

# Robot Car: Um carro robô controlado pelo movimento da face

Maria Adriana Ferreira da Silva<sup>1</sup>, Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido

<sup>2</sup> Departamento de Engenharias e Tecnologia  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido

maria-anairda@outlook.com, francisco.segundo@ufersa.edu.br

**Abstract.** *Robotics is an area of research that has grown exponentially in recent years. Robots, for example, have helped man in several areas, such as health and education. In health, it has been serving as a basis for helping people with physical disabilities. This article proposes the development of an instrumentation channel to perform the control of a robot, for application with people with physical disabilities aiming at social inclusion. The system is based on biomedical signals from facial muscles (EMG signal), in order to use the facial muscle biopotential as robot control variables, contributing to the performance of small motor functions. The system is processed using the Arduino platform and communication is done via Bluetooth. With the results obtained, it was possible to realize that it is possible to carry out the control of the cart, through the existing variations in the behavior of the signal.*

**Resumo.** *A robótica é uma área da pesquisa que vem crescendo exponencialmente nos últimos anos. Os robôs, por exemplo, têm ajudado o homem em diversas áreas, tais como na saúde e educação. Na saúde, vem servindo como base para o auxílio a pessoas com deficiências físicas. Este artigo propõe o desenvolvimento de um canal de instrumentação para realizar o controle de um robô, para aplicação com pessoas com deficiências físicas objetivando a inclusão social. O sistema é baseado nos sinais biomédicos oriundos dos músculos faciais (sinal EMG), a fim de utilizar o biopotencial muscular da face como variáveis de controle do robô, contribuindo para o desempenho de pequenas funções motoras. O sistema é processado utilizando a plataforma Arduino e a comunicação é feita via Bluetooth. Com os resultados obtidos, pôde-se perceber que é possível realizar o controle do carrinho, através das variações existentes no comportamento do sinal.*

## 1. Introdução

Segundo o último Censo brasileiro, de 2010 [Censo demográfico 2010], a população deficiente do país representa cerca de 24 % da população, sendo que 7 % destes apresentam alguma deficiência motora: destes 7 %, 67 % apresenta alguma dificuldade, 28 % grande dificuldade e 6 % incapaz.

Com o intuito de proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiências motoras, diversas soluções de engenharia vêm sendo desenvolvidas visando

a melhoria da qualidade de vida do deficiente e de forma a contribuir com o processo de inclusão [Holloway and Dawes 2016].

Neste cenário, o uso dos biopotenciais vem ganhando destaque, principalmente com sistemas de controle, sendo o biopotencial a variável de controle do sistema. Assim, pequenas funções motoras impossibilitadas pela deficiência podem ser desempenhadas com o uso destas tecnologias [Furukawa et al 2017].

O estudo da robótica, também merece destaque, por ser um meio que possibilita o desenvolvimento de projetos tecnológicos, que envolve técnicas de construção e manipulação de robôs e possibilita o avanço do processo criativo em diferentes áreas [Kloc, Koscianski and Pilatti 2009].

Levando em consideração a utilização dos biopotenciais e da robótica, alguns sistemas estão apresentando ideias com o propósito de unir a atividade muscular com a robótica. A eletromiografia facial, por exemplo, é um biopotencial muscular proveniente da contração do músculo facial, e está sendo utilizada como forma de controle de robôs e controles voltado para pessoas com deficiência física motora. Os trabalhos de [Mohamad et al. 2012], [Silva et al. 2013] e [Rocha et al. 2012] apresentam soluções e métodos com esse objetivo, controlar robôs ou realizar controles por meio da contração dos músculos faciais.

Em [Mohamad et al. 2012], é apresentado um método que utiliza um pequeno robô móvel como auxílio para que pacientes com AVC. A ideia geral é propor um método alternativo que seja motivador e agradável a pacientes de AVC, para que os mesmos possam realizar exercícios que busquem a melhora dos músculos em especial os músculos da face. O sistema identifica padrões no sinal eletromiográfico (EMG) dos músculos faciais, analisa o sinal e controla o pequeno robô móvel para executar tarefas específicas.

Para isso, os testes foram realizados com três pessoas com idade entre 25 e 40 anos. Após isso os mesmos realizaram a movimentação esperada pelos músculos. Para a ativação do robô, foram utilizados os seguintes movimentos: bochecha direita, o robô se movimenta para a direita, bochecha esquerda o robô se movimenta para a esquerda, ambas as bochechas frente, testa para cima, o robô vai para trás, e os músculos simultâneos ou sem movimento faz o robô parar.

