

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI

GABRIEL DE MORAES LOURENÇO PEREIRA PINTO

MATEUS GONÇALVES DE CARVALHO

RAFAEL YUJI UEDA YAMAMOTO

THIAGO SPILBORGHES BUENO MEYER

**MODELO DE INTERAÇÃO HUMANO ROBÔ**

São Bernardo do Campo

2018

GABRIEL DE MORAES LOURENÇO PEREIRA PINTO  
MATEUS GONÇALVES DE CARVALHO  
RAFAEL YUJI UEDA YAMAMOTO  
THIAGO SPILBORGHES BUENO MEYER

## **MODELO DE INTERAÇÃO HUMANO ROBÔ**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado  
ao Centro Universitário FEI, como parte dos  
requisitos necessários para obtenção do título  
de Bacharel em Ciência da Computação.  
Orientado pelo Prof. Dr. Plinio Thomaz Aquino  
Jr.

São Bernardo do Campo

2018

GABRIEL DE MORAES LOURENÇO PEREIRA PINTO  
MATEUS GONÇALVES DE CARVALHO  
RAFAEL YUJI UEDA YAMAMOTO  
THIAGO SPILBORGHES BUENO MEYER

## **MODELO DE INTERAÇÃO HUMANO ROBÔ**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação. Orientado pelo Prof. Dr. Plinio Thomaz Aquino Jr.

Comissão julgadora

---

Orientador e presidente

---

Examinador (1)

---

Examinador (2)

São Bernardo do Campo

2018

“Inteligência é a habilidade de se adaptar às mudanças.”

Stephen Hawking

## RESUMO

Tendo em vista a presença cada vez mais frequente da robótica no cotidiano, acredita-se que os robôs assistentes pessoais não estejam muito distantes da realidade. Porém, este tema apresenta sérios problemas como por exemplo a interação do robô com diferentes usuários e execução das tarefas passadas para o robô de maneira satisfatória. Em busca de diminuir os impactos de tais problemáticas, propõe-se desenvolver um modelo que considera a especificação e implementação de um aplicativo móvel em um robô de assistência doméstica. O robô de assistência doméstica possui o objetivo de atender comandos de manipulação de objetos e interação com pessoas do ambiente. O aplicativo *mobile* tem como objetivo facilitar a utilização do robô ao usuário assim como aumentar a área de comunicação do robô utilizando tecnologia *wireless*. Para que seja possível a facilidade do uso do robô por parte do usuário, no aplicativo móvel temos questionários que irão verificar o nível de familiaridade do usuário com robôs e se a atividade executada pelo robô foi satisfatória ou não. Além disso, no aplicativo há atividades bem definidas a serem enviadas para que o robô consiga executá-las sem dificuldade de identificar o que foi pedido pelo usuário como seria se fosse solicitado por comando de voz. Para que haja uma comunicação mais ampla, foi desenvolvido um servidor que executa a comunicação entre o aplicativo e o robô por meio de troca de mensagens. Também temos um banco de dados no servidor para que, além de armazenar as informações de cadastro dos usuários, armazena as informações dos questionários respondidos que deixa possível uma análise se há uma melhoria na interação humano robô ao uso do robô ao longo do tempo. Dessa forma obtivemos bons resultados tendo em vista que a atividade em que o usuário solicitava ajuda para o robô, aonde o robô vai até o local indicado pelo usuário e consegue auxiliá-lo se ele tiver sofrido de uma queda, obteve 88% de aprovação dos usuários. Tendo em vista os pontos citados, considera-se possível que o modelo possa, posteriormente, ser alterado, aprimorado e utilizado em pesquisas da área.

Palavras-chave: Robótica. Interação Humano-Robô. Ciência da Computação. Computação Móvel.

## **ABSTRACT**

Keeping in mind the robot presence more frequent in the mankind routine, it's a belief that personal assistant robots are not far from reality. However, this theme presents serious matters, for example the interaction of the robot with different users and the satisfactory execution of the tasks requested to the robot. With the purpose of decreasing these problematics, it is proposed to develop a model which considers the specification and implementation of a mobile application with a domestic assistant robot. The objective of a domestic assistant robot is to receive commands of object manipulation and interaction with humans in the environment. The mobile application has the purpose to facilitate the use and increase the area of communication of the robot using wireless technology. To facilitate the use of the robot, the mobile application has questionnaires that will check the level of familiarity of the user with robots and if the executed task by the robot were satisfactory or not. Besides, in the app there are tasks well defined that the robot can execute as easy as it would be by voice command. To have a greater communication, was developed a server that execute the communication between the app and the robot by exchange of messages. Also we have a database in the server that stores information about registered users and answered questionnaires, to analyze if there was any improvement in the human robot interaction over time. It was shown that the activity named "help" that the user request to the robot, where the robot go to the indicated local by the user and can help him if he has suffered a fall, got 88% of approval by the users.

With these goals in mind, it is considered possible that the model could be later modified, upgraded and used in researches.

**Key words.** Robotics. Human Robot Interaction. Computer Science. Mobile Computing.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| Diagrama 1 – Caso de uso do usuário .....   | 23 |
| Diagrama 2 – Caso de uso do robô .....  | 24 |
| Gráfico 1 – Resposta da experiência com robôs.....                                      | 27 |
| Gráfico 2 – Resposta do conhecimento quanto a robôs de serviço .....                    | 28 |
| Gráfico 3 – Resposta do Nível de conforto .....   | 28 |
| Gráfico 4 – Resposta de preferência de comunicação .....                                | 29 |
| Gráfico 5 – Resposta de funcionalidades desejadas .....                                 | 30 |
| Figura 1 – Mapa 2D RoboCup@Home 2014 .....  | 32 |
| Figura 2 – Mapa 2D do quinto andar no prédio K.....                                     | 32 |
| Gráfico 6 – Aprovação da tarefa de Locomoção em ambiente simulado.....                  | 33 |
| Gráfico 7 – Aprovação da tarefa de Ajuda em ambiente simulado .....                     | 34 |
| Gráfico 8 – Aprovação da tarefa de Reconhecimento de Objetos em ambiente simulado ..... | 34 |
| Gráfico 9 – Tarefa de Locomoção em um ambiente real .....                               | 35 |
| Gráfico 10 – Aprovação da Tarefa de Ajuda em ambiente real .....                        | 36 |
| Gráfico 11 – Aprovação da tarefa de Reconhecimento de Objetos em um ambiente real ..... | 36 |

## SUMÁRIO

|           |                                     |           |
|-----------|-------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>             | <b>10</b> |
| 1.1.      | OBJETIVO.....                       | 11        |
| 1.1.1.    | Objetivos específicos .....         | 11        |
| <b>2.</b> | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>3.</b> | <b>CONCEITOS FUNDAMENTAIS .....</b> | <b>17</b> |
| 3.1.      | INTERAÇÃO HUMANO ROBÔ .....         | 17        |
| 3.2.      | ROBÔS DE SERVIÇO.....               | 18        |
| <b>4.</b> | <b>ENGENHARIA DE SOFTWARE.....</b>  | <b>21</b> |
| 4.1.      | REQUISITOS FUNCIONAIS .....         | 21        |
| 4.1.1.    | Cadastro de usuários .....          | 21        |
| 4.1.2.    | IHR com aproximação .....           | 21        |
| 4.1.3.    | Robô .....                          | 21        |
| 4.1.4.    | Servidor .....                      | 21        |
| 4.2.      | REQUISITOS NÃO-FUNCIONAIS .....     | 22        |
| 4.2.1.    | Usuário.....                        | 22        |
| 4.2.2.    | Sistema .....                       | 22        |
| 4.3.      | CASOS DE USO .....                  | 22        |
| 4.3.1.    | Usuário.....                        | 23        |
| 4.3.2.    | Robô .....                          | 23        |
| <b>5.</b> | <b>DESENVOLVIMENTO .....</b>        | <b>25</b> |
| 5.1.      | ROBÔ.....                           | 25        |
| 5.2.      | DISPOSITIVO MÓVEL.....              | 26        |
| 5.3.      | SERVIDOR.....                       | 26        |
| 5.4.      | BANCO DE DADOS.....                 | 26        |
| 5.5.      | FLUXO DO SISTEMA .....              | 26        |
| 5.6.      | QUESTIONÁRIO.....                   | 26        |
| 5.6.1.    | Resultado do questionário.....      | 27        |
| <b>6.</b> | <b>TESTES.....</b>                  | <b>31</b> |
| 6.1.      | PLANO DE TESTES .....               | 31        |
| 6.1.1.    | Ambientes .....                     | 31        |
| 6.1.2.    | Tarefas .....                       | 32        |
| 6.2.      | RESULTADOS.....                     | 33        |



|  |           |
|--|-----------|
| <b>6.2.1. Ambiente simulado .....</b>                    | <b>33</b> |
| <b>6.2.2. Ambiente real .....</b>                        | <b>34</b> |
| <b>7. CONCLUSÃO .....</b>                                | <b>37</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                 | <b>39</b> |
| <b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE FAMILIARIDADE.....</b>   | <b>43</b> |
| <b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE COLETA DE DADOS.....</b> | <b>45</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Robótica é um ramo educacional e tecnológico que engloba computadores, robôs e computação, e estrutura sistemas compostos de partes mecânicas controladas por circuitos integrados, possibilitando controle manual ou automático de sistemas mecânicos motorizados. Já o termo robô é atribuído ao teatrólogo checo Karel Capek (1890-1938) na peça de teatro R.U.R (*Rossum's Universal Robots*). A palavra robô, tem como origem a palavra checa *robota*, que significa “trabalho forçado, servidão”. A ideia de construir robôs foi alavancada com a revolução industrial, pela necessidade de aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos, por volta do século XX. A robótica atualmente apresenta um rápido crescimento, e com esse aumento, o número de pesquisas relacionadas às suas diferentes formas de interação cresce simultaneamente.

O conceito de Interação Humano-Robô pode ser dividido em duas categorias: física e social. Os robôs físicos são os que já estão mais inseridos em nosso cotidiano, realizando tarefas como manipulação de objetos e limpeza de ambientes. Já os robôs sociais envolvem o auxílio às pessoas com base na comunicação, seja verbal ou não verbal (MATARÍC; SCASELLATI, 2008).

