

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS - CAMPUS BAURU
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

GIULIA MOURA CRUSCO

UM ROBÔ MÓVEL PARA SEGURANÇA DE AMBIENTES

BAURU
2020

GIULIA MOURA CRUSCO

UM ROBÔ MÓVEL PARA SEGURANÇA DE AMBIENTES

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso
de Ciência da Computação da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
Faculdade de Ciências, Campus Bauru.
Orientador: Prof. Dr. Rene Pegoraro

BAURU
2020

Giulia Moura Crusco Um robô móvel para segurança de ambientes/ Giulia Moura Crusco. – Bauru, 2020- 45 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.
Orientador: Prof. Dr. Rene Pegoraro
Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Ciências
Bacharelado em Ciência da Computação, 2020.
1. Robótica Móvel 2. Navegação 3. Localização 4. Segurança

Giulia Moura Crusco

Um robô móvel para segurança de ambientes

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Ciência da Computação da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências, Campus Bauru.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Rene Pegoraro
Orientador
Departamento de Computação
Faculdade de Ciências
Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"

**Profª. Drª. Simone das Graças
Domingues Prado**
Departamento de Computação
Faculdade de Ciências
Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"

Prof. Dr. Wilson Massashiro Yonezawa
Departamento de Computação
Faculdade de Ciências
Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"

Bauru, 2 de julho de 2020.

Dedico este trabalho à minha família e amigos pelo apoio e incentivo.

Agradecimentos

Agradeço à minha família, especialmente minha mãe, por toda a dedicação à mim e incentivo aos estudos.

Agradeço aos meus amigos, que sempre acreditaram em mim e me incentivaram a não desistir.

Agradeço, em especial, ao meu amigo, Pedro Henrique Paiola, pela amizade e pelo companheirismo.

Agradeço também a todos os professores que já passaram por minha vida e que contribuíram para minha formação tanto acadêmica quanto pessoal.

E, por fim, agradeço meu orientador, pela paciência e por toda ajuda durante este projeto.

É fácil formar o aluno, difícil mesmo é formar o homem.

Prof. Dr. Humberto Ferasoli Filho

Resumo

A robótica móvel pode estar presente no cotidiano humano de diversas formas. Um robô móvel pode ser utilizado para patrulhar e identificar riscos em potencial presentes em um ambiente, de forma a assegurar uma segurança maior para os usuários do local. Existem vários sensores e dispositivos que podem ser equipados em um robô a fim de possibilitar que ele desempenhe bem essa tarefa. Para isso, esse trabalho apresenta uma implementação de um robô móvel utilizando sensores acessíveis para desempenhar um papel semelhante a um "cão de guarda". O robô desenvolvido utiliza uma plataforma Arduino e sensores. O projeto desenvolvido consiste em um robô capaz de realizar rondas em um ambiente qualquer e, caso receba algum estímulo, informar ao usuário do robô da possibilidade de riscos presentes no ambiente.

Palavras-chave: Robótica Móvel, Navegação, Localização, Segurança.

Abstract

Mobile robotics can be present in human daily life in several ways. A mobile robot can be used to patrol and identify potential risks present in an environment, in order to ensure greater security for users of the place. There are several sensors and devices that can be equipped on a robot to enable it to perform this task well. For this, this work presents an implementation of a mobile robot using accessible sensors to play a role similar to a "watchdog". The developed robot uses an Arduino platform and sensors. The developed project consists of a robot capable of performing out rounds in any environment and, if it receives any stimulus, inform the robot user of the possibility of risks present in the environment.

Keywords: Mobile robotics, Navigation, Localization, Security.

Lista de figuras

Figura 1 – Robô da empresa KnightScope	17
Figura 2 – Robô da empresa Gocil	18
Figura 3 – Robô	22
Figura 4 – Pinagem Arduino Uno	23
Figura 5 – Funcionamento do Sensor Ultrassônico HC-SR04	24
Figura 6 – Sensor Ultrassônico HC-SR04	25
Figura 7 – Micro Servo Motor SG90	26
Figura 8 – Sensor infravermelho Sharp GP2Y0A21YK0F	27
Figura 9 – Funcionamento do Sensor infravermelho Sharp GP2Y0A21YK0F	27
Figura 10 – Motor DC com roda acoplada	28
Figura 11 – Ponte H L9110S	29
Figura 12 – Sensor de Gás MQ-2	30
Figura 13 – Sensor de Gás MQ-3	31
Figura 14 – Sensor Fotoresistor	32
Figura 15 – Sensor de Som KY-038 Microfone	33
Figura 16 – Bluetooth HC-05	34
Figura 17 – Diagrama das funções desempenhadas pelos componentes e dispositivos . .	35
Figura 18 – Diagrama das relações entre o arduíno e os componentes e dispositivos . .	36
Figura 19 – Diagrama do funcionamento do software	37
Figura 20 – Mensagem de alerta de luminosidade recebida	38
Figura 21 – Mensagem de alerta de som recebida	39
Figura 22 – Mensagem de alerta de gases percebidos pelo sensor MQ-2 recebida	39
Figura 23 – Mensagem de alerta de gases percebidos pelo sensor MQ-3 recebida	40

Lista de quadros

Quadro 1 – Especificações Arduino Uno	24
Quadro 2 – Especificações do Sensor Ultrassônico HC-SR04	25
Quadro 3 – Especificações do Micro Servo Motor SG90	26
Quadro 4 – Especificações do Sensor infravermelho Sharp GP2Y0A21YK0F	27
Quadro 5 – Especificações do Motor DC	29
Quadro 6 – Especificações da Ponte H L9110S	29
Quadro 7 – Especificações do Sensor de Gás MQ-2	31
Quadro 8 – Especificações do Sensor de Gás MQ-3	32
Quadro 9 – Especificações do Sensor LDR	32
Quadro 10 – Sensor de Som KY-038 Microfone	33
Quadro 11 – Especificações do Módulo Bluetooth HC-05	34

Lista de abreviaturas e siglas

GND	Filtro Graduado de Densidade Neutra
Ipea	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LDR	Light Dependent Resistor
MQ	Sensível a Gás (em chinês)
SPP	Single Package Protocol
VCC	Visão de Ciclo Completo

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Problema	14
1.2	Justificativa	16
1.3	Objetivos	16
1.3.1	Objetivos Específicos	16
1.4	Método de Pesquisa	16
1.5	Desenvolvimento	17
1.6	Organização	19
2	NAVEGAÇÃO	20
2.1	Localização relativa	20
2.1.1	Odometria	20
2.1.2	Navegação inercial	20
2.2	Localização absoluta	20
2.2.1	Navegação por sinais ativos	21
2.2.1.1	Navegação por reconhecimento de marcas artificiais	21
2.2.1.2	Navegação por reconhecimento de marcas naturais	21
2.2.1.3	Navegação por comparação de mapas	21
3	HARDWARE	22
3.1	Arduino	23
3.2	Sonar HC-SR04	24
3.3	Micro Servo Motor SG90	25
3.4	Infravermelho Sharp GP2Y0A21YK0F	26
3.5	Motor DC e Ponte H L9110s	28
3.6	Sensor de Gás MQ	30
3.6.1	Sensor de Gás MQ-2	30
3.6.2	Sensor de Gás MQ-3	31
3.7	Fotoresistor LDR	32
3.8	Sensor de Som KY-038 Microfone	33
3.9	Bluetooth HC-05	34
3.10	Os dispositivos de hardware e as suas funcionalidades no projeto	35
4	SOFTWARE	36
5	TESTES E RESULTADOS	41

5.1	Navegação	41
5.2	Comunicação	41
6	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS	43

1 Introdução

A robótica móvel está cada vez mais presente no nosso dia a dia. As aplicações de robôs estabelecem-se bem em situações onde o ser humano, por algum motivo, tenha sua presença impossibilitada devido as dimensões (locais pequenos com tubulações), a periculosidade (locais com minas explosivas terrestres), distância, como exploração de planetas, de acompanhamento de pessoas, limpeza residencial, pintura industrial, por exemplo. É crescente as aplicações de robôs móveis e, entre elas, está a área de segurança.

Robôs móveis podem ser usados para patrulhar ambientes com o intuito de buscar intrusos e denunciar sua presença. O sucesso deste uso está intimamente ligado a facilidade de locomoção ou navegação, do robô pelo ambiente sob patrulha. Além dos sensores comuns usados para sua navegação, outros sensores são necessários para dotar o robô de comportamentos específicos, como estar atento a ruídos, variações de luminosidade, correntes de ar. Sensores para este fim, normalmente, precisam, de alguma forma de integração ou fusão de dados. Um robô que identifique indícios de alteração no ambiente, pode ser útil, ou mesmo vital, para encontrar um invasor. Certamente, o invasor poderá tentar desativar o robô mas, o mesmo, por acesso à Internet, pode realizar a denúncia enriquecida com imagens, por exemplo, do bandido, antes de ser agredido. Poderia também ser dotado de algumas armas de defesa, como choque, ou por outros sensores.

