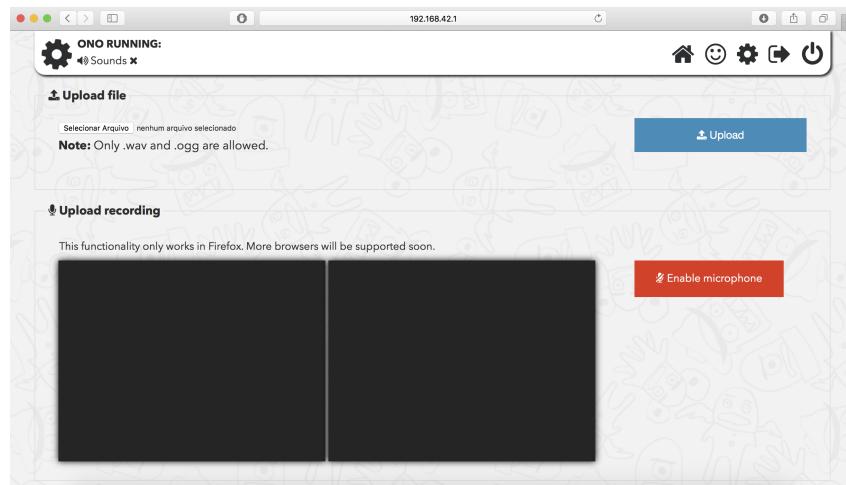


Fonte: Produção do próprio autor.

- Sounds:

O aplicativo *Sounds* é o responsável pelos sons do robô. Nele há opções pré-definidas de sons e há também a possibilidade de fazer o *upload* de arquivos de som (.wav ou .ogg).

Figura 14 – Aplicativo Sounds.



Fonte: Produção do próprio autor.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia deste projeto está dividida em seis seções, que correspondem às etapas realizadas durante o mesmo. Inicialmente, a visão geral da proposta será descrita, especificando os elementos utilizados e a proposta efetiva da realização deste projeto. Após, serão mostrados os passos seguidos, desde o esboço dos braços robóticos propostos até seu desenvolvimento e concebimento. Seguidamente será mostrado como se faz a comunicação e controle dos braços através do robô Ono. Serão mostradas também as tarefas escolhidas para os braços, já controlados. Será mostrado a criação do aplicativo, responsável pelo controle dos braços (com suas tarefas definidas) e inserção deste na interface existente do robô e, finalmente, será criada a nova identidade visual do robô, com seus braços novos.

O trabalho apresentado neste Projeto de Graduação foi desenvolvido no “Núcleo de Tecnologia Assistiva” (NTA), no “Laboratório de Automação Inteligente 4” (LAI4), da Universidade Federal do Espírito Santo.

#### 3.1 Visão Geral do Projeto

O sistema eletrônico do robô Ono é baseado numa única Raspberry Pi e uma placa desenvolvida pelo fabricante chamada OnoHAT, com circuitos capazes de regular a tensão e controlar até 16 servos (sendo 13 o número atual de servos controlados), *drive* do amplificador de áudio, um *drive* para 12 sensores de toque capacitivos e 4 sensores analógicos.

Quanto ao software, a plataforma é implementada como um *web server* na Raspberry Pi. Quando o robô está ligado, um módulo de *Wi-Fi* é colocado em modo de ponto de acesso assim que o *web server* é iniciado. Usuários podem conectar seu dispositivo no ponto de acesso e controlar o robô através de seu navegador. Essa abordagem permite ao usuário a operação do robô usando um dispositivo com acesso à internet *wireless*, sem a necessidade de instalação de *softwares* adicionais (VANDEVELDE; SALDIEN, 2016).

Foram criados neste projeto de graduação, dois braços robóticos, com 3 graus de liberdade cada. Foram utilizados servos motores do modelo MG995, da TowerPro.

A placa OnoHAT possui somente 3 portas livres para a controle de servos, o que impõe a conexão dos braços propostos por este projeto diretamente ao robô pela placa OnoHAT. Dito isto, se faz necessária a utilização de uma placa extra para controlar os servos motores dos braços construídos. Foi escolhido para este projeto o *drive* PCA9685, módulo da Adafruit com 16 canais PWM (Pulse Width Modulation) e interface de comu-

nicação I<sup>2</sup>C. A partir de apenas dois pinos é possível controlar até 16 saídas PWM, que serão utilizadas para controlar os seis servomotores dos braços. Esse *drive* trabalha com comunicação do tipo I<sup>2</sup>C, de forma a realizar os comandos com maior precisão e eficiência. O *drive* PCA9685 pode ser visto na Figura 15:

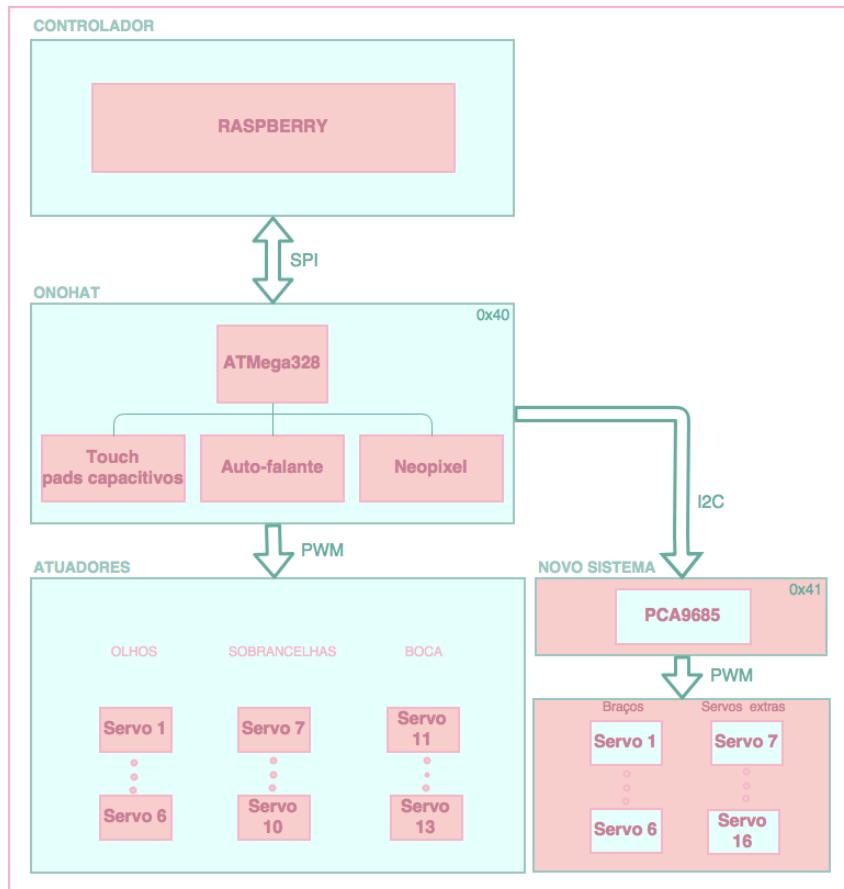
Figura 15 – *drive* PCA9685.



Fonte: (NXP Semiconductors, 2015).

Este projeto possui, portanto, uma parte mecânica, que envolve o desenho e produção das peças que irão fazer parte dos braços, uma parte eletrônica, constituída de uma Raspberry Pi, da placa onoHAT, de um *drive* PCA9685 e de seis servo motores, além do desenvolvimento da comunicação entre os sistemas. O sistema proposto nesse trabalho é ilustrado através de um diagrama, mostrado na Figura 16.

Figura 16 – Diagrama do sistema original e da inserção dos braços.



Fonte: Produção do próprio autor.

Nota-se que a Raspberry e a placa OnoHAT se comunicam através do protocolo *Serial Peripheral Interface* (SPI), já as comunicações entre a placa OnoHAT e o *drive* são feitas através do protocolo de comunicação I<sup>2</sup>Ci2 e, finalmente, o *drive* envia dados PWM aos servo motores, para que estes sejam controlados. As comunicações serão melhor detalhadas na seção “Comunicação braços - robô”.

### 3.2 Desenvolvimento Mecânico dos Braços Robóticos

Para a criação das peças do braço e sua simulação, foi utilizado o *software SolidWorks®*, um software de desenho assistido por computador (CAD), da empresa SolidWorks Corporation.

O desenho dos braços foi realizado levando-se em conta certas características:

**Forma natural.** Pela natureza do propósito do projeto realizado, o auxílio do diagnóstico de crianças com TEA, era importante produzir braços bioinspirados, de modo a não causar um impacto negativo na criança, comprometendo o resultado final do projeto.

**Movimentação natural.** Assim como na forma dos braços, o número de servos por braço e suas disposições e ligações foram realizadas de forma a que os membros possuíssem uma movimentação mais natural, ou seja, movimentações bioinspiradas. Isso foi pensado com o mesmo propósito de não causar estranheza das crianças.

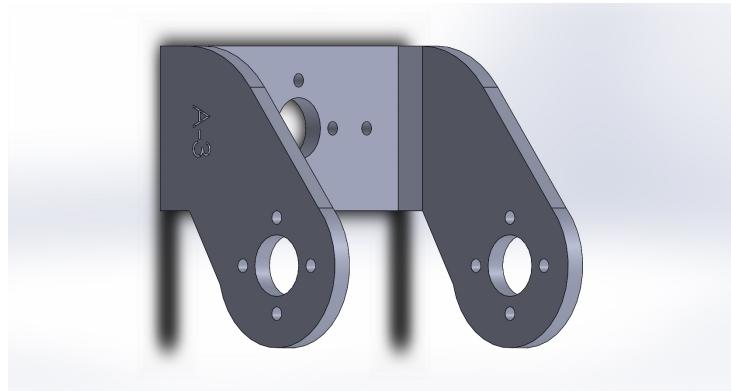
**Simetria.** Novamente para possuir um resultado mais natural, os braços serão simétricos, ou seja, todas as peças desenhadas serão utilizadas em ambos os braços, possuindo diferença somente em sua montagem.

**Peso e tamanho total.** As peças criadas foram desenhadas de forma que os braços completos e montados não fossem desnecessariamente pesados, ou maiores do que o necessário, mantendo a leveza e proporções necessárias.

**Padrão Ono.** As peças foram desenhadas de forma a manterem certos padrões de encaixe e modelagem já encontrados nas peças originais do robô Ono. A manutenção desse padrão ajuda a manter a característica *do-it-yourself* (DIY) do Ono, facilitando a utilização dos braços aqui desenvolvidos em outros projetos.

Na Figura 17 temos o modelo final em *SolidWorks®* de uma peça componente do ombro do robô. Nota-se que o desenho da peça possui uma leve inclinação, realizada com o objetivo de suavizar o formato final do ombro, deixando-o mais natural.

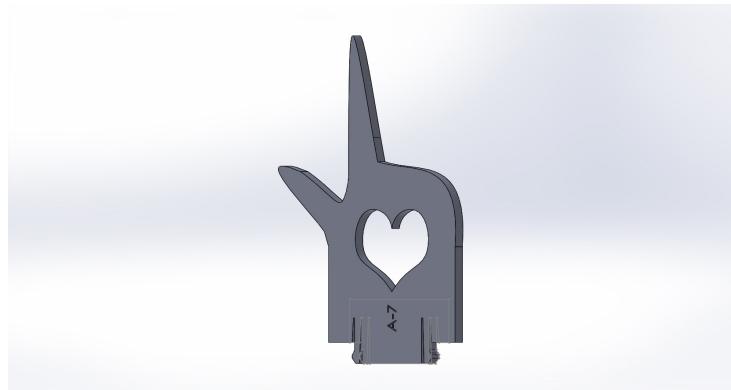
Figura 17 – Peça Arm - 3.