Os robôs sociais realizam atividades como treinadores ou professores e deve motivar o seu usuário durante a tarefa. Em sua maioria esses robôs são utilizados na ajuda a pessoas com problemas decorrentes a acidentes vasculares cerebrais (AVC), idosos e crianças com dificuldades sociais ou de desenvolvimento e sua interação com os usuários baseia-se no uso da fala, expressões faciais e gestos para incentivá-los, de uma maneira que os mesmos se sintam seguros com o tratamento (MATARÍC; SCASELLATI, 2008).

Com o aumento populacional demonstrado durante esses últimos anos, a demanda por assistentes à idosos vem crescendo. Pesquisas apontam que por volta de 2045, o número de idosos tende a ultrapassar, pela primeira vez, o número de crianças no mundo, tendo assim a inversão da pirâmide etária, causando um aumento na prioridade dos pesquisadores quanto à procura de soluções para essa grande demanda (UNITED NATIONS, 2017). Contudo, outro grande problema vem surgindo. Pesquisas atuais mostram que 1 a cada 88 crianças nos Estados Unidos será diagnosticada com Transtorno do Espectro Autista (TEA), criando um aumento na demanda por assistência às crianças, para que seja provido uma boa assistência e cuidado durante suas vidas (KIM et al., 2012).

Com base nas problemáticas descritas, este projeto busca mitigar limitações, com a proposta de um modelo capaz de armazenar informações do usuário e utilizá-las para facilitar

a Interação Humano Robô, aproximando o robô do indivíduo conforme o tempo de utilização para melhorar a experiência do usuário.

Neste trabalho, as seções estão divididas nos seguintes tópicos:

- a) Revisão Bibliográfica: serão apresentados as pesquisas e o estado da arte das áreas de pesquisa do trabalho;
- b) Conceitos Fundamentais: serão apresentados os conceitos necessários para a execução do trabalho apresentado;
- c) Engenharia de Software: serão conceituados os requisitos do sistema juntamente com os casos de uso do trabalho;
- d) Metodologia: serão descritos os componentes utilizados no modelo proposto;
- e) Testes: será exibido os testes do projeto proposto em um mundo simulado e no mundo real, bem como seus resultados e análise;
- f) Conclusão: será evidenciado a conclusão final quanto ao trabalho demonstrado.

## 1.1. OBJETIVO

Desenvolver um modelo que estabeleça comunicação entre o humano e o robô por meio de um aplicativo móvel que permite o usuário interagir com o robô de qualquer lugar contanto que tenha conexão a internet, deixando tarefas bem definidas para o usuário solicitar ao robô para que as realize e deixar disponível para o usuário uma maneira que o mesmo apresente seu conforto com robôs para o mesmo se aproxime mais ou menos do usuário, permitindo também que o usuário apresente um feedback se a tarefa realizada pelo robô foi satisfatória ou não.

### 1.1.1. Objetivos específicos

Visando atingir o objetivo principal, alguns objetivos específicos são requeridos, entre eles:

- a) facilitar a Interação Humano-Robô através de uma ferramenta de alta usabilidade;
- b) especificar e desenvolver um protótipo do modelo computacional envolvendo uma aplicação móvel e uma plataforma robótica;
- c) coletar dados sobre a utilização da aplicação pelo usuário, onde estes influenciarão posteriormente a tomada de decisão da plataforma robótica;

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tendo em vista o grande crescimento de idosos na sociedade e a falta de cuidadores para os mesmos no mercado de trabalho, em Pineau et al. (2003) foi desenvolvido o protótipo de um robô móvel autônomo que auxilie os idosos e seus cuidadores em atividades cotidianas. O robô interage com o mundo por meio de discurso, aparato visual, expressões faciais e emoções físicas. Suas principais atividades consistem em lembrar as pessoas sobre eventos e guiá-las em seu ambiente. Para que o contato com o robô ficasse mais confortável, após auxiliar o usuário a chegar em determinado local, será feito um comentário sobre algo relevante, como por exemplo como está o clima. Ambas as atividades são mais relevantes para idosos já que os mesmos em sua grande maioria apresentam problemas de memória e dificuldade para se locomover.

Para que o robô efetue o lembrete em tempos confortáveis para o usuário e tenha conhecimento sobre o que deve ser informado, foi desenvolvido um software para balancear os pontos citados anteriormente levando em consideração as seguintes questões: que o usuário tenha o conhecimento sobre a atividade que ele espera realizar, aumentar a chance de que a pessoa realize a atividade, evitar irritar o usuário e não tornar o usuário dependente do sistema. Portanto, o sistema deve ser flexível e adaptativo para que tome a decisão de lembrar diferentes usuários sobre suas atividades de maneira otimizada.

Na área de localização de pessoas, o robô efetua um mapeamento do ambiente que está inserido por seus sensores. Uma vez que foi efetuado o mapeamento, o robô efetua a coleta de informações do ambiente enquanto se locomove, novamente utilizando seus sensores e, por meio dos desvios encontrados entre a imagem coletada e a registrada anteriormente, o robô consegue efetuar a localização dos usuários.

O software responsável por realizar o controle de alto nível e o gerenciamento da fala do robô com os usuários foi modelado a partir de uma variante hierárquica de um processo de decisão Markov parcialmente observável, também chamada de POMDP. O POMDP é um modelo que calcula ações ótimas de controle referentes a incerteza. Ou seja, a decisão é tomada a partir de um cálculo probabilístico sobre os possíveis estados que poderão ser encontrados. Nesse caso aplicado ao robô em específico, o cálculo probabilístico não é baseado em dados numéricos tradicionais, os dados são coletados das seguintes variáveis: localização do robô, localização da pessoa, estado da pessoa, para onde deve se mover, o que deve ser informado para o usuário e o objetivo inicial do usuário. Com base nessas informações, o robô saberá qual

será a melhor decisão a ser tomada dado um determinado estado em que ele estaria inserido, consequentemente apresentando um melhor resultado de suas ações para seus usuários.

Os testes foram realizados em uma comunidade de aposentados divididos em cinco diferentes experimentos cada um durando um dia inteiro. Nos primeiros três dias o robô interagia em aberto com um grande número de usuários idosos, durante o experimento havia interação de maneira verbal e espacial com os usuários, com a atividade específica de entregar doces. Dessa forma foi possível medir as primeiras reações dos idosos. Em seguida, foram realizados dois dias de testes formais onde o robô, de forma autônoma, conduziu mais de 12 testes com 6 idosos diferentes. Em cada cenário, foi exigido que fosse fornecido um lembrete marcado ao usuário, guia-lo em locais do ambiente e interagir verbalmente com o mesmo.

Uma das principais lições aprendidas durante o desenvolvimento do robô foi perceber a urgência por técnicas para lidar com diferentes usuários, principalmente com idosos, já que há uma grande variação de idade e de habilidade. Foi preciso efetuar ajustes específicos para acomodação como a variação de velocidade de locomoção, volume da voz e acuidade auditiva (PINEAU et al., 2003).

O número e robôs de serviço ativos e operando em tarefas diárias como em hospitais e em entregas em geral tem crescido, uma prova disso é que um conjunto entre o MITI e o AIST começaram uma iniciativa de pesquisas científicas na área de robôs humanoides no Japão. Algumas possíveis aplicações são a inclusão desses robôs para casa como enfermeiros ou mesmo como mordomos para servir a população idosa do país que cresce a cada ano que passa (BREAZEAL, 1999).

Devido ao aumento na complexidade de tarefas a serem executadas por robôs de serviço autônomos, houve um aumento nas pesquisas na área.

Um dos desafios na área de robôs autônomos e de serviço é a navegação e mapeamento do ambiente que o robô está localizado, a equipe alemã de robótica voltada para assistência doméstica efetua o mapeamento dos ambientes que o robô irá navegar, é feita uma leitura 2D contínua do local baseada em odometria e varredura de lasers. Na navegação em ambientes dinâmicos, o sistema é baseado no controle de caminho Zelinsky, fundindo o que está sendo coletado pelos sensores com o mapa de ocupação já armazenado no robô. Durante a navegação, é verificado o caminho calculado contra obstáculos em pequenos intervalos de tempo, se um objeto bloquear o caminho durante esse intervalo de tempo, a rota até o objetivo é recalculada (MEMMESHEIMER et al., 2018).

Como visto em Demura et al. (2018), a navegação do robô foi desenvolvida com um algoritmo que resolve o problema significativo que é a posição dos pontos de referência, que

Confuso

significar se já foi  
citado

podem ser localizados em áreas inalcançáveis devido a erros de auto localização e do mapa. Os algoritmos *Gmapping*, *Adaptive Monte Carlo Localization* (AMCL) e *Dynamics Windows Approach* foram utilizados pelo **SLAM** para localização e orientação de colisão respectivamente.

Em Savage et al. (2018), é verificado que para a camada de gerenciamento de conhecimento existem diferentes tipos de mapas para representar o ambiente que são criados utilizando as técnicas de SLAM. Nessa camada também há o processo de localização do sistema, que utiliza o filtro Kalman para estimar o posicionamento e a orientação do robô. O CLIPS, um sistema baseado em regra desenvolvido pela NASA, é usado para representar o conhecimento do robô, pois cada regra contém o conhecimento codificado de determinada especialidade.

Outro problema recorrente é o reconhecimento de objetos 3D e 2D, em Demura et al. (2018) o reconhecimento de objetos é realizado com o uso de *You Only Look Once* (YOLO) que é uma rede neural profunda para reconhecimento de objetos em tempo real. Primeiramente, a área dos objetos é cortada utilizando o YOLO e essa imagem cortada é classificada em algo concreto utilizando CNN (LeNet).

Para objetos 2D, em Memmesheimer et al. (2018) é utilizado um algoritmo baseado no *Speeded Up Robust Features* (SURF). As características das imagens armazenadas e das imagens coletadas pela câmera são combinadas baseadas na distância euclidiana entre elas. Um limite é estipulado na relação dos dois vizinhos mais próximos filtrando as combinações improváveis. Então, as combinações são agrupadas em um espaço de Hough usando um histograma de quatro dimensões usando as posições, escala e rotação. Para reconhecimento de objetos 3D, foi utilizado um espaço contínuo de Hough em um esquema de votação para *Implicit Shape Models* (ISM). É feita uma combinação de cada característica detectada com o número mais próximo dos recursos aprendidos no passo de detecção e cada característica combinada lança um voto no espaço de Hough contínuo.

