



# Desenvolvimento de Pulseira para aquisição de sinais em eletromiografia

## *Development of bracelet for signal acquisition in eletromyography*

Luiz Augusto Garonce Ferreira\*, Felipe Walter Dafico Pfrimer<sup>†</sup>,  
Alberto Yoshihiro Nakano<sup>‡</sup>

### RESUMO

O presente trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema multicanal de aquisição de sinais eletromiográficos (EMG) de superfície. Onde foi projetada uma estrutura em filamentos de ácido poliláctido (PLA) e termoplásticos de poliuretano (TPU) e módulos de captação. Dessa forma, oito suportes de PLA, bem como duas tiras de TPU foram construídas em impressora 3D, para se obter uma estrutura final da pulseira EMG. Os módulos de captação são compostos por empilhamentos de placas de circuito impresso e interconectados em modo cascata por cabos flats de seis ou oito vias. Cada módulo é responsável pela captação de sinal EMG em um ponto do grupo muscular, permitindo a coleta em oito canais. O Sistema foi construído e testado, com o uso de um gerador de sinais e osciloscópio. Espera-se que futuramente seja programada uma interface gráfica para a visualização e gravação dos sinais EMG, permitindo a construção de um banco de dados.

**Palavras-chave:** Pulseira EMG, Eletromiografia de superfície, Eletrodos secos

### ABSTRACT

The present work describes the development of a multichannel surface electromyographic (EMG) signal acquisition system. Where a structure of polylactic acid (PLA) and polyurethane thermoplastic (TPU) filaments and capture modules was designed. Thus, eight PLA supports, as well as two TPU strips were built in a 3D printer, to obtain a final structure of the EMG bracelet. The pickup modules are composed of stacks of printed circuit boards and interconnected in cascade mode by flat cables of six or eight ways. Each module is responsible for capturing the EMG signal at a point in the muscle group, allowing for collection in eight channels. The System was built and tested using a signal generator and oscilloscope. It is expected that in the future a graphical interface will be programmed for the visualization and recording of EMG signals, allowing the construction of a database.

**Keywords:** EMG bracelet, Surface electromyography, Dry electrodes

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a eletromiografia (EMG) de superfície tem sido utilizada tanto em aplicações clínicas quanto em pesquisas, por prover avaliação neuromuscular não invasiva em vários campos distintos como ciências do esporte, neurofisiologia e reabilitação (RAINOLDI, 2004). Além do mais, a técnica de eletromiografia permite o registro dos sinais bioelétricos gerados pelas células musculares, possibilitando a análise da atividade muscular durante o movimento (OCARINO, 2005).

\* Engenharia Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil; luiz\_garonce@hotmail.com

<sup>†</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus (Toledo); pfrimer@utfpr.edu.br

<sup>‡</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil; nakano@utfpr.edu.br



Os sinais bioelétricos captados possuem intensidade na ordem de  $10^{-6}$  a  $10^{-3}$  V e com espectro entre 6 e 500 Hz (OLIVEIRA, 2012). E necessitam passar por um amplificador de sinal e filtro para diminuir os ruídos de operação, função essa realizada por uma placa de aquisição. Dessa forma, este trabalho, visa o desenvolvimento de uma pulseira EMG, uma continuação do trabalho de Ferreira (2020), no qual, se obteve o layout de uma placa de aquisição desenvolvida em conjunto com os eletrodos secos.

Uma pulseira semelhante foi utilizada por Phinyomark (2018), onde o estudo comparou a efetividade de taxas de 200 e 1000 Hz. Apesar da menor frequência servir para algumas aplicações, constatou-se que 1000 Hz reproduz o sinal com maior fidelidade, trazendo mais informações, assim como o esperado. Dessa forma, o presente trabalho visa um equipamento que possa, futuramente, amostrar em taxas superiores a 1000 Hz, possibilitando o registro de um banco de dados, de maior fidelidade. O uso de uma pulseira com sensores de captação possibilitaria a obtenção de um banco de dados de sinais eletromiográficos ao redor de grupos musculares?

