

ROBÔ SEGUIDOR DE ÁUDIO

RUBBERT VINICIUS DERNEY CORDIOLI ¹, ALEXANDRE MUNHOZ ²

¹ Graduando em Engenharia Elétrica, Universidade de Araraquara, rubbert.vinicius@hotmail.com.

² Docente do curso de Engenharia Elétrica, Universidade de Araraquara, le_mu@hotmail.com.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.05.00-9 Engenharia Industrial, Sistemas e Controles Eletrônicos.

RESUMO: Com o objetivo de buscar formas alternativas para que um robô persiga um alvo, foi montado um mini veículo autônomo especializado em seguir uma fonte sonora. Para isso foi utilizada uma placa Arduino com 2 microfones posicionados na dianteira do veículo e em direções diferentes. Os motores de corrente contínua responsáveis pela tração, localizados na parte trazeira, possui a alimentação regulada por 2 saídas PWM provenientes do microcontrolador. O desempenho do veículo ainda está baixo, mas pretende-se melhorar com a substituição destes microfones por microfones direcionais.

PALAVRAS-CHAVE: localização da fonte sonora. sensor de som, robô,

SOUND FOLLOWER ROBOT

ABSTRACT: In order to seek alternative ways for a robot to chase a target, an little autonomous vehicle specialized in following a sound source was 1 built. For this, an Arduino board with 2 microphones positioned at the front of the vehicle and in different directions was used. The dc motors responsible for traction, located in the back part, have their power regulated by 2 PWM outputs coming from the microcontroller. The vehicle's performance is still low, but it is intended to improve with the replacement of these microphones by directional microphones.

KEYWORDS: sound source localization. sound sensor, robot.

INTRODUÇÃO

Os sensores inteligentes recebem parâmetro físico do ambiente e, através de recursos internos computacionais, executam funções predefinidas, processando e transmitindo dados referentes a ele. São utilizados para monitoramento e como mecanismos de controle uma variedade de aplicações (FREITAS et al., 2016). Os sensores podem ser classificados quanto ao seu princípio de funcionamento, função realizada, localização, e tipo de ativação. Quanto ao funcionamento, estes podem ser, mecânicos, elétricos, magnéticos, térmicos, ópticos, acústico e outros (NOVO, 2010). Os sensores de funcionamento baseado em acústica podem ser utilizados em aplicações envolvendo som.

A localização de som é usada em vários tipos de aplicativos, como robôs humanoides para determinar onde uma pessoa está localizada quando necessário este tipo de assistência, obter direção de um animal durante uma caça. Segundo Enoksson e Zhou (2017) a localização sonora deve ser capaz de dirigir um veículo no qual os microfones são instalados, em direção a fonte do som.

Conforme Li et al. (2012), a localização da fonte sonora baseada em um arranjo de microfones para robôs móveis enfrenta grandes desafios devido a fatores como incerteza do movimento do robô, ruído e reverberação, e os requisitos de um microfone compacto.

Portanto é necessário investigar métodos e aspectos que possibilitem com que um robô possa identificar e determinar a localização de uma fonte de som. Este artigo apresenta uma proposta para implementação de um robô seguidor de áudio, dotado de duas rodas de tração, totalmente independente uma da outra, sendo acopladas na parte traseira de plataforma de suporte.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA VEÍCULO AUTÔNOMO

Um veículo autônomo ou robótico tem como objetivo integrar tecnologias de sensores de sistemas de controle e atuadores para sensoriar o ambiente, executando ações de difícil acesso humano (PISSARDINI et al., 2013).

ARDUINO

Segundo descreve McRoberts (2015, p. 27), o microcontrolador representado pela plataforma Arduino, ou “plataforma de computação física ou embarcada”, é uma combinação de *software* e *hardware* e, compreende uma interface que possibilita a captura, processamento e síntese de sinais analógicos e digitais.

TECNOLOGIAS DE LOCALIZAÇÃO DE FONTES SONORAS

As ondas sonoras, são ondas mecânicas que se propagam por meios materiais e que transmitem energia.

