



DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA AUXÍLIO DE DEFICIENTES VISUAIS UTILIZANDO CONTROLADOR ARDUINO

RODRIGO MARQUES DOS SANTOS, GUSTAVO DA SILVA VIEIRA DE MELO

Universidade Federal do Pará – UFPA
Departamento de Engenharia Mecânica
Campus Universitário do Guamá, Belém, Pará, 66075-110 Brasil

(Recibido 18 de mayo de 2019, revisado 21 de junio de 2019, para publicación 31 de julio de 2019)

Resumo – No Brasil, a presença de faixas e vias que auxiliem os deficientes visuais quanto à sua locomoção não atende a demanda de maneira eficaz, o que provoca dificuldades durante a locomoção cotidiana destes. Mas, não somente as vias públicas são obstáculos, o próprio transporte em ambientes caseiros pode se tornar perigoso. Para mitigar este problema, o presente trabalho foi desenvolvido com objetivo de produzir um dispositivo que auxilie tais pessoas durante seu cotidiano, baseado em controladores Arduino e sensores responsáveis pela identificação de objetos. Para tal, o algoritmo desenvolvido é capaz de medir distâncias com baixos níveis de erros em relação à medição real, sendo possível até próximo de 2 m, e enviá-las para uma outra placa. Este sinal é, então, transmitido ao controlador e alerta o usuário sobre um possível objeto nas proximidades através de micromotores posicionados ao redor da cintura do mesmo. Dessa forma, o protótipo proposto se mostrou eficaz na medição das distâncias e durante o alerta vibratória ao usuário, garantindo sua usabilidade em situações cotidianas, haja vista sua funcionalidade e seu baixo custo.

Palavras-chave – Protótipo, Arduino, Sensores, Baixo Custo.

1. INTRODUÇÃO

A ausência de manutenção das vias públicas é um problema comum a população, sejam elas ciclofaixas, ciclovias, faixas de pedestres e as faixas com sinalização tátil – para deficientes visuais. Para motoristas, a ausência prejudica o tempo de vida do automóvel e os ciclistas são prejudicados de forma semelhante, entretanto sua locomoção e sua vida cotidiana não se tornam mais prejudicadas por tal necessidade, em relação às encontradas por deficientes visuais. De acordo com [1], em 2012, havia cerca de 161 milhões de deficientes visuais em todo o mundo, aproximadamente 2,6% da população total. Em consonância, no Brasil, esses dados apontam para cerca de 2% da população brasileira com alguma deficiência e tendem a crescer, haja vista uma elevada expectativa de vida e maior número de idosos. Tendo isso em vista, uma pesquisa foi desenvolvida com o propósito de promover maior suporte a estas pessoas, por meio de um equipamento funcional e de baixo custo, com base em sistemas embarcados.

A utilização de sistemas embarcados permite a realização de atividades repetitivas, que facilitam a vida humana. Tal fato ocorre em pesquisas realizadas com embasamento em sistemas embarcados e sensores, haja vista sua eficácia observada [2,3,4]. Em paralelo, uma das placas micro controladoras mais utilizadas é a Arduino, dada sua vantagem econômica, sua linguagem de programação ser open-source e sua capacidade de operar sem a presença de um computador externo conectado a ela [2].

Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos utilizando a plataforma Arduino como componente principal do sistema embarcado, seja em controladores de sistemas elétricos como em [3] ou em projetos de telemetria como em [4]. Estas pesquisas revelam a importância de sistemas mecatrônicos para o desenvolvimento de atividades repetitivas ou para a aquisição de dados, de maneira acessível e com baixo custo. Tendo isso em vista, o presente trabalho objetiva desenvolver um protótipo de localização espacial para auxiliar os deficientes visuais em atividades cotidianas, baseando-se em controladores Arduino conectados a sensores, transmissores e receptores de sinal, além de micromotores de corrente contínua.

Para isso, utilizando o controlador Arduino e conhecendo o funcionamento de sensores ultrassônicos e de módulos transmissores e receptores, busca-se desenvolver dois sistemas: um para medição de distâncias e envio de sinais; e outro para recepção de sinais e controle vibratório de micromotores. A partir desta configuração, os micromotores serão os responsáveis diretos pela comunicação entre o bastão e o usuário, tendo em vista que os motores ficarão posicionados na cintura dele.

2. MATERIAIS

Para o desenvolvimento do projeto, foram listados os materiais utilizados no protótipo, seguido de seu funcionamento.

2.1. Sensores Ultrassônicos

Os sensores ultrassônicos utilizados no projeto são do tipo HC-SR04 e foram usados com o objetivo de medir as distâncias entre os sensores e possíveis obstáculos próximos do usuário, variando entre 0,02 e 4 metros, com uma precisão de 0,003 m [5]. Durante o processo, o sinal trigger e echo são inicializados e o sensor emite um pulso de onda de 40 kHz. Para medir tal distância, o sensor emite um sinal ultrassônico que reflete sobre a superfície de possíveis obstáculos e volta para ele, calculando a distância com base neste tempo mensurado e na velocidade do som [6], já considerando que o impulso ultrassônico percorre a mesma distância duas vezes – no sentido sensor-objeto e objeto-sensor.

A Fig. 1 mostra um esquema de como funciona a emissão do pulso.