O reconhecimento de comandos por voz é também um desafio que cresce ao longo da complexidade das tarefas requisitadas. Em Memmesheimer et al. (2018) foi utilizado uma solução baseada em gramática suportada por uma licença acadêmica para o software VonCon. Foi combinado escutar com uma detecção de começo e fim de discurso para ter bons resultados, mesmo com comandos complexos.

Em Aquino et al. (2018), foi desenvolvido uma solução utilizando a comparação entre frases genéricas, com base na Distância de Hamming. Essa solução combina com a utilização

da API online de reconhecimento de voz disponibilizada pela Google, reduzindo o número de comparações realizadas durante o reconhecimento de comandos realizados por um operador.

Para o reconhecimento e localização de voz, foi desenvolvido um software que utiliza o servidor de fluxo Kaldi, que é um servidor de reconhecimento de voz em tempo real e totalmente duplo. O modelo é baseado em Redes neurais profundas, treinado no conjunto de voz TEDLIUM (DEMURA et al., 2018).

Balaguer et al. (2005) contribui na utilização de robôs autônomos para o cuidado de pessoas idosas em ambientes domésticos. O principal objetivo é o desenvolvimento de um robô que possa cuidar de pessoas dentro um uma sala, podendo se mover por diversos pontos da mesma.

A comunicação é realizada através de uma interface humano robô que envia informação a partir de comunicação sem fio. É relatado que uma boa interface é de grande importância na aceitação do robô por parte do usuário e que o sistema só será efetivo se o mesmo possui um grau de inteligência. O projeto foi desenvolvido para realizar operações em qualquer ambiente.

Por fim, é concluído que este sistema é acessível para múltiplos propósitos, se tornando uma solução de baixo custo, que acompanha o usuário pela casa localizando-se nas costas da cadeira de rodas do mesmo (BALAGUER et al., 2005).

Já Feil-Seifer e Mataric (2005) comentam sobre robôs de assistência social para idosos e pessoas que sofreram algum tipo de dano. Para idosos, o objetivo desses robôs é atender a crise crescente que afeta o mundo na área de cuidado de saúde. A assistência em ambiente residenciais e hospitalares é o foco para esses robôs em desenvolvimento, onde os mesmos devem cuidar do horário dos idosos, fazer companhia para os mesmos, com a intenção de reduzir o estresse e possíveis tendências à depressão, ou auxiliar os idosos em tarefas físicas onde eles encontram dificuldades.

Robôs assistentes voltados em tarefas físicas são pesquisados para o atendimento à pessoas com baixa mobilidade ou mesmo deficiência física. Tais robôs são normalmente compostos por rodas e manipuladores para que possam executar tarefas que o usuário iria executar no ambiente (FEIL-SEIFER; MATARIC, 2005).

Tendo em vista os trabalhos analisados anteriormente nosso trabalho busca melhorar dois pontos fundamentais que foram citados. O primeiro ponto a ser abordado é deixar tarefas bem definidas a serem escolhidas pelo usuário para que o robô as realize, evitando assim um resultado insatisfatório ao uso. O segundo ponto é deixar disponível para o usuário uma maneira que o mesmo apresente o seu conforto com a interação com robôs. O mesmo irá apresentar esse feedback, em intervalos de tempo, do quão confortável está com o uso do robô. Dessa forma a

interação entre humano e robô poderá ser alterada para aumentar ou diminuir a proximidade e contato entre os mesmos, tendo como base as informações apresentadas.



### 3. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Nas seções a seguir, serão apresentadas as partes que estruturam os conceitos fundamentais do trabalho descrito.

#### 3.1. INTERAÇÃO HUMANO ROBÔ

*melhorar* { A interação Humano Robô tem evoluído rapidamente, uma prova disso é que o nível de sucesso em cenários problemáticos onde robôs estão presentes, estão aumentando. A interação Humano robô é uma área vasta, que possui um rápido crescimento na literatura. Visto isso é estabelecido por Sheridan (2016), uma revisão no status e desafios atuais da área de Interação Humano Robô.

Atualmente a Interação Humano Robô pode ser dividida em quatro áreas de aplicação, sendo elas: a supervisão humana no controle de robôs para executar tarefas rotineiras, incluindo a manipulação de objetos e a entrega de objetos. Tais robôs que executam essas tarefas são chamados de telerrobôs, esses robôs informam a situação atual do ambiente e de suas juntas para que o operador dê o comando de atualização na próxima instrução a ser executada; o controle de veículos espaciais, terrestres, aéreos e subaquáticos para tarefas rotineiras em ambientes perigosos ou inacessíveis podem ser feitos por robôs chamados de tele operadores; veículos autônomos, nos quais um humano é o passageiro; e interação social entre humano e robô, como robôs de serviço, de entretenimento, de educação e também de conforto (SHERIDAN, 2016).

*melhorar* { Com o aumento dos papéis exercidos na sociedade e o aumento de robôs presentes na sociedade, é necessário que os mesmos sejam fáceis e acessíveis durante a interação com um cidadão comum. O robô deve se comportar com base em diferentes idades, gêneros, renda educação e muito mais. Quando uma interface Humano-Robô é desenvolvida, deve-se considerar fatores relevantes para interação (BREAZEL; VELASQUEZ, 1999).

A Interação Humano-Robô (IHR), é um desafio para a Inteligência Artificial (IA), sendo uma integração entre diversos subdomínios da IA como a cognição, aquisição de informações para solução de problemas apresentados e coordenação com humanos, entre outros domínios (KHAN, 1998).

Em Khan (1998) é descrito, também, o conceito de Interação Humano-Robô em conjunto à ideia de um robô inteligente de serviço, onde o mesmo possui algumas

funcionalidades. Estas incluem atividades como o preparo de refeições, pegar objetos, limpar a casa e comunicar-se através de uma voz, entre outras funcionalidades.

Para Goodrich et al. (2008), a IHR tem recebido uma atenção considerável na comunidade acadêmica recentemente, tanto em laboratórios, quanto em companhias de tecnologia e na mídia. É apresentado então alguns problemas apresentados na área de IHR, identificando temas chave e discutindo os desafios que moldam o futuro desta área de pesquisa. Entre os fatores que definem um problema de IHR, é indicado que a autonomia, a troca de informação, a adaptação, o aprendizado, treinamento e a construção de tarefas são os principais fatores de definição para um problema de IHR. Já os domínios dos problemas podem ser de procura e resgate, robótica assistiva e educacional, entretenimento, policiamento e militar além da exploração do espaço.

### 3.2. ROBÔS DE SERVIÇO

Robôs de serviço podem ser definidos como uma composição de dispositivos mecânicos e eletrônicos aplicados, assim como manipuladores, motores, sensores que podem ser utilizados para executar tarefas de movimentação, manipulação de objetos e interação com pessoas e ambientes. Segundo Latombe (1991), um robô é um dispositivo mecânico versátil que possui sensores e atuadores, controlados por um sistema computacional. Tal sistema, o robô, atua em um espaço no mundo real, constituído por objetos físicos, sujeitos as leis da natureza. Nesta definição pode-se destacar os seguintes aspectos: o robô é uma construção física com foco na área de programação. Ao mesmo tempo é feito com a intenção de concluir uma tarefa que é resultado do processo de solucionar algum problema.

Além disso, há a questão de comunicação que é apresentada pelo modelo que é fundamental para diversas aplicações virtualizadas.

Atualmente como a computação está cada vez mais virtualizada, portanto a arquitetura em questão acaba sendo uma ótima escolha para aplicações. Com o uso do modelo, é possível a troca de arquivos entre clientes por meio do servidor, envio de e-mails entre outros benefícios.

Em Nehmzow (2001) é verificado que para que um robô de serviço opere seguramente evitando obstáculos, verificar contornos, identificar portas e manter pessoas do ambiente seguras, o método padrão é implementar um sistema com fio no qual um humano é o operador. A principal desvantagem dessa abordagem é por conta da falta de flexibilidade do sistema o mesmo não consegue se adaptar ao ambiente, além do que esse modelo de sistema é altamente propenso a erro.

Exatamente  
Acho que  
pode sim

Devido à essa propensão à erros, um robô de serviço deve aprender a associar a percepção dos sensores com a resposta dos motores autonomamente de maneira a executar com base em tentativas e erros. Para esse aspecto é necessário visar que este método apresenta falhas, porém é muito utilizado. Métodos apresentados com sensores externos apresentam resultados melhores principalmente na navegação autônoma e na sua localização em ambientes (NEHMZOW, 2001).

Em Lindstrom, Oreback e Christensen (2000), é considerado que o objetivo dos robôs de serviço é executar diversas atividades em residências ou escritórios, tendo por exemplo ações de entregar correspondência ou realizar tours em ambientes para visitantes. É visto também que um sistema robótico utilizado por uma família comum deve ser um sistema robusto, confiável e preparado para lidar com situações inesperadas. Portanto é requerido que provenha uma estrutura conceitual para reuso, uma distinção entre níveis de competência, integração com novos módulos, boa performance e também uma verificação e concerto de erros simples.

Um robô de serviço requer deliberação na formação de planejamento autônomo e comunicação com humanos, ao mesmo tempo, o robô deve ser capaz de reagir instantaneamente a situações inesperadas. A arquitetura precisa entender comandos dados pelo usuário e para encaixar no papel de serviço, seria conveniente se fosse capaz de se comunicar da mesma forma com humanos. Isso solicita a necessidade de entendimento e expressão por meio de gestos e discurso (LINDSTROM; OREBACK; CHRISTENSEN, 2000).

Feil-Seifer e Mataric (2005) definem que um robô de serviço, ou um robô assistente é aquele que realiza cuidado ou suporte para um usuário. Algumas pesquisas sobre tais robôs incluem robôs de reabilitação, robôs para cadeiras de rodas e outros cuidadores de mobilidade, além de comentar quanto à robôs companheiros e braços manipuladores para pessoas com deficiência física e robôs educacionais.