Assim, este trabalho de pesquisa se propõe ao desenvolvimento de um robô móvel para fins de segurança dotado de um sistema de controle que o permita navegar por um ambiente, de forma exploratória, atendo-se a características que possam indicar a presença de um intruso ou riscos em potencial, como um vazamento de gás, por exemplo, semelhante ao papel de um cão de guarda.

1.1 Problema

A violência é uma das maiores questões de segurança pública do Brasil, segundo o Ipea (Instituto de Pesquisa Econômica Aplica), ela atinge todas as camadas da sociedade. Assim, a segurança pessoal é algo que deve ser amplamente discutido e desenvolvido, a fim de melhorar a qualidade de vida das pessoas. A tecnologia é, atualmente, uma importante aliada do setor de segurança por possibilitar a existência de diversas inovações práticas, que podem ser utilizadas pelo governo e cidadãos, para a segurança pública, podendo assim, ajudar a reduzir ou acabar com alguns tipos de violência. Hoje em dia existem ramos de atuação que buscam garantir a segurança dos cidadãos, tanto no espaço virtual, como em redes sociais, quanto no espaço real, como dentro de nossas casas, por exemplo (CARVALHO, 2017).

Devido às dificuldades para instalar sistemas de segurança contendo câmeras, cercas

elétricas ou concertinas, por exemplo, muitas pessoas deixam de possuir algo que as deixem seguras de que seus bens estão sendo devidamente vigiados e segurados, já que, muitas vezes, um só sistema não basta para evitar ameaças.

Com o crescente desenvolvimento da tecnologia e a presença cada vez maior de dispositivos eletrônicos ou mecatrônicos capazes de atuar de maneira autônoma - os chamados robôs, segundo o dicionário Aurélio - e com os riscos cotidianos aos quais as pessoas estão submetidas, existe a necessidade de desenvolver e aprimorar técnicas já existentes para seus subsistemas, como percepção, localização, navegação e controle de movimento, além de trabalhar com sistemas reativos ao ambiente em que estão inseridos.

Além disso, também é possível sofrer com riscos potenciais domésticos, que podem tornar um ambiente inseguro, como um vazamento de gás ou potencial foco de incêndio. Assim, um robô vigilante, atento a estímulos do ambiente, poderia avisar ao responsável por esse ambiente sobre esse risco, antes que um acidente ocorresse, aumentando a segurança local.

Um robô, para que seja considerado móvel, necessita de um sistema de locomoção que permita sua movimentação pelo ambiente, seja ela o ato de andar, voar, nadar, deslizar, pular, correr ou rolar, sendo algumas inspiradas em organismos biológicos. Para conseguir criar movimentos, necessita-se de produzir um sistema para realizar essa locomoção, através de dispositivos mecânicos e eletrônicos. Dispositivos dotados de rodas são muito utilizados para realizar movimentos, pois, apesar de não existirem na natureza, facilitam o estudo e promovem uma boa imitação. Para o desenvolvimento de um robô móvel, também é preciso considerar a navegação do sistema que pode depender de diversos estímulos externos provenientes do ambiente em que o robô está inserido, como um obstáculo no caminho ([SIEGWART; NOURBAKHSH, 2004](#)).

O surgimento da Internet causou uma revolução nos sistemas de comunicação existentes, devido a sua facilidade de uso e acesso, além de sua flexibilidade, que garante que qualquer pessoa no mundo possa se comunicar com outra sem que estas necessitem estar próximas fisicamente umas das outras ([VELLOSO, 2017](#)). Para a robótica móvel, a comunicação sem fio mostra-se muito conveniente, possibilitando seu uso de forma remota e removendo a necessidade de uso de fios e cabos, garantindo uma grande mobilidade às aplicações.

Para uso de comunicação sem fio em aplicações de robótica móvel, é muito comum encontrarmos sensores que utilizam módulo Bluetooth para transferência de dados e informações a distância.

Uma das motivações para uso de robôs em sistemas de segurança é que estes não necessitariam descansar, e, também, não estão sujeitos a sintomas de fadiga, como os seres humanos que desempenham a mesma função, podendo apresentar maior eficiência nessa tarefa. Além disso, os robôs também podem ser projetados de forma a apresentar dedicação exclusiva à função.

Diante do exposto, esse projeto tem como proposta desenvolver uma solução de baixo custo que visa auxiliar sistemas de segurança, usando como base estímulos do ambiente, que deverão ser interpretados, de forma a identificar se estes representam ou não uma ameaça.

1.2 Justificativa

Devido ao aumento de furtos, roubos, invasões a patrimônios privados em grandes centros urbanos, esse trabalho foi proposto como forma de auxiliar a vigilância residencial, utilizando equipamentos de baixo custo e fácil acesso para desenvolver um robô que seja capaz de detectar estímulos de um ambiente e comunicar ao usuário sobre possíveis riscos, a fim de aumentar a segurança desse local.

1.3 Objetivos

Desenvolver um robô capaz de realizar rondas em um ambiente e identificar a presença de intrusos ou riscos em potencial por meio de sensores dedicados para este fim.

1.3.1 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos desse trabalho, espera-se:

1. Levantar diferentes técnicas de navegação
2. Identificar a técnica de navegação mais adequada ao desenvolvimento desse trabalho
3. Aplicar a técnica de navegação ao projeto
4. Identificar sensores necessários
5. Equipar um robô móvel de baixo custo

1.4 Método de Pesquisa

Para desenvolvimento do projeto foi feita uma pesquisa bibliográfica a fim de determinar quais são as possíveis soluções dos sistemas de navegação e componentes a serem utilizados no projeto. Depois, utilizando uma plataforma de processamento local, o Arduíno, embarcado em um robô, foi estabelecido um sistema de vigilância, utilizando sensores específicos.

O robô utilizado possui rodas para locomoção, sensores para comunicação e, também, sensores voltados à sua aplicação (sensores de gás, de luminosidade e de som), o Arduino e baterias para garantir que ele possa se locomover livremente, independente de fios.

1.5 Desenvolvimento

O desenvolvimento teve como base o robô Frank construído para suportar o TCC de Pedro Henrique Paiola gentilmente cedido para o desenvolvimento deste projeto. Esse robô é composto de um chassi de acrílico com motores DC, ponte H, rodas, suporte para pilhas, que é a fonte externa que alimenta o robô, além de um servo motor acoplado que serve de suporte para o sensor ultrassônico e o sensor infravermelho. Ele também possui uma placa de ensaios com o Arduino, os sensores e os outros componentes eletrônicos necessários.

No decorrer do desenvolvimento desse projeto, foi iniciado o processo de levantamento teórico para fundamentar os procedimentos e métodos escolhidos para esse trabalho, bem como pesquisas acerca da técnica de navegação mais adequada para o projeto.

Existem soluções de robôs segurança autônomos no mercado. Por exemplo, na Microsoft, no Vale do Silício, utilizam-se robôs autônomos para monitoramento do local da empresa KnightScope, apresentado na figura 1, e a Gocil Segurança e Multisserviços, na cidade de São Paulo, desenvolveu uma solução de robô segurança autônomo como um produto, apresentado na figura 2.

Figura 1 – Robô da empresa KnightScope



Fonte: Magazine (2014)

Figura 2 – Robô da empresa Gocil



Fonte: [Eletronica \(2020\)](#)

Ambas as situações apresentam uma ideia similar à desse projeto. O robô usado na Microsoft substitui pessoas na ronda do lugar. Eles desviam de obstáculos e estão preparados para detectar quaisquer comportamentos estranhos, através de sensores e dispositivos equipados neles, para reportar a uma central de vigilância. A solução de robô desenvolvida pela Gocil também realiza monitoramento automático do ambiente em que estiver inserido sem a supervisão de pessoas. Ele percorre o espaço em períodos pré-determinados e, se detectar invasores, reporta à equipe de vigilância ([SYSTEM, 2017](#); [ELETRONICA, 2020](#)).

Dentro da vasta quantidade de opções de técnicas de navegação robótica, as opções que não são baseadas em mapas são as mais indicadas para o desenvolvimento desse projeto devido a menor complexidade de implementação, dado que a técnica de navegação não é o foco desse projeto. Portanto, baseado nos textos utilizados durante o levantamento teórico testou-se a navegação reativa, onde o robô se movimenta com base em paredes, e, também será testada uma navegação ad-hoc, onde o robô encontra a maior distância sem obstáculos e segue nessa direção.

De modo a tornar o robô reativo ao ambiente, é necessário sensores para realizar a navegação, efetuar a comunicação entre o robô e o usuário e, também, para o desenvolvimento da aplicação em si. Para navegação foi testado o sensor de ultrassom combinado com o sensor de proximidade, para diminuir o risco de colisão do robô e, assim, preservá-lo. E, por fim, para a aplicação, é testado um microfone para recepção de ruídos sonoros, dois sensores da série MQ (sigla para sensível a gás em chinês) para detecção de gases inflamáveis e o sensor fotoresistor LDR (Light Dependent Resistor).

Para a comunicação do robô, o usuário utiliza um aplicativo para celulares que recebe os avisos do robô utilizando padrão SPP (Single Package Protocol) para o uso do Bluetooth.

