



## ROBÔ SEGUIDOR DE PESSOAS CONTROLADO POR ARDUINO BASEADO EM COORDENADAS GEOGRÁFICAS E COMUNICAÇÃO VIA BLUETOOTH

Andrew Felipe Ribeiro Da Costa\*<sup>1</sup>, Henrique Elizeu Magalhães<sup>1</sup>, João Pedro de Oliveira Fornari<sup>1</sup>, Victor Teodoro Santos<sup>1</sup>, Antônio Marcos De Melo Medeiros<sup>1</sup>, Cássio Hideki Fujisawa<sup>1</sup>, Bruno Quirino De Oliveira<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>PUC-GO – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

*Resumo - Este artigo detalha os componentes e descreve o projeto da construção de um robô capaz de seguir uma pessoa sobre o qual se move a partir de coordenadas geográficas. O robô mede 21 cm de comprimento e 17 cm de largura, possui 2 motores de corrente contínua, rodas com pneus de borracha para tração, roda giratória 360°, driver ponte H para controle dos motores, microprocessador, 1 módulo GPS, 1 módulo Bluetooth, sensores e uma bússola eletrônica todos montados sobre um chassi em MDF. Este robô recebe as coordenadas geográficas da pessoa que possui outro módulo GPS e outro módulo Bluetooth, em seguida, através do microprocessador o robô calcula a distância que ele precisa percorrer. O sistema foi testado e os resultados experimentais obtidos indicam que o sistema é eficiente, sendo capaz de seguir a pessoa.*

**Palavras-Chave** - Comunicação Bluetooth, Coordenadas Geográficas, GPS, Microprocessador, Robôs Móveis, Robô Seguidor.

### ROBOT FOLLOWER OF PEOPLE CONTROLLED BY ARDUINO BASED ON GEOGRAPHIC COORDINATES AND BLUETOOTH COMMUNICATION

*Abstract - This article details the components and describes the project of a robot capable to following a person based on geographic coordinates. This robot has the size of 21cm long and 17cm wide and consists of two continuous current motors, wheels with rubber tires for traction, a 360° rotating wheel, driver bridge H to control the engines, microprocessor, two GPS modules, two Bluetooth modules, sensors and an electronic compass. All these components are built on a MDF chassis. This robot receives through a Bluetooth communication the geographic coordinates acquired by a GPS module that is hold by a person. Then, the microprocessor calculates the distance that it needs to move. The system was tested and the results showed that it is efficient and able to follow a person.*

**Keywords** - Bluetooth Communication, Follow Robots,

\*andrew\_felippe@hotmail.com

**Geographic Coordinates, GPS, Microprocessor, Mobile Robots.**

### I. INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial (AURESIDE): “Soluções de automação estão evoluindo constantemente nos dias de hoje em termos de eficiência, capacidade e desempenho geral”. Vários fatores contribuíram para esse expressivo crescimento, entre eles [1]:

- Maior demanda de softwares para atender as mais variadas necessidades de automação;
- O avanço tecnológico de produtos de hardwares, com uma consequente diminuição dos custos em virtude da massificação da demanda;
- A introdução dos produtos IoT (*Internet of Things*) que permite o intercâmbio de informações entre dispositivos inteligentes, fomentando um grande aumento na demanda por equipamentos; e
- O uso cada vez mais intenso de soluções robotizadas na execução das tarefas nos mais diferentes setores da economia.

Dentre os produtos desenvolvidos os veículos autônomos (*RMA – Robôs Móveis Autônomos*) tem atraído a atenção de muitos pesquisadores da área de Inteligência Artificial, devido ao desafio que este novo domínio de pesquisas nos propõe: dotar sistemas de uma capacidade de raciocínio inteligente e de interação com o meio em que estão inseridos. Os *RMA*s podem “sentir” o ambiente em que estão inseridos através da leitura de seus sensores (e.g. sensores infravermelho, lasers, *bumpers*, câmeras de vídeo, etc.), e através desta percepção sensorial eles podem planejar melhor as suas ações [2].

A automação penetrou em nosso cotidiano e cada vez é mais percebida. Por exemplo, a automação tem sido fundamental para pessoas portadoras de deficiências, que segundo o Censo 2010 divulgado pelo IBGE [3] aponta um grupo de 45,6 milhões de pessoas, o que corresponde a 23,9% da população brasileira. A maior parte delas vive em áreas urbanas - 38.473.702, ante 7.132.347 nas áreas rurais. E mostra ainda que são muitas as desigualdades em relação aos sem deficiência. A deficiência visual foi a mais apontada, atinge 18,8% da população. Em seguida vêm as deficiências motora (7%), auditiva (5,1%) e mental ou intelectual (1,4%).