Também é apresentado o termo *Socially Interactive Robotics* (SIR), que são robôs que possuem como principal atividade, alguma forma de interação social. O termo é utilizado para a distinção da interação social de teleoperações em IHR. Neste caso foram endereçados, e estudos de campo, avaliações, e interações de longo prazo foram todas bem conhecidas como áreas digna de futuras pesquisas. Outra definição utilizada entre robôs de serviço é o *Socially Assistive Robotics* (SAR) que compartilha com robôs assistentes o objetivo de prover assistência para usuários, mas especificamente que esse auxílio é por meio de interação social. Por conta da ênfase na interação social, SAR tem um foco similar a SIR. Em SIR, o objetivo do robô é criar interações fechadas e efetivas com um usuário com o propósito de dar assistência e alcançar progresso mensurável em covalência, reabilitação e aprendizado.

A motivação para definição SAR não é criar uma separação com SIR, mas sim expandir os robôs denominados *Assistive Robotics* (AR) para incluir robôs que operam por meio de interações sociais e para melhor entender os principais desafios dessa crescente área (FEILSEIFER; MATARIC, 2005).

→ melhorar

## **4. ENGENHARIA DE SOFTWARE**

Nesta seção serão descritos tópicos de engenharia de software como os requisitos funcionais, requisitos não funcionais e requisitos de usuário do sistema definido em nosso trabalho.

### **4.1. REQUISITOS FUNCIONAIS**

Para o sistema descrito, o mesmo deverá disponibilizar os requisitos de funcionalidade descritos nesta seção.

#### **4.1.1. Cadastro de usuários**

O sistema irá disponibilizar ao usuário meios para a realização de um cadastro com as suas informações.

#### **4.1.2. IHR com aproximação**

Os feedbacks do usuário coletados ao longo do uso do aplicativo, utilizando conjunto de perguntas, representadas em Apêndice A – Questionário de familiaridade serão utilizados para a tomada de decisão de tarefas do robô. Desta forma, é possível realizar a adaptação na aproximação no momento da interação do robô com o usuário baseando-se nos direcionamentos de preferências do usuário com qual o robô está interagindo.

#### **4.1.3. Robô**

Será descrito abaixo as funcionalidades que serão disponibilizadas pelo robô:

- a) realizar as ações que serão requisitadas pelo usuário;
- b) após a conclusão de uma tarefa, o robô deve enviar uma mensagem referente à finalização da ação requisitada.

#### **4.1.4. Servidor**

Será exibido abaixo as funcionalidades que serão apresentadas na camada do servidor:

- a) garantir a comunicação entre o robô e o aplicativo;
- b) receber os pedidos do aplicativo e redirecionar ao robô;

receber resposta da ação concluída, através do aplicativo, que envia o *feedback* com foco na conclusão da tarefa realizada;

- c) enviar os dados das tarefas realizadas para o banco de dados;
- d) realizar validação de usuário e senha quando requisitado.

## 4.2. REQUISITOS NÃO-FUNCIONAIS

Serão apresentados nessa seção requisitos não-funcionais da arquitetura descrita pelo trabalho.

### 4.2.1. Usuário

Serão apresentados nesse item os requisitos não funcionais de usuário:

- a) O usuário pode realizar um cadastro no aplicativo da estrutura;
- b) O usuário, através do aplicativo pode efetuar pedidos de ações para o robô.

### 4.2.2. Sistema

Neste tópico serão exemplificados os requisitos não-funcionais do sistema:

- a) Quantificar dados do usuário e produzir tabelas de progresso, de acordo com o uso do usuário ao longo do tempo;
- b) Armazenar logs referente ao uso do sistema de seus usuários;
- c) Garantir a comunicação entre robô e aplicativo;
- d) O sistema deve garantir que as informações do usuário sejam mantidas seguras, tanto durante a troca de mensagens, tanto no armazenamento na base de dados pelo uso de criptografia.

## 4.3. CASOS DE USO

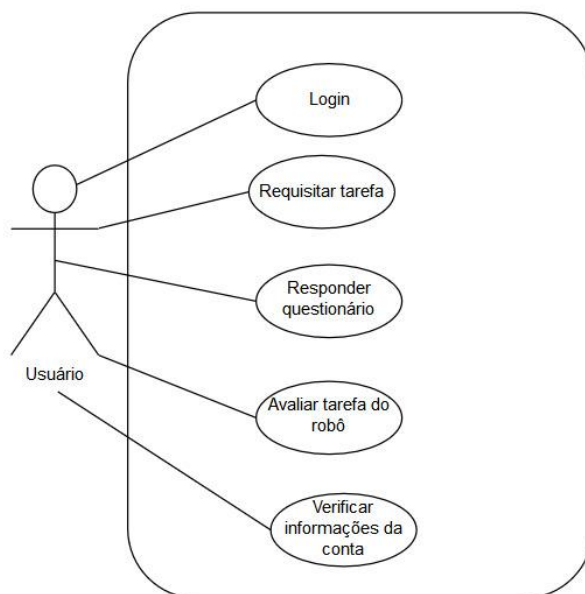
Nestas seções abaixo, será apresentado os casos de uso do sistema proposto.

#### 4.3.1. Usuário

Na imagem **Error! Reference source not found.**, são ilustrados os casos de uso do sistema para o usuário. São representados os casos de login de um usuário, resposta de um novo questionário, requisição de tarefa, avaliação da tarefa realizada e a obtenção de informações do cadastro do usuário.

Caso de uso do usuário

Diagrama 1 – Caso de uso do usuário

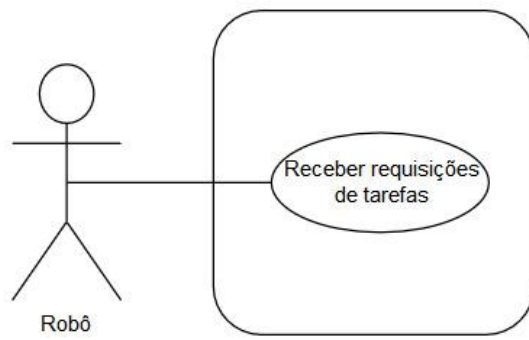


Fonte: Autores

#### 4.3.2. Robô

Na figura **Error! Reference source not found.**, é exemplificado o caso de uso, ligado ao robô, de recebimento de requisição de tarefa pelo usuário.

Diagrama 2 – Caso de uso do robô



Fonte: Autores



## 5. METODOLOGIA

O método de pesquisa que foi utilizado é de natureza quantitativa, apoiando-se em técnicas de coleta de dados, também quantitativas. O estudo foi desenvolvido a partir de:

- a) **pesquisa bibliográfica**: os conceitos analisados foram: “Robótica”, “Robôs Moveis”, “Interação Humano Robô”, “Robôs de serviço” e “Sistema Android”. Os principais autores que contribuíram para o trabalho são: Asimov, Latombe, Mataric e Scassellati;
- b) Questionários: dois questionários foram formulados com questões fechadas, de natureza exploratória, estes serão apresentados ao usuário separadamente em dois momentos distintos, durante a criação do cadastro e ao termino de uma atividade solicitada ao robô. O questionário de cadastramento (Figura Questionario 1) contendo informações do usuario e o cadastro de FeedBack (Figura Questionario 2) informando se a atividade do robô foi satisfatória ou não.
- c) pesquisa de campo: em busca de avaliar a evolução da interação entre usuário e Robô.

A fim de melhor concluir os objetivos do projeto, a metodologia foi dividida em quatro partes. Uma descrição do funcionamento e funcionalidades do robô, o instrumento usado para estabelecer a interação entre usuário e robô e o meio ao qual essa interação foi estabelecida, monitorada e quantificada por um banco de dados. Sendo estas descritas a seguir.

### 5.1. ROBÔ

O robô HERA (*Home Enviroment Robot Assistant*) é a plataforma robótica que interage com os humanos após obter informações por intermédio do aplicativo *mobile*.

HERA é um conjunto mecânico, eletrônico e computacional, criado pela equipe de robótica RoboFEI@Home. HERA possui uma base omnidirecional, criada pela empresa SuperDroid Robots, um laser Hokuyo UTM-30LX para navegação e verificação de ambientes, um manipulador, desenvolvido por uma aluna de iniciação científica que participou do projeto, uma estrutura principal baseada no robô PeopleBot da empresa MobileRobots. O robô possui também, um sensor Kinect Microsoft, dois microfones VideomicGo da empresa RODE, uma câmera C920 da Logitech e um tablet iPad. Para a comunicação com pessoas, o robô possui alto-falantes acoplados em sua estrutura (Aquino et al., 2018).

### 5.2. COMUNICAÇÃO

Para efetuar a comunicação entre humano e o robô desenvolvemos um aplicativo para dispositivos móveis com sistema operacional Android. O aplicativo está conectado com um servidor que se comunica diretamente com o robô. Dessa forma uma vez que o usuário tem acesso a internet é possível solicitar tarefas para o robô pelo dispositivo móvel. Além disso, o servidor possui um banco de dados SQL que armazena as informações dos usuários e de suas interações com o robô.

Dessa forma, o fluxo da comunicação consiste em dois momentos cruciais, sendo eles a parte do processo de informações e o pedido de tarefa para o robô através do aplicativo.

O usuário deverá realizar um login no sistema, para isso o mesmo deverá se cadastrar, utilizando nome completo, idade e e-mail, além de ter que criar um usuário e senha para realizar o login no aplicativo. O mesmo deverá preencher também um questionário para que seja verificado o quão confortável está o usuário em relação ao robô, e essa informação irá influenciar o comportamento do robô para que o mesmo se aproxime mais do usuário, para interagir. Com isso é esperado que o usuário forneça informações de como ele prefere que seu robô se comporte, estando próximo ou mais distante, tornando sua experiência de maior agrado para o usuário que possui um robô de serviço.

O momento de envio de informações consiste na seleção de tarefas bem definidas que o robô irá executar, e a partir das informações coletadas, se posicionar de maneira diferente em relação ao usuário, podendo se aproximar mais ou se distanciar do mesmo. Para que se tenha um controle da acurácia e eficiência do robô em questão, o usuário irá avaliar se a tarefa que foi pedida, foi executada com sucesso, podendo então averiguar posteriormente quão eficiente seu robô está demonstrando ser.