Fonte: Produção do próprio autor.

Na Figura 18 vemos a peça correspondente à mão do robô. O coração no seu centro tem como objetivo retirar material desnecessário do modelo final, deixando a peça mais leve. O encaixe desta peça é o mesmo utilizado pelas peças originais do Ono, como já dito, com o objetivo de manter o padrão e facilitar a inserção dos braços ao robô.

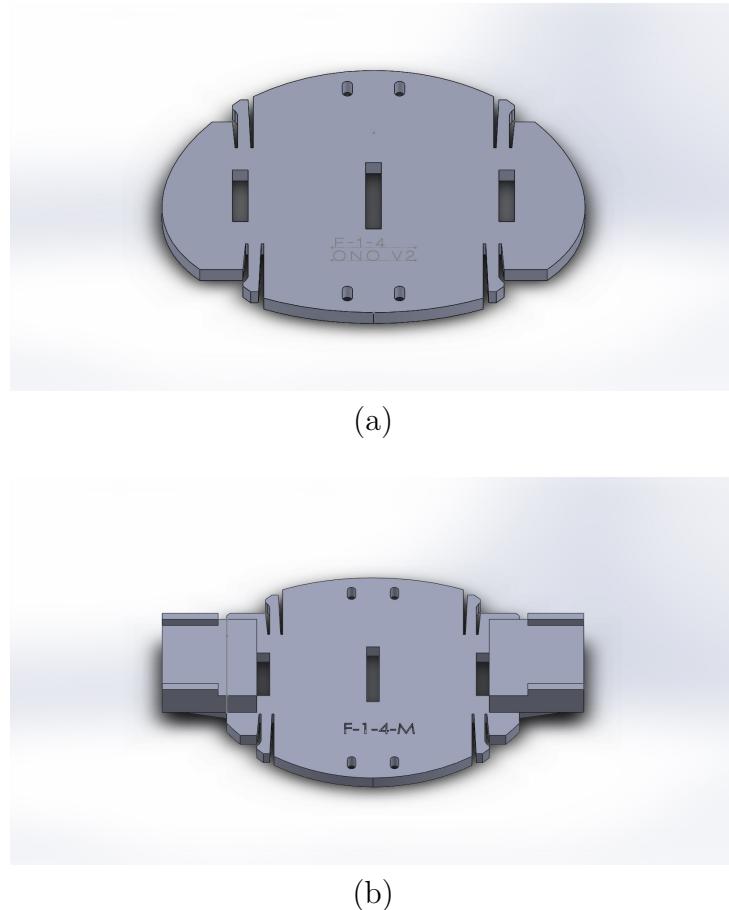
Figura 18 – Peça Arm - 7.



Fonte: Produção do próprio autor.

Duas peças originais do Ono foram modificadas para adaptação ao projeto aqui realizado. A peça *Frame - 1 - 4* é a peça que equivaleria à cintura do robô, foi à ela acrescentado um ressalto de cada lado de forma a proporcionar um apoio para auxiliar na sustentação de cada braço. Na Figura 19, pode-se ver a peça original e a peça atual, com a modificação necessária ao projeto.

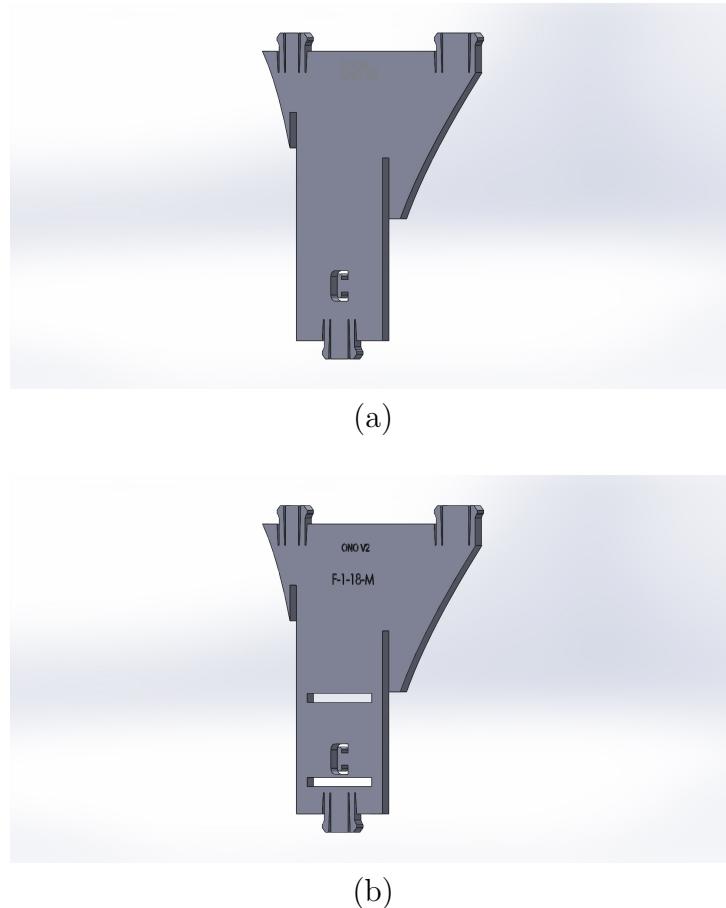
Figura 19 – (a) Peça original; (b) Peça modificada.



Fonte: Produção do próprio autor.

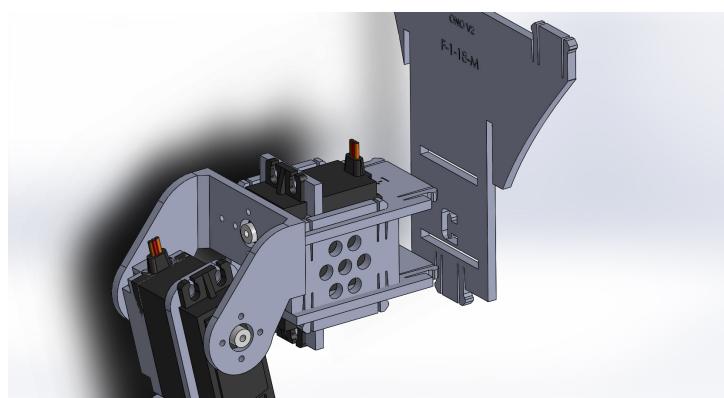
Na peça *Frame - 1 - 18* foram criados cortes, também do padrão do robô Ono, para servir de encaixe para os novos braços. Na Figura 20, pode-se ver as peças original e modificada, com o encaixe para o braço. Na Figura 21 pode-se ver o encaixe feito para a inserção do braço no robô.

Figura 20 – (a) Peça original; (b) Peça modificada.



Fonte: Produção do próprio autor.

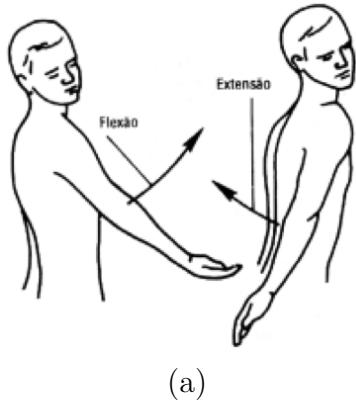
Figura 21 – Encaixe do braço.



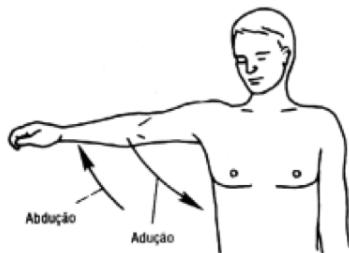
Fonte: Produção do próprio autor.

Dois servo motores foram utilizados para a articulação do ombro, um é responsável pela flexão e extensão do ombro e o outro responsável pela adução e abdução do ombro. O terceiro motor é utilizado para a articulação do cotovelo, realizando o movimento de flexão e extensão do cotovelo. Pode-se ver os movimentos representados na Figura 22

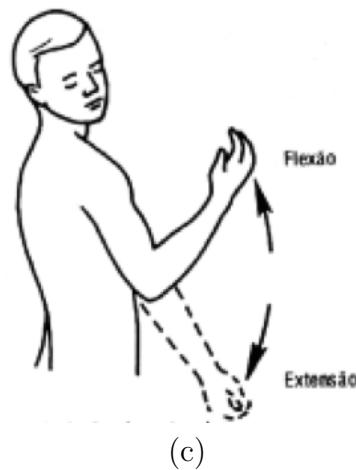
Figura 22 – (a) Movimento de flexão e extensão do ombro; (b) Movimento de adução e abdução do ombro. (c) Movimento de flexão e extensão do cotovelo.



(a)



(b)



(c)

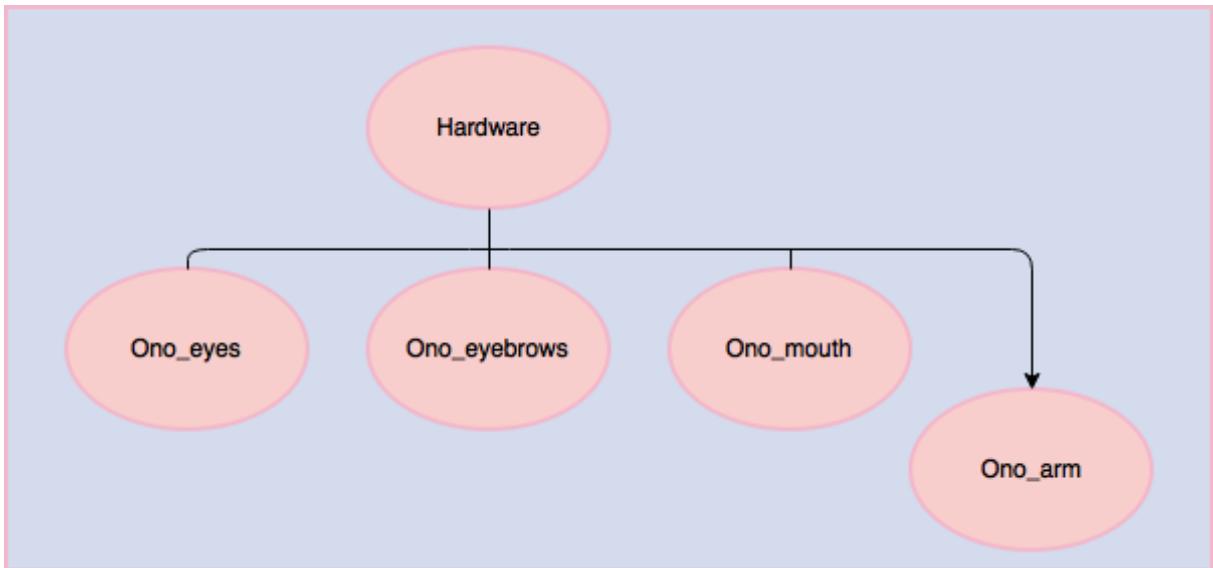
Fonte: (Richard S. Snell, 1984).

As peças foram impressas numa impressora 3D com filamento de Poliácido Láctico (PLA), material biodegradável e reciclável, que foi escolhido, entre outros motivos, pois produz peças mais precisas e mais fiéis aos detalhes (KARASINSKI, 2013). Como os enxaiques herdados do robô Ono exigem certo grau de detalhamento, o PLA foi o escolhido pois forneceu peças com cantos mais acentuados e melhor acabamento de superfície do que demais materiais.