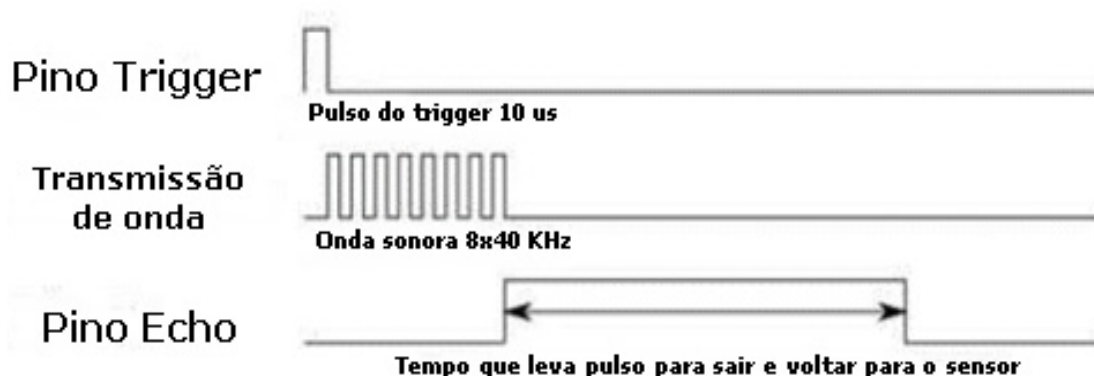


Fig. 1. Diagrama do sensor HC SR04.
Fonte: Adaptado de [6].

2.2. Transmissor e Receptor Radiofrequência

Segundo [8], o transmissor e o receptor são módulos que transmitem e recebem informações através de transmissões eletromagnéticas com modulação AM (Modulação em Amplitude) e frequência de 433 MHz. Além disso, [9] ressalta que é possível estabelecer uma comunicação serial e uma transmissão segura entre as placas micro controladoras em distancias até 200 metros e que pode ser melhorada com a fixação de uma antena no transmissor ou no receptor.

2.3. Micromotores de Corrente Contínua (CC)

Micromotores de corrente contínua são caracterizados, principalmente, pela sua versatilidade e facilidade de operação. Ele pode ser projetado para exibir uma ampla variedade de características de volt-ampere ou de torque-velocidade para operações dinâmicas ou estacionárias [10]. Neste projeto, utilizou-se uma faixa

de voltagem entre 0 e 5 volts, sendo controlada a partir da corrente elétrica transmitida por uma placa micro controladora.

3. CRITÉRIO DE CHAUVENET

Em análises experimentais com dados variáveis sujeitos a influência de ruído ambiental, é necessária a utilização de um tratamento estatístico para ampliar a confiabilidade dos resultados e diminuir as possibilidades de erro durante o desenvolvimento do projeto. Portanto, o método de Chauvenet é capaz de remover valores que tenham probabilidade de desvio em relação à média menor que $1/2n$, onde n é o número de amostras [11].

Durante as medições se observou que alguns valores fugiam à tendência dos demais, seja por falhas elétricas ou por ressonância, o que poderia acarretar valores médios de distância incoerentes aos adquiridos pelo sensor. Dessa forma, para a presente análise, o método foi utilizado para remover esses pontos e retornar um novo valor médio sem estes *outliers* – valores que não seguem a tendência das amostras.

Além disso, constatou-se que o número de medições feitas pelo sensor está diretamente relacionado com a taxa de transmissão e de recepção de dados, de tal forma que um resultado médio de 20 amostras exigia maior tempo de processamento em relação às 10 amostras utilizadas e não apresentava valores significativamente mais precisos.

Dessa forma, o valor médio (x_m) e o desvio médio (d_i) da amostra são calculados a partir da Eq. (1) e Eq. (2), respectivamente:

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

$$d_i = x_i - x_m \quad (2)$$

Então, a variância da amostra (σ^2) e o desvio padrão (σ) são calculados a partir da Eq. (3) e Eq. (4), respectivamente.

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_m - x_i)^2 \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (4)$$

O critério de Chauvenet, sendo uma distribuição Gaussiana, apresenta uma tabela do número de amostras utilizadas (N) em relação ao máximo desvio aceitável em relação ao desvio padrão (Z), de acordo com a Tabela 1. Dessa forma, qualquer valor que esteja em desacordo com a tabela mostrada a seguir estará sujeito a remoção e novos valores deverão ser calculados [11].

Observou-se que a aplicação do critério deve ser efetuada uma única vez, com o objetivo de remover o valor mais destoante da amostra, pois em uma segunda avaliação o desvio padrão da amostra tende a

Tabela 1. Valores de Z em função de N para aplicação do critério.

| N | Z | N | Z | N | Z | N | Z |
|----|------|----|------|----|------|-----|------|
| 4 | 1,54 | 12 | 2,03 | 20 | 2,24 | 28 | 2,37 |
| 5 | 1,65 | 13 | 2,06 | 21 | 2,26 | 29 | 2,38 |
| 6 | 1,73 | 14 | 2,10 | 22 | 2,28 | 30 | 2,39 |
| 7 | 1,80 | 15 | 2,13 | 23 | 2,30 | 40 | 2,50 |
| 8 | 1,85 | 16 | 2,16 | 24 | 2,31 | 50 | 2,58 |
| 9 | 1,91 | 17 | 2,18 | 25 | 2,33 | 100 | 2,81 |
| 10 | 1,96 | 18 | 2,20 | 26 | 2,35 | 200 | 3,01 |
| 11 | 1,99 | 19 | 2,22 | 27 | 2,36 | 500 | 3,30 |

diminuir e novos valores serão descartados, ocasionando uma remoção elevada de dados. Neste sentido, este procedimento foi aplicado uma única vez, haja a vista, também, a quantidade de dados da amostra coletada.