1.6 Organização

A organização desse trabalho foi feita dividindo o conteúdo em capítulos.

O capítulo [2](#) analisa a navegação robótica, apresentando diferentes classificações e abordagens da mesma.

O capítulo [3](#) descreve o robô e os componentes utilizados para o desenvolvimento desse projeto.

O capítulo [5](#) descreve os resultados obtidos durante o desenvolvimento desse trabalho.

E, o capítulo [6](#) aborda as conclusões decorrentes desse trabalho, além de citar possíveis melhorias para o mesmo.

2 Navegação

A navegação robótica refere-se às técnicas utilizadas para que um robô móvel autônomo desloque-se por um ambiente. Assim, para desenvolvimento desse trabalho, algumas abordagens foram analisadas. A maior parte das técnicas de navegação robótica pode ser dividida em dois grupos de localização: relativa e absoluta (BORENSTEIN; FENG, 1996).

2.1 Localização relativa

A localização relativa, ou *dead reckoning*, é um procedimento matemático para determinar a posição atual do robô utilizando informações sobre sua posição anterior e velocidade em um intervalo de tempo (BORENSTEIN; FENG, 1996).

2.1.1 Odometria

A odometria utiliza sensores embarcados, como *encoders* para medir a rotação das rodas e, também, poder controlar a sua orientação. Essa técnica tem como vantagem a independência do sistema e a capacidade de estimar a posição do robô no ambiente que se encontra. Já a desvantagem desse modelo é que o erro da estimativa é inevitável devido a posição ser estimada a partir de informações obtidas do movimento das rodas do robô (BORENSTEIN; FENG, 1996).

2.1.2 Navegação inercial

A navegação inercial utiliza sensores embarcados, como giroscópios e, às vezes, acelerômetro para medir taxa de rotação e aceleração. Essas medidas são integradas para estimar a posição do robô. Essa técnica tem como vantagem a independência do sistema e, como desvantagem, o fato de que as posições estimadas pelos sensores acumulam erros sem limite após a integração dos dados, além do alto custo dos sensores (BORENSTEIN; FENG, 1996).

2.2 Localização absoluta

A localização absoluta é um método de posicionamento global que estima a posição atual do robô independente das estimativas anteriores, portanto não é necessário calcular o erro entre uma amostra e outra. A posição obtida por esse método se dá em relação a um

referencial fixo absoluto, localizando o robô no ambiente utilizando as informações obtidas por seus sensores (NASCIMENTO, 2014).

2.2.1 Navegação por sinais ativos

A navegação por sinais ativos, ou *active beacons*, determina a posição absoluta do robô ao calcular a distância percorrida por sinais ativos, como ondas de luz ou de rádio, enviados por transmissores posicionados em locais pré-determinados do ambiente (BORENSTEIN; FENG, 1996; RODRIGUES, 2013).

2.2.1.1 Navegação por reconhecimento de marcas artificiais

A navegação por reconhecimento de marcas, os *landmarks*, artificiais define a posição do robô através da detecção de marcas posicionadas, de forma intencional, em locais pré-determinados no ambiente. A vantagem dessa técnica é que as marcas são facilmente detectadas pelo robô, por terem sido criadas artificialmente com o intuito de serem facilmente reconhecidas por ele. Já a desvantagem dessa técnica é a necessidade de adequar o ambiente para a navegação do robô (BORENSTEIN; FENG, 1996; BIGHETI, 2011).

2.2.1.2 Navegação por reconhecimento de marcas naturais

A navegação por reconhecimento de marcas, os *landmarks*, naturais define a posição do robô através da distinção de marcas do próprio ambiente, que apesar de não precisar de preparação, deve ser previamente conhecido. Dessa forma, cria-se um sistema mais eficiente para lidar com o mundo real. Este método não é tão confiável quanto a navegação por reconhecimento de marcas artificiais (BORENSTEIN; FENG, 1996; BIGHETI, 2011).

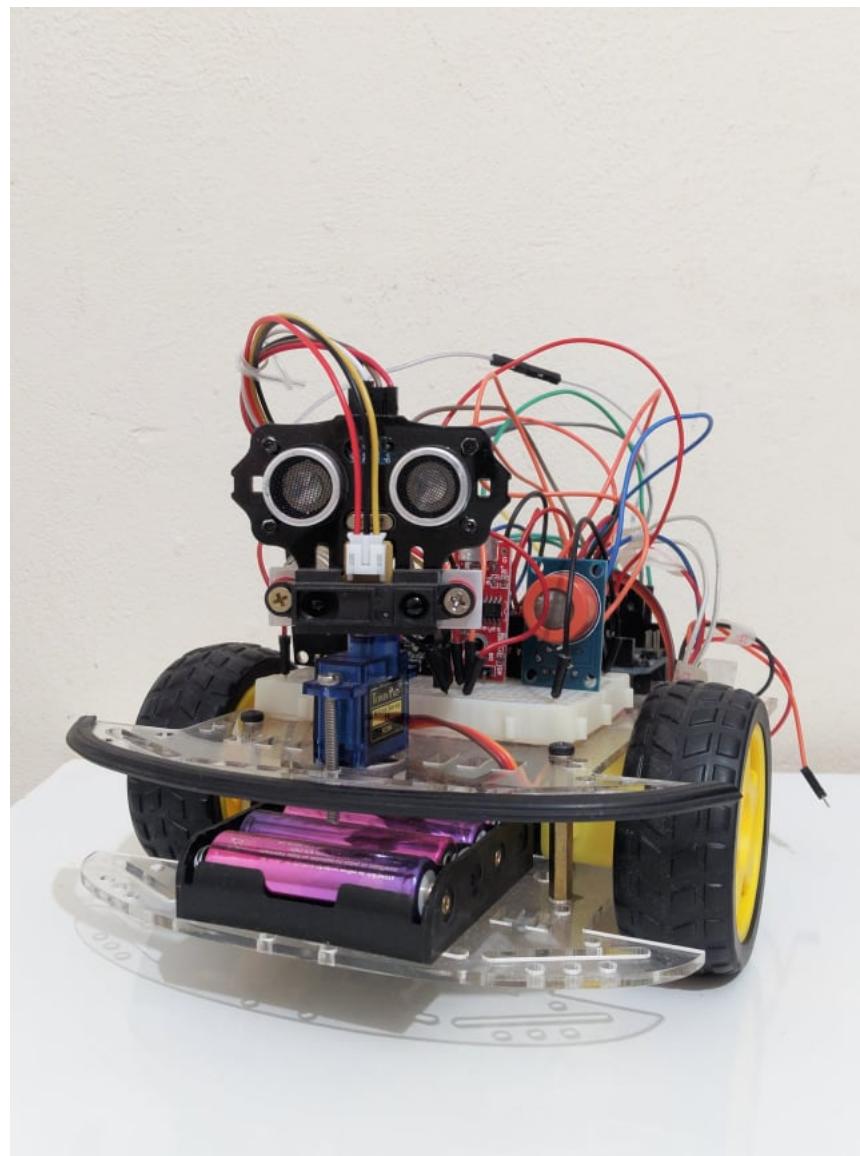
2.2.1.3 Navegação por comparação de mapas

A navegação por comparação de mapas determina a posição do robô comparando os dados obtidos de sensores embarcados no mesmo com um mapa ou modelo do ambiente em que o robô está inserido. A posição absoluta do robô pode ser encontrada se as características do mapa criado a partir dos dados obtidos pelos sensores forem compatíveis com o modelo conhecido. Os mapas usados na navegação podem ser geométricos, que representam o espaço de navegação de acordo com um sistema de coordenadas global, ou topológicos, que representam o espaço de navegação na forma de uma rede de nós e arcos (BORENSTEIN; FENG, 1996).

3 Hardware

O robô utilizado para o desenvolvimento desse trabalho é descrito no decorrer desse capítulo, assim como seus componentes. O robô é composto de um módulo Arduino Uno e componentes para desempenhar suas funções que são descritos a seguir. A figura 3 apresenta o robô.

Figura 3 – Robô



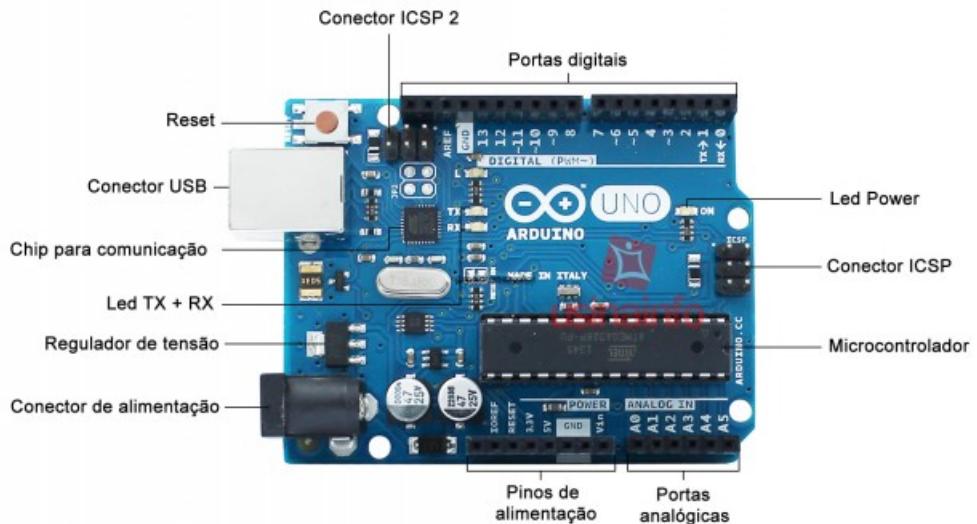
Fonte: Autor.