O trabalho apresentado em [Silva et al. 2013], propõe um sistema para simulador virtual de uma cadeira de rodas elétrica utilizando os músculos faciais. Para a realização dos testes utilizou-se um voluntário em um estudo piloto no qual fornece uma maneira alternativa para realizar controle de cadeiras de rodas que não podem operar por joystick, além disso essa proposta foi pensada com o objetivo de realizar um método alternativo que possa ser usado por usuários que sofrem de deficiências motoras graves.

Em [Rocha et al. 2012], os autores apresentam o desenvolvimento de um sensor multimodal, capaz de acionar Interfaces Homem Computador por meio de sinais EMG, EOG. Após a criação do sensor e com o objetivo de mostrar suas vantagens os pesquisadores o utilizaram para controle do software EDiTH (Ambiente Digital de Teleação para Pessoas com Deficiência) planejado para pessoas com deficiências motoras graves.

Para a obtenção dos resultados, o sistema desenvolvido foi testado por 6 usuários que apresentam diferentes tipos de deficiência, desde a limitação dos dedos e mãos até paralisias completas, utilizando apenas movimentos faciais. O sistema também foi testado por um usuário em estágio avançado de Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA), restrito ao leito por 7 anos, apresentando limitações, como ausência da fala e apenas o controle voluntário dos olhos e de alguns músculos da face.

Após alguns testes, foi observado que o desempenho do usuário foi melhorando em relação a velocidade e o tempo na execução de cada tarefa. Baseado-se nos testes e resultado obtidos com diversos usuários, é possível perceber que a interface apresenta bom desempenho.

Os três trabalhos citados acima, apresentam propostas que relacionam o sinal muscular facial como controle de determinados objetos, em que apenas um deles utiliza a face para controle de robôs voltado para pacientes de AVC, sendo um método que melhore a autonomia das sequelas deixadas pela doença no músculo facial.

Por sua vez, a proposta deste trabalho, é desenvolver uma plataforma eletrônica para aquisição dos sinais biomédicos oriundos dos músculos faciais, sinais de eletromiografia (EMG), a fim de utilizar esses movimentos faciais como variáveis de controle de um robô, buscando melhorar a vida de pessoas com deficiência física motora e possibilitar a comunicação dos mesmos com pequenos robôs como por exemplo um carrinho.

Este artigo está organizado da seguinte forma: Na seção 2, é realizado toda a descrição do sistema, descrevendo todo o processo de captação do sinal muscular. A Seção 3, descreve como é feita a arquitetura do sistema, apresentando quais materiais e técnicas foram utilizadas. Na Seção 4, é descrito como é o hardware do Robô, e o seu funcionamento. Na Seção 5 são apresentados e discutidos os resultados obtidos. Finalmente, na Seção 6 é apresentado as considerações finais e os trabalhos futuros.

## 2. Descrição do sistema

O sistema de controle é baseado no potencial do sinal muscular (eletromiográfico - EMG), tendo como base a sua variação em amplitude. Os músculos utilizados são os músculos faciais, apresentando valores de referência de amplitude variando entre 0 e 10 mV, com uma frequência entre 0 e 1 kHz, podendo atingir valores da ordem de 10 kHz. O comportamento espectral de maior distribuição está dentro da faixa de 50 a 150 Hz [Malmivuo and Plonsey 1995].

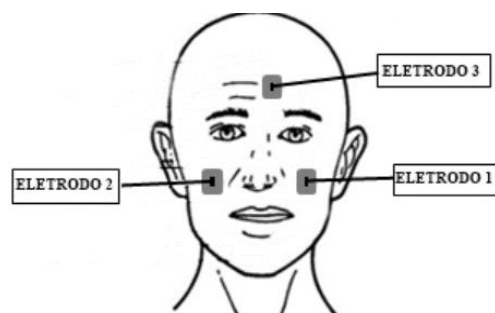


Figura 1. Disposição dos eletrodos na face.