Durante o projeto, o número de amostras foram 10, portanto Z será 1,96.

Dessa forma, após descobrir qual a relação entre os desvios individuais e o desvio padrão na Eq. (5), as análises individuais poderão ser realizadas.

$$\beta_1 = \frac{(x_i - x_m)}{\sigma} \quad (5)$$

β_1 é a relação.

Se $\beta_1 > Z$, o valor será removido da amostra.

4. METODOLOGIA

A ideia principal do algoritmo é usar sensores ultrassônicos em um bastão guia para identificar objetos próximos e transmitir essa informação ao usuário. Para o projeto, foram dispostas duas placas controladoras Arduino – uma responsável pela medição das distâncias e outra responsável pela recepção dos dados. Além disso, várias possibilidades foram testadas para se certificar quanto à eficácia da utilização destas placas para a realização do projeto e constatou-se que era possível seu uso. Estas etapas de testes foram realizadas com base na verificação de medições individuais entre os componentes do projeto.

A Tabela 2 apresenta o número de sensores utilizados em cada uma das fases de avaliação.

Após esta fase, caracterizou-se os materiais utilizados no projeto ao longo das fases iniciais e finais, a fim de apresentar um custo médio obtido para a finalização do protótipo.

Inicialmente, foram utilizados:

- Sensor Ultrassônico HC SR04;
- Protoboard;
- Micro controlador Arduino;
- Computador;
- Excel 2016;
- Fios Jumper.

A Fig. 2 apresenta alguns destes componentes.

Tabela 2. Número de sensores utilizados ao longo do projeto.

| Fases | Número de sensores |
|----------------------|--------------------|
| Inicial/Validação | 1 |
| Primeira verificação | 2 |
| Fase de Teste | 2 e 3 |
| Protótipo Final | 2 |

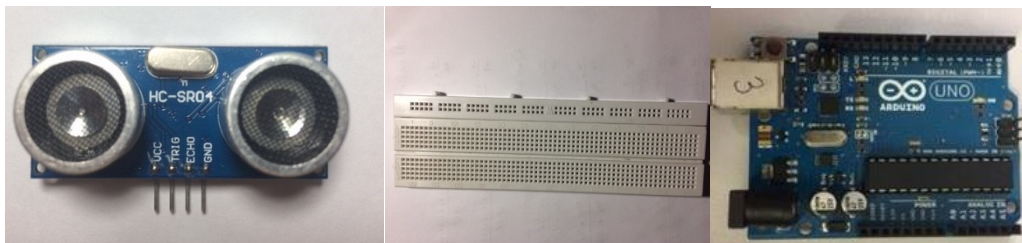


Fig. 2. Da esquerda para a direita: Sensor ultrassônico HC-SR04; Placa de prototipagem (protoboard) e Placa controladora Arduino.

Durante a fase inicial, iniciou-se o desenvolvimento do algoritmo para a localização dos objetos próximos ao sensor. Nesta etapa, utilizou-se um sensor ultrassônico, uma protoboard e uma placa Arduino para verificar a funcionalidade do sistema, de tal forma que o algoritmo mostrasse no monitor serial o que está acontecendo entre cada uma das medições e, a partir disso, estabelecesse alguns comportamentos do sensor para prever como ocorrerá a transmissão de dados. Para isso, uma validação foi realizada para garantir que o algoritmo funcionasse corretamente durante a medição.

Esta fase foi caracterizada pela medição de distância entre sensor e alguns obstáculos previamente ajustados em posições estabelecidas pelos desenvolvedores. Além disso, aplicou-se uma análise estatística sobre estes dados, com o intuito de aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos antes de serem enviados à placa receptora. Dessa forma, para que o algoritmo funcionasse de modo satisfatório e as medições estivessem de acordo com a realidade, o código implementado envia os valores de médias aritméticas aplicadas a cada 10 valores de distância medidos, já que há casos em que a média apresenta valores “outliers” que a distorcem e não apresentam um valor adequado. Neste sentido, o método de Chauvenet foi implementado para a remoção destes outliers.

Durante a validação inicial (ver Fig. 3), estabeleceu-se obstáculos na direção do sensor e mediu-se a distância de cada um até o sensor com um medidor padrão, o objetivo era checar se as medições apresentavam a mesma distância em relação à real. Após a validação das distâncias, um mini protótipo foi desenvolvido para simular o futuro sistema.

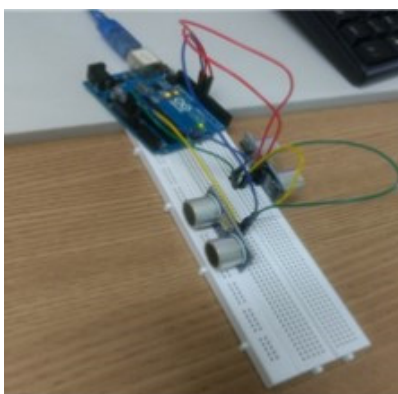


Fig. 3. Validação inicial.