### 5.3. QUESTIONÁRIO

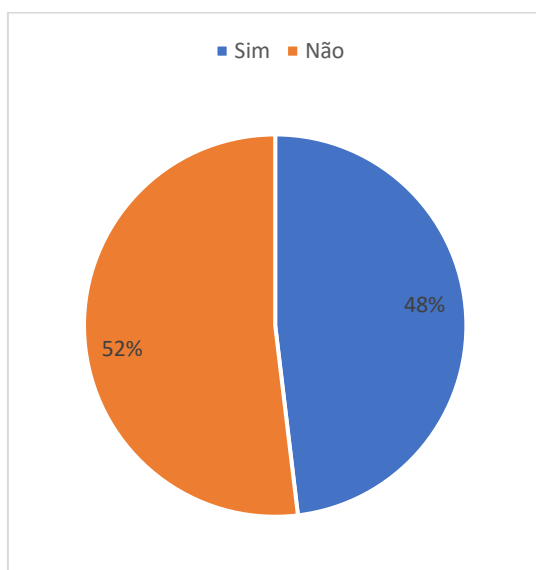
Para a identificação do conhecimento e preferência do possível público alvo, foi realizado um questionário online, composto por cinco questões visando compreender tais informações. Foram obtidas 158 respostas no total, com participantes de diversas faixas etárias, visando a ampliação de um público alvo, onde é considerado a utilização do aplicativo e robô por uma população geral. O questionário foi criado utilizando a ferramenta GoogleForms, para questionários online, e distribuído através de redes sociais durante o período do dia um de setembro de dois mil e dezoito ao dia um de novembro de dois mil e dezoito. A coleta e avaliação dos resultados ocorreu em novembro de dois mil e dezoito.

As duas questões iniciais tinham com foco a compreensão do conhecimento do público alvo em relação à robótica, a terceira questão buscava compreender o quão confortável o entrevistado se sentiria com o uso de robôs dentro de casas, para que então fosse possível entender como o público iria se sentir em um primeiro momento de contato com a robótica de serviço próxima aos mesmos, para essa questão foi utilizada a escala LIKERT, onde 1 seria muito desconfortável com a presença do robô em sua casa e 5 seria muito confortável com a presença do robô em sua casa. Com as últimas questões, foi desejado compreender as funcionalidades que os possíveis usuários gostariam que estivessem presentes em robôs de serviço e como os mesmos gostariam de se comunicar com seus robôs. A estrutura do questionário pode ser verificada em Apêndice B – Questionário De coleta de dados.

### 5.3.1. Resultado do questionário

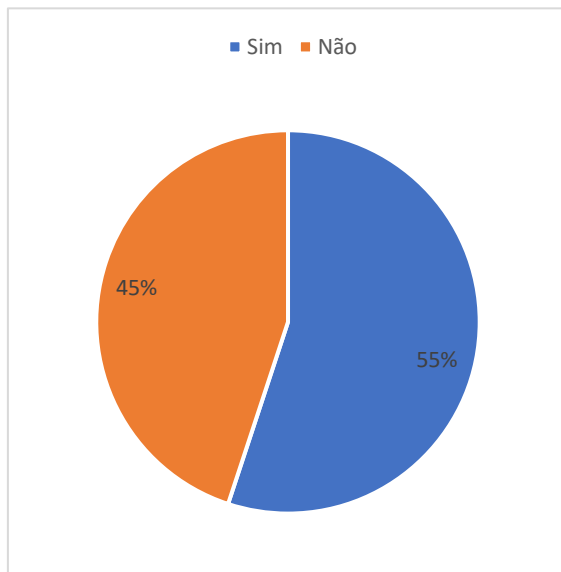
É observado, a partir das duas primeiras respostas, que apesar do conhecimento sobre a existência da robótica de serviço, cinquenta e dois por cento dos entrevistados não tiveram alguma experiência com robótica, portanto seu conhecimento é distante de sua interação com robôs. O gráfico das respostas ligadas à experiência dos entrevistados quanto à robótica pode ser verificado no Gráfico 1. O gráfico gerado com base nas respostas da pergunta de conhecimento de robótica de serviço pode ser observado no Gráfico 2.

Gráfico 1 – Resposta da experiência com robôs



Fonte: Autores

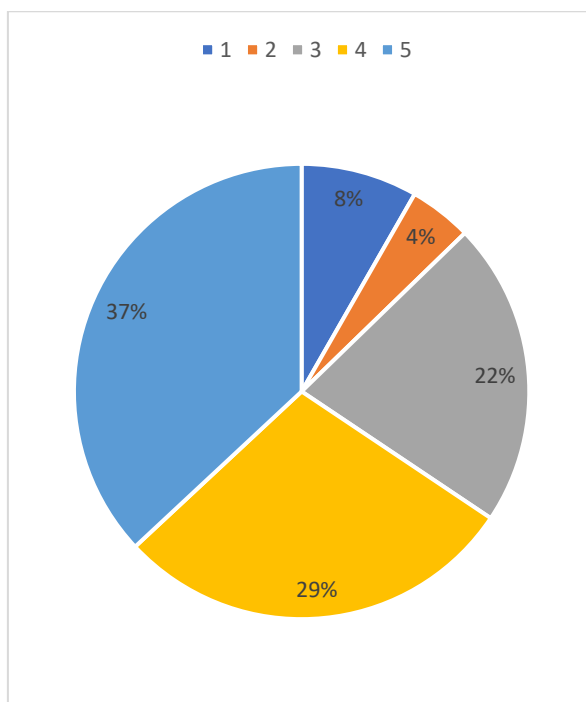
Gráfico 2 – Resposta do conhecimento quanto a robôs de serviço



Fonte: Autores

Com base nas respostas colhidas da terceira questão do questionário, foi possível concluir que sessenta e seis por cento dos entrevistados se sentem confortáveis com a possibilidade de uso de robôs para a assistência doméstica em suas casas. O gráfico de resposta do conforto quanto ao uso de robôs pode ser verificado abaixo.

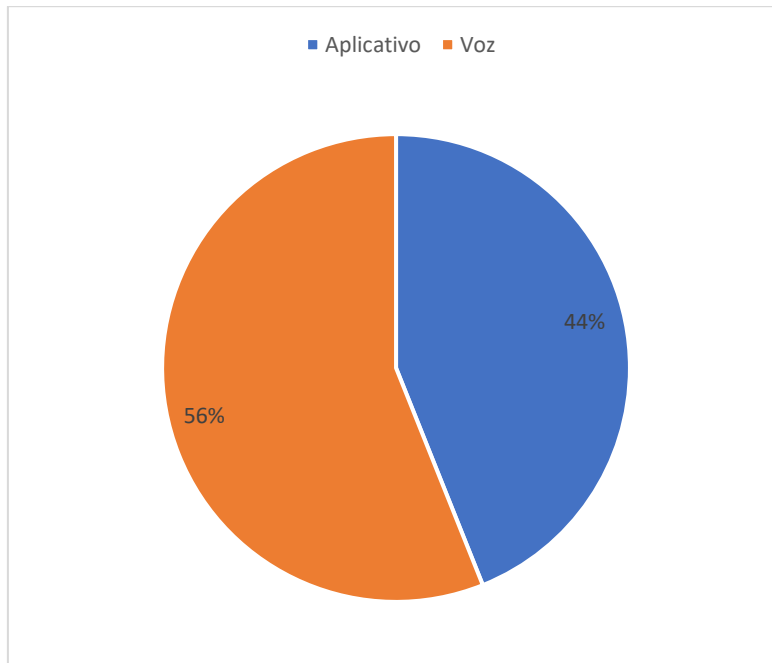
Gráfico 3 – Resposta do Nível de conforto



Fonte: Autores

Baseada nas respostas da quarta pergunta, foi possível verificar que cinquenta e seis por cento dos entrevistados possuem a preferência de comunicar-se através de comandos de voz. O gráfico de reposta da preferência de comunicação pode ser verificado abaixo.

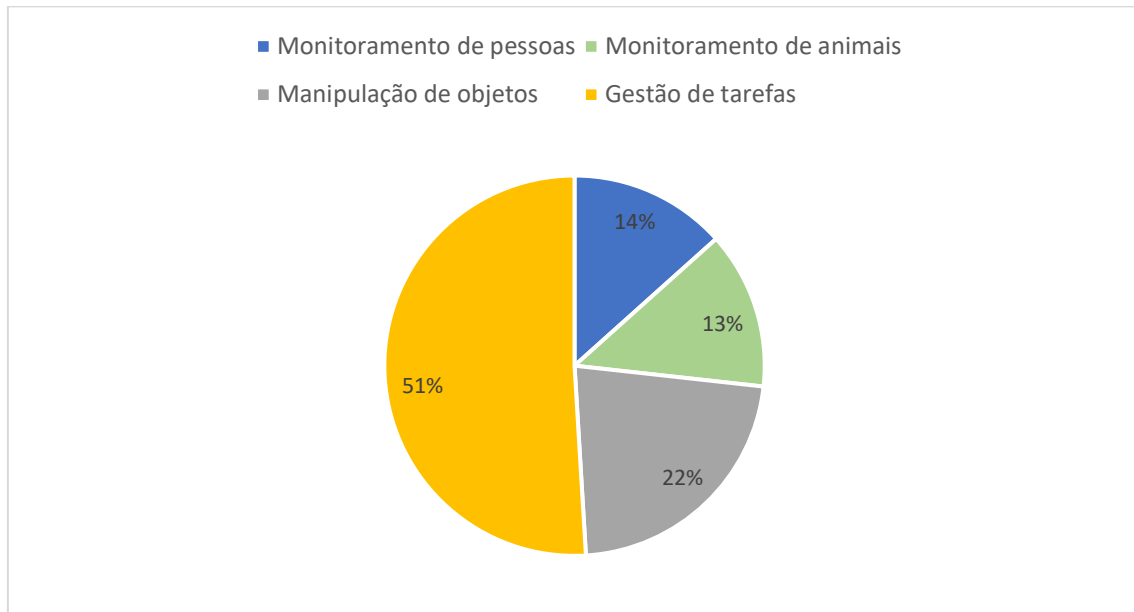
Gráfico 4 – Resposta de preferência de comunicação



Fonte: Autores

Na quinta pergunta do questionário, foi pedido aos entrevistados escolhessem a tarefa que, entre quatro funcionalidades apresentadas para os entrevistados, compreendiam ser a mais importante para um robô de serviço que estaria presente em seu dia a dia. É possível identificar que a gestão de tarefas e manipulação de objetos são essenciais para um robô de serviço, assim como há uma preocupação com monitoramento, em geral. O gráfico de reposta dessas funcionalidades pode ser verificado abaixo.