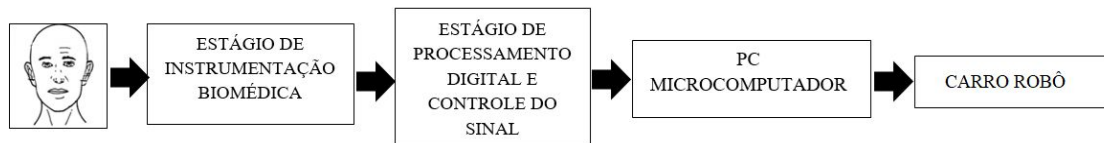
A Figura 1, descreve a disposição dos eletrodos na face: os eletrodos 1 e 2 são os eletrodos de sinal, dispostos em ambas bochechas, o eletrodo 3 é o eletrodo de referência, colocado no centro da testa, logo acima das sobrancelhas. Os eletrodos utilizados são eletrodos de Ag/AgCl (prata/cloreto de prata). Foram testadas outras disposições, porém essa foi a que apresentou os melhores resultados.

Então, com o movimento das bochechas, é gerado um potencial elétrico, o biopotencial, que é captado pelos eletrodos, é amplificado no canal de instrumentação, utilizando um amplificador de instrumentação. O sinal amplificado é processado utilizando uma plataforma microcontrolada.

A comunicação do sistema é feita via protocolo Bluetooth, por ser uma tecnologia de simples utilização, baixo custo e baixo consumo de energia. A importância da comunicação sem fio é para melhorar a autonomia da pessoa com deficiência.

### 3. Arquitetura do Sistema

A Figura 2 apresenta o diagrama de blocos do sistema. A arquitetura do sistema é composta por dois estágios, um de instrumentação e outro de processamento e controle do sinal, a interface de comunicação e um robô em forma de carrinho.



**Figura 2. Diagrama de blocos da arquitetura.**

#### 3.1. Estágio de Instrumentação Biomédica

Visto que a amplitude do sinal EMG oriundo da face é baixa, torna-se complicado sua aferição e utilização para a finalidade do projeto, assim fez-se necessário utilizar um amplificador de instrumentação. O amplificador utilizado apresenta topologia padrão para amplificadores de instrumentação [Razavi 2010]. O amplificador apresenta um CMRR de 60,32 dB, e um ganho total de 810 dB. Embora a variação entre os dois sinais tenha sido baixa, esse valor pode ser modificado, aumentando o ganho do amplificador para que esses valores fiquem próximos de 5 volts, facilitando a conexão com o arduíno. Além disso, para uma melhor aquisição do sinal foi utilizado um filtro passa baixa (RC), com frequência de corte em torno de 338 Hz.

#### 3.2. Estágio de Processamento e Controle do Sinal

No estágio de processamento e controle do sinal, é feita com a plataforma arduíno, em que a tensão emitida pelo sinal é convertida em bits de 8 a 10, os quais serviram com variáveis para controle do sistema.

#### 3.3. Pc Microcomputador

A interface de comunicação com o sistema é via Bluetooth. Assim, ao utilizar a plataforma e realizar determinado movimento, o software de controle enviará instruções

através de um módulo de comunicação Bluetooth Shield HC-05, o microcontrolador interpretará os dados recebidos, e posteriormente executa a ação desejada.

### 3.4. Carro Robô

O carrinho será controlado a partir dos movimentos realizados pela face, os quais serviram de controle para cada movimento do robô, indicando para qual direção ele deverá seguir, entre frente, trás, direita e esquerda.

## 4. O hardware e a estrutura do carrinho

Após toda fase de aquisição e processamento do sinal, partiu-se para a montagem do hardware e a estrutura do carrinho, o mesmo recebeu o nome de Robot Car pelos autores. O Robot Car é composto por um chassi feito de MDF para integrar todos os componentes, uma bateria de 9V, um Arduino Mega 2560, que é o responsável pelo controle de todos os dispositivos, uma ponte H (L9110S) que tem como função possibilitar o controle do sentido dos dois motores CC a partir de comandos do arduino, possibilitando o movimento do carro para frente, trás, esquerda e direita.

O módulo Bluetooth (HC-05) que possui um ótimo alcance para estabelecer a comunicação face-arduino, possibilitando ao usuário controlar o Robot Car remotamente, por meio dos movimentos da face.

A Figura 3, apresenta o esquemático da ligação de todos os componentes utilizados para a montagem e estrutura do Robot Car.