Para as demais etapas foram utilizados os seguintes materiais:

- Sensores ultrassônicos, transmissores e receptores radiofrequência e micromotores;
- Controlador Arduino;
- Baqueta (simulação inicial do protótipo) e um bastão (para simular um bastão guia de cegos), trena e cinto;

Além disso, o desenvolvimento do sistema ocorreu da seguinte maneira:

- Medição das distâncias em relação ao sensor e remoção de outliers;
- Identificação de onde está o objeto mais próximo;
- Checar se a distância é menor que um limite mínimo pré-estabelecido;
- Se estiver dentro da faixa, transmitir o valor;
- Usar a distância medida em uma função de controle da vibração motora.

Tendo em vista que o usuário pode se tornar insensível as vibrações do motor depois de um certo tempo e que é necessária uma diferenciação entre as vibrações para indicar uma sensibilidade maior em relação às distancias medidas, criou-se uma função de regressão capaz de relacionar a distância medida com a velocidade de rotação do motor. Essa escala é responsável por promover uma sensação mais realística do ambiente, o que uma escala linear poderia não oferecer.

Os componentes utilizados para a construção do protótipo estão mostrados de acordo com a Fig. 4.

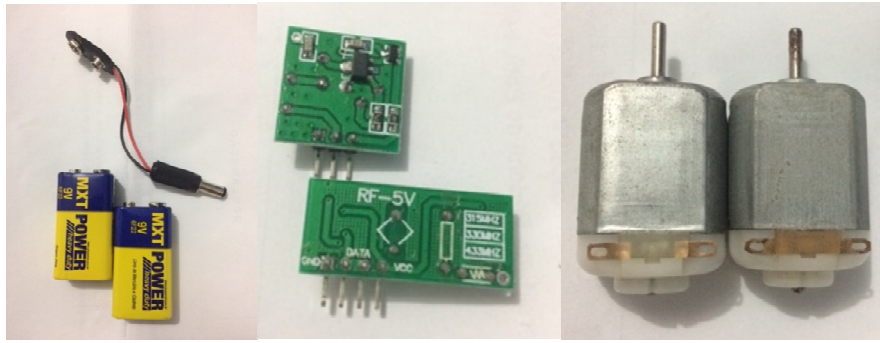


Fig. 4. Da esquerda para a direita: Bateria 9v para alimentação do sistema; transmissor e receptor radiofrequência e micromotores de corrente contínua.

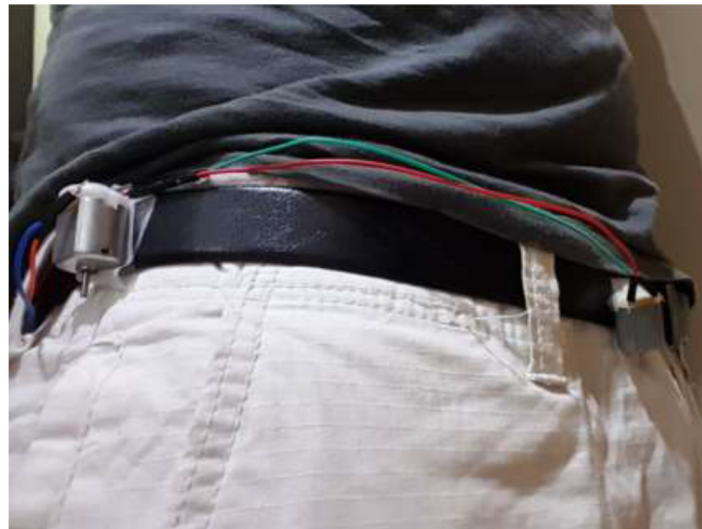


Fig. 5. Arranjo de posicionamento dos micromotores.

Desta forma, os micromotores foram posicionados ao redor do cinto do usuário e junto ao controlador, para demonstrar o uso do protótipo desenvolvido. Para um melhor entendimento, este arranjo pode ser visto na Fig. 5. Ressalta-se que as baterias foram acopladas junto ao controlador Arduino, posicionado às costas do usuário.

5. RESULTADOS

Para obter um maior arranjo possível das medições foram realizadas médias aritméticas (com 10 amostras em cada) para cada distância pré-definida (ver Tabela 3) e, em seguida, os gráficos foram plotados baseando nas médias e nos desvios padrões encontrados. Abaixo, segue o gráfico de relação entre as distâncias pré-definidas e as medidas experimentalmente (ver Fig. 6), sendo que interferências externas ao experimento

Tabela 3. Média amostral das distâncias calculadas em comparação às distâncias pré-definidas.

| Distâncias pré-definidas [em cm] | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Média da amostra (10 medidas) [em cm] | 15,68 | 30,80 | 61,15 | 76,92 | 100,73 | 111,67 | 132,65 |
| Desvio padrão [em cm] | 4,73 | 6,93 | 6,56 | 6,42 | 5,42 | 2,29 | 9,27 |