O trabalho expõe um equipamento de tamanho reduzido e com elasticidade para uso no antebraço, bem como, poderá ser utilizado em trabalhos futuros para a aquisição dos sinais EMG voltado tanto para trabalhos acadêmicos, quanto industriais ou médicos. Vale ressaltar que a programação do microcontrolador, assim como, o desenvolvimento de uma interface gráfica, para visualização e registro dos sinais, serão realizados em trabalhos futuros.

## 2 MÉTODO

O trabalho foi estruturado em duas partes: i) a estrutura da pulseira e ii) em seis placas de circuito impresso. A estrutura da pulseira produzida com filamento ácido poliláctido (PLA) e termoplástico de poliuretano (TPU) em uma impressora 3D. O PLA, material na cor azul, foi utilizado nos oito suportes das placas e suas tampas e o filamento TPU, na cor preta, nas tiras para prover maior elasticidade e forma de uma pulseira ao conjunto. Na Figura 1, visualiza-se a estrutura final da pulseira EMG, demonstrando o conjunto finalizado contendo os suportes de PLA formando os módulos de captação, as tampas, bem como as duas tiras flexíveis de filamento TPU e todos os sete módulos de captação montados e conectados por cabos flats.

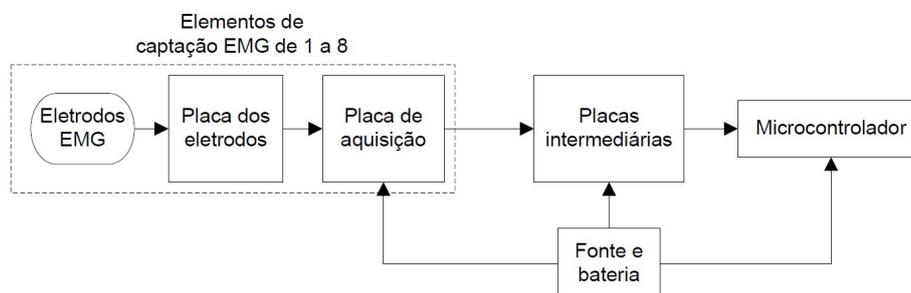
Figura 1 – Pulseira EMG com a montagem finalizada



Fonte: Autoria própria (2021)

A Figura 2 apresenta-se o diagrama em blocos do circuito da pulseira de modo simplificado para a aquisição do sinal EMG e envio ao microcontrolador.