### 3.3 Comunicação Braços - Robô

A programação da placa Raspberry é feita em Python, linguagem de programação orientada a objetos que possui grande variedade de aplicações (BORGES, 2009). Ela se comunica com a placa OnoHAT através de comunicação SPI (Serial Peripheral Interface), um protocolo de dados seriais síncronos que é utilizado para comunicação entre um microcontrolador e periféricos ou entre dois microcontroladores (HENRIQUE, 2014). A inserção do *drive* responsável pelo controle dos braços é feita através da placa OnoHAT. O protocolo de comunicação utilizado entre estes elementos é o protocolo I<sup>2</sup>C. O esquema de comunicação é mostrado na Figura 23.

Figura 23 – Inserção da classe responsável pelos braços.



Fonte: Produção do próprio autor.

Nota-se que o endereço do *drive* PCA9685 teve que ser mudado para que não houvesse conflito entre este e a OnoHAT. Isso foi realizado fisicamente, através da solda de um dos pinos dos *jumpers* de endereço da placa. Nesse projeto, o endereço do *drive* foi configurado no valor hexadecimal 0x41 (seu *default*, em hexadecimal, é 0X40, já utilizado pela placa OnoHAT).

Há um módulo de *software*, existente na programação original do robô, responsável pela comunicação SPI entre o OnoHAT e os módulos presentes no robô, como o módulo da boca, dos olhos etc. Este módulo é chamado de *hardware* e nele foi inserido uma classe “Ono\_arm”, responsável pelos braços. A criação desta nova classe foi feita de acordo com a estrutura de *software* do sistema já existente, possibilitando a compatibilidade entre os sistemas. A nova classe criada utiliza basicamente dois métodos: o método *servo\_init* e o método *servo\_set*. O método *servo\_init* realiza a configuração do *drive* através alteração

dos valores de seus registros. Os servos motores possuem dois registros responsáveis por armazenar o valor PWM. O método *servo\_set* foi criada para modificar estes registros.

### 3.4 Definição das Tarefas

Feita a comunicação, é possível controlar os braços a partir do robô Ono. O próximo passo é definir certas funções que atenderão o objetivo desse projeto. Para isso, foram pensadas tarefas que envolvam ações de apontar para permitir o teste das habilidades de atenção compartilhada em crianças. Foram criadas funções de apontar, que especificam valores finais para cada motor, ou seja, os valores enviados aos motores são encontrados de acordo com a posição final desejada do braço. Foram definidas seis funções deste tipo: apontar para cima, para a diagonal superior, para o lado, para a diagonal inferior, para baixo e para frente com ambos os braços. A Figura 24 mostra o esquema cinemático dos braços em três destas posições.

Algumas funções extras foram criadas para acrescentar opções na interação com crianças. Foi criada uma função onde o robô deve levantar ambos os braços para cima, que pode ser utilizada para comemorar ou indicar alegria. Foi criada também uma função de cumprimento, onde o robô realiza um aceno com o braço, mexendo-o duas vezes. Finalmente, foi criada uma posição de descanso, onde o robô posiciona os braços no colo, de forma a parecer relaxado.

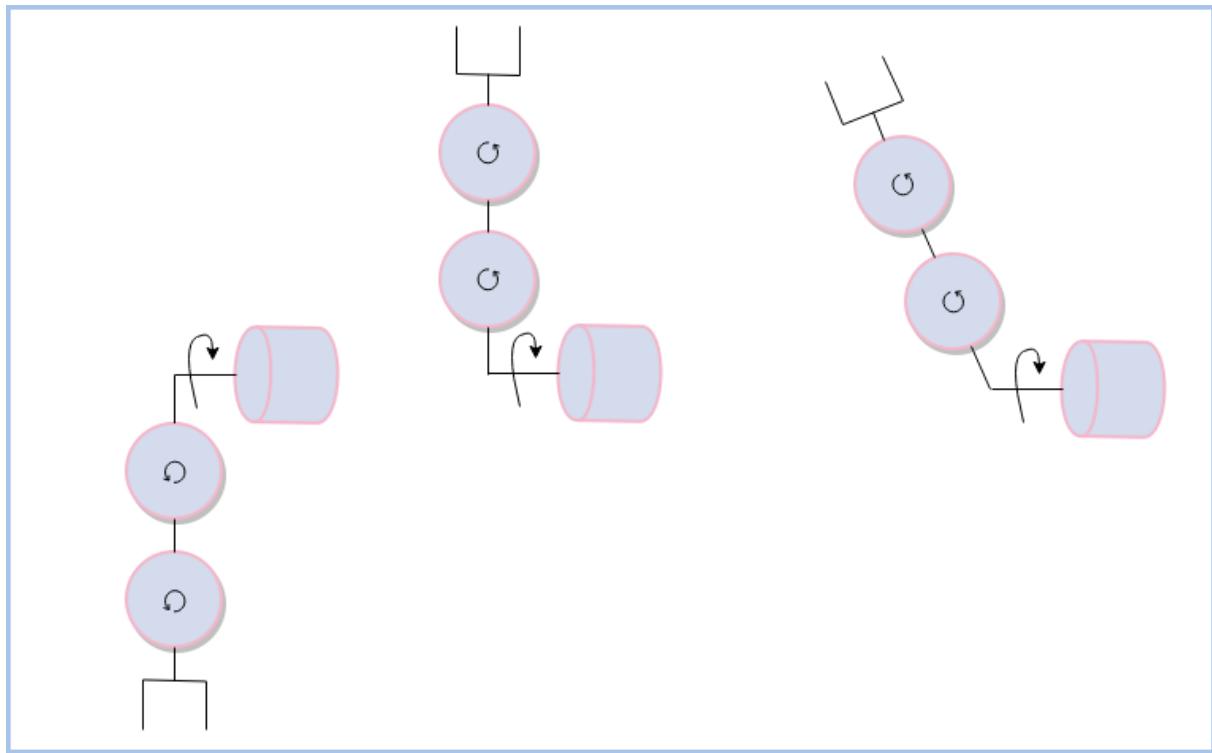
### 3.5 Desenvolvimento do Aplicativo

Como uma das premissas adotadas nesse projeto foi manter o padrão encontrado no robô Ono, um aplicativo para acessar as funções já definidas foi criado dentro da interface do robô. Para o desenvolvimento do aplicativo responsável pelo controle do braço através das funções criadas foi utilizada a linguagem de marcação HTML (Hypertext Markup Language).

O HTML é uma linguagem de marcação utilizada para criar e formatar páginas Web. Esta linguagem permite criar documentos com elementos como cabeçalho, parágrafo, quebra de linha etc. Foi utilizada também codificação em CSS (Cascading Style Sheets ou Folhas de Estilo em Cascata). O CSS é uma linguagem de formatação responsável pela apresentação dos documentos. O CSS permite a separação entre a formatação da página e seu conteúdo propriamente dito.

A formatação foi escolhida para manter o padrão já utilizado pela interface do robô Ono, ou seja, foram utilizados os mesmos formatos de botões, fonte dos textos etc.

Figura 24 – Esquema cinemático dos braços criados.



Fonte: Produção do próprio autor.

### 3.6 Confecção da Nova Identidade Visual

Após a criação dos braços e sua inserção no robô, uma nova roupa deve ser criada para este. A vestimenta antiga do robô Ono possui os braços de espuma, impossibilitando seu aproveitamento na nova versão modificada do robô. Dito isso, uma nova pele foi fabricada para o robô, levando em consideração as medidas e posicionamento dos braços robóticos. Juntamente com a roupa, foram recortados pedaços de espuma para a proteção mecânica dos braços e seus componentes.

A nova identidade visual criada pelo robô teve a idéia do *design* participativo (DP), uma abordagem de *design* onde os usuários participem ativamente na construção deste (MULLER, 2003). Neste projeto, a pele foi confeccionada de forma a ser o mais simples possível e acessórios e roupas são disponibilizados para que as crianças que interagirem com o robô possam alterar seu visual, fazendo com que o robô fique ainda mais ajustado às suas preferências, criando um laço de identidade com o dispositivo.

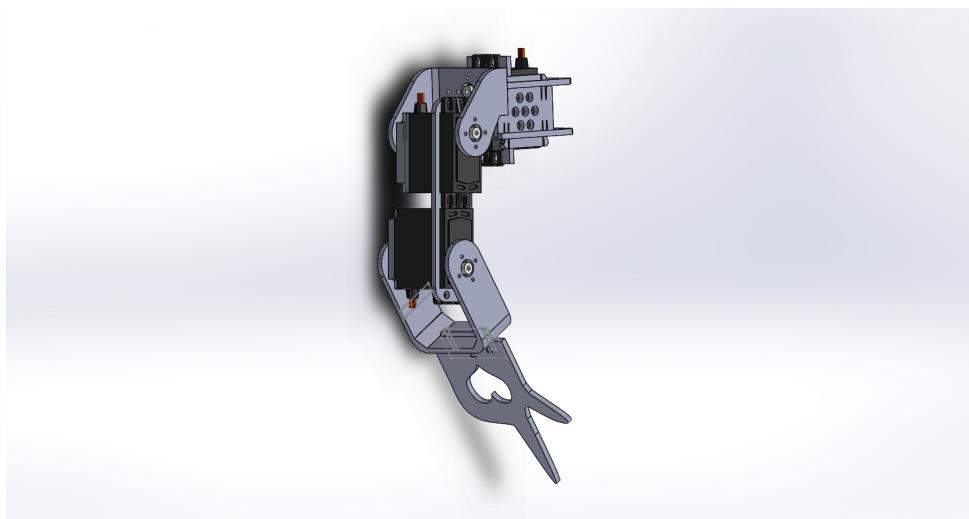
## 4 RESULTADOS

Nessa seção serão mostrados os resultados obtidos nesse projeto. Serão mostrados o modelo físico final dos braços robóticos desenhados, a interface Web com o novo aplicativo responsável pelas funções previamente definidas e, finalmente, as angulações máximas que podem ser realizadas pelos braços.

### 4.1 Braços Robóticos

Como já mencionado, as peças foram desenhadas usando o software *SolidWorks®*. É possível, utilizando esse mesmo software, realizar uma montagem das peças criadas de forma a fazer uma simulação do braço desenhado. A simulação realizada pode ser observada na Figura 25. Esse é o modelo a ser esperado após a impressão e montagem real das peças.

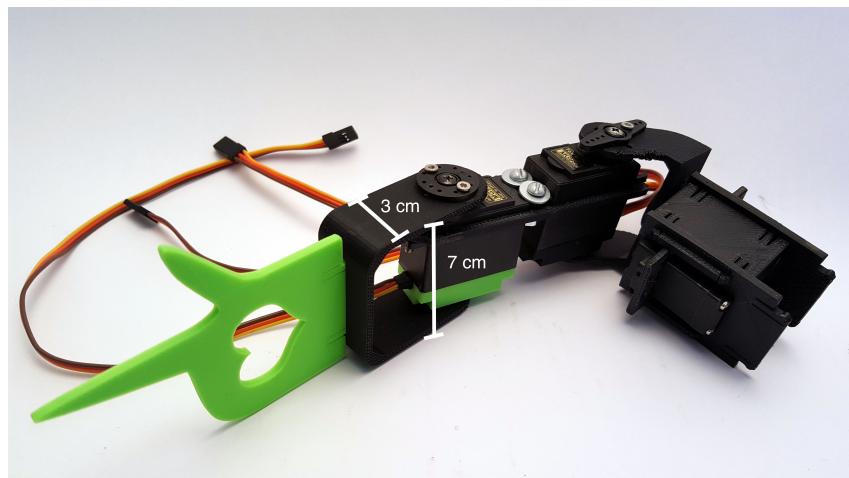
Figura 25 – Braço simulado.