Quanto as tecnologias empregadas para localização de fontes sonoras, essas podem ser classificadas em: tecnologia direcional, baseada em estimativa espectral de alta resolução, geralmente visa sinais de banda estreita, mas os sinais de voz são sinais de banda larga que precisam melhorar a precisão do posicionamento com alta complexidade computacional (LOBOS et al., 2006); tecnologia de formação de feixe controlável, baseada na maior potência de saída, que requer conhecimento prévio da fonte sonora e do ruído ambiental, e possui alta complexidade computacional (VALIN et al., 2007); e tecnologia baseada no atraso de chegada (TDOA), que apresenta forte aplicabilidade em tempo real, sendo um método adequado para localização de fonte de som de fala única (KNAPP et al., 1976).

MATERIAL E MÉTODOS

Para este trabalho, propôs-se o desenvolvimento de um protótipo, sendo este um carrinho capaz de realizar o objetivo de seguir uma fonte sonora. Para movimentação do carrinho utilizou-se 2 motores de corrente contínua com tensão de 6 Volts, acoplados a uma caixa de redução, por sua vez conectados a uma roda nas laterais opostas do chassi do carrinho.

Como detector de fonte sonora utilizou-se os módulos sensor de som Ky-038, que possui um circuito eletrônico com potenciômetro integrado responsável pelo ajuste de sensibilidade.

Para alimentação de energia elétrica dos motores, utilizou-se 4 pilhas de 1,5 Volts cada, conectadas em série, totalizando 6 Volts para alimentação dos dois motores. Utilizou-se uma placa de potência ponte H L298N, que faz a integração da alimentação externa dos motores com o acionamento via controle digital da placa Arduino.

Para diminuir ruídos excessivos proveniente dos motores em funcionamento, desenvolveu-se uma segunda plataforma no carrinho, onde os sensores estarão a uma distância adequada dos motores, e utilizou-se de uma espuma para formar uma barreira entre os dois sensores de som.

Utilizou-se da aquisição de dados via Arduino para geração de gráficos no Excel, possibilitando assim uma compreensão visual do desenvolvimento e resultados obtidos.

Tendo em conta que o Arduino processa de forma digital os valores analógicos, utilizaremos então como medida de intensidade, a medida digital, na qual 0 V de tensão representa 0 unidade digital e 5 V representa 1024 unidades digital.

O resultado da prototipagem do carrinho é mostrado na figura 1, e seu diagrama de conexão elétrica na figura 2.

FIGURA 1. Robô seguidor de som

Fonte: Elaborada pelo autor.

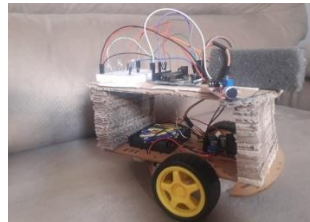
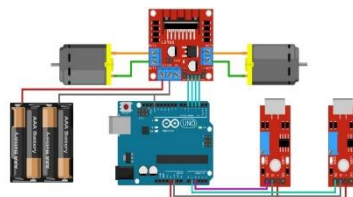


FIGURA 2. Diagrama de conexão elétrica do robô seguidor de som

Fonte: Elaborada pelo autor.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa realizada foi a calibragem dos sensores utilizando o circuito interno do módulo, de forma que os dois sensores utilizados apresentassem valores de medida próximos, para isso utilizou-se como referência o valor de 500 unidades digital em regime permanente com mínimo ruído, escolheu-se tal valor para diminuir a sensibilidade a ruídos externos. Após a calibragem temos o resultado do gráfico 1, onde obteve-se valores médio próximo a 500. Pode-se observar um deslocamento de curva entre o sensor da esquerda e da direita, isso se deve a limitação de ajuste do circuito do módulo sensor, o qual impossibilitou alcançar valores iguais para ambos os sensores.