Um problema atual e que afeta grande parte da sociedade é a perda de malas nos aeroportos pelas mais diversas razões tais como: desatenção, extravio, furto ou roubo. Segundo o jornal

Bom Dia Brasil em publicação no dia 24/03/2015, mais de onze malas são perdidas diariamente nos aeroportos do país [4].

A automação sempre foi uma grande aliada da praticidade e do conforto devido a sociedade buscar cada vez mais economia de tempo e esforço.

Portanto, este trabalho busca uma forma de facilitar a locomoção de malas (ou objetos de forma geral) entre dois pontos, sejam fixos ou não, e que acompanhem de forma autônoma os seus respectivos proprietários. O robô autônomo seguidor de pessoas é a solução, que tem o intuito de auxiliar pessoas com alguma deficiência física ou que não possam fazer esforços devido alguma limitação, ou ainda, apenas por comodidade.

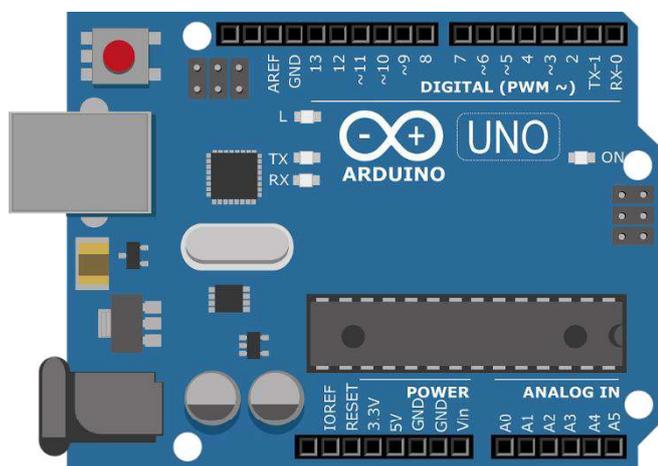
## II. COMPONENTES

Nesta seção serão descritos os componentes principais utilizados na implementação do robô seguidor de pessoa. Além disso, também serão comentadas as tecnologias necessárias para o funcionamento destes.

### A. Controlador

O Arduino possui um funcionamento semelhante ao de um pequeno computador, no qual pode-se programar a maneira como suas entradas e saídas devem se comportar em meio aos diversos componentes externos que podem ser conectados nas mesmas. Os pinos podem ser programados para agirem como entradas ou saídas, existem no mercado diversos modelos de Arduino com diferentes microcontroladores embutidos. A plataforma escolhida foi o Arduino UNO, este é projetado com um microcontrolador Atmega328 de 8 bits da família AVR, este dispõe de 32kb de memória flash e 2kb de SRAM e 1kb de EEPROM. Possui também 28 pinos, sendo que 23 podem ser utilizados como I/O. Esse microcontrolador opera em tensões baixas, de até 1.8V, a corrente máxima por pino é de 40mA e possui um oscilador interno de 32kHz. O Arduino UNO possui entradas e saídas digitais, assim como pinos de entradas e saídas analógicas. Estes Pinos operam em 5 V, onde cada pino pode fornecer ou receber uma corrente máxima de 40 mA. A programação do microcontrolador é feita pelo software Arduino IDE e é elaborada essencialmente em linguagem C/C++. A gravação do código elaborado para o Arduino ocorre via cabo RS 232 para USB [5]. A Figura 1 apresenta o Arduino utilizado.

Figura 1: Placa Arduino uno.



### B. Módulo GPS

O módulo GPS é uma ferramenta de localização na qual se interage com o GPS (Global Positioning System), que é um

sistema de navegação por satélite a partir de um dispositivo móvel, que envia informações sobre a posição de algo em qualquer horário e em qualquer condição climática [6]. A Figura 2 ilustra o módulo GPS e sua respectiva antena.

Figura 2: Módulo GPS e antena.



### CARACTERÍSTICAS:

- Modelo: GY-GPS6MV2;
- Tensão de alimentação: 3~5V;
- Antena cerâmica integrada;
- EEPROM para registro dos dados;
- Bateria de backup;
- LED indicador de sinal;
- Taxa de transmissão padrão: 9600bps.