Gráfico 5 – Resposta de funcionalidades desejadas



Fonte: Autores

Com base neste questionário, algumas funções foram adicionadas ao escopo do aplicativo, para que o mesmo pudesse atender algumas ansiedades e vontades dos possíveis usuários, como a verificação de pessoas dentro de um ambiente especificado e a utilização de comandos por voz para comunicação com o robô. A gestão de tarefas não foi implementada para o projeto, já que a mesma não está no escopo possível de funcionalidades a serem implementadas nesse projeto, porém a mesma foi levada à diante para a compreensão de trabalhos futuros ligados à robótica de serviço.

## 6. TESTES

Nessa seção serão comentados os testes do sistema descrito no trabalho.

Para a realização dos testes foi utilizado um celular Asus Zenfone 2 utilizando o aplicativo desenvolvido, um notebook Samsung Odyssey, com 8 Gigabytes de memória RAM, processador Intel i7, uma placa e vídeo Nvidia GTX 1050 e 1 Terabyte de Disco Rígido, como servidor de comunicação entre aplicativo, banco de dados e robô.

Para a simulação do robô foi utilizado um notebook Dell Latitude com 4 Gigabytes de memória RAM, um processador Intel i5 e 500 Gigabytes de Disco Rígido, utilizando ROS e o Simulador Gazebo.

Para o teste com o robô físico, foi utilizado o robô HERA, que possui como núcleo de processamento um Intel Nuc com 32 Gigabytes de memória RAM, processador Intel i7.

Foram efetuados testes para 3 tarefas: ir para, “help” e reconhecer objeto. Os usuários que realizaram os testes foram estudantes que participam das atividades no laboratório do projeto RoboFEI@Home. No teste era feito o “login” com um usuário já cadastrado no aplicativo e após o “login”, as tarefas eram solicitadas ao robô pelo aplicativo. Na atividade “ir para”, o usuário selecionava um dos cômodos do mapa, visto na figura 3, e o robô se locomovia até o local em questão. A tarefa “help” é similar a tarefa “ir para” pois o usuário selecionava um dos cômodos mapeados e o robô iria até o local para ajudar o usuário em alguma emergência. Há a diferença no discurso do robô para com o usuário onde o robô tenta mostrar que está ali para auxiliar o usuário. Na atividade “reconhecer objeto” o usuário deve selecionar o objeto que ele deseja que seja localizado, o robô então irá locomover-se até a cozinha (cômodo registrado no mapa) e procura o objeto desejado.

### 6.1. PLANO DE TESTES

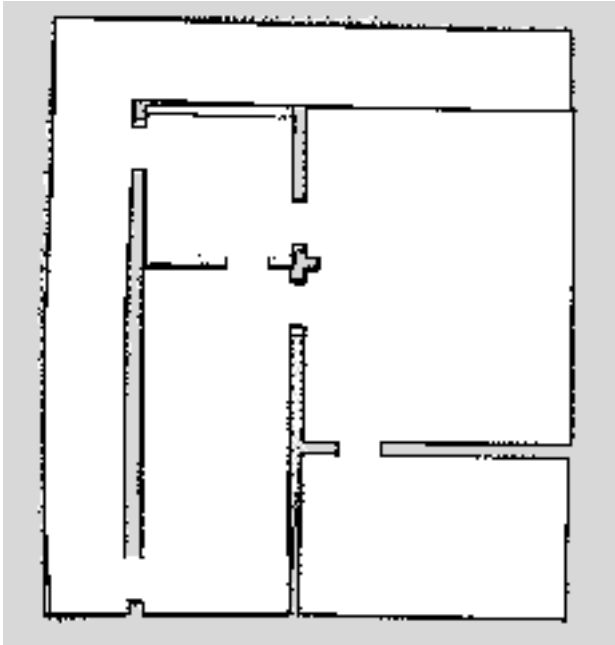
O sistema foi testado em dois ambientes diferentes para as três diferentes tarefas.

#### 6.1.1. Ambientes

Os testes do sistema foram realizados em duas etapas, a primeira etapa consistia em testar o sistema em um ambiente simulado, uma réplica do ambiente criado para a competição *RoboCup@Home* de 2014, que consistia em uma residência com seis áreas: corredor, cozinha,

escritório, garagem, sala de estar e quarto. O mapa utilizado no sistema simulado pode ser verificado na Figura 1.

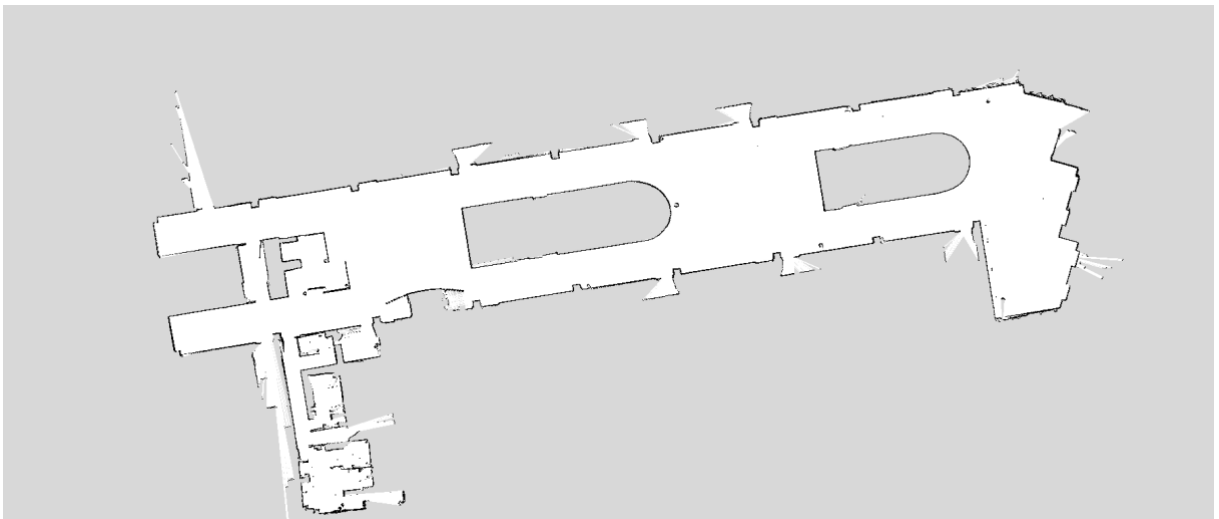
Figura 1 – Mapa 2D RoboCup@Home 2014



Fonte: Equipe RoboFEI@Home

Após alguns testes no ambiente simulado, foram realizados testes em ambiente real na arena de simulação da equipe *RoboFEI@Home*, onde utilizamos o robô *HERA* para os mesmos, o ambiente consiste em quatro áreas: cozinha, escritório, garagem e sala de estar. Para os testes foi utilizado o mapa que pode ser averiguado na Figura 2.

Figura 2 – Mapa 2D do quinto andar no prédio K



Fonte: Equipe RoboFEI@Home



## 6.2. RESULTADOS

Foram realizados cem testes, sendo sessenta e cinco deles dentro do ambiente simulado, onde foi obtido uma taxa de oitenta e quatro por cento de aprovação das tarefas.

### 6.2.1. Ambiente simulado

Dentro do ambiente simulado, foram realizadas sessenta e cinco tarefas, dentre elas quarenta e nove tarefas de locomoção, onze tarefas de pedidos de ajuda e seis de reconhecimento de objetos, foi obtido uma taxa de satisfação oitenta e nove por cento.

A tarefa de locomoção apresentou uma taxa de satisfação de noventa por cento, sendo os dez por cento, casos de o robô se perder dentro do mapa ou de colisão com alguma parede dentro da simulação. O gráfico referente às tarefas de locomoção pode ser observado abaixo.

Gráfico 6 – Aprovação da tarefa de Locomoção em ambiente simulado



Fonte: Autores

A tarefa de ajuda apresentou uma taxa de satisfação de noventa e um por cento, com o robô efetivamente conseguindo chegar até o cômodo em que o usuário se encontrava, os nove por cento não aprovados, seguem os mesmos motivos da tarefa anterior. O gráfico referente à tarefa de ajuda pode ser observado abaixo.

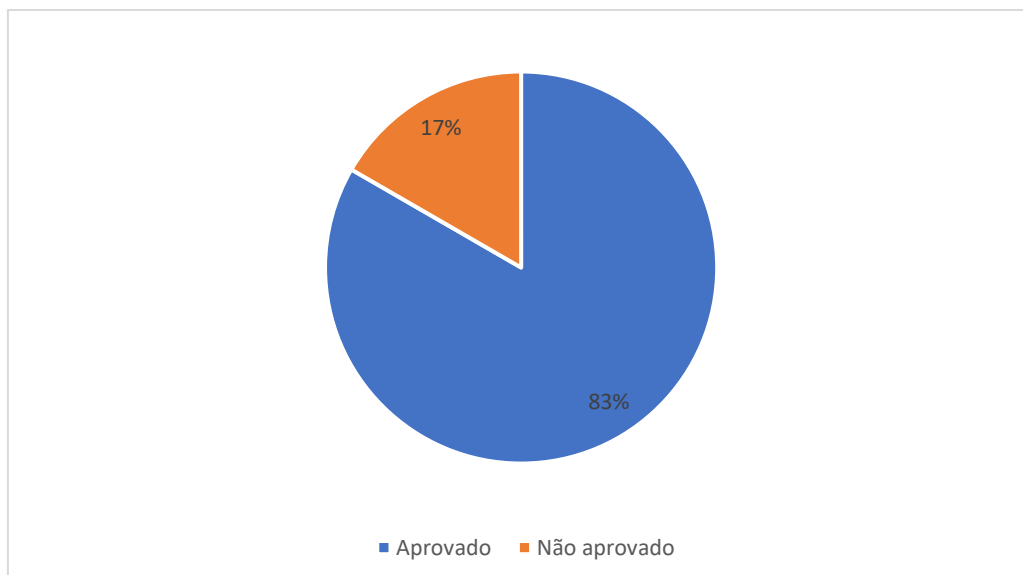
Gráfico 7 – Aprovação da tarefa de Ajuda em ambiente simulado



Fonte: Autores

A tarefa de reconhecimento de objetos obteve uma taxa de aprovação de oitenta e três por cento, não sendo aprovada apenas uma vez, onde o robô não conseguiu reconhecer o objeto que estava presente no local designado. O gráfico referente à tarefa de reconhecimento de objetos pode ser observado abaixo.