**Figura 2 – Diagrama de blocos do circuito da pulseira**

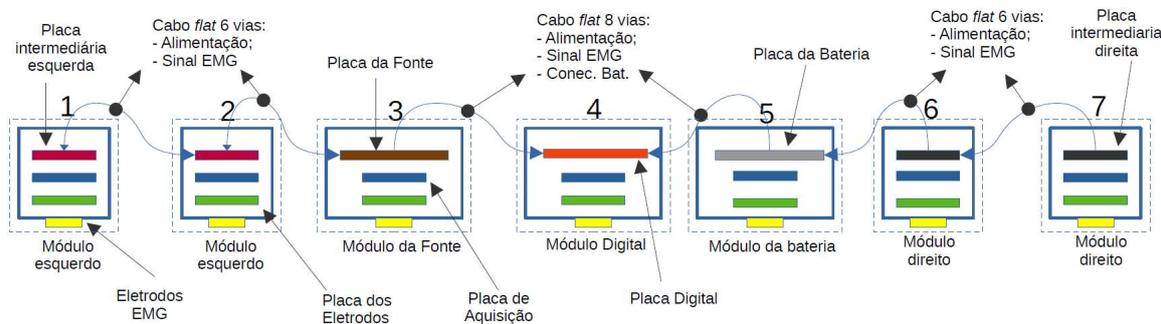


**Fonte: Autoria própria (2021)**

As seis placas de circuito impresso são: i) eletrodos EMG; ii) placas dos eletrodos; iii) placas de aquisição; iv) placas intermediárias esquerda e direita; v) placas da fonte e da bateria e vi) placa digital. Todas as placas foram desenvolvidas através do *software* de projeto de circuitos integrados (EDA) *Kicad*, que é distribuído gratuitamente (*open source*). Além disso, todas as placas mencionadas, com exceção dos eletrodos EMG, foram produzidas com quatro camadas (*layers*) para reduzir ruídos de Interferência Eletromagnética (EMI) (OLIVEIRA, 2012). Os eletrodos EMG foram produzidos com as dimensões de 10 x 10 mm e também nas de 10 x 5 mm seguindo o método de *Electroless Nickel Immersion Gold* (ENIG) (FERREIRA, 2020). Tais dimensões se devem pela possibilidade da aquisição dos sinais EMG ao se evitar a oxidação e facilitar a conexão com as placas dos eletrodos por meio da soldagem. A placa dos eletrodos é intermediária a placa de aquisição e também mantém os conjuntos fixos nos suportes de PLA. A placa de aquisição realiza a amplificação e filtragem do sinal EMG seguindo-se o mesmo princípio do circuito de aquisição do trabalho de Ferreira (2020). Entretanto, as placas de aquisição do presente trabalho são miniaturizadas e conectadas as placas intermediárias esquerda e direita, da fonte, da bateria e digital. Dessa forma, as placas intermediárias esquerda e direita, da fonte e da bateria, assim como apresentado na Fig. 3 são responsáveis por transmitir os sinais EMG ao microcontrolador situado na placa digital. Adicionalmente, as placas da fonte e bateria possibilitam a pulseira possuir uma alimentação e uma maior mobilidade por conter uma bateria e ser recarregável.

Na Figura 3, visualiza-se as interligações entre todos os módulos da pulseira por meio de cabos flats de 6 e 8 vias, bem como, pode-se conferir a disposição de todas as placas nos módulos de captação. Destaca-se também que as placas foram soldadas de modo empilhadas, a fim de se obter uma redução do tamanho final da pulseira. Nos 7 módulos de captação observa-se os elementos de captação EMG, destacados pelas cores em amarelo, verde e azul com seus respectivos nomes apresentados. Tais elementos possuem características iguais tanto de circuito eletrônico quanto de valores de componentes, a fim de se obter um padrão de placa de aquisição. Além disso, observa-se de forma simplificada a ligação em cascata das placas intermediárias esquerda e direita, de fonte e bateria, transferindo os sinais EMG de todos os elementos de captação até a um microcontrolador na placa digital.

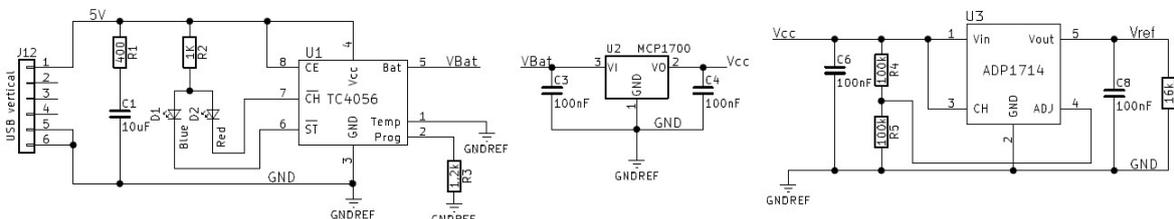
**Figura 3 – Configuração de ligação dos módulos de captação da pulseira**



Fonte: Autoria própria (2021)