3.1 Arduino

Arduino é uma plataforma *open-source* de prototipagem eletrônica com hardware e software flexíveis e fáceis de usar para qualquer tipo de desenvolvedor (MOTA, 2015). O Arduino foi criado no Ivrea Interaction Design Institute em 2005 por 5 pesquisadores: Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis. O objetivo era desenvolver uma ferramenta fácil para prototipagem rápida para uso de estudantes sem conhecimento prévio em eletrônica e programação. A placa desenvolvida era composta por um microcontrolador Atmel, circuitos de entrada e saída e era facilmente conectados a um computador, através de um cabo USB e programados via IDE, por meio de uma linguagem baseada em C/C++ (THOMSEN, 2014).

Existem diversas placas Arduino, mas a mais utilizada é o Arduino Uno e esta foi a placa escolhida para desenvolvimento deste projeto. Um exemplo desta placa pode ser visto na figura 4 e suas especificações no quadro 1 (MOTA, 2015).

Figura 4 – Pinagem Arduino Uno



Fonte: Mota (2017b)

Quadro 1 – Especificações Arduino Uno

Microcontrolador	ATmega328
Tensão de operação	5V
Tensão de alimentação (recomendada)	7-12V
Tensão de alimentação (limite)	6-20V
Entradas e saídas digitais	14 das quais 6 podem ser PWM
Entradas analógicas	6
Corrente contínua por pino de E/S	20mA
Corrente contínua para o pino 3.3V	50mA
Memória Flash	32 KB (ATmega328)
Memória SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidade do Clock	16MHz
Dimensões	68,6mm x 53,4mm
Peso	25g

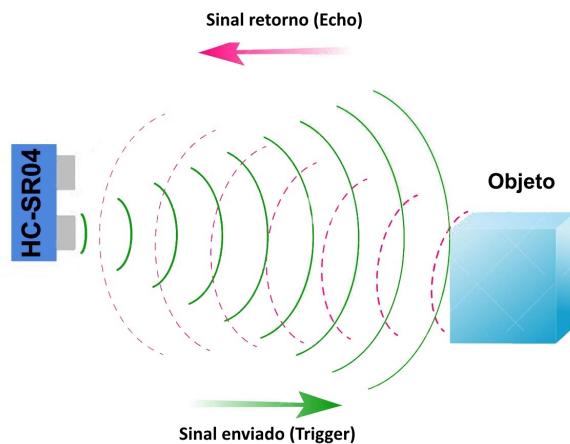
Fonte: [Arduino \(2020\)](#)

A plataforma Arduino foi utilizada para receber os dados dos sensores e, assim, poder tomar decisões e controlar os atuadores do projeto.

3.2 Sonar HC-SR04

O sensor de distância ultrassônico HC-SR04 pode ser utilizado para medir distâncias entre 2cm e 4m ([THOMSEN, 2011](#)). Ele é baseado na transmissão e recepção de ondas sonoras, onde a distância entre o sensor e o objeto que refletiu o sinal é calculada considerando o tempo de leitura e resposta do sinal. Na figura 5 apresenta-se o funcionamento do sonar.

Figura 5 – Funcionamento do Sensor Ultrassônico HC-SR04

Fonte: [Thomsen \(2011\)](#)

O sensor possui 4 pinos: um pino de VCC, com alimentação de 5V, um de GND e os dois pinos para leitura e controle do sensor, Trigger e Echo. O pino Trigger é responsável por enviar os pulsos ultrassônicos e, o pino Echo, recebe os pulsos retornados, possibilitando o cálculo da distância entre o sensor e o objeto, considerando o tempo de duração entre emissão e retorno do sinal (VIDAL, 2017b).

Na figura 6, encontra-se uma foto do sonar HC-SR04.

Figura 6 – Sensor Ultrassônico HC-SR04



Fonte: Mota (2017a)

No quadro 2 encontram-se as especificações desse sensor, considerando situações ideais.

Quadro 2 – Especificações do Sensor Ultrassônico HC-SR04

Alimentação	5V DC
Corrente de Operação	2 mA
Ângulo de efeito	15°
Alcance	2cm - 4m
Precisão	> 3 mm

Fonte: Thomsen (2017)

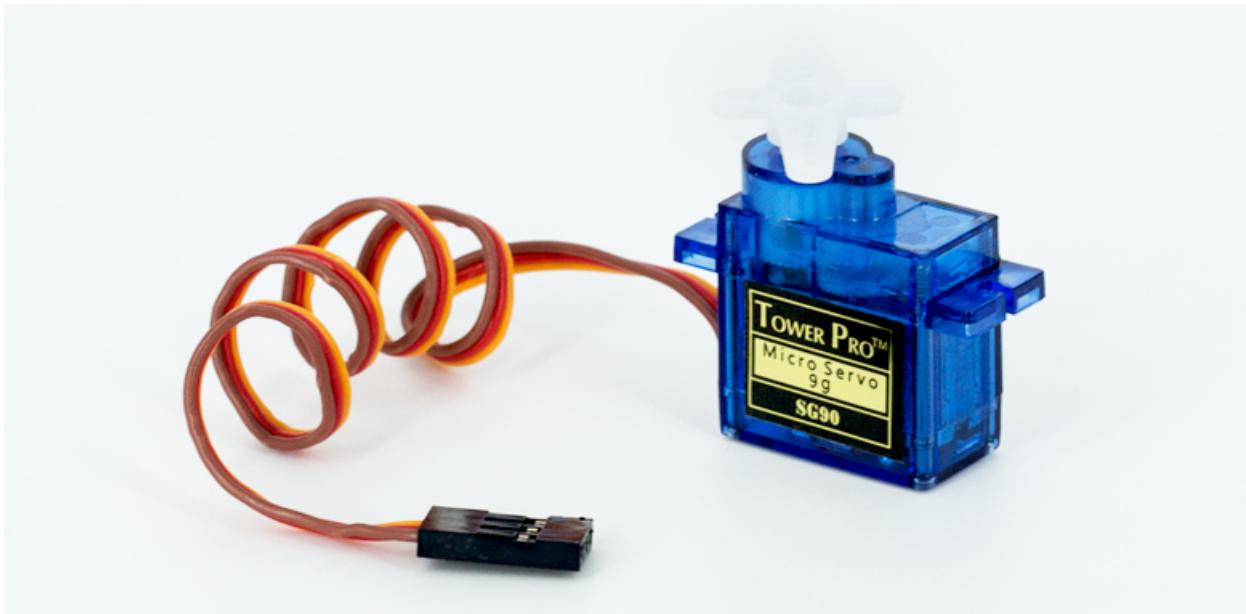
Este sensor foi utilizado em conjunto com o sensor IR para determinar a distância entre o robô e os demais elementos presentes no ambiente, de forma a encontrar o caminho a ser seguido.

3.3 Micro Servo Motor SG90

O Micro Servo SG90 é um componente utilizado em projetos de robótica, mecatrônica e outros projetos, pois é possível controlar seu giro e posição através de comandos e, assim, desenvolver aplicações em várias áreas, como automodelismo, aeromodelismo e robótica (OLIVEIRA, 2018a).

Na figura 7 encontra-se um Micro Servo Motor SG90.

Figura 7 – Micro Servo Motor SG90



Fonte: Thomsen (2013)

No quadro 3 encontram-se as especificações desse componente, considerando situações ideais.

Quadro 3 – Especificações do Micro Servo Motor SG90

Voltagem de Operação	3,0 – 7,2v
Velocidade	0,12 seg/60Graus (4,8v) sem carga
Torque	1,2 kg.cm (4,8v) e 1,6 kg.cm (6,0v)
Temperatura de Operação	-30 °C +60 °C
Dimensões	32x30x12 mm
Tipo de Engrenagem	Nylon
Tamanho cabo	245 mm
Peso	9 g

Fonte: Thomsen (2013)

Este componente foi utilizado para controlar a posição dos sensores ultrassônico e IR.