Gráfico 8 – Aprovação da tarefa de Reconhecimento de Objetos em ambiente simulado



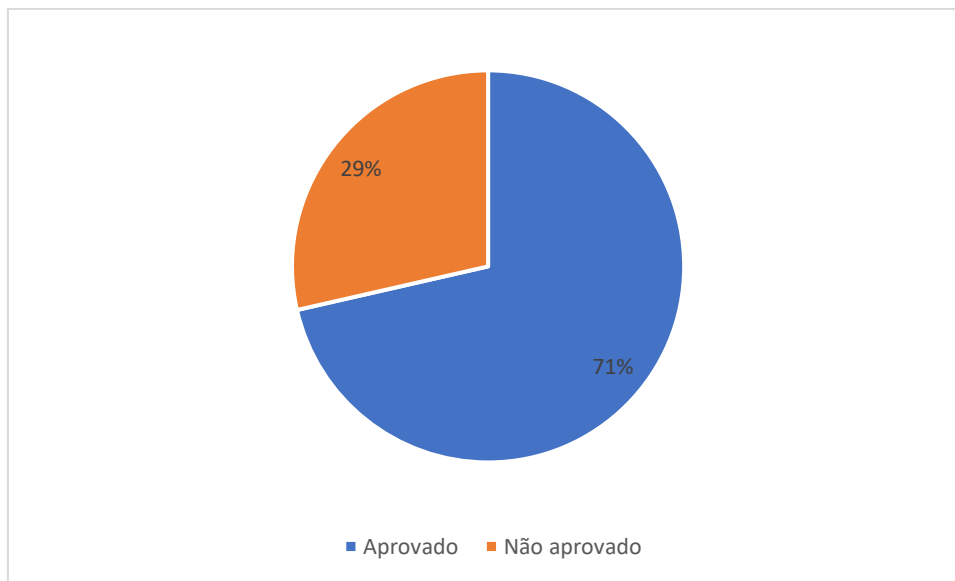
Fonte: Autores

### 6.2.2. Ambiente real

Foram realizadas trinta e cinco tarefas durante a etapa de testes no ambiente real, foi obtida uma taxa de aprovação de tarefas de setenta e dois por cento, sendo elas quatorze tarefas de locomoção, oito tarefas de ajuda e dez de ajuda.

A tarefa de locomoção apresentou uma taxa de satisfação de setenta e um por cento, sendo as quatro tarefas não aprovadas, casos de o robô receber comando para locais não mapeados. O gráfico referente à tarefa de locomoção pode ser observado abaixo.

Gráfico 9 – Tarefa de Locomoção em um ambiente real



Fonte: Autores

A tarefa de ajuda apresentou uma taxa de satisfação de oitenta e oito por cento, com o robô conseguindo se locomover até o cômodo onde usuário se encontrava. O gráfico referente à tarefa de ajuda pode ser observado abaixo.

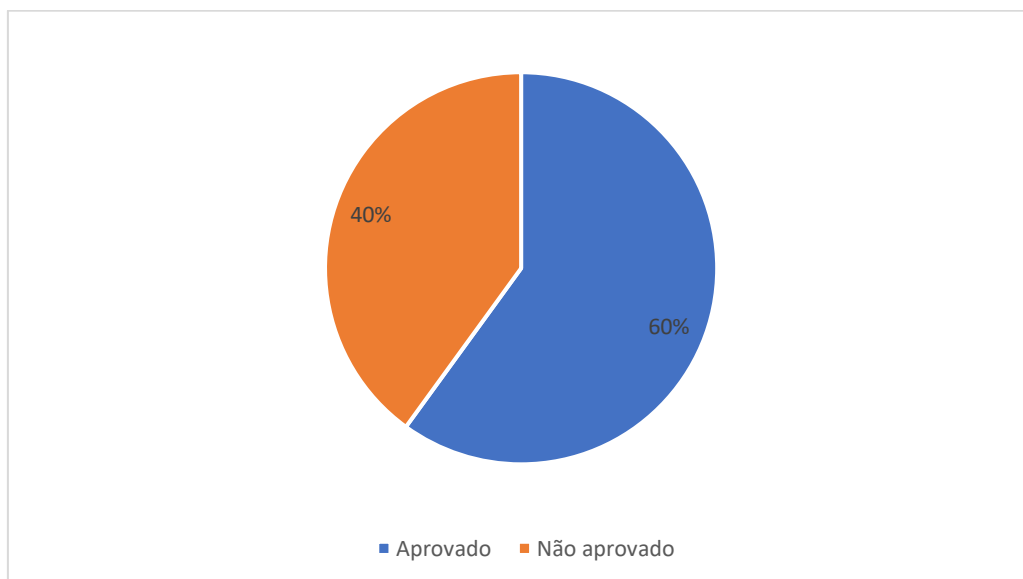
Gráfico 10 – Aprovação da Tarefa de Ajuda em ambiente real



Fonte: Autores

O reconhecimento de objetos foi a tarefa com a maior taxa de reprovação pelos usuários, pois o robô não conseguia reconhecer o objeto que estava localizado na prateleira, porém muitos fatores podem interferir nessa tarefa, como a iluminação do local, a inclinação e a posição do objeto. Esses fatores podem influenciar no reconhecimento do robô, causando a taxa de quarenta por cento de reprovação. O gráfico referente à tarefa de reconhecimento de objetos pode ser observado abaixo.

Gráfico 11 – Aprovação da tarefa de Reconhecimento de Objetos em um ambiente real



Fonte: Autores

## 7. CONCLUSÃO

Tendo em consideração as limitações dos temas discutidos como, limitações físicas do robô, dificuldade de interação e a crescente demanda por meios de zelar por pessoas com necessidades, almeja-se que a estrutura proposta seja capaz de mitigar o impacto das problemáticas apresentadas neste trabalho. Assim como estabelecer uma Interação Humano-Robô que possa realizar ajustes na aproximação a partir dos dados de seu usuário, permitindo ao robô operar em diferentes situações para diferentes usuários.

Em busca de facilitar a utilização do sistema para o usuário, um aplicativo em sistema Android se mostrou a melhor ferramenta devido as suas marcantes características como, flexibilidade e popularidade. Este aplicativo, capaz de coletar informações do usuário através de questionários, disponibiliza os dados ao robô de modo a influenciar a execução das suas tarefas e tomadas de decisões na realização das tarefas solicitadas pelo usuário.

O projeto apresentou resultados satisfatórios, tendo acurácia de noventa e seis por cento no pedido de tarefas, onde noventa e seis requisições, das cem que foram realizadas, foram concluídas com sucesso e apenas quatro destas falharam. Todas as falhas ocorridas na comunicação ocorreram devido à erros de rede ou tempo de espera. Após a coleta de dados foi realizado um cálculo da média no tempo de uso do aplicativo durante as tarefas requisitadas, essa média é composta pelo tempo de resposta do aplicativo com relação ao servidor e, no caso das tarefas, pelo tempo de execução das tarefas.

Foi verificado que o tempo de resposta era influenciado pelo horário, devido ao uso do tráfego de rede e distância com o servidor, e este era o maior fator de atrasos e erros durante o uso da aplicação. Foi obtido uma média de 2:26 minutos para a realização do cadastro de usuário. A média do tempo de espera no login de usuário foi ao redor de 8 segundos, e entre as tarefas a serem realizadas pelo robô, a média do tempo de execução da locomoção até um local específico foi de 1:19 minutos, a média do tempo de execução da tarefa de resgate/ajuda foi de 1:10 minutos e a média do tempo de execução da tarefa de identificação de objetos foi de 51 segundos.

Espera-se que o projeto seja melhorado para melhor atender os usuários tendo em vista, principalmente, a melhor realização de atividades pelo robô. Além das melhorias, deseja-se testar o modelo proposto com uma variedade de usuários por um período de tempo considerável para que seja possível elaborar gráficos estatísticos sobre a evolução da interação entre usuário e robô e eficácia de conclusão de tarefas requisitadas de uma forma mais próxima de casos

reais. Esperamos também que a proposta sirva como base para sistemas que tenham como foco a melhoria na Interação Humano Robô.

## REFERÊNCIAS

AGEING. UNITED NATIONS. Disponível em <<http://www.un.org/en/sections/issues-depth/ageing/>>. Acesso em: 8 Jun. 2018.

AHONEN, Timo; HADID, Abdenour; PIETIKAINEN, Matti. Face description with local binary patterns: Application to face recognition. **IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence**, v. 28, n. 12, p. 2037-2041, 2006.

ASIMOV, Isaac. I, robot. Spectra, 2004.

BALASURIYA, B. L. E. A. et al. Outdoor robot navigation using Gmapping based SLAM algorithm. In: **Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon), 2016**. IEEE, 2016. p. 403-408.

BALAGUER, Carlos et al. Live experimentation of the service robot applications for elderly people care in home environments. In: **Intelligent Robots and Systems, 2005**. (IROS 2005). 2005 IEEE/RSJ International Conference on. IEEE, 2005. p. 2345-2350.

BREAZEAL, Cynthia; VELASQUEZ, J. Robot in society: friend or appliance. In: **Proceedings of the 1999 Autonomous Agents Workshop on Emotion-Based Agent Architectures**. 1999. p. 18-26.

BURGSTALLER, Daniel et al. Push vs. Pull: An Energy Perspective (Short Paper). In: **Service-Oriented Computing and Applications (SOCA), 2013 IEEE 6th International Conference on**. IEEE, 2013. p. 190-193.

CORTEVILLE, Brecht et al. **Human-inspired robot assistant for fast point-to-point movements**. In: Robotics and Automation, 2007 IEEE International Conference on. IEEE, 2007. p. 3639-3644.

DE SANTOS, Daniel et al. A client-server architecture for remotely controlling a robot using a closed-loop system with a biological neuroprocessor. **Robotics and Autonomous Systems**, v. 58, n. 12, p. 1223-1230, 2010.

DEMURA, Kosei et al. **Happy Mini 2017 Team Description Paper**. Disponível em <[https://github.com/RoboCupAtHome/AtHomeCommunityWiki/wiki/files/tdp/2017-opl-happy\\_mini.pdf](https://github.com/RoboCupAtHome/AtHomeCommunityWiki/wiki/files/tdp/2017-opl-happy_mini.pdf)>. Acesso em: 25 out. 2018.