O circuito da placa da fonte pode ser visualizado na Fig. 4. Fez-se uso do regulador monolítico MCP1700 que disponibiliza 3,3 V ( $V_{cc}$ ) e o gerador de sinal de referência ADP1714 que proporciona 1,6 V ( $V_{ref}$ ), mesmos componentes utilizados no trabalho de Ferreira (2020). O componente TC4056A (AMS, 2002) possibilita carregar a bateria de polímero de lítio (LiPo) de 3,7 V e 350 mAh nos terminais VBat e GND, quando conectado a um carregador de 5 V com 1 A. Bateria essa, escolhida por apresentar dimensões reduzidas o que possibilita o uso interno no suporte de PLA do módulo da bateria. Além disso, na placa da bateria contém uma chave ON/OFF para a pulseira e também o diodo emissor de luz (LED) vermelho para ciclo de carga e o LED azul para carga completa da bateria.

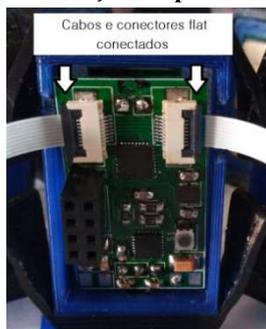
**Figura 4 – Circuito da placa da fonte**



Fonte: Autoria própria (2021)

A Figura 5 visualiza-se como é realizada a acomodação dos módulos de captação nos respectivos suportes de PLA, bem como os cabos flats correspondente são conectados. Por fim, fez-se uso de tampas de PLA nas mesmas dimensões de cada suporte, com a função de se manter pressionado o eletrodo sobre a pele. No entanto, testes em humanos não foram feitos, pois seria necessário submeter o projeto a um conselho de ética.

**Figura 5 – Acomodação da placa no suporte de PLA**

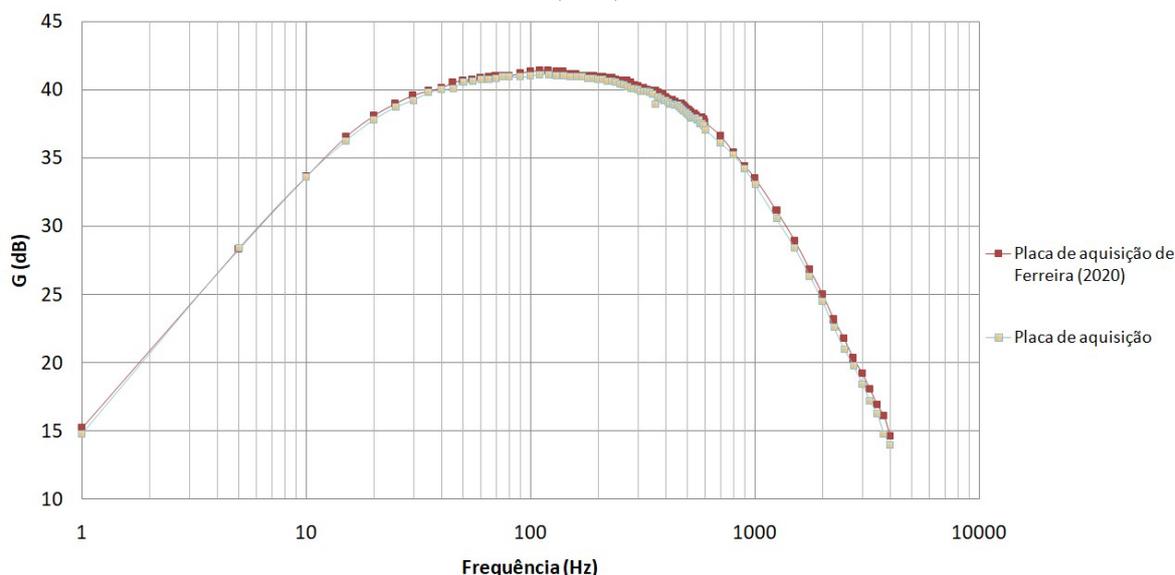


Fonte: Autoria própria (2021)