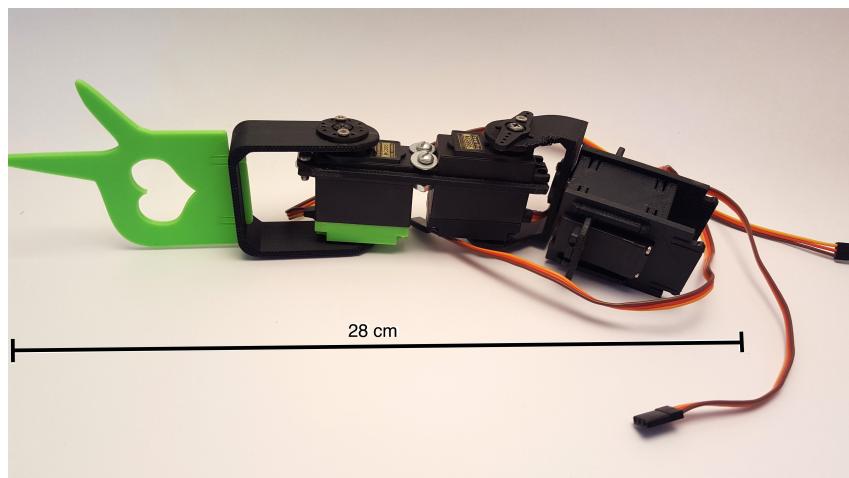
Fonte: Produção do próprio autor.

A Figura 26 mostra os braços resultantes após impressão e montagem das peças. Nota-se que os resultados obtidos foram bem similares aqueles encontrados em simulação.

Figura 26 – (a) Braço final direito; (b) Braço final esquerdo.



(a)



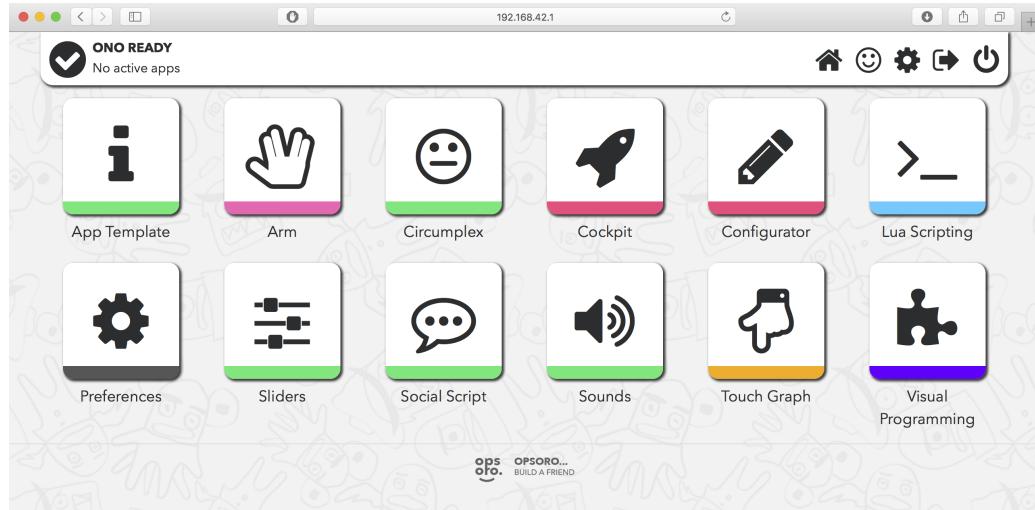
(b)

Fonte: Produção do próprio autor.

## 4.2 Interface

A aplicação responsável pelo controle dos braços foi chamada de *Arm*. A nova interface, com a inserção do novo ícone pode ser vista na Figura 27.

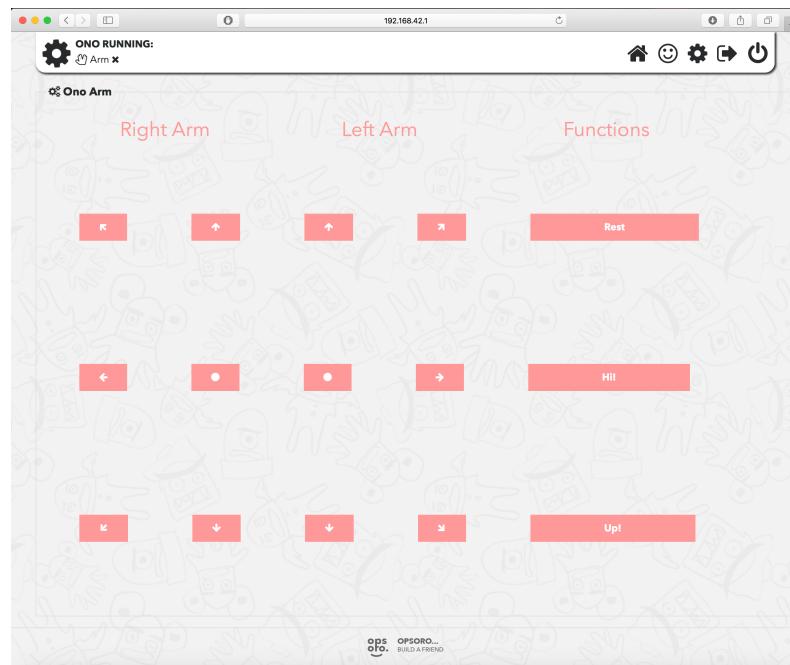
Figura 27 – Interface após adição do aplicativo dos braços.



Fonte: Produção do próprio autor.

As funções definidas anteriormente (apontar para cima, para diagonal superior, para o lado, para a diagonal inferior, para baixo e para frente) foram definidas como botões, ou seja, foram criados seis botões para cada braço mais três das funções extras já explicadas. Foi optado por se fazer um aplicativo mais visual, utilizando setas para indicar a direção para a qual os braços devem apontar, ou seja, a função que deve ser chamada. A Figura 28 ilustra a aparência final da aplicação para o controle dos braços.

Figura 28 – Aplicativo Arm.



Fonte: Produção do próprio autor.

### 4.3 Identidade Visual

Após confecção da nova roupa, de acordo com os critérios estabelecidos anteriormente, o robô Ono ficou com a aparência apresentada na Figura 29.

Figura 29 – Resultado final do robô Ono.



Fonte: Produção do próprio autor.

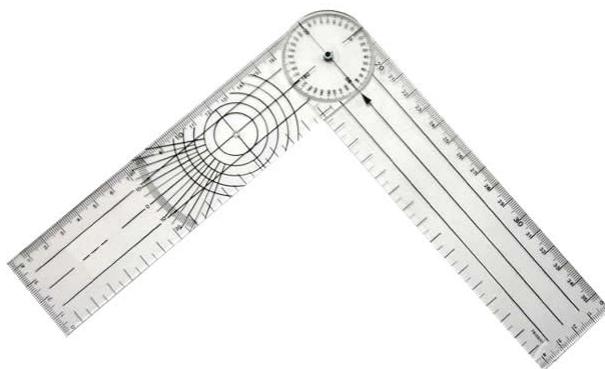
Nota-se que a nova roupa confeccionada leva em consideração os braços projetados, vestindo-os juntamente com a espuma recortada. Além disso, percebe-se que a roupa é neutra, não havendo nenhum detalhe ou cor chamativa, justamente para permitir a realização do *design* participativo, ou seja, a customização do robô pela própria criança com acessórios e roupas.

## 4.4 Ângulos Máximos dos Braços

Como já mencionado, os braços criados possuem três graus de liberdade. Os movimentos realizados por este são os seguintes: flexão e extensão do ombro, adução e abdução do ombro e flexão e extensão do cotovelo. Para medir os ângulos realizados por estes três movimentos foi utilizado um goniômetro universal. Um goniômetro é um instrumento de medição angular, de baixo custo e fácil manuseio. O goniômetro universal, como instrumento de mensuração para as articulações dos membros superiores e inferiores, possui uma confiabilidade considerada de boa a excelente (CARVALHO; MAZZER; BARBIERI, 2012).

É mostrado na Figura 30 um goniômetro universal similar ao utilizado nesse projeto.

Figura 30 – Goniômetro Universal.



Fonte: (TRIDENT, 2017).

Os ângulos obtidos nos três movimentos em ambos os braços, através da medição com o goniômetro são mostrados na Tabela 2.

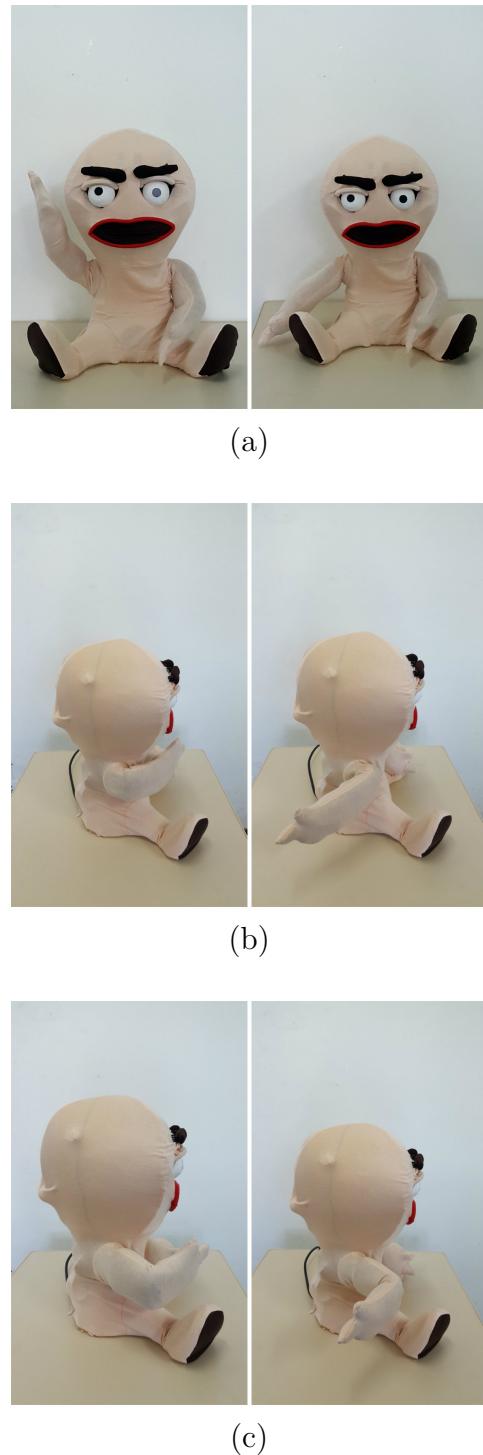
Tabela 2 – Tabela com as amplitudes dos movimentos definidos.

MOVIMENTO	AMPLITUDE ANGULAR	
	Braço Direito	Braço Esquerdo
Flexão e extensão do ombro	160°	175°
Adução e abdução do ombro	155°	165°
Flexão e extensão do cotovelo	165°	175°

A Figura 31 mostra os movimentos realizados pelos braços construídos.

Os ângulos realizados pelos braços projetados possibilitam ângulos maiores aos ângulos possíveis das articulações do ombro e do cotovelo, ou seja, possibilitam uma amplitude além da necessária para a aplicação deste projeto.

Figura 31 – (a) Movimento de flexão e extensão do ombro realizado pelo Ono; (b) Movimento de adução e abdução do ombro realizado pelo Ono. (c) Movimento de flexão e extensão do cotovelo realizado pelo Ono.