### GPS (Global Positioning System)

### SISTEMA

O sistema funciona por sinais de rádio, existe uma rede de satélites girando em torno da terra que emitem sinais codificados que sua recepção é feita por um circuito especial e por um equipamento conveniente permitindo determinar com precisão sua posição sobre o globo terrestre [7].

### PROBLEMAS

A distorção dos sinais causada pela ionosfera que pode afetar na precisão, em vista de que quando são de alta frequência, existe a dificuldade de penetrar em devidos locais [7].

### FUNCIONAMENTO

Em torno da terra existe um anel de satélites que orbitam a uma altura de 20 mil e 200 quilômetros, dando duas voltas em torno da terra a cada dia sideral.

O anel de 18 satélites tem 6 planos orbitais com 3 satélites cada um, posicionados com uma inclinação de 55 graus.

Cada satélite transmite sinais na mesma frequência de 1575 MHz. O processo de modulação é o *Spread Spectrum Modulation* em que a portadora tem constantemente sua fase invertida por um código pseudorrandômico na frequência de 1,023 MHz.

Cada satélite leva um código de identificação de sua posição e de temporização.

Para ter sua posição o receptor e seu circuito de processamento utilizam o seguinte processo:

O receptor vai medir o deslocamento da frequência resultante

do Efeito Doppler devido ao movimento da terra, assim, o circuito vai medir o intervalo de propagação do sinal entre diversos satélites.

Na memória do microprocessador existem informações sobre as órbitas dos satélites em cada instante. Utilizando os resultados das medidas dos sinais com os dados da memória do microprocessador o circuito fornece as coordenadas exatas do local em que ele se encontra [7].

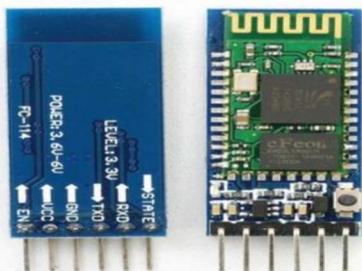
### C. Módulo Bluetooth

Este módulo, ilustrado na Figura 3, permite que o usuário receba e envie dados sem conectar um cabo ao Arduino. A principal característica do módulo *Bluetooth* HC-05 é ter seu funcionamento tanto no modo *master* (mestre), onde ele busca outro dispositivo para estabelecer a conexão podendo tanto enviar como receber dados, ou no modo *slave* (escravo) onde ele recebe a conexão de outro dispositivo e somente recebe dados.

#### CARACTERÍSTICAS:

- Protocolo Bluetooth: v2.0+EDR;
- Perfil: Porta Serial Bluetooth;
- Suporta modo Escravo (*Slave*) e Mestre (*Master*);
- CSR chip: Bluetooth v2.0;
- Tensão de comunicação: 3,3V (2,7 ~ 4,2 V);
- Corrente: Pareado 35mA; conectado 8mA;
- Temperatura: -40 ~ +105°C;
- Alcance: 10m;
- *Baud Rate*: 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800, 921600, 1382400;

Figura 3: Módulo Bluetooth.



### BLUETOOTH

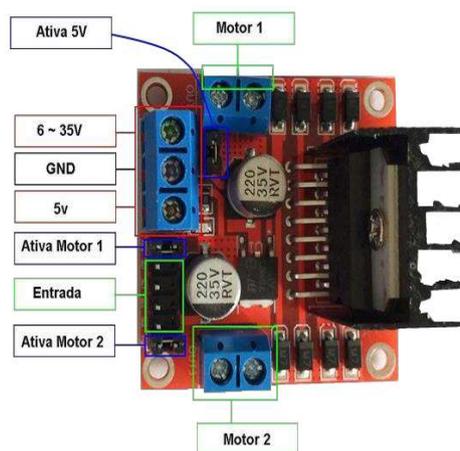
O Bluetooth é uma tecnologia de comunicação sem fio desenvolvida em 1994 pela empresa Ericsson. Ela permite a troca de dados e arquivos entre dispositivos de forma rápida e segura. O sistema trabalha em uma frequência de rádio de onda curta (2.4 GHz) para criar uma comunicação entre aparelhos habilitados.

A comunicação do Bluetooth se dá através da rede piconet, que só permite oito dispositivos conectados, sendo possível aumentar essa quantidade através do método scatternet [8].

### D. Driver ponte H L298N

É um módulo projetado para controlar cargas indutivas como relés, solenoides, motores CC e motores de passo, permitindo controlar não só o sentido de rotação do motor, como também sua velocidade [9]. Na Figura 4, este módulo é apresentado com a indicação dos seus principais conectores.