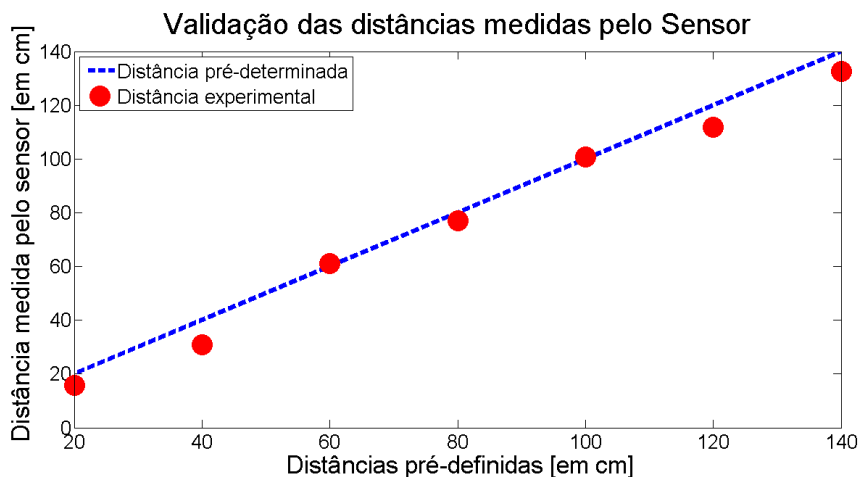


Fig. 6. Representação gráfica da relação entre as distâncias pré-determinadas e as experimentais.

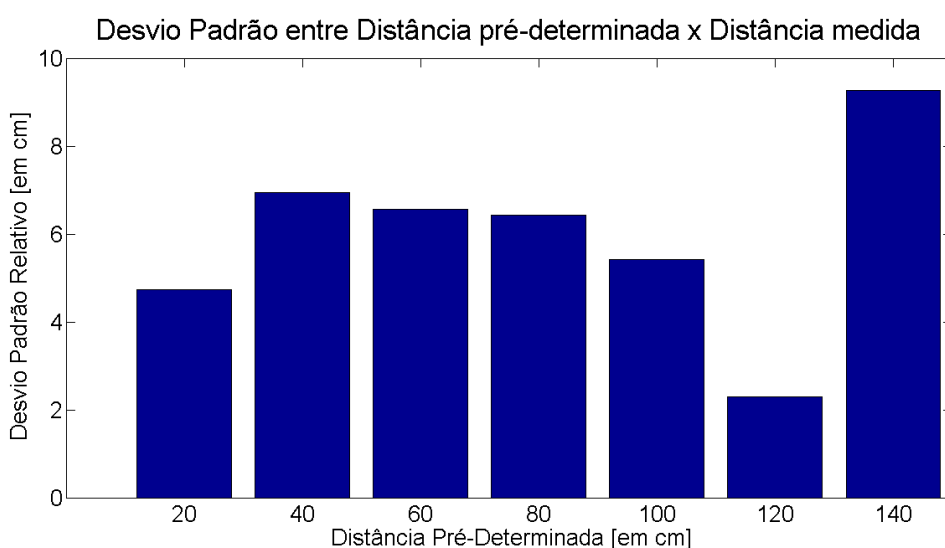


Fig. 7. Relação de Desvio padrão em função das distâncias medidas.

não foram desconsideradas, tais como ressonância, reflexão da onda ultrassônica ao se chocar com o objeto, entre outras.

Observando o comportamento das distâncias experimentais encontradas, percebeu-se que houve uma constância nos desvios em distâncias de 0,02 a 100 cm, enquanto ao chegar em 120 cm o desvio apresentou uma queda e subiu novamente em 140 cm (ver Fig. 7). Note que, essas variações podem ter sido originadas por algum fator externo não perceptível ao ser humano (por exemplo, ressonâncias). Isto é, podem representar as diversidades que um usuário poderá encontrar no cotidiano.

Para obtenção dos parâmetros iniciais, foi possível desenvolver um protótipo inicial para simular o movimento dos bastão-guia, conectando 3 sensores ultrassônicos na extremidade do bastão de simulação, para observar o comportamento do sistema quanto a identificação do sensor que está medindo a menor distância. De forma semelhante ao da Fig. 8, realizou-se uma análise com dois sensores apenas, posicionados em sentidos opostos.

Estas análises foram interessantes para se avaliar a eficiência da quantidade de sensores próximos entre si realizando as medições concomitantemente, o comportamento dos sinais enviados e recebidos, o tempo de processamento do algoritmo de transmissão em conjunto ao de recepção dos dados.



Fig. 8. Bastão-guia inicial.

```

COM4
. Sensor 0= 11.85. Sensor 1= 16.86 .Menor distancia: 11cm .Valor enviado[cm]:11
. Sensor 0= 9.57. Sensor 1= 17.74 .Menor distancia: 9cm .Valor enviado[cm]:9
. Sensor 0= 7.19. Sensor 1= 18.54 .Menor distancia: 7cm .Valor enviado[cm]:7
. Sensor 0= 8.76. Sensor 1= 18.30 .Menor distancia: 8cm .Valor enviado[cm]:8
. Sensor 0= 9.04. Sensor 1= 13.16 .Menor distancia: 9cm .Valor enviado[cm]:9
. Sensor 0= 37.89. Sensor 1= 16.99 .Menor distancia: 16cm .Valor enviado[cm]:16