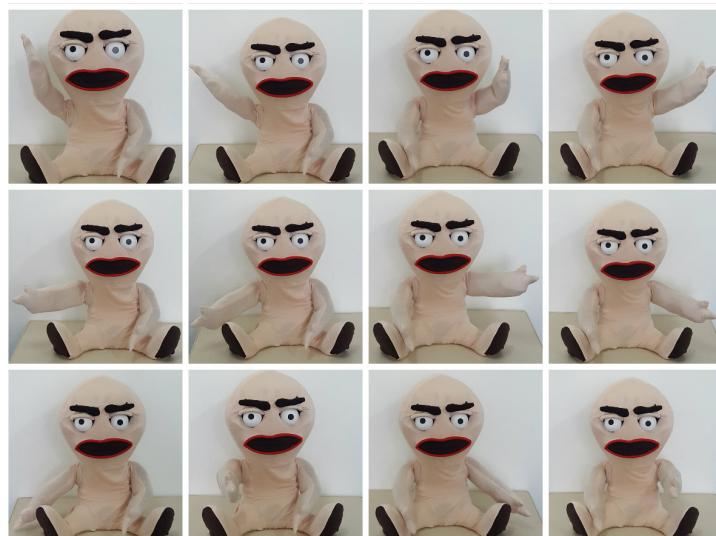


Fonte: Produção do próprio autor.

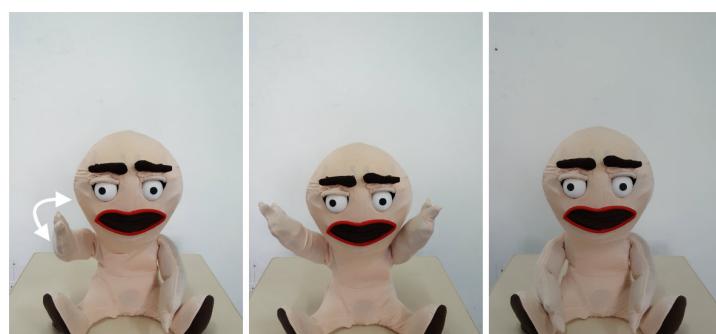
## 4.5 Funções Realizadas Pelos Braços

As funções de apontar, criadas com o intuito de auxiliar na interação com crianças com TEA, a fim de identificar falhas na AC, foram descritas anteriormente. Foram definidas seis tarefas para cada braço: apontar para cima, para diagonal superior, para o lado, para a diagonal inferior, para baixo e para frente com ambos os braços. Além dessas funções, foram criadas funções de acenar, levantar os braços e uma posição de descanso. O robô final realizando essas funções definidas é mostrado na Figura 32.

Figura 32 – (a) Ações de apontar realizadas pelo novo robô; (b) Funções extras realizadas pelo robô.



(a)



(b)

Fonte: Produção do próprio autor.

## 5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho consiste na realização de modificações no robô social Ono para viabilizar estratégias de auxílio ao diagnóstico e de identificação de falhas na atenção compartilhada em crianças com TEA. Foram desenvolvidos braços robóticos controlados que permitem a realização de gestos coordenados com as funções originais do robô: expressões faciais e fala. Tal desenvolvimento permitiu a ampliação das possibilidades de interação multimodal entre o dispositivo robótico e as crianças durante o diagnóstico. Desta forma, houve a necessidade de estudo de diferentes áreas do conhecimento, desde a parte clínica até os conceitos de desenvolvimento e implementação física do protótipo.

Para a realização desse projeto, foram necessários conceitos de diferentes ramos da Engenharia: (i) projeto mecânico, incluindo o desenho, simulações, fabricação e montagem do protótipo; (ii) projeto eletrônico, englobando o desenvolvimento de sistema de comunicação e a seleção de atuadores e de *hardware* de controle; e projeto de *software*, no qual foram desenvolvidos algoritmos e sistema computacional de interação com o usuário para viabilizar o melhor controle do sistema robótico.

É importante ressaltar que todo o trabalho foi realizado de forma a produzir resultados compatíveis com o sistema do robô Ono, fazendo com que este projeto possa ser facilmente reproduzido e inserido em qualquer plataforma deste sistema.

Esse projeto apresenta diversas possibilidades de expansão e utilização futura. Pode-se realizar a criação de uma interface robô-terapeuta capaz de inserir o robô em um ambiente interativo, já disponível no laboratório Lai 4 da UFES. Em tais ambientes, os estímulos de entrada podem ser controlados e o comportamento da criança pode ser monitorado.

Dependendo do experimento a ser realizado, o robô e seus atuadores deverão se comunicar de forma bidirecional com um *Websocket* ou uma aplicação *web* que se encontram no servidor do robô. Dessa forma, os demais elementos do espaço interativo conseguirão se comunicar com o servidor, ou seja, tanto o terapeuta poderá se conectar diretamente com o servidor, quanto os elementos sensores do ambiente através da ferramenta *Robot Operating System* (ROS).

Espera-se que com o desenvolvimento dessa interface se torne viável a realização de ações (gestos com os braços, expressões faciais e saídas sonoras) pelo dispositivo robótico com base nas informações obtidas do ambiente de interação e/ou inseridas manualmente pelo terapeuta. Uma outra possibilidade no projeto atual seria o controle dos braços através de um ponto específico presente nesse ambiente interativo, aumentando as possibilidades de

ação para os braços criados.

Testes com o novo sistema do robô Ono já estão sendo planejados para o segundo semestre deste mesmo ano. Os testes consistem em intervenções baseadas em interações criança-robô. O robô atuará como mediador dos experimentos para identificar falhas na AC em crianças com TEA. Os teste serão realizados em parceria com o programa de medicina da Universidade Vila Velha (UVV).

Esse projeto de graduação foi enviado ao IX Congreso Iberoamericano de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad (IBERDISCAP), que ocorrerá na cidade de Bogotá, Colômbia, entre os dias 22 e 24 de Novembro deste ano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Psychiatry Association Apa. *DSM-V-TR - Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais*. [S.l.: s.n.], 2013. 992 p. ISSN 2317-1782. ISBN 8573079851.
- ANDREAE, H. et al. A study of auti: a socially assistive robotic toy. *Interaction Design and Children*, p. 245–248, 2014.
- ANDREAE, H. E. et al. A study of auti. In: *Proceedings of the 2014 conference on Interaction design and children - IDC '14*. New York, New York, USA: ACM Press, 2014. p. 245–248. ISBN 9781450322720. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2593968.2610463>>.
- ARESTI-BARTOLOME, N.; GARCIA-ZAPIRAIN, B. Technologies as Support Tools for Persons with Autistic Spectrum Disorder: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 11, n. 8, p. 7767–7802, aug 2014. ISSN 1660-4601.
- BELINI, A. E. G.; FERNANDES, F. D. M. Olhar de bebês em desenvolvimento típico: correlações longitudinais encontradas. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, v. 12, n. 3, p. 165–173, 2007.
- BORGES, L. E. *Python para desenvolvedores*. [S.l.: s.n.], 2009.
- BOSA, C. Atenção compartilhada e identificação precoce do autismo. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 15, n. 1, p. 77–88, 2002. ISSN 0102-7972.
- BOSA, C. A. Autismo: intervenções psicoeducacionais. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, v. 28, n. suppl 1, p. s47–s53, may 2006. ISSN 1516-4446. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\arttext&pid=S1516-44462006000500007&lng=p>>.
- BOUCENNA, S. et al. Interactive Technologies for Autistic Children: A Review. *Cognitive Computation*, v. 6, n. 4, p. 722–740, 2014. ISSN 18669964.
- CABIBIHAN, J. J. et al. Why Robots? A Survey on the Roles and Benefits of Social Robots in the Therapy of Children with Autism. *International Journal of Social Robotics*, v. 5, n. 4, p. 593–618, 2013. ISSN 18754791.
- CARVALHO, F. A. et al. Rastreamento de sinais precoces de transtornos do espectro do autismo em crianças de creches de um município de São Paulo. *Revista Psicologia: Teoria e Prática*, v. 15, n. 2, p. 144–154, 2013. ISSN 15163687.
- CARVALHO, F. A. et al. Identificação de Sinais Precoces de Autismo Segundo um Protocolo de Observação Estruturada : um Estudo de Seguimento. *Psico*, v. 45, n. 4, p. 502–512, 2014. ISSN 0103-5371.
- CARVALHO, R. M. F. de; MAZZER, N.; BARBIERI, C. H. Análise da confiabilidade e reproduzibilidade da goniometria em relação à fotogrametria na mão. *Acta Ortopédica Brasileira*, v. 20, n. 3, p. 139–149, 2012. ISSN 1413-7852. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\arttext&pid=S1413-78522012000300003&lng=p>>.

- CHARMAN, T. Why is joint attention a pivotal skill in autism? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 358, n. 1430, p. 315–324, feb 2003. ISSN 0962-8436.
- CHARMAN, T. et al. Infants with autism: an investigation of empathy, pretend play, joint attention, and imitation. *Developmental psychology*, v. 33, n. 5, p. 781–9, sep 1997. ISSN 0012-1649.
- CHO, S.-j.; AHN, D. H. Socially Assistive Robotics in Autism Spectrum Disorder. p. 17–26, 2016.
- CLIFFORD, S.; YOUNG, R.; WILLIAMSON, P. Assessing the early characteristics of autistic disorder using video analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 37, n. 2, p. 301–313, 2007. ISSN 01623257.
- COSTA, S. et al. "Where is your nose?" : developing body awareness skills among children with autism using a humanoid robot. *ACHI 2013, The Sixth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*, n. March, p. 117–122, 2013.
- COURGEON, M. et al. Joint Attention Simulation Using Eye-Tracking and Virtual Humans. *IEEE Transactions on Affective Computing*, v. 5, n. 3, p. 238–250, jul 2014. ISSN 1949-3045.
- DAUTENHAHN, K. Socially intelligent robots: dimensions of human-robot interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 362, n. 1480, p. 679–704, apr 2007. ISSN 0962-8436.
- ELDEVIK, S. et al. Meta-Analysis of Early Intensive Behavioral Intervention for Children With Autism. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, v. 38, n. 3, p. 439–450, may 2009. ISSN 1537-4416. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15374410902851739>>.
- EMERY, N. J. The eyes have it: the neuroethology, function and evolution of social gaze. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, v. 24, n. 6, p. 581–604, aug 2000. ISSN 0149-7634.
- FOUNDATION, R. P. *Raspberry PI*. 2017.
- GOLDSMITH, T.; LEBLANC, L. Use of Technology in Interventions for Children with Autism. *Journal of Early and Intensive Behavior . . .*, v. 1, n. 2, p. 166–178, 2004. ISSN 1814232X.
- GRYNSZPAN, O. et al. Innovative technology-based interventions for autism spectrum disorders: A meta-analysis. *Autism*, v. 18, n. 4, p. 346–361, 2014. ISSN 1362-3613.
- HEARTFORDSHIRE, U. of. *Kaspar the social robot*. 2017.
- HENRIQUE, T. *Microcontrolando*. 2014.
- HUIJNEN, C. A. G. J. et al. Mapping Robots to Therapy and Educational Objectives for Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, Springer US, 2016. ISSN 1573-3432.
- HUIJNEN, C. A. G. J.; LEXIS, M. A. S.; WITTE, L. P. de. Matching Robot KASPAR to Autism Spectrum Disorder (ASD) Therapy and Educational Goals. *International Journal of Social Robotics*, Springer Netherlands, v. 8, n. 4, p. 445–455, 2016. ISSN 18754805.