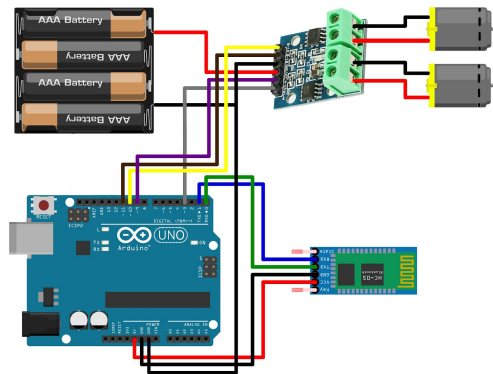


Figura 3. Esquemático da ligação do Robot Car.

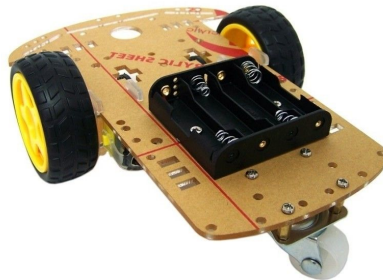
### 4.1. Funcionamento

Com os eletrodos colocados sobre a face e conectados ao Carrinho por meio de outro módulo bluetooth HC 05, o controle do carrinho será de acordo com a leitura respectiva de cada movimento enviado para o Arduino um número constante referente a cada direção (direita, esquerda, frente e trás).

Ao ser ligado, o robô permanece parado, A partir de qualquer estado, o carro poderá mudar para outro: ir para frente, dobrar para os lados esquerdo e direito, dar à ré. O Robot Car terá as seguintes condições pré-programadas no seu microcontrolador, por exemplo, quando o arduino receber o valor 10 enviado via Bluetooth que indica que o movimento foi o “abrir a boca” os motores serão ligados realizando giro no sentido

horário fazendo-o mover para frente, a mesma lógica será empregada para as outras variáveis de direção(direita, esquerda, frente e trás).

Na Figura 4, é possível observar a versão final da montagem do carrinho.



**Figura 4. Montagem do carrinho.**

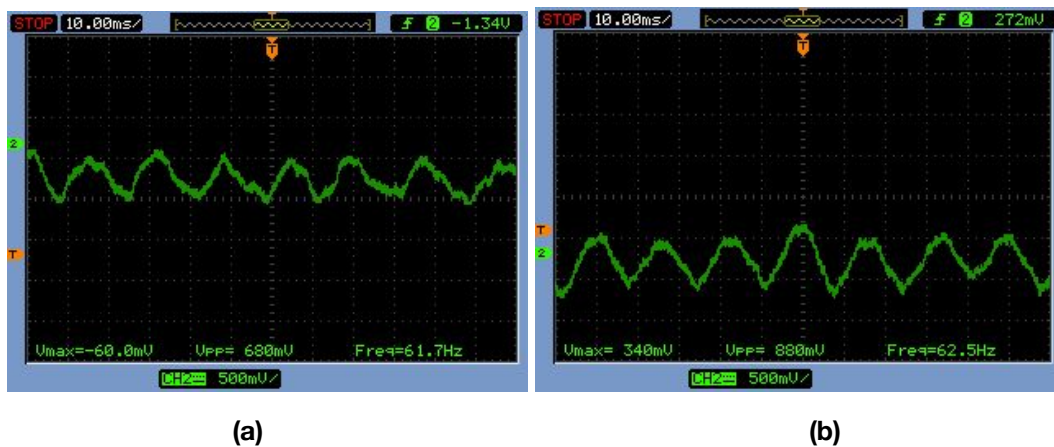
## **5. Resultados e Discussões**

Os testes práticos foram efetuados em laboratório conforme duas situações: quando o indivíduo estava em repouso e ao realizar movimentos bucais de abrir e fechar (Figura 5).



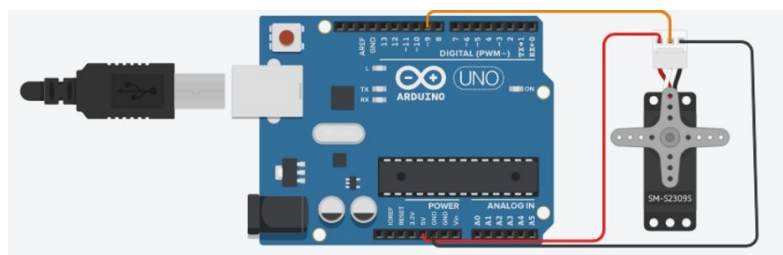
**Figura 5. Testes laboratoriais.**

Foi observado que o sinal apresenta uma boa variação de amplitude, conforme Figura 6. A Figura 6a exibe o comportamento do sinal durante o repouso: a amplitude de pico-a-pico do sinal foi de 680 mVPP. A Figura 6b expõe o comportamento do sinal durante o movimento de abrir da boca: a amplitude do sinal foi de 880 mVPP. Pode-se observar, também, que além do valor de variação da amplitude, tem-se uma variação CC (Corrente Contínua) entre os dois sinais, sendo essa uma característica interessante para o processo de controle.