### 3 RESULTADOS

Para validar o trabalho, foram realizados testes com um gerador de funções para verificar a resposta ganho x frequência de todas as placas de aquisição e comparou-se com o trabalho de Ferreira (2020). Na Figura 6 constata-se o gráfico de Bode obtido com uma das placas de aquisição em que o resultado apresenta valores muito próximos em comparação com o trabalho anterior. Além disso, na Figura 7, visualiza-se o sinal simulado obtido da saída da placa de aquisição quando submetido a um sinal EMG por meio do uso de um gerador de funções. Para as outras placas os resultados foram semelhantes. É importante destacar que as medidas foram recolhidas nos pinos das entradas analógicas do microcontrolador. A programação do microcontrolador, assim como o desenvolvimento de uma interface gráfica, para visualização e registro dos sinais, serão realizados em trabalhos futuros.

**Figura 6 – Gráfico de Bode de uma das placas de aquisição em comparação com o trabalho de Ferreira (2020)**



Fonte: Autoria própria (2021)

**Figura 7 – Sinal de saída de um dos módulos de aquisição quando aplicado um sinal EMG simulado por gerador de funções.**



Fonte: Autoria própria (2021)



## 4 CONCLUSÃO

Este trabalho contemplou o desenvolvimento de uma pulseira EMG com oito módulos de captação de sinal e uma estrutura final produzida em impressora 3D. Verificou-se a funcionalidade da pulseira através de sinais simulados em gerador de funções. A característica ganho por frequência obtida ficou próximo ao resultado do trabalho de Ferreira (2020), assim como esperado. Dessa forma, espera-se que seja possível, em trabalhos futuros, com a programação do microcontrolador e desenvolvimento de uma interface gráfica, a implementação de um banco de dados que poderá ser utilizado em pesquisas.

## 5 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPQ pela bolsa de Iniciação científica, que me permitiu aprofundar meus conhecimentos na área do meu curso de engenharia eletrônica. A experiência e o aprendizado diários tornaram-me um aluno e profissional melhor.

## 6 REFERÊNCIAS

AMS, **TC4056A**. AMS - Advanced Monolithic System, 2002. Disponível em: <<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132360/ADMOS/TC4056A.html>>. Acesso em: 14 de agosto de 2021.

FERREIRA, Luiz Augusto Garonce, Pfrimer, Felipe Walter Dafico e Nakano, Alberto Yoshihiro. **Desenvolvimento de placa de aquisição e eletrodos secos em eletromiografia**, 2020. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2020/paper/viewFile/6226/3252>>. Acesso em: 14 de agosto de 2021.

OCARINO. J. M; SILVA. P. L. P; VAZ. D. V; AQUINO. C. F; BRÍCIO. R. S; FONSECA. S. T. **Eletromiografia: Interpretação e aplicações nas ciências da reabilitação**. 2005. Revisão, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <<http://www.portalatlanticaeditora.com.br/index.php/fisioterapiabrasil/article/viewFile/2012/3142>>. Acesso em: 14 de agosto de 2021.

OLIVEIRA, Frederico Amaral de. **Sensor de Eletromiografia sem fio a seco com acelerômetro triaxial integrado**. 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/1220>>. Acesso em: 14 de agosto de 2021.

PHINYOMARK, Angkoon; KHUSHABA, Rami; SCHEME, Erik. **Feature Extraction and Selection for Myoelectric Control Based on Wearable EMG Sensors**. 2018. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/0c78/a685d311717c1415cbaefb5503955b941613.pdf>>. Acesso em: 11 setembro de 2021.

RAINOLDI, A.; MELCHIORRI, G.; CARUSO, I. **The method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles**. 2004. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/8601408\\_A\\_Method\\_for\\_Positioning\\_Electrodes\\_during\\_Surface\\_EMG\\_Recordings\\_in\\_Lower\\_Limb\\_Muscles](https://www.researchgate.net/publication/8601408_A_Method_for_Positioning_Electrodes_during_Surface_EMG_Recordings_in_Lower_Limb_Muscles)>. Acesso em: 14 de agosto de 2021.