- JOHNSON, C.; MYERS, S. Identification and evaluation of children with autism spectrum disorders. *Pediatrics*, v. 120, n. 5, p. 1183–1215, 2007. ISSN 1098-4275.
- KARASINSKI, V. *Tecmundo*. 2013.
- KIM, E. S. et al. Social robots as embedded reinforcers of social behavior in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 43, n. 5, p. 1038–1049, 2013. ISSN 01623257.
- KOZIMA, H.; NAKAGAWA, C.; YASUDA, Y. Interactive robots for communication-care: A case-study in autism therapy. *Proceedings - IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, v. 2005, p. 341–346, 2005. ISSN 1944-9445.
- LEE, H.; HYUN, E. The intelligent robot contents for children with speech-language disorder. *Educational Technology and Society*, v. 18, n. 3, p. 100–113, 2015. ISSN 14364522.
- LLC, B. *My Keepon*. 2017.
- MONTENEGRO, M. Un Iversidade Presbiterian a Macken Zie Margareth N . Montenegro. 2006.
- MONTENEGRO, M. Atenção Compartilhada. *Autismo e Cérebro Social*, v. 1, p. 75–86, 2009.
- MULLER, M. J. *Participatory design: the third space in HCI*. [S.l.: s.n.], 2003. 1051–1068 p. ISBN 0-8058-3838-4.
- MUNDY, P. et al. Individual Differences and the Development of Joint Attention in Infancy. *Child Development*, v. 78, n. 3, p. 938–954, 2007.
- MUNDY, P.; NEWELL, L. Attention, Joint Attention, and Social Cognition. *Current Directions in Psychological Science*, v. 16, n. 5, p. 269–274, oct 2007. ISSN 0963-7214.
- NITTONO, H. et al. The Power of Kawaii: Viewing Cute Images Promotes a Careful Behavior and Narrows Attentional Focus. *PLoS ONE*, v. 7, n. 9, p. e46362, sep 2012. ISSN 1932-6203.
- NXP Semiconductors. PCA9685 16-channel, 12-bit PWM Fm+ I2C-bus LED controller. n. April, p. 52, 2015. Disponível em: <<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/PCA9685.pdf>>.
- OPSORO. *Build your own social robot*. 2017.
- OZONOFF, S. et al. Gross motor development, movement abnormalities, and early identification of autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 38, n. 4, p. 644–656, 2008. ISSN 01623257.
- Richard S. Snell. *Anatomia*. [S.l.: s.n.], 1984.
- ROBINS, B.; DAUTENHAHN, K.; DICKERSON, P. From Isolation to Communication: A Case Study Evaluation of Robot Assisted Play for Children with Autism with a Minimally Expressive Humanoid Robot. In: *2009 Second International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions*. [S.l.]: IEEE, 2009. p. 205–211. ISBN 978-1-4244-3351-3.

- SARTORATO, F.; PRZYBYLOWSKI, L.; SARKO, D. K. Improving therapeutic outcomes in autism spectrum disorders: Enhancing social communication and sensory processing through the use of interactive robots. *Journal of Psychiatric Research*, Elsevier Ltd, v. 90, p. 1–11, 2017. ISSN 18791379.
- SCASSELLATI, B.; ADMONI, H.; MATARIĆ, M. Robots for Use in Autism Research. *Annual Review of Biomedical Engineering*, v. 14, n. 1, p. 275–294, 2012. ISSN 1523-9829.
- THILL, S. et al. Robot-Assisted Therapy for Autism Spectrum Disorders with (Partially) Autonomous Control: Challenges and Outlook. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, v. 3, n. 4, p. 209–217, 2012. ISSN 2081-4836.
- Torq Pro & Tower Pro. TowerPro. 2014.
- TRIDENT. *Trident*. 2017.
- UNIVERSITY, G. *Het Jeugdfilmfestival*. 2017.
- VANDEVELDE, C.; SALDIEN, J. Demonstration of OPSORO -an open platform for social robots. *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, v. 2016-April, n. March, p. 555–556, 2016. ISSN 21672148.
- VANDEVELDE, C. et al. Ono, a DIY open source platform for social robotics. *International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction, Proceedings*, 2014.
- WAINER, A.; INGERSOLL, B. *Handbook of Autism and Pervasive Developmental Disorders*. [S.l.: s.n.], 2015. v. 1. 28–45 p. ISSN 1098-6596. ISBN 9788578110796.
- WAINER, J. et al. Using the humanoid robot KASPAR to autonomously play triadic games and facilitate collaborative play among children with autism. *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*, v. 6, n. 3, p. 183–199, 2014. ISSN 19430604.
- WARREN, Z. E. et al. Can Robotic Interaction Improve Joint Attention Skills? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, Springer US, v. 45, n. 11, p. 3726–3734, 2015. ISSN 15733432.
- ZAQUEU, L. d. C. C. et al. Associações entre Sinais Precoces de Autismo, Atenção Compartilhada e Atrasos no Desenvolvimento Infantil. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 31, n. 3, p. 293–302, 2015. ISSN 1806-3446.

# Apêndices

## APÊNDICE A – ESTRUTURA DO CÓDIGO

Classe Ono\_arm

```

1  """
2 This module defines the interface for communicating with the arm.
3 .. autoclass:: _Ono_arm
4     :members:
5     :undoc-members:
6     :show-inheritance:
7 """
8
9 from __future__ import with_statement
10
11 import math
12 import cmath
13
14 from opsoro.hardware import Hardware
15 from opsoro.console_msg import *
16 from opsoro.robot import Robot
17
18 constrain = lambda n, minn, maxn: max(min(maxn, n), minn)
19 dict = {1 : set_arm_up, 2 : set_arm_down, 3 : set_arm_r_side, 4 :
20         set_arm_forward, 5 : set_arm_rd_side, 6: set_arm_rest}
21
22 def set_arm_up():
23     with Hardware.lock:
24         Hardware.servo_arm_set(0, 605)
25         Hardware.servo_arm_set(4, 140)
26         Hardware.servo_arm_set(8, 450)
27
28 def set_arm_down():
29     with Hardware.lock:
30         Hardware.servo_arm_set(0, 300)
31         Hardware.servo_arm_set(4, 200)
32         Hardware.servo_arm_set(8, 450)
33
34 def set_arm_r_side():
35     with Hardware.lock:

```

```
35     Hardware.servo_arm_set(0, 200)
36     Hardware.servo_arm_set(4, 300)
37     Hardware.servo_arm_set(8, 450)
38
39 def set_arm_forward():
40     with Hardware.lock:
41         Hardware.servo_arm_set(0, 450)
42         Hardware.servo_arm_set(4, 125)
43         Hardware.servo_arm_set(8, 450)
44
45 def set_arm_rd_side():
46     with Hardware.lock:
47         Hardware.servo_arm_set(0, 550)
48         Hardware.servo_arm_set(4, 200)
49         Hardware.servo_arm_set(8, 450)
50
51 def set_arm_rest():
52     with Hardware.lock:
53         Hardware.servo_arm_set(0, 350)
54         Hardware.servo_arm_set(4, 140)
55         Hardware.servo_arm_set(8, 550)
56
57 def case_default():
58     return
59
60 class _Ono_arm(object):
61     def __init__(self):
62         self._emotion = 0 + 0j
63         self._anim = None
64         with Hardware.lock:
65             Hardware.servo_arm_init()
66
67     def set_arm(self, channel, pos):
68
69         with Hardware.lock:
70             Hardware.servo_arm_set(channel, pos)
71
72     def set_prompt(prompt):
73
74         try:
75             dict[prompt]()
76         except:
```

```

77     case_default()
78
79     def update(self):
80
81         return
82 # Global instance that can be accessed by apps and scripts
83 Ono_arm = _Ono_arm()

```

Função da página de internet.

```

1
2     .
3     .
4     .
5     self.server.flaskapp.add_url_rule(
6             "/robot/arm/",
7             "robot_arm",
8             protect(robot_arm),
9             methods=["GET", "POST"], )
10    .
11    .
12    .

```

Função servo\_init

```

1     def servo_arm_init(self):
2         self.i2c_write8(0x41, 0xFA, 0x00)
3         self.i2c_write8(0x41, 0xFB, 0x00)
4         self.i2c_write8(0x41, 0xFC, 0x00)
5         self.i2c_write8(0x41, 0xFD, 0x00)
6         self.i2c_write8(0x41, 0x01, 0x04)
7         self.i2c_write8(0x41, 0x00, (0x01 & 0x7F) | 0x10)
8         self.i2c_write8(0x41, 0xFE, 100)
9         self.i2c_write8(0x41, 0x00, 0x01)
10        time.sleep(1)
11        self.i2c_write8(0x41, 0x00, 0x01 | 0x80)

```

Função de envio de dados para página *web*

```

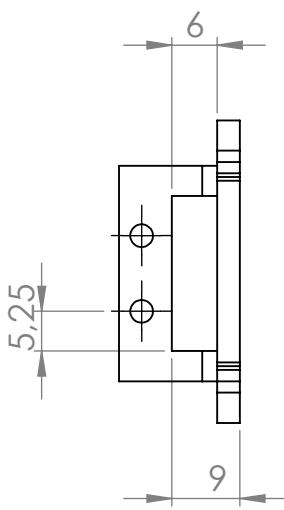
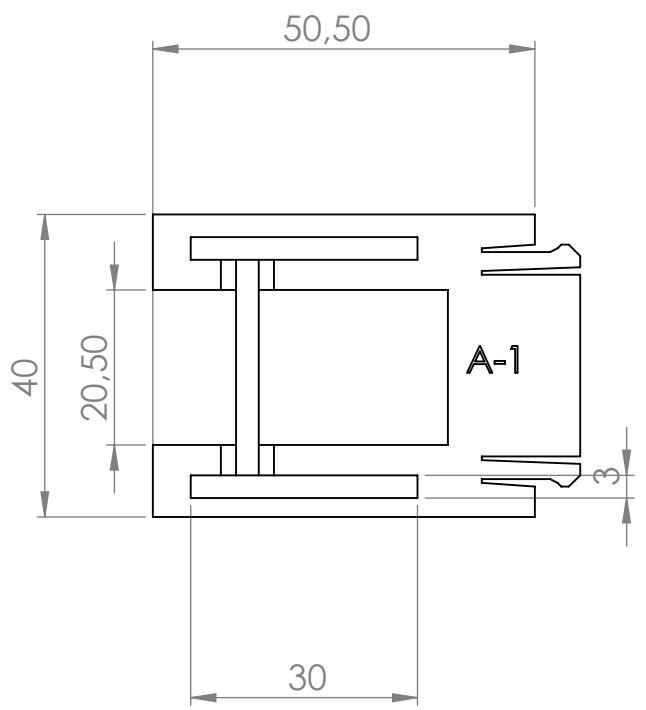
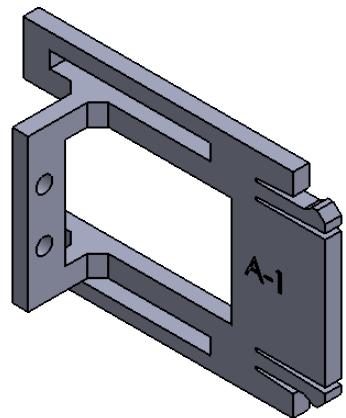
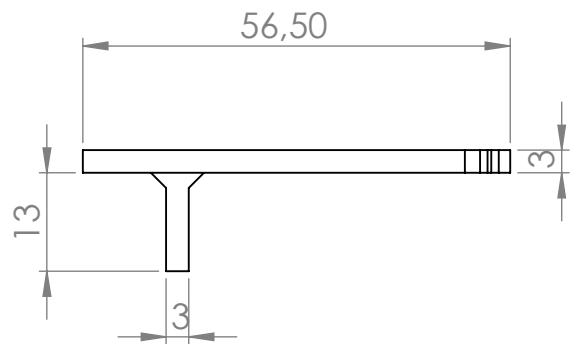
1     def robot_arm():