Figura 4. Driver ponte H e suas entradas e saídas.



### FUNCIONAMENTO

(MOTOR 1) e (MOTOR 2): referem-se aos conectores para ligação de 2 motores CC ou 1 motor de passo

(ATIVA Motor 1) e (ATIVA Motor 2): são os responsáveis pelo controle PWM dos motores 1 e 2. Se estiver com *jumper*, não haverá controle de velocidade, pois os pinos estarão ligados aos 5V. Esses pinos podem ser utilizados em conjunto com os pinos PWM do Arduino.

(ATIVA 5V) e (5V): este *Driver* Ponte H L298N possui um regulador de tensão integrado. Quando o driver está operando entre 6~35V, este regulador disponibiliza uma saída regulada de +5V no pino (5V) para um uso externo (com *jumper*), podendo alimentar por exemplo outro componente eletrônico. Portanto, não alimente este pino (5V) com +5V do Arduino se estiver controlando um motor de 6~35V e *jumper* conectado, isto danificará a placa. O pino (5V) somente se tornará uma entrada caso esteja controlando um motor de 4,0~5,5V (sem *jumper*), assim poderá usar a saída +5V do Arduino.

(6~35V) e (GND): nestes terminais será conectada a fonte de alimentação externa quando o *driver* estiver controlando um motor que opere entre 6~35V. Por exemplo se estiver usando um motor CC 12V, basta conectar a fonte externa de 12V neste pino e (GND).

(ENTRADA): este barramento é composto por IN1, IN2, IN3 e IN4. Sendo estes pinos responsáveis pela rotação do Motor 1 (IN1 e IN2) e motor 2 (IN3 e IN4).

#### CARACTERÍSTICAS:

- Tensão de Operação: 4~35V
- Controle de 2 motores CC ou 1 motor de passo
- Corrente de Operação máxima: 2A por canal ou 4A máx.
- Tensão lógica: 5V
- Corrente lógica: 0~36mA
- Limites de Temperatura: -20 a +135°C
- Potência Máxima: 25W

### E. Módulo sensor Reed switch

O *Reed Switch*, que é mostrado na Figura 5, funciona por campo magnético, fechando os contatos internos quando se aproxima um ímã do sensor. Ao tirar o ímã, os contatos se abrem novamente [10]

Figura 5 Sensor magnético Reed Switch.



#### CARACTERÍSTICAS:

- Tensão máxima de operação: 200VCC
- Corrente máxima de operação: 500mA
- Material: vidro e metal
- Sensor magnético
- Temperatura de operação: -40 a 125°C

Com os módulos do sensor *Reed switch* será possível saber a distância que o robô percorreu, através de dois ímãs instalados em cada roda, assim cada vez que o sensor for acionado, indicará que o robô percorreu meia volta da roda, que possui 10,5 cm de circunferência.

#### F. Módulo bússola eletrônica HMC5883L

O módulo HMC5883L contém um sensor magnético de 3 eixos, fornecendo na saída informações sobre os eixos X, Y e Z. Este módulo pode ser visto na Figura 6.

O sensor é usado para detectar o norte magnético da Terra, podendo utilizá-lo como bússola em projetos eletrônicos [11].

Figura 6. Módulo bússola eletrônica.



#### CARACTERÍSTICAS:

- Tensão de alimentação: 3,3 a 5,5VDC
- Magnetômetro de 3 eixos
- Precisão: 1 a 2 graus
- Suporta calibração automática
- Corrente em modo de medição: 0.1mA
- Interface de comunicação I2C
- Conversor analógico digital de 12bits integrado

#### G. Chassi

No protótipo iremos utilizar um chassi em MDF onde serão fixados dois motores CC em conjunto com as rodas de plástico de pneus emborrachados, além de possuir uma terceira roda giratória. A Figura 7 apresenta esta montagem.

Figura 7: Chassi utilizado para a sustentação do protótipo.



### III. PROJETO

As primeiras etapas do trabalho foram conseguir realizar com que os dois módulos GPS recebessem sua localização e conseguissem se comunicar com os módulos *Bluetooth*, configurando-os de forma que um transmitisse os dados e o outro recebesse.

