



# Criação de dispositivo para facilitar a percepção musical por pessoas com surdez por meio de estímulos táteis

## Criação of a device to enhance musical perception for individuals with hearing impairment through tactile stimuli

Vitor Thimóteo Daubermann<sup>1</sup>, Andrés Eduardo Coca Salazar<sup>2</sup>

### RESUMO

A música é uma forma rica de expressão composta por diversos elementos, onde a melodia desempenha um papel fundamental na apreciação musical e na coordenação de músicos em grupos. No entanto, a falta de dispositivos voltados para indivíduos com surdez total tem sido um obstáculo para que eles apreciem e participem plenamente. Para resolver essa lacuna, surge a necessidade de desenvolver um dispositivo que traduza a melodia em sensações táteis, tornando a música acessível. Uma abordagem promissora é adotada pela empresa Tron Robótica, que utiliza vibrações emitidas por um alto-falante. No âmbito desse projeto, a proposta é criar um aparelho eletrônico ergonômico e compreensível que capture o sinal acústico de um dispositivo móvel. Esse sinal foi processado para identificar os elementos melódicos, transmitido via *Bluetooth* para uma placa Raspberry Pi e filtrado para identificar notas e durações. Os dados resultantes são associados a símbolos familiares, como o código Braille musical, e transmitidos para um motor de vibração na mão do usuário. Além disso, uma interface proporciona uma visão em tempo real do processo. Essa iniciativa busca possibilitar que pessoas com surdez total explorem o mundo da música, interpretando melodias e integrando-se em grupos musicais, promovendo assim a inclusão musical.

**PALAVRAS-CHAVE:** Acessibilidade; Dispositivo musical; Integração social.

### ABSTRACT

Music is a rich form of expression composed of various elements, where melody plays a fundamental role in musical harmony and musicians' coordination in groups. However, the lack of devices tailored to individuals with total deafness has been a barrier to their full enjoyment and participation in music. To address this gap, there is a need to develop an innovative device that translates melody into tactile sensations, making it accessible. A promising approach is adopted by the company Tron Robotics, which utilizes vibrations emitted by a speaker. Within this project's scope, the proposal is to create an ergonomic and user-friendly electronic device that captures the acoustic signal from a mobile device. This signal is processed to identify melodic elements, transmitted via *Bluetooth* to a Raspberry Pi board, and filtered to identify notes and durations. The resulting data is associated with familiar symbols, such as musical Braille code, and transmitted to a vibration motor in the user's hand. Additionally, an interface will provide real-time insight into the process. This initiative aims to enable individuals with total deafness to explore the world of music by interpreting melodies and integrating into musical groups, thereby promoting musical inclusion.

**KEYWORDS:** Accessibility; Musical device; Social integration. (Keep the order of words in Portuguese).

<sup>1</sup> Bolsista do(a) PIVIC). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil. E-mail: vitordaubermann@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 9737481409860172.

<sup>2</sup> Docente no Curso/Departamento/Programa. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil. E-mail: addressalazar@utfpr.edu.br. ID Lattes: 9651142799957514.



## INTRODUÇÃO

A música é uma forma de arte que trabalha com receptores mecânicos, principalmente com a capacidade auditiva. Contudo, apesar da arte conceitualmente ser acessível a todos, existem indivíduos com deficiência auditiva parcial e total, os surdos, que impede a percepção musical pelos meios convencionais, além do mais, não há dispositivos especializados disponíveis para facilitar o acesso à música.

Apesar disso, alguns esforços são registrados, como o projeto da TRON ROBOTICA<sup>1</sup>, que usa um auto-falante focalizado no tórax do indivíduo, aparelho esse que não é ergonômico devido ao tamanho e localização. Outros estudos exploram a integração de informações táteis na percepção da fala. Tranchant et al. (2017) Investigaram a sincronização do ritmo com a música vibrotátil em pessoas ouvintes e surdas, descobrindo que a maioria dos participantes foi capaz de sincronizar precisamente seus saltos com as vibrações. Além disso, Holmes (2017) explorou a experiência musical entre pessoas surdas, desafiando as suposições de que a audição é central para a música e que a surdez é uma perda total de audição. Outros autores mostram que a percepção de sílabas pode ser alterada por sopros de ar inaudíveis aplicados na pele. Sílabas ouvidas ao mesmo tempo que sopros de ar na pele tendem a ser percebidas como aspiradas. Isso indica que os ouvintes podem combinar informações táteis relevantes com a percepção auditiva, assim como fazem com informações visuais. (Gick; 2009).