3.4 Infravermelho Sharp GP2Y0A21YK0F

O sensor de distância infravermelho Sharp GP2Y0A21YK0F, representado na figura 8, é um sensor de alta precisão que pode ser utilizado para medir distâncias de 10 cm até 80 cm. Ele é baseado na emissão e recepção de luz infravermelha para possibilitar o cálculo da distância entre ele e os obstáculos, como pode ser visto no esquema representado na figura

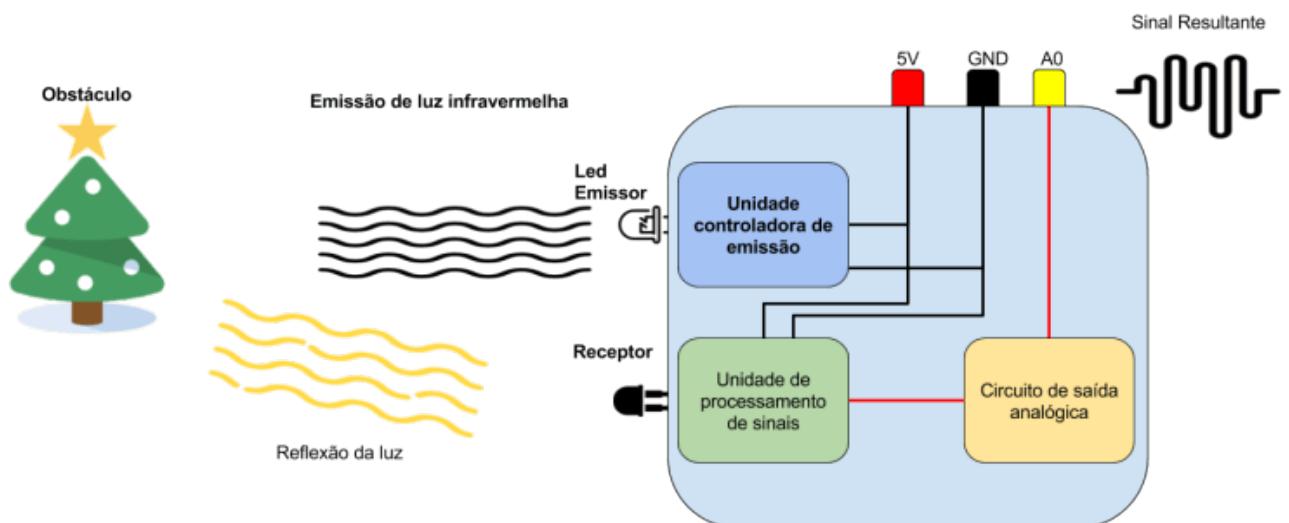
9, onde o sinal resultante é gerado após o LED emissor enviar luz infravermelha e o receptor receber as ondas refletidas (ALMEIDA, 2018).

Figura 8 – Sensor infravermelho Sharp GP2Y0A21YK0F



Fonte: Almeida (2018)

Figura 9 – Funcionamento do Sensor infravermelho Sharp GP2Y0A21YK0F



Fonte: Almeida (2018)

As especificações do sensor infravermelho estão descritas no quadro 4 a seguir.

Quadro 4 – Especificações do Sensor infravermelho Sharp GP2Y0A21YK0F

Alimentação	4,5 V	5,5 V
Distância	10 cm	80 cm
Sinal de Saída	Analógico	
Consumo	30 mA aprox.	

Fonte: Almeida (2018)

O sensor infravermelho foi usado em conjunto com o sensor ultrassônico para determinar a distância entre o robô e os obstáculos.

3.5 Motor DC e Ponte H L9110s

O motor DC de 80 RPM, representado na figura 10 é um tipo de motor que possui caixa de redução e eixo duplo e que pode ser aplicado em projetos robóticos e de automação industrial. Nesse projeto os motores, com rodas acopladas, foram utilizados para a locomoção do robô e suas especificações se encontram no quadro 5.

Figura 10 – Motor DC com roda acoplada



Fonte: [ELETROGATE \(2020\)](#)

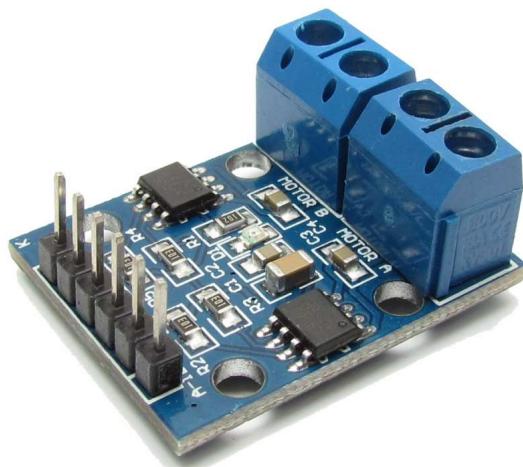
Quadro 5 – Especificações do Motor DC

Tensão de Operação	3 V - 6 V
Diâmetro do eixo	5,35 mm
Relação da caixa de redução	120:1
Rotação	80 RPM (6V)
Dimensões	70x37x22,5mm
Peso	28g

Fonte: [USINAINFO \(2020\)](#)

A ponte H L9110S dupla, representada na figura 11, é utilizada para controlar a velocidade dos motores DC utilizados para locomoção do robô neste projeto. Esse módulo permite controlar dois motores de até 12 V e 800 mA.

Figura 11 – Ponte H L9110S

Fonte: [TECTRONICS \(2020\)](#)

As especificações da ponte H L9110S estão listadas no quadro 6.

Quadro 6 – Especificações da Ponte H L9110S

Tensão de Alimentação	2,5 V 12 V
Corrente Nominal	800 mA por motor
Pico de Corrente de Saída	1.5 A 2 A por porta
Tensão dos Terminais de Controle	2.5 7.7 V
Corrente dos Terminais de Controle	500uA
Temperatura de Trabalho	0°C +80°C

Fonte: [TECTRONICS \(2020\)](#)

3.6 Sensor de Gás MQ

Dentre a variedade de sensores de gás disponíveis, existe os MQ's, que são sensores do tipo eletro-catalítico, feitos de uma bobina de fio de platina aquecido eletricamente, coberto com uma base de cerâmica e um revestimento exterior do catalisador de paládio ou ródio disperso em um substrato de tório ([CANDIDO, 2017](#)).

Neste projeto foram utilizados dois sensores para detectar gases inflamáveis e, assim, identificar riscos do ambiente para poder informar ao usuário.

3.6.1 Sensor de Gás MQ-2

O sensor de gás MQ-2, retratado na figura 12, é um dispositivo capaz de detectar gases inflamáveis, como GLP (gás liquefeito de petróleo), metano, propano, butano, hidrogênio, álcool, gás natural e outros inflamáveis, além de fumaça presentes em um ambiente ([CANDIDO, 2017](#)).

O nível de detecção da concentração varia de 300 a 10000 ppm (partes por milhão) que pode ser ajustado pelo potenciômetro do sensor ([OLIVEIRA, 2016](#)).

Figura 12 – Sensor de Gás MQ-2



Fonte: [Oliveira \(2016\)](#)

Esse módulo possui 4 pinos: uma saída analógica, uma saída digital, um pino de VCC, com alimentação de 5V e um de GND. E as demais características desse sensor se encontram no quadro 7.

Quadro 7 – Especificações do Sensor de Gás MQ-2

Tensão de Operação	5 V
Concentração de detecção	300 - 10000 ppm

Fonte: [Oliveira \(2016\)](#)

3.6.2 Sensor de Gás MQ-3

O sensor de gás MQ-3, representado na figura 13, é um dispositivo capaz de detectar os álcool, etanol e também fumaça presentes em um ambiente ([CANDIDO, 2017](#)).

Esse sensor de gás é, normalmente, utilizados em projetos que simulem um bafômetro, a fim de medir nível de concentração de álcool no hálito de pessoas. Ele possui um funcionamento parecido com o sensor de gás MQ-2, onde a saída digital fica em estado alto quando a concentração de álcool fica acima do nível definido pelo potenciômetro ([THOMSEN, 2015](#)).

Figura 13 – Sensor de Gás MQ-3

Fonte: [Fonte: Thomsen \(2015\)](#)

Esse módulo possui 4 pinos: uma saída analógica, uma saída digital, um pino de VCC, com alimentação de 5V e um de GND. E as demais características desse sensor se encontram no quadro 8.

Quadro 8 – Especificações do Sensor de Gás MQ-3

Tensão de Operação	3 – 5 V
Concentração de detecção	10 – 10000 ppm
Tempo de resposta	$\leq 10s$
Resistência de aquecimento	31 ohms ± 3 ohms
Potência de aquecimento	$\leq 900mW$
Tensão de aquecimento	5V $\pm 0,2V$

Fonte: Thomsen (2015)

3.7 Fotoresistor LDR

O módulo fotoresistor LDR (Light Dependent Resistor), representado na figura 14, é um resistor que é sensível à luz, podendo ser usado para limitar a corrente em um circuito de acordo com a quantidade de luz incidindo sobre o mesmo (OLIVEIRA, 2018c).

O funcionamento do sensor LDR, ou fotoresistor, é baseada na incidência de fótons (partículas de luz) sobre o componente, o que faz com que ocorra a liberação de elétrons do material semicondutor e, esse efeito, é responsável por diminuir a resistência do sensor. Assim, a resistência aumenta com a diminuição de luz no ambiente e, reduz em função do aumento de luz no ambiente (FABIO, 2017).