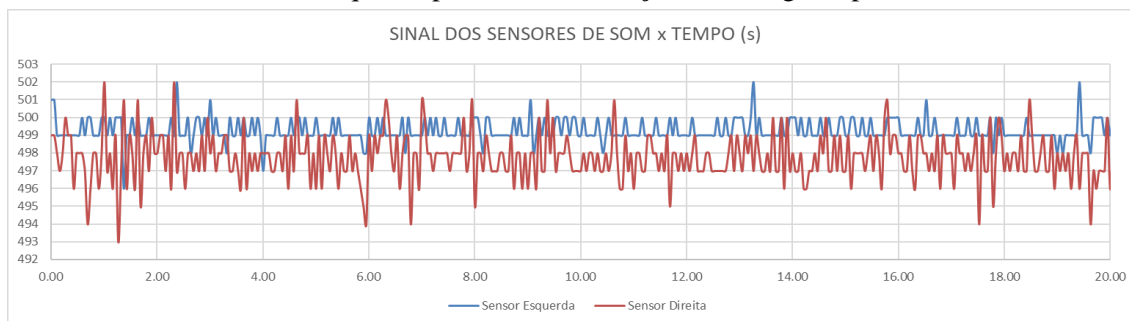


GRÁFICO 1. Sinal dos sensores de som x tempo(s)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para detecção da fonte sonora, o interesse de sinal é dado pelo valor da amplitude das medidas, desta forma deslocou-se a curva subtraindo 500 unidades digitais, de forma com que o valor central de variação fica-se em torno de zero, configurou-se também as medidas para valores absolutos, desta forma o semiciclo negativo da onda sonora passou a ser positivo, tal configuração de uso de valores absolutos é melhor observado no gráfico 2. Onde em azul é representado a onda original de um sinal, e em laranja sua representação em valores absolutos, onde toda a onda assume valores positivos.

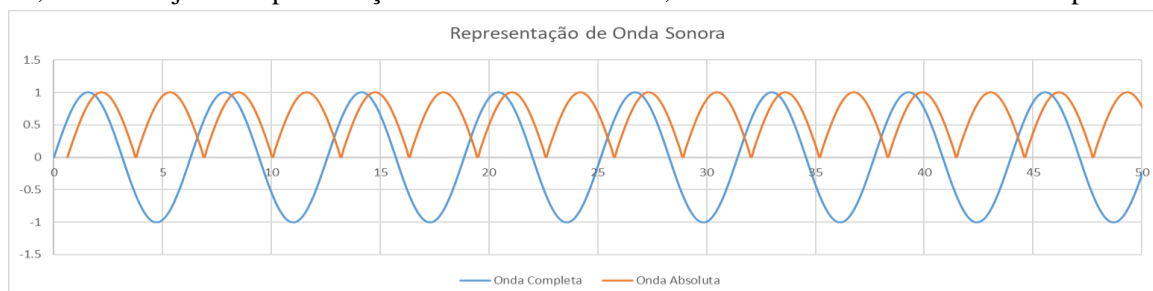


GRÁFICO 2. Sinal de representação de onda sonora

Fonte: Elaborada pelo autor

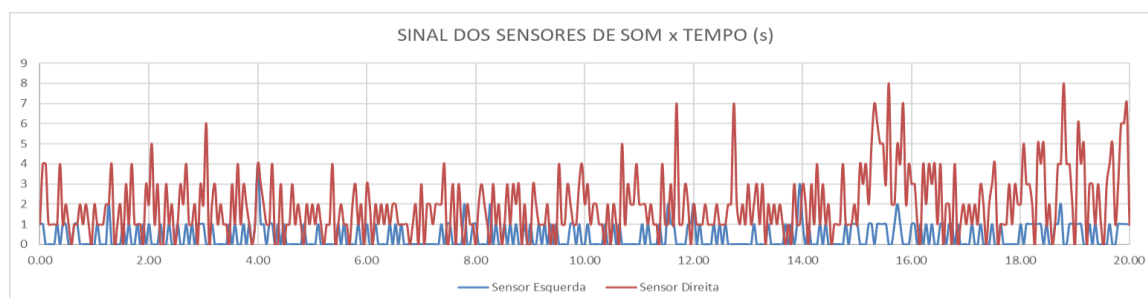


GRÁFICO 3. Sinal dos sensores de som em função do tempo(s)