```

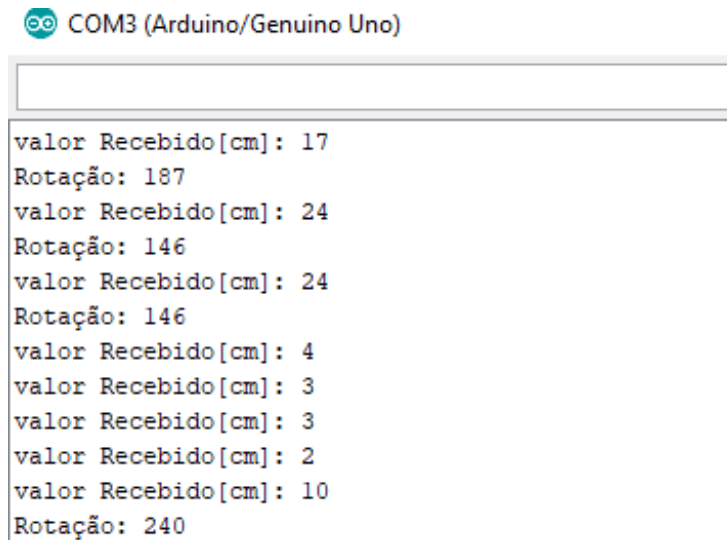
Fig. 9. Monitor Serial do transmissor mostrando como os dados tratados antes de serem enviados ao módulo receptor.

Observando o melhor comportamento do conjunto de 2 sensores nesta etapa, adotou-se uma nova configuração com os sensores posicionados opostos entre si (protótipo final). Esta medida impede que as ondas ultrassônicas emitidas por cada um sofram interferência entre si durante o caminho percorrido. Paralelo a isso, a utilização de um sensor a mais no sistema aumentaria o tempo de processamento do algoritmo, pois haveria um total de 30 amostras a serem avaliadas – referente aos 3 sensores utilizados anteriormente, sendo 10 amostras de cada. Além disso, não se verificou efetiva melhoria na obtenção das distâncias do sistema com os 3 sensores em relação ao com 2 sensores para a metodologia adotada.

Durante o progresso final do projeto, houve a transmissão de dados entre a placa controladora responsável pela medição das distâncias e a outra responsável pela vibração dos motores. Para isso, dentro do código foi estabelecido que as distâncias seriam enviadas caso estivessem entre 0,02 e 99 centímetros. Além disso, dentro do código desenvolvido, optou-se por enviar apenas valores inteiros, gerados a partir de arredondamentos para o menor inteiro, para proporcionar relativa segurança ao usuário.

A Fig. 9 apresenta um grupo de amostras referentes ao monitor serial do software Arduino durante a transmissão dos dados.

Tendo em vista que o objetivo do sistema proposto é auxiliar pessoas com deficiência visual, considerou-se que a mesma já possui uma relativa locomoção por bastões-guia, além disso, verificou-se que a curtas distâncias o usuário seria capaz de identificar o objeto por meio do contato com o bastão, haja vista que há uma distância horizontal entre sensor e bastão. Desta forma, o receptor foi programado para tratar os dados



```

COM3 (Arduino/Genuino Uno)

valor Recebido[cm]: 17
Rotação: 187
valor Recebido[cm]: 24
Rotação: 146
valor Recebido[cm]: 24
Rotação: 146
valor Recebido[cm]: 4
valor Recebido[cm]: 3
valor Recebido[cm]: 3
valor Recebido[cm]: 2
valor Recebido[cm]: 10
Rotação: 240

```

Fig. 10. Monitor Serial do receptor mostrando como os dados são recebidos e tratados, antes de enviar as informações aos motores.

somente quando as distâncias recebidas fossem maiores ou iguais a 10 cm (diferença de distância horizontal adotada para elaboração do algoritmo). Caso fossem menores, os dados não seriam tratados e os motores não receberiam as informações para vibrar (ver Fig. 10).

Como observado acima, valores de distância menores que 10 centímetros não são enviados ao receptor, mas os demais valores até 99 centímetros são encaminhados. Frente a essa medida, tornou-se necessário haver uma comunicação eficaz entre sensor e usuário, para que ele seja capaz de identificar os obstáculos mais próximas antes de um possível choque. Neste sentido, micromotores foram acoplados ao redor da cintura do usuário para que ele percebesse com maior facilidade a informação obtida, dada a distribuição equilibrada.

Em paralelo, também se considerou utilizar todos os componentes juntos em um mesmo sistema utilizando um controlador, entretanto, observou-se que este conjunto acarretaria uma alimentação maior por parte da fonte externa e diminuiria o tempo de vida útil das baterias.

Além disso, para produzir uma sensação de proximidade ao usuário dependendo da posição em que o obstáculo se encontra, criou-se uma função de regressão não linear (de acordo com a Eq. 7), para relacionar as distâncias medidas com o *Duty Cycle* (ciclo de trabalho do motor, ver Fig. 11). Tais motores foram levemente desbalanceados para que ele possa gerar maior vibração e conseguir estabelecer o contato mais rapidamente com o usuário.

Para a elaboração da equação de rotação, definiu-se uma equação de comportamento exponencial (ver eq. 6) e as condições de contorno do sistema para encontrar as constantes do problema.

$$y = A \cdot e^{\alpha \cdot d} \quad (6)$$

Condições de contorno:

$$240 = A \cdot e^{\alpha \cdot 10}$$

$$10 = A \cdot e^{\alpha \cdot 99}$$

O controle de tensão no motor respeita a relação 0-5 volts no motor e 0-255 na interface do software. Dessa forma, para a condição (I), utilizou-se 240 como limite máximo de voltagem para gerar rotação, para que o motor evite trabalhar com carga máxima, e 10 centímetros como a condição de contorno de distância. Para a situação (II), fez-se o inverso, utilizou-se o valor de 10 para a rotação e 99 para a distância.