Devido essa falta de acessibilidade, este artigo propõe, de maneira ergonômica e acessível, desenvolver um dispositivo para auxiliar na percepção musical, seja para fins educativos ou recreativos. O projeto foi dividido em duas partes: 1) Estudo de caso e 2) Desenvolvimento do dispositivo. A primeira parte consiste no estudo da teoria musical e da anatomia do corpo, ou seja, frequência, notas musicais, instrumentos e como e onde o dispositivo seria posicionado no corpo. Integrado a primeira parte, a segunda parte de desenvolvimento é selecionar as peças do equipamento, o processamento, forma da percepção tátil e como posicionar cada peça, sendo escolhido os dedos da mão para receber o sinal. O projeto de pesquisa começou com a designação de tarefas fundamentais, como levantamento bibliográfico sobre o tópico, leitura bibliográfica recomendada e, seguidamente, o desenvolvimento do protótipo.

## REFERÊNCIAL TEÓRICO

Em primeiro momento, foi estudado a fundo sobre a fisiologia humana com foco no sistema nervoso e detalhes do cérebro, afim de entender melhor sobre como seria a reação aos estímulos, bem como identificar a melhor integração do dispositivo.

Os terminais nervosos nas mãos são responsáveis por transmitir os sinais táteis dos dedos para o cérebro. A pele da parte interna dos dedos tem uma elevada concentração de terminais nervosos que são sensíveis à vibração incluem o Corpúsculo de Pacini e o Corpúsculo de Meissner,

<sup>1</sup> PINHO, L. **TRON desenvolve dispositivo em parceria com o artista Whindersson Nunes para que surdos e deficientes auditivos possam sentir a música.** Disponível em: <<https://tron-edu.com/blog/86-news/325-tron-desenvolve-dispositivo-em-parceria-com-o-humorista-whindersson-nunes-para-surdos>>. Acesso em: 22 set. 2023.



tornando-os centros do sentido do tato. Esses nervos são responsáveis por transportar os impulsos sensoriais das mãos para o cérebro e por comunicar os impulsos motores do cérebro para as mãos (**Guyton; 2016**).

O Corpúsculo de Pacini detecta vibrações e pressões de alta frequência. Eles são encontrados nas camadas profundas da pele, no tecido conjuntivo e nas articulações. Esses receptores se apresentam sob a forma de uma terminação nervosa, envolvida por camadas concêntricas de tecido conjuntivo.

O Corpúsculo de Meissner, por outro lado, é sensível ao tato fino, movimento de objetos leves e vibração em baixa frequência. Eles são pequenos receptores formados por um axônio mielínico (axônio envolvido pela bainha de mielina) e estão localizados nas saliências sem pelos, assim como os dedos (**Silverthorn; 2017**).

Os axônios, que são prolongamentos dos neurônios, desempenham um papel crucial na transmissão desses sinais. No centro destes receptores, existem axônios não mielinizados, que apresentam canais iônicos mecanossensíveis. Os axônios aferentes primários do sistema sensorial somático formam uma vasta rede, que percorre os nervos periféricos, e são os responsáveis pelo transporte da informação sensorial para o Sistema Nervoso Central (**Guyton; 2016**).

A informação sobre o tato segue para o cérebro por vias distintas das que concernem à percepção de vibração, e é denominada via coluna dorsal-leminisco medial. Os axônios transportadores das informações táteis terminam do mesmo lado nos núcleos da coluna dorsal situados no limite da medula espinhal e o bulbo. A partir deste ponto, a informação segue, via um trato de substância branca denominado leminisco medial, para o bulbo ventral e medial contralaterais e, em seguida, para o núcleo ventral posterior do tálamo.

No cérebro, a percepção tátil é a interpretação das informações fornecidas pelas sensações na pele. Envolve uma conexão complexa dos nervos que fornecem a pele ao cérebro, onde diferentes áreas do cérebro correspondem a locais específicos da pele. Portanto, o sinal de vibração é recebida na pele, essa informação é transmitida através dos terminais nervosos em seus dedos, através dos axônios e ao longo da via coluna dorsal-leminisco medial até o cérebro, onde é interpretada como uma sensação tátil (**Machado; 2013**).

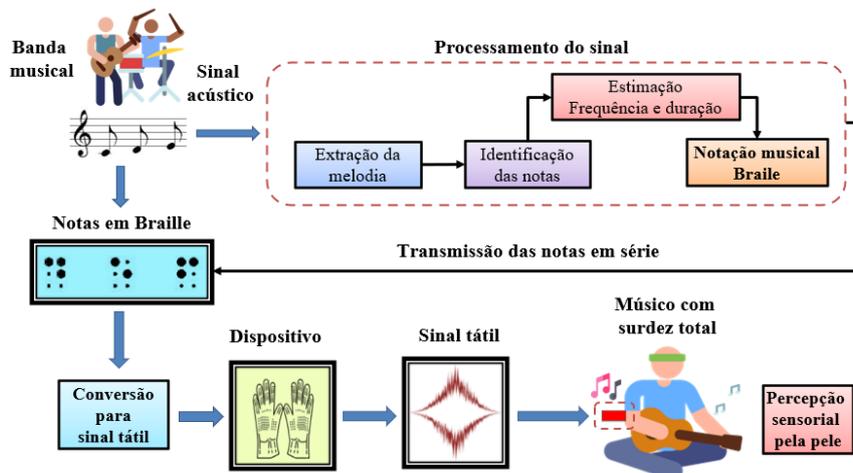
## MATERIAIS E MÉTODOS

Após entender a reação do corpo, foi realizado um esquema para exemplificar o dispositivo de forma didática, cujas etapas são apresentadas na Fig. 1