Figura 14 – Sensor Fotoresistor



Fonte: Fabio (2017)

Esse módulo possui 3 pinos: uma saída analógica, um pino de VCC, com alimentação de 5V e um de GND. E as demais características desse sensor se encontram no quadro 9.

Quadro 9 – Especificações do Sensor LDR

Tensão de Operação	3,3 – 5 V
Tempo de resposta	$\leq 10ms$

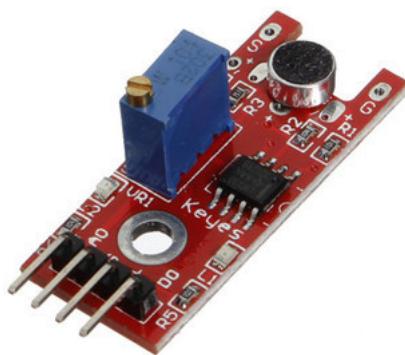
Fonte: Oliveira (2018c)

3.8 Sensor de Som KY-038 Microfone

O sensor de som KY-038, representado na figura 15, é um dispositivo desenvolvido para medir a intensidade sonora do ambiente em que se encontra. Ele possui um microfone de condensador elétrico que pode ter sua detecção ajustada através do potenciômetro presente no sensor (ROCHA, 2017).

Este sensor foi utilizado para detectar ruídos sonoros incomuns do ambiente e informar ao usuário, pois podem indicar uma situação de invasão, por exemplo.

Figura 15 – Sensor de Som KY-038 Microfone



Fonte: [Rocha \(2017\)](#)

Esse módulo possui 4 pinos: uma saída analógica, uma saída digital, um pino de VCC, com alimentação de 5V e um de GND. E as demais características desse sensor se encontram no quadro 10.

Quadro 10 – Sensor de Som KY-038 Microfone

Modelo	KY-038
Tensão de Operação	4-6 V DC
Comparador	LM393

Fonte: [Rocha \(2017\)](#)

3.9 Bluetooth HC-05

O módulo Bluetooth HC-05, representado na figura 16, é um dispositivo para comunicação wireless para envio e recebimento de dados (OLIVEIRA, 2018b).

Este módulo opera tanto no modo *master* (faz e aceita pareamento com outros dispositivos) como no *slave* (apenas aceita pareamento) (VIDAL, 2017a).

As especificações deste módulo se encontram no quadro 11.

Figura 16 – Bluetooth HC-05



Fonte: Oliveira (2018b)

Quadro 11 – Especificações do Módulo Bluetooth HC-05

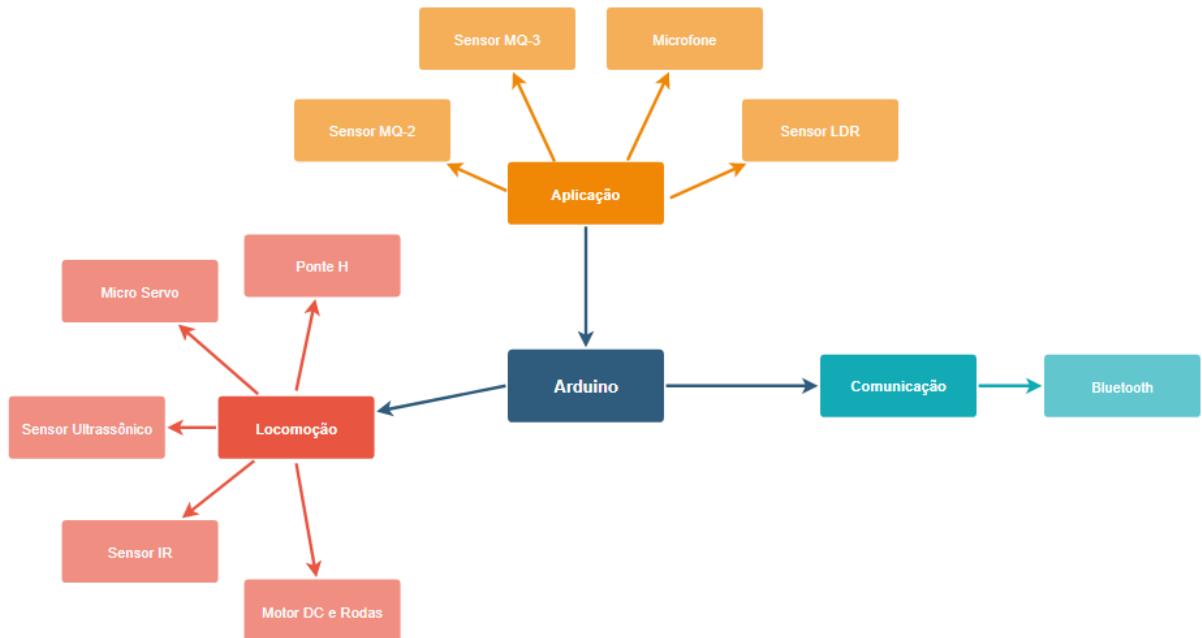
Modelo	HC-05
Tensão de Operação	3,6 V 6 V
Frequência de Operação	2,4 GHz
Nível de sinal lógico	3,3 V
Protocolo bluetooth	v2.0+EDR
Banda	ISM
Modulação	GFSK
Segurança	autenticação e criptografia
Temperatura de operação	-40° - 105° C
Alcance do sinal	aprox. 10 m

Fonte: (OLIVEIRA, 2018b)

3.10 Os dispositivos de hardware e as suas funcionalidades no projeto

Os componentes e dispositivos utilizados foram categorizados e representados no diagrama da figura 17 a seguir para melhor representar sua função nesse projeto.

Figura 17 – Diagrama das funções desempenhadas pelos componentes e dispositivos



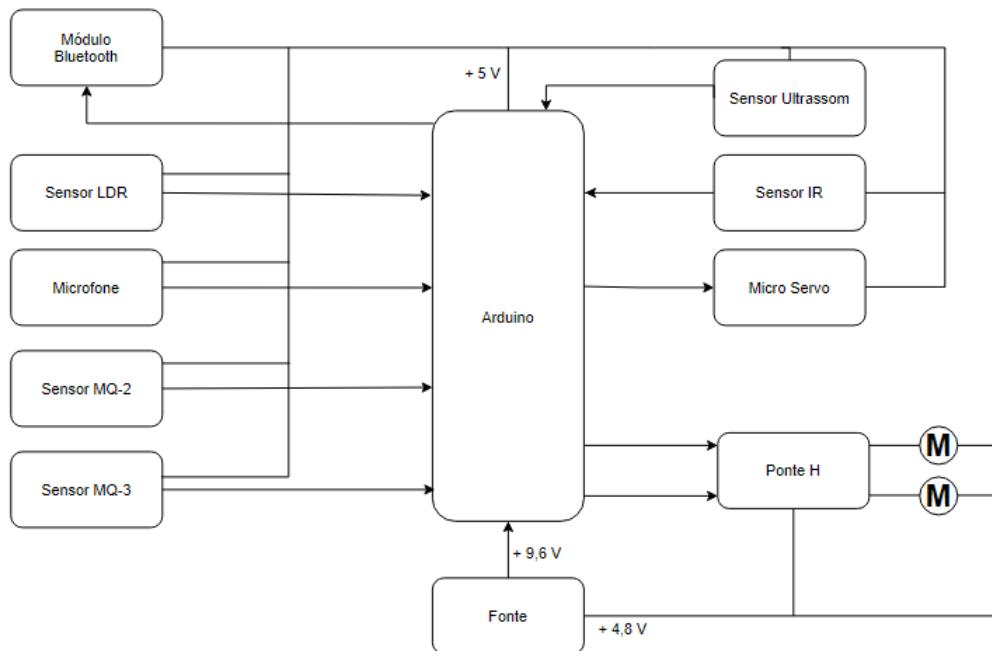
Fonte: Autor.

Os componentes e dispositivos foram divididos nas categorias de locomoção, aplicação e comunicação. A categoria de locomoção contém os dispositivos responsáveis pela locomoção do robô, como os motores DC e a ponte H, e também o micro servo e os sensores de distância, ultrassônico e IR, que controlam a distância entre o robô e obstáculos que ele deve evitar colidir. A categoria de aplicação contém os sensores que captam estímulos do ambiente e podem gerar uma interrupção para o robô comunicar ao usuário. E, por fim, a categoria de comunicação, que contém o módulo *bluetooth*, utilizado para enviar as mensagens de alerta para o celular do usuário.

4 Software

A relação entre o arduino e os componentes e dispositivos é esquematizada no diagrama da figura 18 e indica os sensores que enviam sinais para o arduino e os dispositivos que ele controla.

Figura 18 – Diagrama das relações entre o arduino e os componentes e dispositivos



Fonte: Autor.

Os sensores que podem gerar uma interrupção para o Arduino são os sensores de som, LDR, MQ-2, MQ-3. Quando esses sensores são acionados por um estímulo do ambiente, uma interrupção externa é chamada e, então, verifica-se se os dados recebidos por cada sensor estão acima dos valores normais. Se estiverem, o usuário será notificado a respeito de um possível risco, através de uma mensagem enviada pelo módulo *bluetooth*.