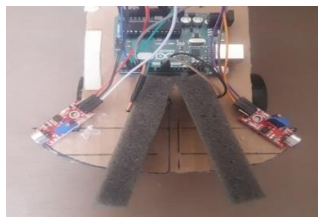
Fonte: Elaborada pelo autor

O resultado gráfico obtido após as modificações, estão presentes no gráfico 3, onde é apresentado o sinal em valores absolutos obtidos via sensor de som.

Após análise gráfica da variação no sinal obtido via microfone, levando em conta também o ruído, analisou-se as ações a serem realizadas pelo robô de acordo com a localização da fonte de som, em relação aos sensores microfone instalados no carrinho como mostrado na figura 3.

FIGURA 3. Posição dos microfones

Fonte: Elaborada pelo autor.



Com base na localização do sinal de áudio em relação aos sensores, o carrinho deve tomar as seguintes decisões, caso a fonte sonora esteja mais próxima do sensor da esquerda, deve-se acionar somente o motor da direita, caso o som esteja mais próximo do sensor da direita, deve-se então acionar somente o motor da esquerda. Levando-se em consideração o ruído presente na aquisição de sinal, propôs-se a tabela 1 de tomada de decisão para implementação do algoritmo a ser utilizado no robô.

TABELA 1. Tomada de decisão

Fonte: Elaborada pelo autor.

Condição	Instrução
Se valor dos dois sensores for menor que 10:	Aciona os 2 motores em velocidade baixa
Se o valor do sensor da esquerda menos o da direita for maior que 10:	Acionar apenas o motor da direita
Se o valor do sensor da direita menos o da esquerda for maior que 10:	Acionar apenas o motor da esquerda

Implementado o algoritmo, aproximamos ao sensor da direita uma fonte sonora com sinal de 850 Hz, logo após aproximamos o mesmo sinal ao sensor da esquerda, e obteve-se a resposta demonstrada no gráfico 4, na qual observamos o aumento na amplitude em vermelho do sinal quando a fonte de som estava próxima do sensor da esquerda, e em azul, quando próximo ao sensor da direita.

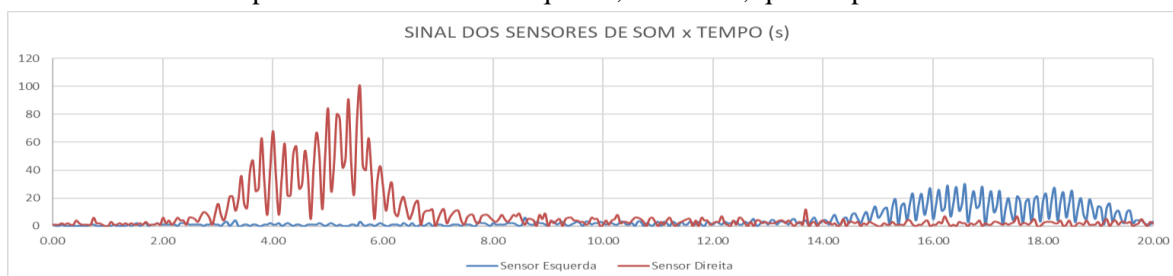


GRÁFICO 4. Sinal dos sensores de som c tempo(s)

Fonte: Elaborada pelo autor.

E a decisão de conversão de rota tomada é observada no gráfico 5. Na qual, a decisão a ser tomada é realizar uma conversão na direção contrária ao sensor que apresenta maior amplitude de sinal.