Na Fig. 1, o sinal recebido é passado pelo processador que extrai a música, elimina possíveis ruídos, e suas notas são identificadas pela frequência apresentada, em seguida são comparadas com uma musicografia já existente, sendo escolhida a Braille, servindo como gabarito para a frequência identificada relacionando com a nota musical, então é apresentada por uma tela enquanto aciona os motores de vibração do dispositivo, que tem formato de luva, posicionados nas pontas de cada dedo, que acionará por uma duração reconhecida na etapa de identificação.

Para o processo de comunicação do dispositivo móvel com o módulo *bluetooth* foi codificado com o protocolo UART (universal asynchronous receiver/transmitter, receptop/transmissor universal

Figura 1 – Esquema didático do projeto



Fonte: Autoria própria.

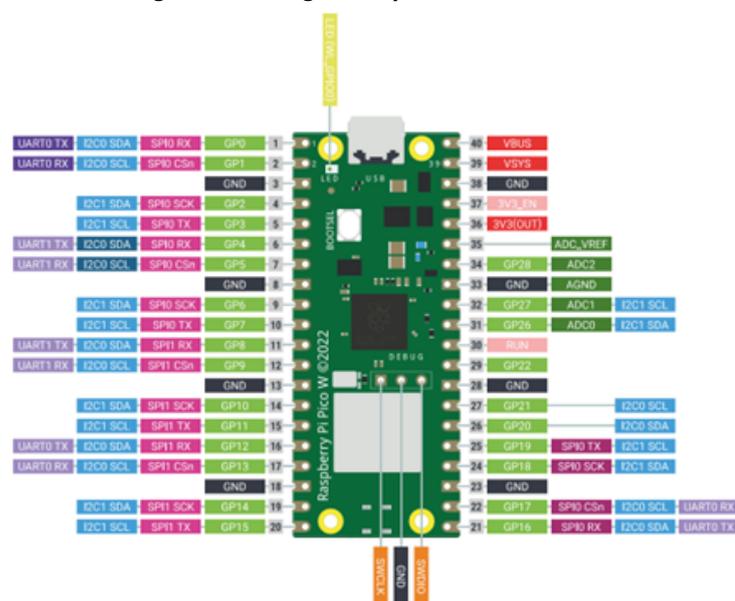
assíncrono) pela facilidade de conexão. A placa utilizada está representada na Fig. 2 que armazena o código e faz a comunicação entre o celular e os motores, processando a música. Assim como mostra a Fig. 3, o Raspberry Pi Pico W<sup>2</sup> necessita de uma alimentação de 5 V e o motor da (Fig. 4) conectados nas portas GP 0 até GP 4.

Figura 2 – Raspberry Pi Pico W



Fonte: Autoria própria

Figura 3 – Pinagem da placa



Fonte: Datasheet Raspberry Pi

O motor Vibracall 1027 possui em sua operação uma voltagem de 2,5 a 4 V com uma frequência de 9000 rpm, ou seja, 150 Hz, o que limita o projeto em poucas variações significativas de percepção. Foi feito um diagrama demonstrando como os componentes se conectam representado na Fig. 5.

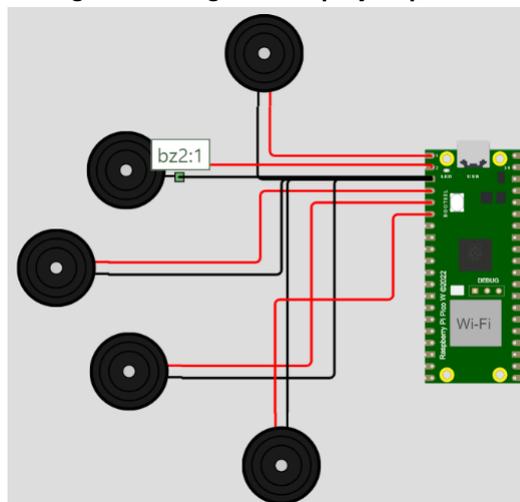
<sup>2</sup> <https://datasheets.raspberrypi.com/picow/pico-w-datasheet.pdf>