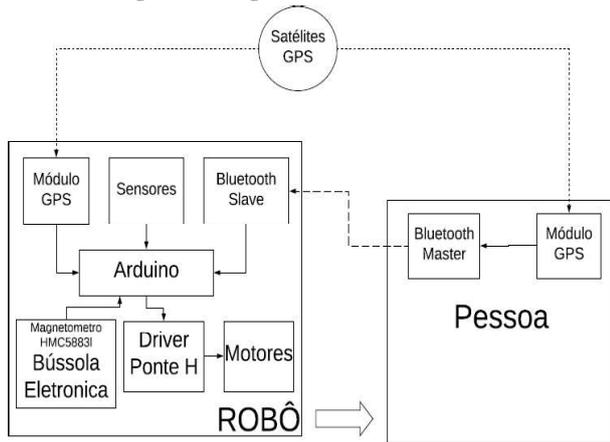
A seguinte etapa foi utilizar um dos módulos GPS para comunicar diretamente com o Arduino, este está presente apenas no robô. O outro módulo GPS que ficara com a pessoa, irá transmitir os dados para o módulo HC-05 que estará conectado como o outro módulo HC-05 que tem a função de transmitir os dados da localização da pessoa para o Arduino, permitindo assim que tenhamos tanto a localização do robô quanto a localização da pessoa.

Com as configurações necessárias nos módulos *Bluetooth* (HC-05) através dos comandos AT, pode-se configurar os módulos para operar no modo mestre ou escravo e definir suas senhas (que devem ser iguais para poderem se conectar). Após receber as duas localizações, o Arduino realizará os cálculos de distância do robô para a pessoa e o cálculo da variação de ângulo, ou seja, o sentido em que o robô deve se mover para acompanhar a pessoa. Com estas duas informações sentido e distância entre os dois pontos, através da bússola eletrônica teremos noção pelo Norte de qual posição o robô está direcionado, e partir desta será realizada a aceleração do motor do lado esquerdo ou o motor do lado direito para que o sentido seja o qual foi o estabelecido. Após ser posicionado em direção ao ângulo correto os dois motores funcionarão juntos para percorrer a distância estabelecida.

Será necessário sempre deixar uma certa distância para que o robô não encoste na pessoa, isto ocorre sempre que obtido as duas localizações e feito o cálculo da distância através do Arduino, ocorrendo assim um *loop* infinito possibilitando que o robô siga a pessoa e pare próximo a ela quando ela parar.

A Figura 8 ilustra os componentes que o robô deve portar e os que a pessoa deve carregar, além dos sinais dos satélites e a comunicação *Bluetooth*.

Figura 8: Diagrama de desenvolvimento



#### IV. RESULTADOS

Os resultados da pesquisa são qualitativos onde buscamos através de testes, chegar ao objetivo final que é fazer com que o objeto siga a pessoa, a pesquisa foi aplicada visando utilizar componentes simples que já estão no mercado para criar acessível.

A seguir serão apresentados os resultados do estudo e alguns problemas identificados.

##### A. SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO

Através do módulo GPS (GY-GPS6MV2), utilizado juntamente com o Arduino e programado pelo seu IDE através de uma linguagem de programação em C, conseguiu-se captar a latitude e longitude da posição na qual o Arduino estava, sendo assim, obteve-se a real e precisa localização em tempo real conseguindo o alcance de 6 satélites, sendo esta a localização do robô, conforme Figura 9.

Figura 9. Localização das coordenadas geográficas obtidas através da programação utilizada através do IDE do Arduino.

```

COM7 (Arduino/Genuino Uno)
|
-----
Precisao (centesimos de segundo): 160
-----
Latitude: -166.787673
Longitude: -492.456359
Idade da Informacao (ms): 45
Data (GMT): 18/4/2018
Horario (GMT): 13:2:51:0
Altitude (cm): 794.70
Velocidade (km/h): 9.43
Sentido (grau): 186.15
Satelites: 6
Precisao (centesimos de segundo): 140
    
```

##### B. INTERAÇÃO ENTRE GPS E BLUETOOTH

Foi estabelecida a conexão entre os dois módulos *Bluetooth* (HC-05), logo após foi conectado um módulo GPS no *Bluetooth* em modo master. E através da mesma programação utilizada para obter a localização com o módulo GPS conectado diretamente ao Arduino, também se obteve a latitude e longitude da posição na qual a pessoa a ser seguida

estava.

##### C. CÁLCULO DA DISTÂNCIA E SENTIDO

Após obter as duas localizações, uma direto do modulo GPS para o Arduino e a outra passando pelo *Bluetooth*, foi possível juntar as duas informações no Arduino e assim realizar os cálculos da distância e do sentido. Estes cálculos foram executados através de um código no IDE, aonde seria informado as duas latitudes e longitudes e assim por meio do monitor serial foi possível visualizar as duas localizações, a distância e o sentido entre elas, como demonstra a Figura 10 a seguir.