Para a locomoção do robô, o Arduino utiliza a ponte H para controlar os motores DC e utiliza os dados recebidos dos sensores de distância, ultrassônico e IR, que são controlados pelo micro servo, para calcular a distância entre o robô e obstáculos para evitar colisões.

O algoritmo desenvolvido para controlar o robô define dois estados, o de ronda e o de vigilância, e alterna entre eles.

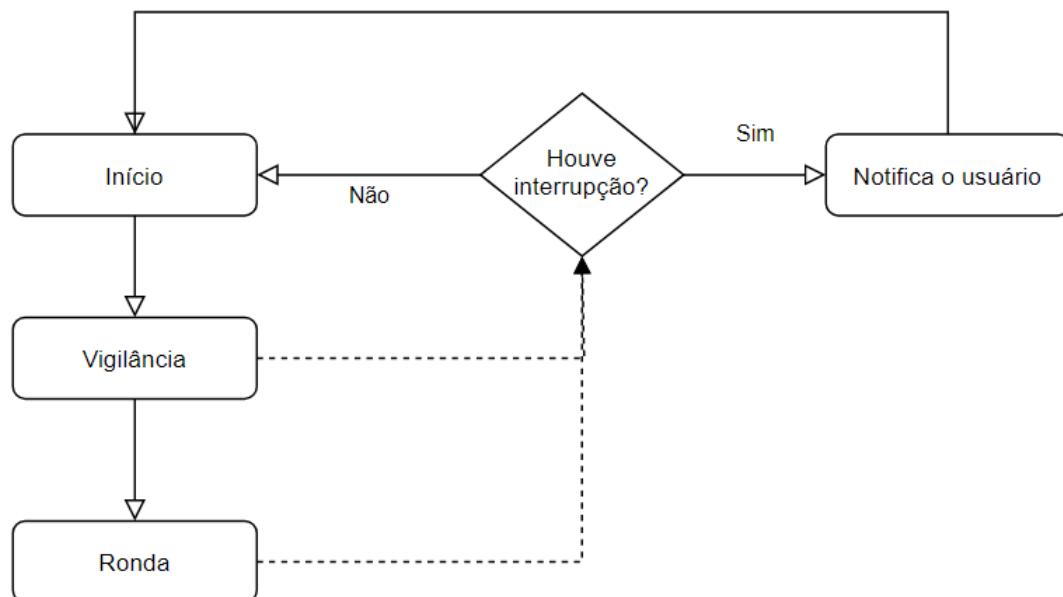
Durante o estado de vigilância, o robô fica parado aguardando interrupções provenientes dos sensores de aplicação do robô, os sensores de gás MQ-2, gás MQ-3, o sensor LDR e o sensor de som. Esses sensores, quando são acionados, geram uma interrupção externa para o

Arduino que verifica se está recebendo um valor de sinal do sensor igual ou acima do limite encontrado através de testes exaustivos. Caso positivo, ele envia um alerta para o celular do usuário através do módulo *bluetooth*, informando qual foi o estímulo que gerou o alerta.

Durante o estado de ronda, o robô percorre o ambiente e permanece suscetível a interrupções externas geradas pelos sensores de aplicação do robô. Caso isso ocorra, acontece o mesmo processo do estado de vigilância. Quando o robô está percorrendo o ambiente, ele utiliza o micro-servo para movimentar os sensores de distância, IR e ultrassônico, que geram informações para o arduino calcular a distância entre o robô e os obstáculos e assim, poder determinar a maior distância apresentada nos ângulos 0°, 45°, 90°, 135° e 180°. Dado a maior distância, ele se locomove nessa direção por um período de tempo pré-determinado, utilizando os motores DC controlados pela ponte H.

No diagrama da figura 19 o funcionamento do software que controla o robô é esquematizado para melhor ilustrá-lo.

Figura 19 – Diagrama do funcionamento do software



Fonte: Autor.

Para desenvolvimento e complemento desse trabalho foi utilizada uma abordagem de comunicação entre o robô e o usuário utilizando o módulo Bluetooth HC-05 (3.9) por meio de um aplicativo que implementa o padrão Sequence Packet Protocol (SPP). Para receber os dados enviados pelo robô, foi utilizado o aplicativo Bluetooth SPP disponível na PlayStore¹, que pode enviar e receber dados.

¹ Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.electronica.android.bluetoothspp&hl=pt_Acessoem14dejulhode2020.>.

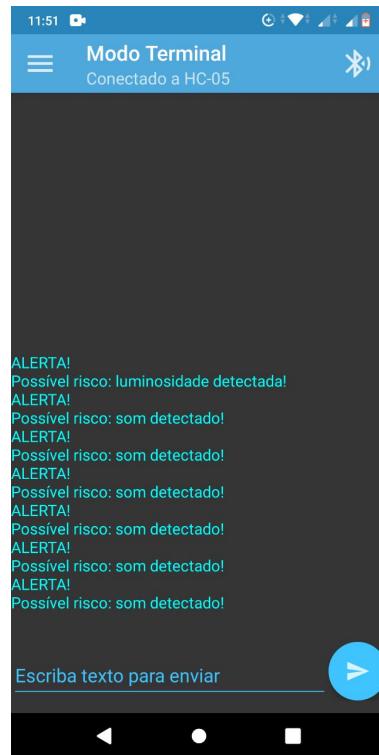
O aplicativo é utilizado para apresentar as mensagens recebidas através do módulo *bluetooth* e os exemplos de mensagem de alerta recebida são apresentados nas figuras 20, 21, 22 e 23 a seguir.

Figura 20 – Mensagem de alerta de luminosidade recebida



Fonte: Autor.

Figura 21 – Mensagem de alerta de som recebida



Fonte: Autor.

Figura 22 – Mensagem de alerta de gases percebidos pelo sensor MQ-2 recebida



Fonte: Autor.

Figura 23 – Mensagem de alerta de gases percebidos pelo sensor MQ-3 recebida



Fonte: Autor.

As mensagens são utilizadas para indicar o possível risco encontrado e diferenciam os estímulos recebidos de cada sensor.

5 Testes e Resultados

Testes foram realizados com os sensores de forma individual para definir os limites que seriam utilizados no projeto. Para os sensores de gás MQ-2 e MQ-3 utilizou-se um isqueiro e álcool 70°, respectivamente, para definir a sensibilidade dos sensores. Para o sensor de som, foi testado o barulho do próprio robô ao se deslocar para que este não identificasse este ruído como ameaça. E, para o sensor de luminosidade, foi testado diferentes níveis de luz no ambiente para encontrar um limiar.

Para a locomoção do robô, foram realizados testes exaustivos para definir o tempo a ser utilizado para o robô conseguir fazer as curvas e, também, para se deslocar e tornar a fazer uma nova verificação sem colidir com obstáculos.

Os resultados obtidos no desenvolvimento desse software estão divididos entre navegação e comunicação.

5.1 Navegação

A técnica de navegação utilizada para o desenvolvimento desse projeto foi ad-hoc, onde o robô utiliza sensores de distância, nesse caso, o sensor de distância ultrassônico (3.2) e o sensor infravermelho (3.4) para encontrar o caminho a ser percorrido.

O robô procura a maior distância que ele pode percorrer a partir da posição que se encontra e então segue nessa direção. Para isso, ele movimenta os sensores de distância, utilizando o micro-servo, em 5 ângulos diferentes, e encontra o maior caminho livre que ele pode percorrer. Então ele assume a direção determinada, movimentando as rodas, se necessário, e percorre aquele caminho por um tempo, até parar para uma nova verificação. E esse processo é repetido durante o estado de ronda.

5.2 Comunicação

Para desenvolvimento e complemento desse trabalho foi utilizada uma abordagem de comunicação entre o robô que utiliza o módulo Bluetooth HC-05 (3.9) para realizar uma comunicação entre o robô e o usuário deste, por meio de um aplicativo que implementa o protocolo *Sequence Packet Protocol* (SPP).

Esta abordagem foi implementada a fim de simplificar a comunicação entre esse módulo e o robô. Para receber os dados enviados pelo robô, foi utilizado o aplicativo Bluetooth SPP.

6 Conclusão

Em uma sociedade onde é comum o uso de sistemas eletrônicos de segurança, é útil um robô que consegue se deslocar pelo ambiente em que está inserido.

O projeto desenvolvido consiste em um software que equipa um robô capaz de realizar rondas em um ambiente qualquer e, caso receba algum estímulo, informar ao usuário do robô da possibilidade de riscos presentes no ambiente.

Para a elaboração do deslocamento do robô, foi utilizada uma navegação ad-hoc, onde o robô procura a direção da maior distância que ele pode percorrer e segue nela por um período determinado e para em um novo ponto onde fica esperando possíveis estímulos do ambiente para notificar o usuário ou o tempo de uma nova ronda se iniciar.