GRÁFICO 5. Decisão para direção de virada c tempo(s)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Observando simultaneamente os gráficos 4 e 5, nota-se que quando a amplitude do sinal do sensor da esquerda é significativamente maior que o da direita, a decisão tomada pelo algoritmo é virar

para esquerda, acionando assim o motor da direita, quando o sinal da direita é significativamente maior que o da esquerda, aciona-se o motor da esquerda, fazendo-o com que vire para a direita.

Com as regras de decisões devidamente implementadas e funcionais, submeteu-se o carrinho ao percurso da figura 4.

FIGURA 4. Percurso

Fonte: Elaborada pelo autor.



Conforme demonstra figura 4, guiando-o com uma fonte de áudio através do percurso, notou-se que a distância máxima de sensibilidade à fonte sonora utilizada de 850 HZ era baixa, ficando em cerca de 15 à 20 cm com relação aos sensores, desta forma apesar da capacidade do carrinho de identificar a direção do som e realizar as manobras necessárias para que possa se aproximar de tal fonte sonora, o mesmo performou abaixo da expectativa, pois mesmo após a calibração houve uma limitação significativa da distância máxima de som identificável.

CONCLUSÕES

Apesar de cumprir o objetivo inicial proposto, de ser apto a seguir um sinal sonoro, o sistema de captação de tal sinal se mostrou ineficaz, devido a limitação de distância máxima sensível a uma fonte de som, desta forma a aplicação deste projeto em ambientes de grande extensão de área, acaba tornando-se inviável. Para buscar obter melhores resultados é proposto pra trabalhos futuros, o desenvolvimento de um circuito amplificador de sinal, de forma a aumentar a sensibilidade no sinal enviado ao Arduino, substituição dos microfones por microfones direcionais, além disso, propõe-se também a mudança de abordagem na configuração de identificação de amplitude do sinal, utilizando-se de um circuito detector de envoltória, que possui maior precisão na detecção de amplitude.

REFERÊNCIAS

- CHEN, J. C.; KUNG, Y.; HUDSON, R. E. Source localization and beamforming. *IEEE Signal Processing Magazine*, Nova Jersey, v. 19, n. 2, p. 30-39, 2002.
- ENOKSSON, K.; ZHOU, B. Sound following robot: A study on sound localization. Estocolmo, Suécia: Kth Royal Institute of Technology; School of Industrial Engineering and Management, 2017.
- FREITAS, M. S.; CARVALHO, P. C. O.; SALES, R. C.; SILVA, V. C.; ZANCA, J. F. R. Sensores inteligentes e suas aplicações no cotidiano. *Revista de Trabalhos Acadêmicos UNIVERSO*, São Gonçalo, v. 1, n. 2, p. 261, 2016.
- KNAPP, C.H., CARTER, G.C. The generalized correlation method for estimation of time delay. *IEEE Transactions on ASSP*, Nova Jersey, v. 24, n. 4, p. 320-327, 1976.
- LI, X.; SHEN, M.; WANG, W.; LIU, H. Real – time sound source localization for a mobile robot based on the guided spectral-temporal position method. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Croatia, v. 9, n. 78, p. 1-8, 2012.
- LOBOS, T., et al. High-resolution spectrum-estimation methods for signal analysis in power systems. *IEEE Trans on Instrumentation and Measurement*, New Jersey, 55, n. 1, p. 219-225, 2006.
- MCROBERTS, M. *Arduino básico*. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2015.
- NOVO, E. M. L. M. *Sensoriamento remoto*. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- PISSARDINI, R. S.; WEI, D. C. M.; FONSECA JR., E. S. Veículos Autônomos: Conceitos, Histórico e Estado-da-Arte. In: *CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES*, 27., Belém,PA, 2013. Anais... Belem: ANPET, 2013. 13p.
- VALIN, J.M., MICHAUD, F., HADJOU, B. Robust localization and tracking of simultaneous moving sound sources using beam forming and particle filtering. *Robotics and Autonomous Systems*, Netherlands, v. 55, n. 3, p. 216-228, 2007.