Figura10. Cálculos de Sentido e Direção

```

Latitude2:-16.678516
Longitude2:-49.245583
Local Identificado2: https://maps.google.com/maps/?&z=10&q=-16.678516,-49.245583
Latitude1:-16.678522
Longitude1:-49.245598
Local Identificado1: https://maps.google.com/maps/?&z=10&q=-16.678522,-49.245598
Distancia:1.72
Sentido:70.69
    
```

##### D. APLICAÇÃO DO SENSOR REED SWITCH

Após a instalação dos sensores e dos ímãs no mesmo, testes foram realizados para verificar a eficácia do sensor. Na Tabela 1, temos a distância digitada, e a distância percorrida pelo robô, o qual obtém-se do cálculo da distância digitada menos 0,21 m que é uma distância pré-estabelecida no código para que o robô não colida com a pessoa a ser seguida. Porém como a contagem do sensor e realizada somente com números, inteiros e a quantidade de leituras a ser estabelecida são com números reais, portanto poderá ocorrer um aumento na distância pré-estabelecida para 0.315 m.

Tabela 1: Tabela de precisão de distância percorrida em piso liso.

Distância digitada (m)	Distância percorrida (m)
1	0,81
2	1,83
3	2,78
4	3,67
5	4,72

##### E. PROBLEMAS IDENTIFICADOS

###### 1) LOCALIZAÇÃO

Como cada satélite transmite sinais através de suas frequências, pode-se não obter uma localização precisa em ambientes muito fechados.

###### 2) COMUNICAÇÃO

Toda comunicação via *Bluetooth* funciona até uma determinada distância, logo para não ocorrer falhas, será necessário deixar robô sempre dentro dessa distância.

#### V. CONCLUSÕES

Diante ao que foi proposto, a criação de um robô seguidor de pessoas baseado em coordenadas geográficas e comunicação via *Bluetooth* apresentou um protótipo que respondeu as expectativas e mostrou ter uma ampla aplicação ao cotidiano.

Para a realização da continuação deste trabalho, pode-se ajustar uma localização mais precisa e um sistema de comunicação mais amplo, rápido e eficaz, além de melhorias estéticas ao protótipo.

## VI. REFERÊNCIAS

- D.V. RIBEIRO, ROSELI: “ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA PARA MAPEAMENTO DE AMBIENTES INTERNOS”. Disponível em: <<https://rosario.ufma.br/jspui/handle/123456789/1527>>. Acesso em: 12 jun. 2017.
- [1] M. HEINEN, et al. “Estacionamento de um Veículo de Forma Autônoma Utilizando Redes Neurais Artificiais”. Disponível em: <<http://osorio.wait4.org/publications/Heinen-et-al-Enri2006.pdf>>. Acesso em: 2006.
- [2] L.N. LEAL, C. THOMÉ, “Brasil tem 45,6 milhões de deficientes”. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,brasil-tem-45-6-milhoes-de-deficientes,893424>>. Acesso em: 29 jun. 2012. Globo, “Onze malas são perdidas ou roubadas por dia nos aeroportos brasileiros”. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2015/03/onze-malas-sao-perdidas-ou-roubadas-por-dia-nos-aeroportos-brasileiros.html>>. Acesso em: 24 mar. 2015.
- [3] F. SOUZA, “Arduino UNO”. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arduino-uno/>>. Acesso em: 29 nov. 2013.
- [4] “Significado de GPS”. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/gps/>>. Acesso em: 26 jul. 2016.
- [5] “Como funciona o GPS (Global Positioning System) (ART2865)”. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/12715-como-funciona-o-gps-global-positioning-system-art2865>>. Acesso em: 2000.
- [6] M. CÂMARA, “Bluetooth: O que é e como funciona”. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/01/bluetooth-o-que-e-e-como-funciona.html>>. Acesso em: 24 jan. 2012.
- [7] A. THOMSEN, “Motor DC com Driver Ponte H L298N”. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n/>>. Acesso em: 14 mar. 2013.
- [8] “Como funciona o Reed-Switches (MEC089)”. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3860-mec089>>.
- [9] “Módulo Bússola Eletrônica HMC5883L”. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-bussola-eletronica-hmc5883l/>>. Acesso em: 01 jan