**Figura 6. Sinais EMG na saída do estágio de instrumentação.**

Uma vez feito a aquisição e amplificação do sinal, este é tratado utilizando filtros, dentro do próprio canal de instrumentação, e enviado ao microcontrolador arduino. Para testar o sistema foi utilizado um Servo motor, conforme Figura 7. Os resultados foram satisfatórios, conseguindo controlar o servo em ambos os sentidos, conforme o movimento bucal de abrir e fechar.



**Figura 7. Arquitetura do servo motor com arduino**

## 6. Considerações Finais

Nesse artigo foi apresentado um sistema de aquisição do sinal mioelétrico facial para o desenvolvimento de uma plataforma de controle para pessoas com deficientes físicos motores e realizar o controle de um Carro Robô através da qual estes possam desempenhar pequenas funções.

Baseando-se nos resultados obtidos, com a captação do sinal EMG facial e a realização de movimentos na face, conclui-se que é possível fazer o reconhecimento da ativação do músculo, através das variações existentes no comportamento CC do sinal, pode-se identificar como se dará a manipulação de plataforma, e assim conseguir controlar o carrinho, por exemplo, por meio dos movimentos faciais.

Futuramente pretende-se fazer aperfeiçoamentos para uma melhor qualidade da plataforma, um deles será realizar a substituição do módulo Bluetooth pelo módulo Wi-fi, para possibilitar um maior alcance e velocidade de transferência de dados e uma maior interação do usuário com o controle. Outro aperfeiçoamento para trabalhos futuros, será realizar a troca do filtro passa baixa por um filtro ativo para melhorar a qualidade do sinal para o controle.

## Referências

- Censo Demográfico (2010). Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Rio de Janeiro: IBGE.
- Furukawa, J., Noda, T., Teramae, T. and Morimoto, J. (2017) "Human Movement Modeling to Detect Biosignal Sensor Failures for Myoelectric Assistive Robot Control," in IEEE Transactions on Robotics, vol. 33, no. 4, pp. 846-857, Aug. 2017.
- Holloway, C. and Dawes, H. (2016) "Disrupting the world of Disability: The Next Generation of Assistive Technologies and Rehabilitation Practices," in Healthcare Technology Letters, vol. 3, no. 4, pp. 254-256, 12 2016.
- Kloc, Antonio Eduardo, Koscianski, André and Pilatti, Luiz Alberto. (2009) Robotica: Uma Ferramenta Pedagógica no Campo da Computação. I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, UTFPR. 2009.
- Malmivuo, J. and Plonsey, R. (1995) "Bioelectromagnetism: Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields, Oxford, New York, 1995.
- Mohamad, A. J., Sidek, S. N., Haja Mohideen, A. J., Ibrahim, M. T. and Ali, K. (2012) "Development of EMG measurement system to control mobile robot using frontalis and zygomaticus major muscles," IEEE-EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences, Langkawi, 2012, pp. 1009-1013.
- Razavi, Behzad. (2010) Fundamentos de microeletrônica. Rio de Janeiro: LTC, 2010. Application and design. 4ed. New York: John Wiley and sons: (2010).
- Rocha, L. A. A., Naves, E. L. M., Soares, A. B., Morere, Y., Pino, P. and Bourhis, G. (2012) "Interface Homem Máquina Aplicada à Comunicação Alternativa de Pessoas com Deficiências Motoras Graves". In Proc. Congresso Brasileiro em Eng. Biomédica, (2012), 692-695.
- Silva, A. N., Morere, Y., Naves, E. L. M., Sá, A. A. R. de and Soares, A. B. (2013) "Virtual electric wheelchair controlled by electromyographic signals," ISSNIP Biosignals and Biorobotics Conference: Biosignals and Robotics for Better and Safer Living (BRC), Rio de Janeiro, 2013, pp. 1-5.