```

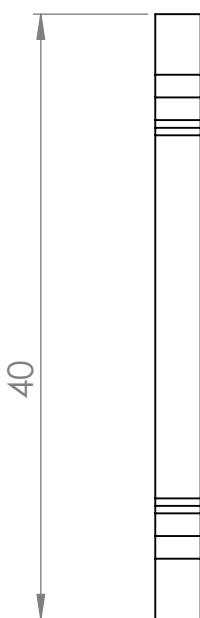
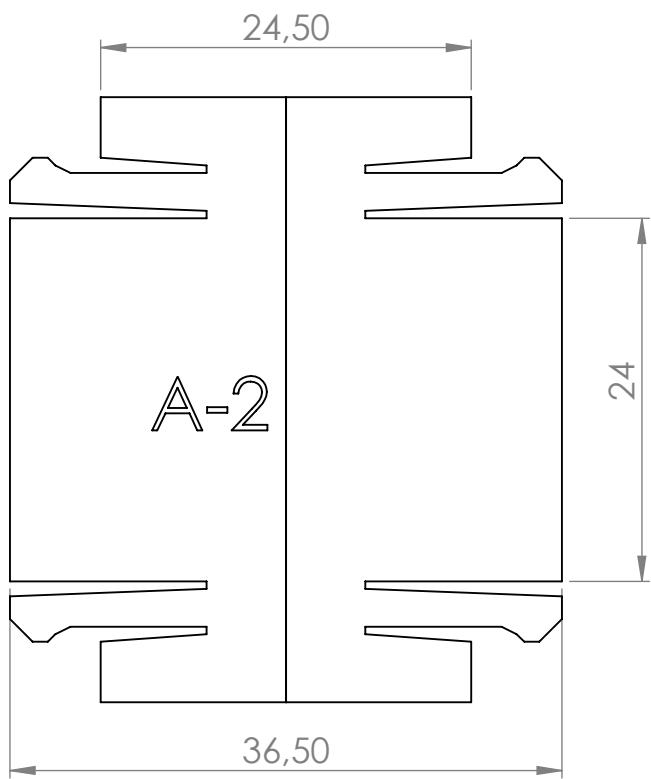
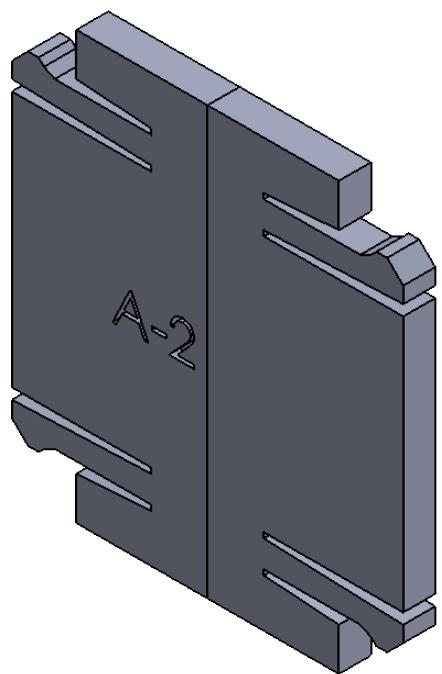
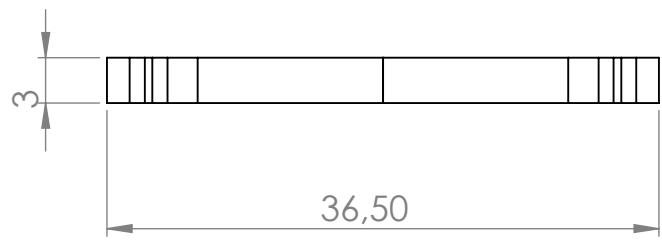
```
2     channel = request.form.get('channel', type=int, default=None)
3     pos = request.form.get('pos', type=int, default=None)
4     prompt = request.form.get('prompt', type=int, default=None)
5     Ono_arm.set_prompt(prompt)
6     return json.dumps({'success': True})
```

# APÊNDICE B – PEÇAS

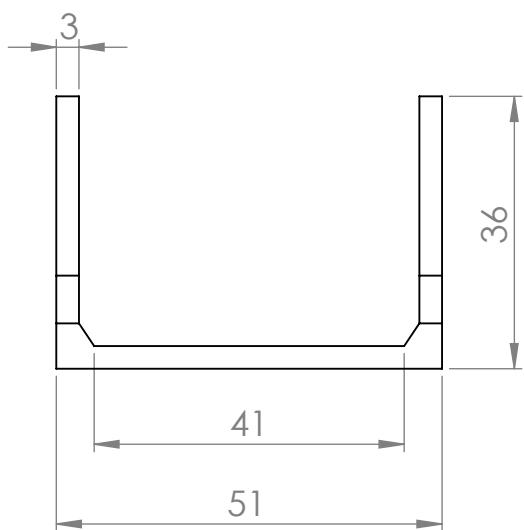
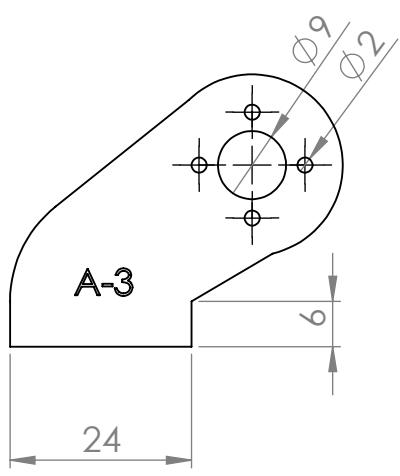
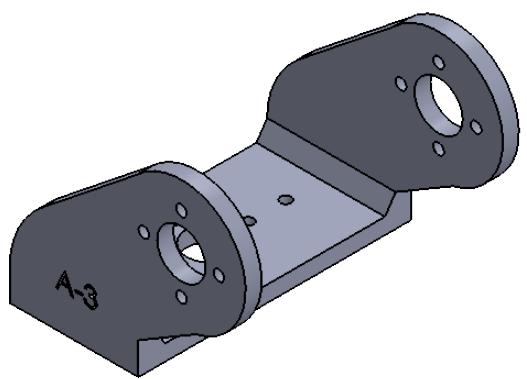
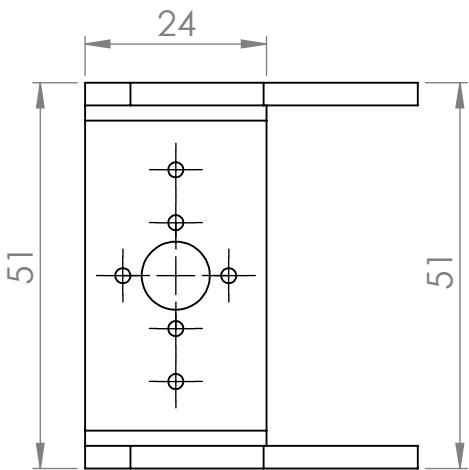
## Peça A-1



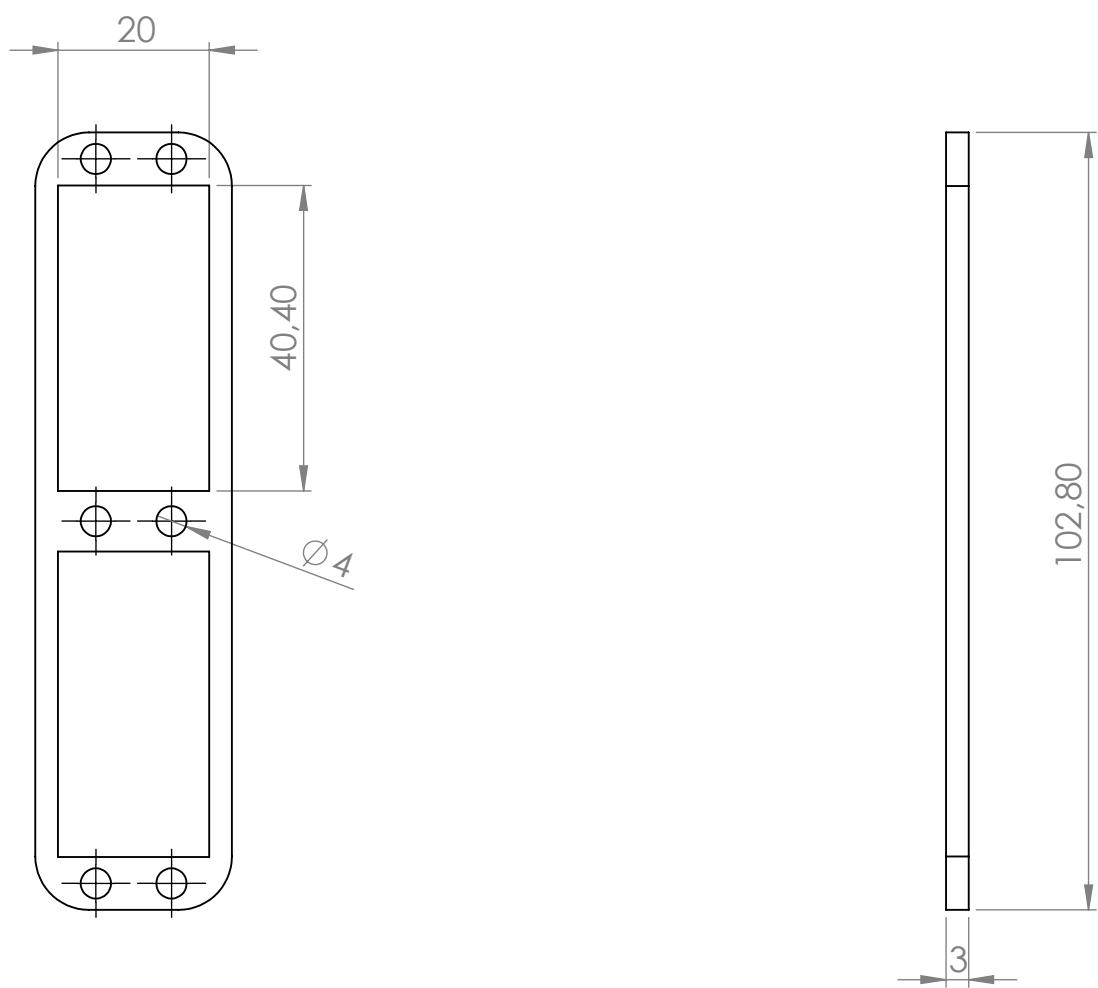
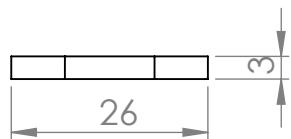
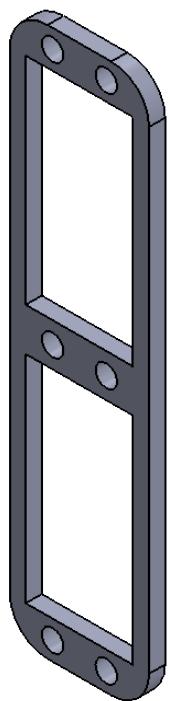
## Peça A-2



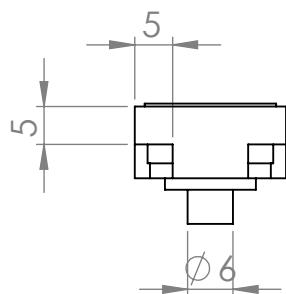
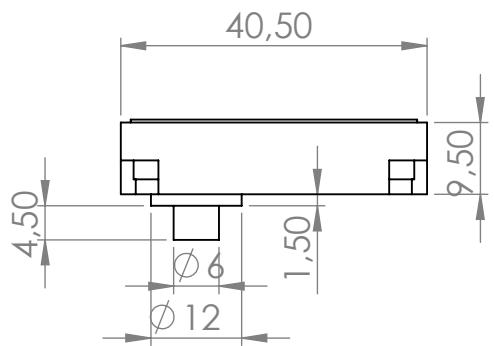
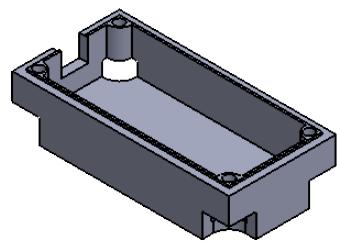
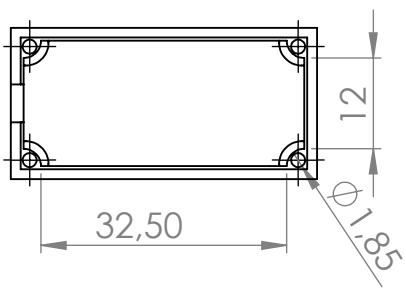
# Peça A-3