DEMURA, Kosei et al. **KIT Happy Robot 2018 Team Description**. Disponível em <[https://github.com/RoboCupAtHome/AtHomeCommunityWiki/wiki/files/tdp/2018-opl-kit\\_happy\\_robot.pdf](https://github.com/RoboCupAtHome/AtHomeCommunityWiki/wiki/files/tdp/2018-opl-kit_happy_robot.pdf)>. Acesso em: 25 out. 2018.

DO, Ha Manh et al. RiSH: A robot-integrated smart home for elderly care. **Robotics and Autonomous Systems**, 2017.

ERSAHIN, Gonca; SEDEF, Herman. Wireless Mobile Robot Control With Tablet Computer. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 195, p. 2874-2882, 2015.

FABBRI, Cameron; SATTAR, Junaed. SmartTalk: A Learning-Based Framework for Natural Human-Robot Interaction. In: **Computer and Robot Vision (CRV), 2016 13th Conference on**. IEEE, 2016. p. 376-382.

FEIL-SEIFER, David; MATARIC, Maja J. Defining socially assistive robotics. In: **Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005. 9th International Conference on**. IEEE, 2005. p. 465-468.

GOMES, Rafael Caveari et al. Sistema Operacional Android. **Universidade Federal Fluminense**, 2012.

GOODRICH, Michael A. et al. Human-robot interaction: a survey. **Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction**, v. 1, n. 3, p. 203-275, 2008.

HAN, Long; WU, Xinyu; OU, Yongsheng; CHEN, Yen-Lun; CHEN, Chunjie; XU, Yangsheng. A Household Service Robot with a Cellphone Interface. In: XU, Yangsheng; QIAN, Huihuan; WU, Xinyu. **Household Service Robotics**. 1. ed. Zhejiang: Elsevier Inc, 2015. p. 95-113.

HOWARD, Andrew G. et al. Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications. **arXiv preprint arXiv:1704.04861**, 2017.

KHAN, Zayera. Attitudes towards intelligent service robots. **NADA KTH, Stockholm**, v. 17, 1998.

KAZALA, R. et al. Wireless Network for Mobile Robot Applications. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 24, p. 231-236, 2015.

KIM, Elizabeth S. et al. Bridging the research gap: Making HRI useful to individuals with autism. *Journal of Human-robot interaction*, v. 1, n. 1, 2012.

LATOMBE, J.C. **Robot Motion Planning**. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 1991.

LINDSTROM, Mattias; OREBACK, Anders; CHRISTENSEN, Henrik I. Berra: A research architecture for service robots. In: **Robotics and Automation, 2000. Proceedings. ICRA'00. IEEE International Conference on**. IEEE, 2000. p. 3278-3283.

LIU, Wei et al. Ssd: Single shot multibox detector. In: **European conference on computer vision**. Springer, Cham, 2016. p. 21-37.

LOWE, David G. Object recognition from local scale-invariant features. In: **Computer vision, 1999. The proceedings of the seventh IEEE international conference on**. Ieee, 1999. p. 1150-1157.

MATARÍĆ, Maja; SCASSELLATI, Brian. Socially Assistive Robotics. In: **Oussama (Ed.). Springer handbook of robotics**. Springer Science & Business Media, 2008. p. 1973-1993.

MCCOLL, Derek et al. A survey of autonomous human affect detection methods for social robots engaged in natural HRI. **Journal of Intelligent & Robotic Systems**, v. 82, n. 1, p. 101-133, 2016.



MEMMESHEIMER, Raphael et al. **RoboCup 2017 - homer@UniKoblenz (Germany)**. Disponível em <<https://github.com/RoboCupAtHome/AtHomeCommunityWiki/wiki/files/tdp/2017-opl-homeratunikoblenz.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2018.

MEMMESHEIMER, Raphael et al. **RoboCup 2018 - homer@UniKoblenz (Germany)**. Disponível em <<https://github.com/RoboCupAtHome/AtHomeCommunityWiki/wiki/files/tdp/2018-opl-homeratunikoblenz.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2018.

NEHMZOW, Ulrich. Mobile robotics: Research, applications and challenges. **Proceeding of Future Trends in Robotics. Institution of Mechanical Engineer. London. UK**, p. 1-4, 2001.

OLUWATOSIN, Haroon Shakirat. Client-server model. **IOSRJ Comput. Eng**, v. 16, n. 1, p. 2278-8727, 2014.

PADILLA, R.; COSTA FILHO, C. F. F.; COSTA, M. G. F. Evaluation of haar cascade classifiers designed for face detection. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, v. 64, p. 362-365, 2012.

PENG, Dunlu; CAO, Lidong; XU, Wenjie. Using JSON for data exchanging in web service applications. **Journal of Computational Information Systems**, v. 7, n. 16, p. 5883-5890, 2011.

PEREZ, B et al. **RoboFEI@Home Team Description Paper for RoboCup@Home 2019**. Disponível em: <[http://robofei.aquinno.com/athome/wp-content/uploads/2018/10/RoboFEI\\_TDP2019\\_AtHome.pdf](http://robofei.aquinno.com/athome/wp-content/uploads/2018/10/RoboFEI_TDP2019_AtHome.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2018.

PINEAU, Joelle et al. Towards robotic assistants in nursing homes: Challenges and results. **Robotics and autonomous systems**, v. 42, n. 3-4, p. 271-281, 2003.

PREMKUMAR, Keerthi; NIGEL, K. Gerard Joe. Smart phone based robotic arm control using raspberry pi, android and Wi-Fi. In: **Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), 2015 International Conference on**. IEEE, 2015. p. 1-3.

QUIGLEY, Morgan et al. ROS: an open-source Robot Operating System. In: **ICRA workshop on open source software**. 2009. p. 5.

SARITHA, M.; KALPANA, N. Development of Remote Buttons in Android App (Bluetooth) To Control a Robo. **International Journal of Engineering Science**, v. 13775, 2017.

SAVAGE, Jesus et al. **Pumas@Home 2017 Team Description Paper**. Disponível em <<https://github.com/RoboCupAtHome/AtHomeCommunityWiki/wiki/files/tdp/2017-opl-pumas.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2018.

SAVAGE, Jesus et al. **Pumas@Home 2018 Team Description Paper \***. Disponível em <<https://github.com/RoboCupAtHome/AtHomeCommunityWiki/wiki/files/tdp/2018-opl-pumas.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2018.

SCASSELLATI, Brian; ADMONI, Henny; MATARIĆ, Maja. Robots for use in autism research. **Annual review of biomedical engineering**, v. 14, p. 275-294, 2012.

SHERIDAN, Thomas B. Human–robot interaction: status and challenges. **Human factors**, v. 58, n. 4, p. 525-532, 2016.

TYSON, Jeff. How virtual private networks work. **Howstuffworks**, (Jul. 12, 2005), 2001.

TCPROS. ROS. Disponível em <<http://wiki.ros.org/ROS/TCPROS>>. Acesso em: 2 maio 2018.

WANG, Qian; PAN, Wei; LI, Mo. Robot's remote real-time navigation controlled by smart phone. In: **Robotics and Biomimetics (ROBiO), 2012 IEEE international Conference on**. IEEE, 2012. p. 2351-2356.

YAN, Haibin; ANG, Marcelo H.; POO, Aun Neow. A survey on perception methods for human–robot interaction in social robots. **International Journal of Social Robotics**, v. 6, n. 1, p. 85-119, 2014.

ZHI-HUI, Deng; YUN-HANG, Zhu. The design and implement of household Robot based on Android platform. In: **Advanced Research and Technology in Industry Applications (WARTIA), 2014 IEEE Workshop on**. IEEE, 2014. p. 449-452.

## **APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE FAMILIARIDADE**

### Questionário de Familiaridade

Para este questionário, é utilizado a escala LIKERT de 1 a 5, onde 1 corresponde à total discordância com a frase e 5 corresponde à concordância total com a frase. O valor 3 será avaliada como neutro.

Questão 1: Tenho familiaridade com Robôs.

Resposta = \_\_\_\_

Questão 2: Me sinto confortável próximo à robôs.

Resposta = \_\_\_\_

Questão 3: Gostaria que robôs me auxiliassem em algumas tarefas.

Resposta = \_\_\_\_

Questão 4: Tenho facilidade em interagir com Robôs.

Resposta = \_\_\_\_

## **APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE COLETA DE DADOS**

Olá, o questionário abaixo foi feito por um grupo de quatro alunos de graduação na área de Ciência da Computação do Centro Universitário FEI.

O questionário serve para entendermos um pouco mais sobre o relacionamento atual de pessoas e robôs e suas expectativas e vivências. Com sua resposta poderemos realizar um trabalho para melhorar a Interação Humano-Robô, tornando-a mais agradável e aproximando você dessa tecnologia que é tão comentada atualmente. Essa proposta é parte do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) que está sendo realizado pelo grupo.

O tempo médio de duração deste questionário é de, aproximadamente, 10 minutos. Suas informações serão confidenciais e não divulgaremos sua resposta, apenas utilizaremos os dados de resposta de todos para melhor compreender a interação e experiência da sociedade em relação a robôs.

Desde já agradecemos sua participação!

Qual é a sua faixa etária?

Entre 10 e 17 anos. \_

Entre 18 e 29 anos. \_

Entre 30 e 40 anos. \_

Mais de 40 anos. \_

Você já teve alguma experiência com robótica?

Sim \_

Não \_

Se sim, como foi essa experiência?

Resposta:

Você já ouvir falar sobre robótica de serviço?

Sim \_

Não \_

Quão confortável você se sentiria com um robô realizando tarefas dentro de sua casa?

Muito desconfortável

1 \_

2 \_

3 \_

4 \_

5 \_

Muito confortável

Você se sentiria mais confortável ao fazer contato com um robô: por voz ou por meio de um aplicativo?

Por comandos de voz. \_

Por um aplicativo. \_

Na sua opinião, qual seria a tarefa mais importante que um robô doméstico poderia executar?

Monitorar pessoas \_

Monitorar animais \_

Pegar objetos \_

Gestão de tarefas, por exemplo: organizar lista de compras de remédios \_