Figura 4 – Motor Vibracall 1027



Fonte: Autoria própria

Figura 5 – Diagrama do projeto prático

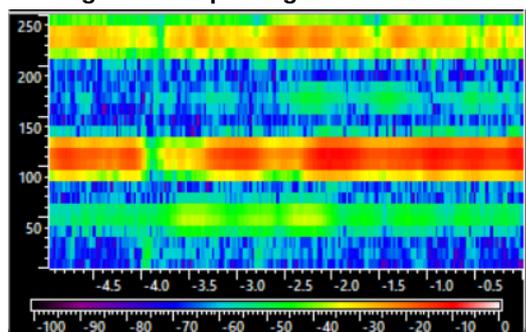


Fonte: Autoria própria

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

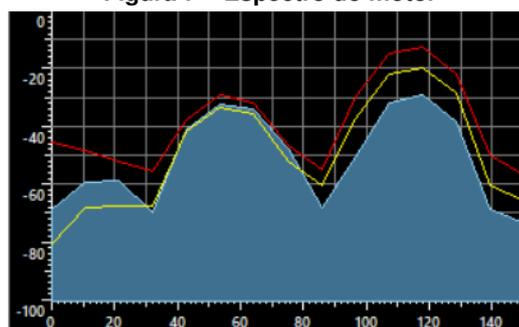
Alguns resultados podem ser observados, o espectrograma da musica representado na Fig. 6 mostra uma maior intensidade entre 100 Hz a 150 Hz, justamente a frequência máxima do motor, conectado diretamente ao computador para testes, que reage de acordo com a intensidade da melodia, como mostra a Fig. 7 mostrando uma resposta coerente com a música. Assim, simboliza um sinal positivo para o funcionamento do projeto, mesmo que restrito a uma frequência de até em torno de 150Hz, abrangem sons considerados profundos.

Figura 6 – Espectrograma da musica



Fonte: Autoria própria

Figura 7 – Espectro do motor



Fonte: Autoria própria

No entanto, devido a insuficiência de tensão de saída da placa Raspberry Pi Pico W, será substituído pelo Raspberry pi 4, que possui uma saída de 5 V, tensão suficiente para alimentar o motor.

Por fim, é feita uma comparação com o gabarito da musicografia Braille afim de ter a maior precisão da nota recebida pelo sinal. Embora a notação musical Braille não represente diretamente a amplitude e a frequência do sinal acústico, ela codifica informações sobre as notas musicais que estão diretamente relacionadas à frequência do som. No entanto, a notação musical Braille não codifica informações sobre a amplitude do som, que está relacionada ao volume percebido.



## CONCLUSÃO

Foi verificada a viabilidade do projeto com os equipamentos acessíveis e ergonômicos dentro dos limites apresentados, sendo testado os motores, eficiência da placa, pesquisa anatômica do corpo para melhor atender as necessidades e conexão com um dispositivo, no caso o celular, para comunicação e assim enviar os arquivos de música. Quanto a expectativa para passos seguintes, com a nova placa é incrementado a possibilidades de comunicação e decodificação, além disso é esperado uma forma da separação dos instrumentos para enviar aos motores e apresentar uma experiência diferente.

## DISPONIBILIDADE DE CÓDIGO

O código em questão conecta o dispositivo móvel com a placa e envia o arquivo MP3. O objetivo é a facilidade com que o usuário utilize o aparelho e que seja acessível com qualquer *smartphone*, o que pode ser encontrado nesse enlace: <sup>3</sup>.

## CONFLITO DE INTERESSE

Não há conflito de interesse.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica - PIVIC, Edital 05/2022 - PROPPG.

## REFERÊNCIAS

GICK, B; DERRICK, D. **Aero-tactile integration in speech perception**. Nature, v. 462, n. 7272, p. 502-504, 2009, DOI: 10.1038/nature08572.

GUYTON, A.; HALL, J. **Tratado de fisiologia médica**. 13<sup>o</sup> ed. Rio De Janeiro: Editora Elsevier Ltda, 2017, ISBN-13. 978-8535262858.

HOLMES, J. **Expert listening beyond the limits of hearing: Music and deafness**. Journal of the American Musicological Society 70, 171 –220(2017), DOI: 10.1525/jams.2017.70.1.171.

MACHADO, Â; HAERTEL, L. **Neuroanatomia Funcional**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2013. 360 p, ISBN-13. 978-8538804574.

SILVERTHORN, D. **Fisiologia Humana: Uma Abordagem Integrada**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 960 p, ISBN-13. 978-8582714034.

TRANCHANT P., et al. **Feeling the beat: Bouncing synchronization to vibrotactile music in hearing and early deaf people**. Frontiers in Neuroscience 11 (2017), DOI: 10.3389/fnins.2017.00507.

<sup>3</sup> <https://github.com/VitorThimoteoDaubermann/Projeto.git>