Realizando-se as operações algébricas, têm-se que os valores dos coeficientes são:

$$A = 342,99$$

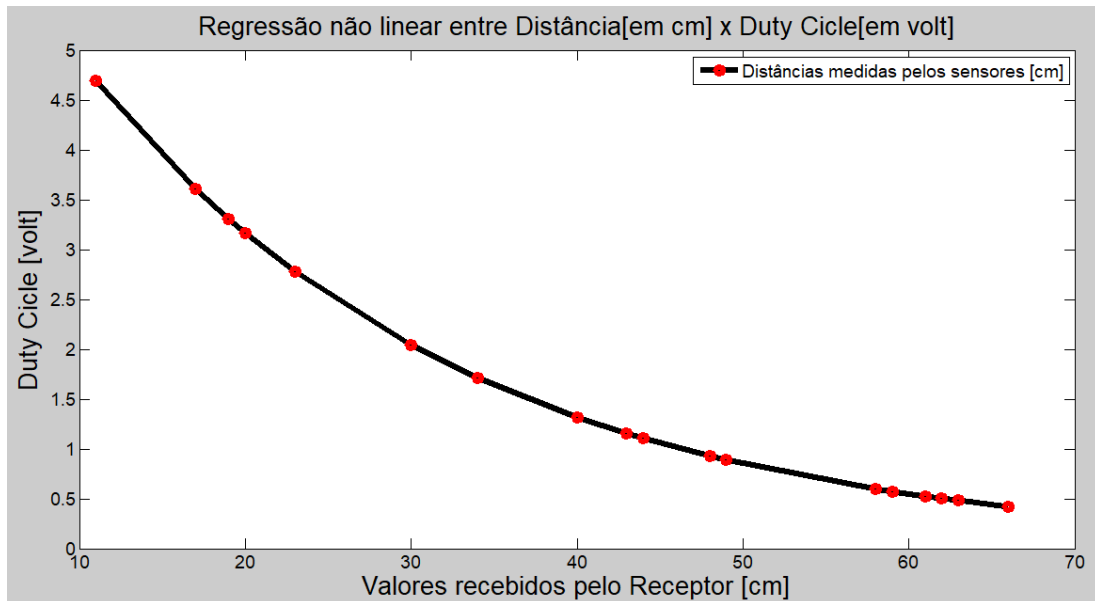


Fig. 11. Gráfico relacionando as distâncias medidas e o valor da voltagem transmitida ao motor.

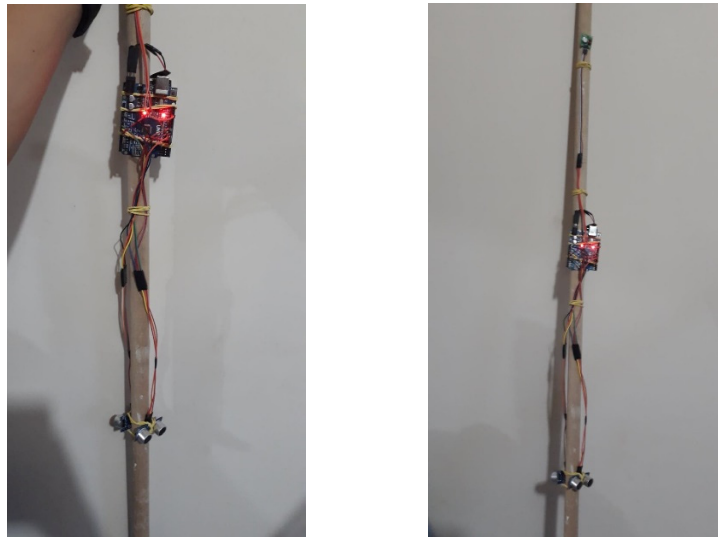


Fig. 12. Demonstração do protótipo montado em uma parte ampliada e uma do protótipo completo.

$$\alpha = -0,0357084, \text{ em fração, } -\frac{1}{28,285}$$

$$\text{Rotação} = 342,99 \cdot e^{-d/28,285} \quad (7)$$

Na qual, a “rotação”, designada na equação, representa o “Duty Cycle” (ciclo de trabalho do motor), enquanto o d representa a distância medida pelo sensor.

Dessa forma, é possível para o deficiente distinguir o posicionamento dos obstáculos que possam estar ao seu redor, dado que a tensão transmitida ao motor é diretamente proporcional à sua vibração, tendo em vista que tal vibração o manteria informado sobre a presença de um objeto próximo, mas não o passaria a informação sobre a proximidade do mesmo.

Por fim, um protótipo do sistema foi desenvolvido (ver Fig. 12).

À esquerda está a parte inferior do bastão, com a presença dos sensores ultrassônicos (na parte inferior) e a placa controladora e, à direita está a imagem completa do protótipo do bastão, mostrando os sensores e o transmissor.