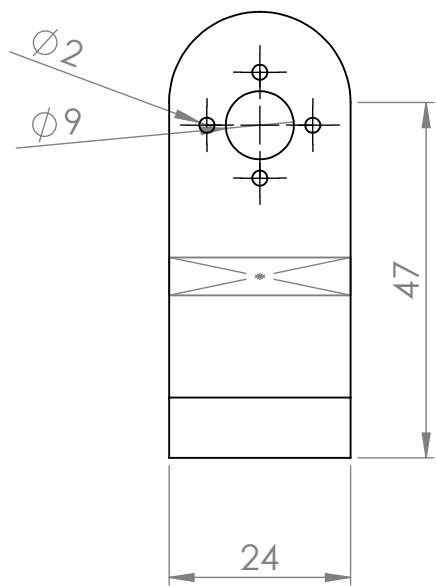
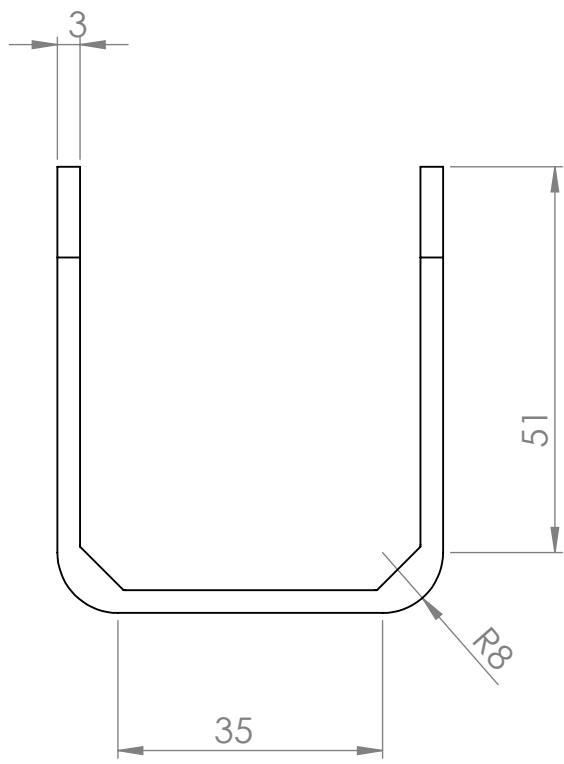
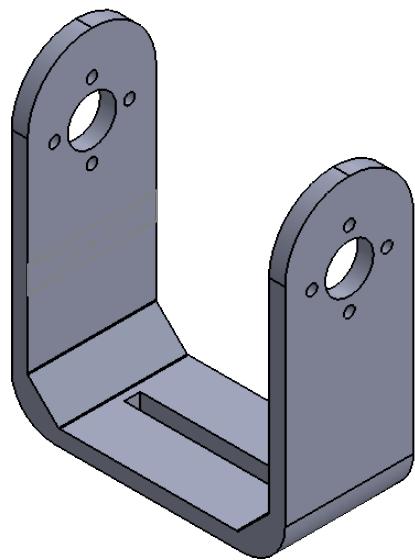
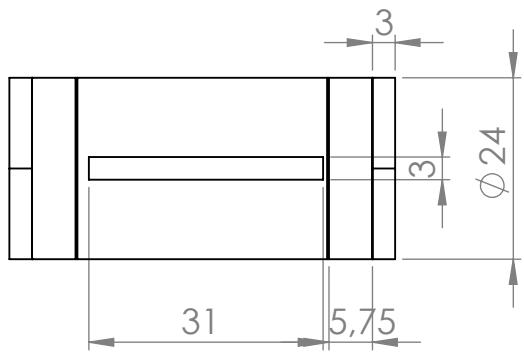
# Peça A-4



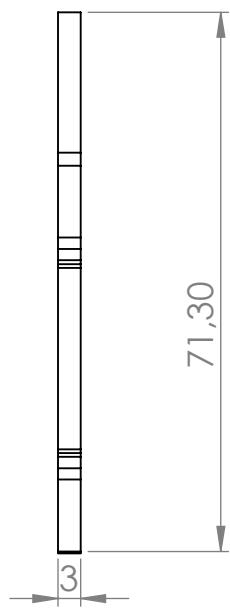
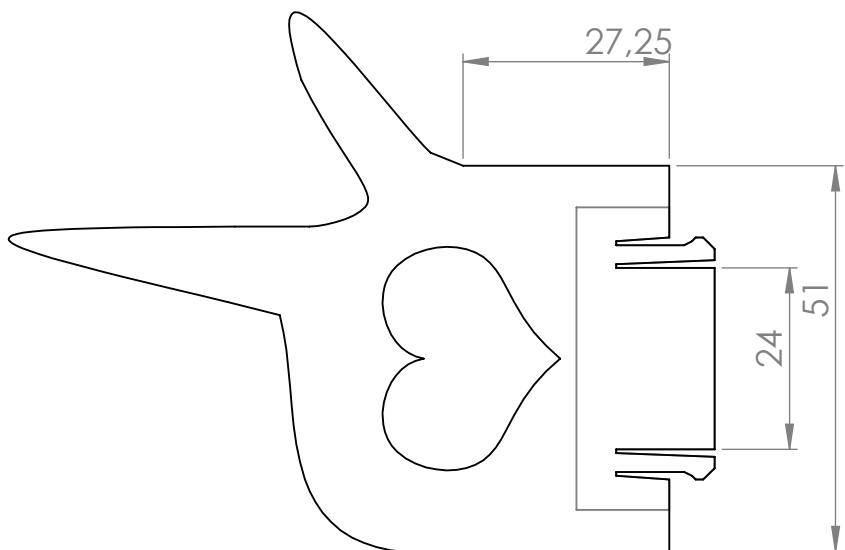
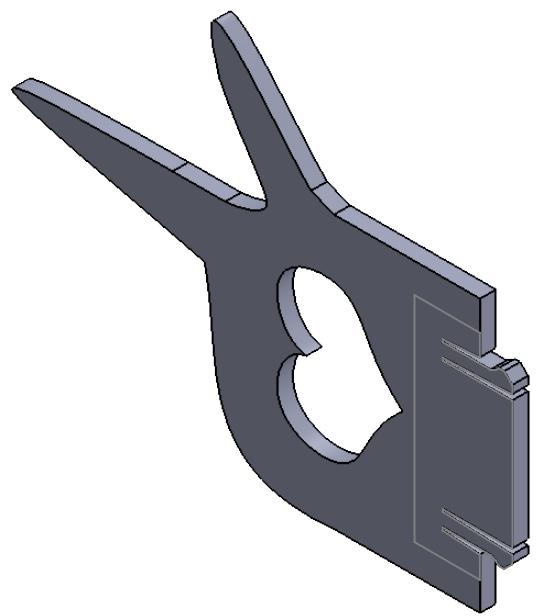
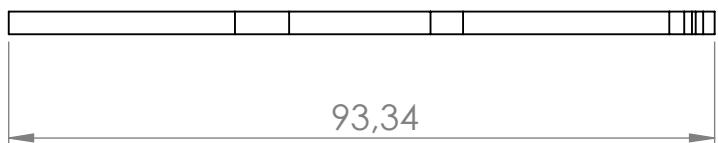
# Peça A-5



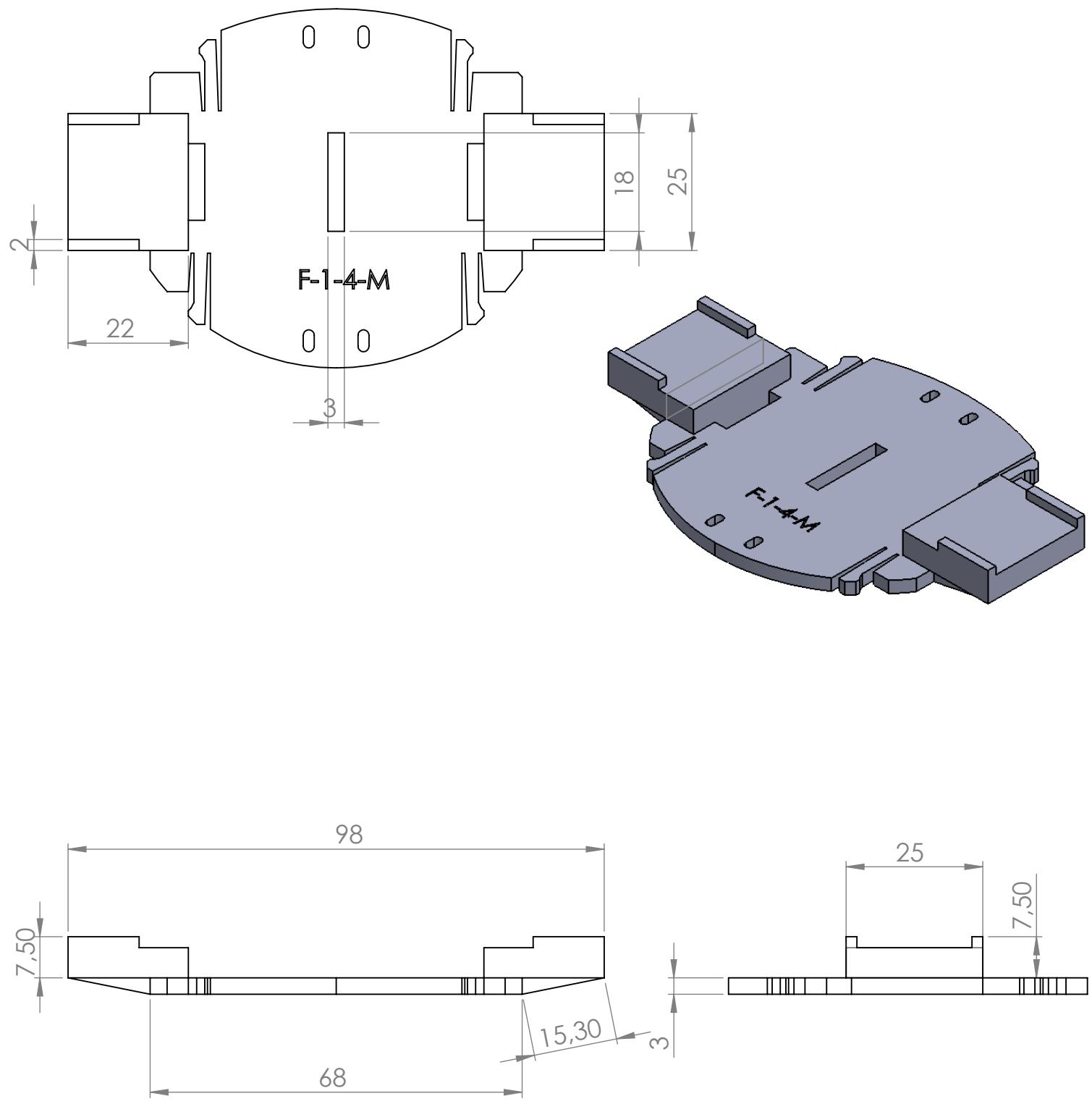
# Peça A-6



## Peça A-7



# Peça F-1-4 Modificada



# Peça F-1-18 Modificada