Para a aplicação de vigilância foram utilizados sensores para garantir a segurança do ambiente, os sensores para detecção de gases inflamáveis, sensores para alterações no ambiente, os sensores de luminosidade do ambiente e microfone, dispositivos para comunicação do robô e do usuário, módulo *bluetooth*, e sensores para locomoção, os sensores infravermelho IR e sensor ultrassônico.

Todos os sensores citados foram equipados em um robô simples, que é composto de motores DC, ponte H, Arduino e placa de ensaio.

Como forma de melhorar esse projeto, seria possível substituir o Arduino por uma placa eletrônica com comunicação *bluetooth* ou wifi já integrada, como a WeMos¹, a fim de facilitar o desenvolvimento do robô e, também, possuir mais pinos disponíveis para acrescentar mais sensores. Poderia também incluir um mecanismo de verificação de quantidade de bateria disponível, a fim de garantir a sobrevivência e preservação do robô.

¹ Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/placa-wemos-d1-r2-wifi-esp8266/>>. Acesso em 14 de julho de 2020.

Referências

- ALMEIDA, D. *Sensor de Distância Infravermelho Sharp GP2Y0A21YK0F / Portal VDS*. 2018. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-distancia-infravermelho-sharp-gp2y0a21yk0f>>. Acesso em 3 de Junho de 2020.
- ARDUINO. *Arduino Uno Rev3 / Arduino Official Store*. 2020. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Acesso em 19 de Maio de 2020.
- AURELIO. *Dicionário do Aurélio Online 2018*. Disponível em: <<https://dicionariodoaurelio.com/robo>>. Acesso em 12 de Março de 2019.
- BIGHETI, J. A. *Navegação de robôs em ambientes internos usando SLAM*. 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/87178/bigheti_ja_me_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 20 de Junho de 2020.
- BORENSTEIN, H. R. E. J.; FENG, L. *Navigating Mobile Robots*. [S.I.]: A K Peters, 1996.
- CANDIDO, G. *Sensor de Gás MQ-135 com Arduino / Portal Vida de Silício*. 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-gas-mq-135>>. Acesso em 28 de Maio de 2020.
- CARVALHO, P. *A importância da inovação para a segurança pública / Tecno-copa Soluções*. 2017. Disponível em: <<https://tecnocopa.com.br/2017/09/14/a-importancia-da-inovacao-para-a-seguranca-publica>>. Acesso em 20 de Março de 2019.
- ELETROGATE. *Kit Motor DC 3-6V + Roda 68mm - Eletrogate - Arduino e Robótica*. 2020. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/kit-motor-dc-3-6v-roda-68mm>>. Acesso em 7 de Julho de 2020.
- ELETRONICA, R. S. *Empresa de segurança e multiserviços lança robô inteligente / Revista Segurança Eletrônica*. 2020. Disponível em: <<https://revistasegurancaeletronica.com.br/empresa-de-seguranca-e-multiservicos-lanca-robo-inteligente>>. Acesso em 20 de Junho de 2020.
- FABIO. *LDR - O que é e como funciona - Mundo Projetado*. 2017. Disponível em: <<http://mundoprojetado.com.br/ldr-o-que-e-e-como-funciona>>. Acesso em 3 de Junho de 2020.
- IPEA - Atlas da Violência - Sobre. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/quem>>. Acesso em 20 de Março de 2019.
- MAGAZINE, R. *Security robot by Knightscope / Roboticmagazine*. 2014. Disponível em: <<http://www.roboticmagazine.com/various/knightscope-autonomous-robot>>. Acesso em 10 de Julho de 2020.
- MOTA, A. *HC-SR04 - Sensor Ultrassônico com Arduino - Tutorial*. 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/hc-sr04-sensor-ultrassonico>>. Acesso em 19 de Maio de 2020.

- MOTA, A. *O que é Arduino? | Entenda o que é e como funciona | Portal VDS*. 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/o-que-e-arduino-e-como-funciona/>>. Acesso em 19 de Maio de 2020.
- MOTA, A. D. *Apostila Arduino Básico: Vol. 1*. [S.I.]: Vida de Silício, 2015. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/wp-content/uploads/2020/04/Arduino-Basico-Vol.1.pdf>>. Acesso em 19 de Maio de 2020.
- NASCIMENTO, R. C. A. do. *Localização de robôs móveis em ambientes fechados utilizando câmeras montadas no teto*. 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/20775>>. Acesso em 20 de Junho de 2020.
- OLIVEIRA, E. *Como usar com Arduino - Micro Servo Motor SG90 9g - BLOG MASTERWALKER SHOP*. 2018. Disponível em: <<https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-micro-servo-motor-sg90-9g/>>. Acesso em 28 de Maio de 2020.
- OLIVEIRA, E. *Como usar com Arduino - Módulo Bluetooth HC-05 / HC-06 - BLOG MASTERWALKER SHOP*. 2018. Disponível em: <<https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-modulo-bluetooth-hc-05-hc-06/>>. Acesso em 3 de Junho de 2020.
- OLIVEIRA, E. *Como usar com Arduino - Módulo Fotoresistor (Sensor) LDR - BLOG MASTERWALKER SHOP*. 2018. Disponível em: <<https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-modulo-fotoresistor-sensor-ldr/>>. Acesso em 3 de Junho de 2020.
- OLIVEIRA, G. *Arduino - Medindo o nível de gás com o Sensor MQ-2 e Buzzer - BLOG MASTERWALKER SHOP*. 2016. Disponível em: <<https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/arduino-medindo-o-nivel-de-gas-com-o-sensor-mq2-e-buzzer/>>. Acesso em 28 de Maio de 2020.
- ROCHA, A. *Sensor de Som KY-038 Microfone - FilipeFlop Componentes Eletrônicos*. 2017. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-som-ky-038-microfone/>>. Acesso em 17 de Junho de 2020.
- RODRIGUES, D. P. *Estudo Comparativo de Métodos de Localização para Robôs Móveis Baseados em Mapa*. 2013. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/260699/1/Rodrigues_DiegoPereira_M.pdf>. Acesso em 20 de Junho de 2020.
- SIEGWART, R.; NOURBAKHSH, I. R. *Introduction to Autonomous Mobile Robots*. [S.I.]: A Bradford book., 2004. Disponível em: <<http://home.deib.polimi.it/gini/robot/docs/siegwart.pdf>>. Acesso em 12 de Março de 2019.
- SYSTEM, A. *Segurança móvel: já pensou em robôs monitorando sua empresa? | Blog da Alert*. 2017. Disponível em: <<http://alertsystem.com.br/blog/seguranca-movel-ja-pensou-em-ter-um-robo-monitorando-sua-empresa/>>. Acesso em 20 de Junho de 2020.
- TECTRONICS. *Ponte H L9110S Dupla para motor de passo para Arduino* | Tecnotronics. 2020. Disponível em: <<https://www.tecnotronics.com.br/ponte-h-l9110s-dupla-motor-dc-e-passo.html>>. Acesso em 3 de Junho de 2020.

THOMSEN, A. *Sensor Ultrassônico HC-SR04 / FILIPEFLOP*. 2011. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/sensor-ultrassonico-hc-sr04-ao-arduino/>>. Acesso em 19 de Maio de 2020.

THOMSEN, A. *Micro Servo Motor 9g SG90 com Arduino Uno - FilipeFlop*. 2013. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/micro-servo-motor-9g-sg90-com-arduino-uno/>>. Acesso em 28 de Maio de 2020.

THOMSEN, A. *O que é Arduino: conceito, benefícios e como utilizar - FilipeFlop*. 2014. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em 19 de Maio de 2020.

THOMSEN, A. *Sensor de Gás MQ-3 Álcool - FilipeFlop Componentes Eletrônicos*. 2015. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-gas-mq-3-alcool/>>. Acesso em 28 de Maio de 2020.

THOMSEN, A. *Sensor Ultrassônico HC-SR04 / FILIPEFLOP*. 2017. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04/>>. Acesso em 19 de Maio de 2020.

USINAINFO. *Motor DC 3-6V 80RPM com Caixa de Redução e Eixo Duplo 120:1*. 2020. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/micromotores-e-motores/motor-dc-3-6v-80rpm-com-caixa-de-reducao-e-eixo-duplo-1201-3162.html>>. Acesso em 3 de Junho de 2020.

VELLOSO, F. de C. *Informática: conceitos básicos*. [S.I.]: Elsevier, 2017. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=2mhaDwAAQBAJ&pg=PT26&dq=facilidade+comunica%C3%A7%C3%A3o+internet&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiA3La63ZLhAhWHEbkGHSKiC6UQ6AEIQDAD#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em 20 de Março de 2019.

VIDAL, V. *Módulos bluetooth HC05 e HC06 para comunicação com smartphone*. 2017. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/modulos-bluetooth-hc05-e-hc06-para-comunicacao-com-dispositivos-moveis-com-arduino/>>. Acesso em 19 de Junho de 2020.

VIDAL, V. *Sensor Ultrassônico HC-SR04 com Arduino - Entenda e aprenda a usar*. 2017. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/sensor-ultrassonico-hc-sr04-com-arduino/>>. Acesso em 19 de Maio de 2020.