6. CONCLUSÃO

Tendo em vista o referencial teórico produzido durante o desenvolvimento da pesquisa, ratificou-se a eficácia dos sistemas embarcados no auxílio de atividades cotidianas, junto ao acoplamento de sensores ultrassônicos como em [12]. Além disso, pode-se compreender o funcionamento de tais componentes isolados ou trabalho em conjunto com outros, avaliando o comportamento de cada um quanto ao atraso no envio das informações. Para confirmar o ensejo de baixo custo deste projeto, caracterizou-se todos os principais componentes do projeto e fez-se uma busca de mercado para avaliar o custo de fabricação, chegando a um valor aproximado de R\$ 150,00, considerando os materiais citados ao longo do texto. Optou-se por não listar os valores de cada componente utilizado, pois estes valores têm variações entre cada local de aquisição e variações no decorrer do tempo, entretanto, percebe durante -se que o valor cumpre o papel de produção tecnológica a baixo custo.

Após esta fase, realizou-se a conclusão do código para localização espacial dos objetos, que ocorreu de maneira satisfatória. Entretanto, alguns problemas foram encontrados durante a transmissão dos dados, como: tipo de armazenamento das variáveis para envio, a medição das distâncias. Contornado este problema, esses valores enviados foram recepcionados no receptor para posterior controle de rotação dos motores.

Esta rotação do motor, por outro lado, produzia atraso na recepção dos dados, o que gerou certa dificuldade de ajuste entre recepção dos dados e controle de rotação. Para isso, variou-se o tempo de rotação dos mesmos entre 500 e 1000 milissegundos, para que a vibração fosse perceptível e não induzisse atraso nos receptores, que poderia prejudicar na simultaneidade de transmissão e recepção dos dados. Além disso, experimentalmente, observou-se que os sensores foram capazes de identificar objetos em ângulos em até 20° para cada sensor.

Por fim, verificou-se que o projeto proposto apresentou eficácia nos resultados e funcionou corretamente de acordo com o previsto, apesar de alguns entraves percorridos ao longo de seu desenvolvimento.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Organização Nacional de Cegos no Brasil. Introdução. Disponível em: <<http://www.oncb.org.br/node/7/>>. Acessado em: 02 de Mai, 2019.
- [2] Souza, A.R. de S., Paixão, A.C., Uzêda, D.D., Dias, M.A., Duarte, S., Amorim, H, S. de, “The Arduino board: a low cost option for physics experiments assisted by PC”, *Revista Brasileira de Ensino de física*, **33**(1), 1702 (2011)
- [3] Baia, P.E.C., Soares, J.L.L., Oliveira, G.S.Q., Santos, R.M., “Aplicação de Controladores a sistemas de refrigeração para a redução do consumo da energia elétrica em universidades públicas brasileiras”, *Proceedings of the 10nd National Congress of Mechanical Engineering - CONEM 2018*. Salvador, Brazil (2018)
- [4] Medeiros, J.G., “Sistemas de telemetria embarcada com Arduino para coleta de dados em um minifoguete experimental”, Programa de Pós-Graduação. Universidade Federal do Paraná, Paraná, Brasil (2015)
- [5] Nakatani, A.M., Guimarães, A.V., Neto, V.M., “Medição com sensor ultrassônico HC SR04”, 3° Congresso Internacional de Metrologia Mecânica, Gramado, Brazil (2014)
- [6] Cytron Technologies, 2013. “User’s manual – HC SR04 Ultrasonic Sensor”. 20 Junho. 2019
- [7] Souto, G.D.B., “Lixiviado de aterros sanitários brasileiros – estudo de remoção do nitrogênio amoniacal por processo de arreste com ar (stripping)”. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil (2009)
- [8] De Paula, C.J.H., “Projeto e construção de um robô autônomo com visão computacional”, Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Controle e Automação) – Faculdade de Engenharia de Controle e Automação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Fluminense (2015)

- [9] Santos, G.A., Bastos, G., Novais, B.A., Marques, J.E.S., Amado, J.A.D., “Luva Háptica para controle de um manipulador”, *Mostra Nacional de Robótica*, Uberlândia, Brazil (2015)
- [10] Fitzgerald, A.E., Jr., C.K., Umans, S.D., *Electric Machinery*, McGraw-Hill. 6 ed. (2002)
- [11] Mc Cuen, R.H., *Modeling hydrologic change*, Statistical methods. 1. Edition. (2003)
- [12] Bandeira, T.B., Fonseca, W., Fernandes, F.C., Novaes Neto, A.C., "Prototype of automated parking using matrix computing model and microcontroller Arduino", In: Anais do Congresso Nacional de Matemática Aplicada à Indústria [*Blucher Mathematical Proceedings*, 1(1), 817-824.]. São Paulo (2015)

PROTOTYPE DEVELOPMENT USING ARDUINO MICROCONTROLLER FOR SUPPORTING VISUALLY IMPAIRED PEOPLE

Abstract – In Brazil, the presence of pedestrian crossing or ways that facilitate and support the impaired people in relation to their locomotion do not have efficacy, which generates more difficulties for them during the routine daily. But, not only the public ways are obstacles, the locomotion in the house can be dangerous. For mitigating that problem, the present project was developed with the goal of producing a dispositive which helps people during the life daily, based in Arduino microcontrollers and ultrasonic sensors responsible for objects identification. For it, the algorithm is capable of measuring distances with low error levels in comparison to the real measures, being possible until to 2m, and send them to the other board. This signal is transmitted to the microcontroller and alert the user about possible objects near them through the micromotors localized around the belt. Therefore, the prototype proposed proved effective in the measures of distances and during the vibration alert, certifying its applicability in diverse situations, given that functionality and its low cost.

Keywords – Prototype, Arduino, Sensors, Low Cost.