



Aplicação de sensores inerciais na aquisição de sinais de Libras para o reconhecimento de gestos usando a plataforma Edge Impulse

Application of inertial sensors in the acquisition of Libras signals for gesture recognition using Edge Impulse platform

Lays Silva Vilas Bôas¹, Thiago Simões Dias², José Jair Alves Mendes Junior³

RESUMO

Este trabalho aborda a aplicação de sensores inerciais para a aquisição e reconhecimento de sinais da Língua Brasileira de Sinais (Libras). As aquisições foram obtidas através do acelerômetro presente no arduino nano 33 IoT, integrado a uma pulseira posicionada no dorso na mão direita, a qual faz uma comunicação com a plataforma Edge Impulse. Nesta plataforma, os dados foram armazenados, processados e classificados. Os dez sinais de Libras foram escolhidos de maneira que fossem predominantemente realizados com a mão direita para uma melhor captação dos sinais. Com a ajuda de seis voluntários foi possível adquirir 700 aquisições, sendo 70 de cada gesto. Utilizando a ferramenta "Impulse" para a análise de dados (presente dentro da plataforma do edge Impulse), foi possível dividir os dados brutos em dois blocos: um de processamento, sendo escolhida a opção de análise espectral; e outro de aprendizagem, utilizando a classificação. Após o treinamento da máquina de aprendizagem, obteve-se uma acurácia de 90,5%, indicando uma grande eficácia no processamento dos dados e classificação dos sinais, sendo assim possível aplicar testes para o reconhecimento dos mesmos.

PALAVRAS-CHAVE: Arduino; Edge Impulse; Libras.

ABSTRACT

This work addresses the application of inertial sensors for the acquisition and recognition of Brazilian Sign Language (Libras) signals. The acquisitions were obtained through the accelerometer present in the Arduino Nano 33 IoT, integrated into a wristband positioned on the back of the right hand that communicates with the Edge Impulse platform, where the data was stored, processed, and classified. The ten Libras gestures were chosen to be predominantly performed with the right hand for better signal capture. With the assistance of six volunteers, it was possible to acquire 700 acquisitions, with 70 for each gesture. Using the Edge Impulse platform's data analysis tool, the raw data was divided into two blocks, one for processing, with spectral analysis chosen as the option, and another for learning, using classification. After training the machine learning model, an accuracy of 90.5% was achieved, indicating a high effectiveness in data processing and signal classification, making it possible to conduct tests for signal recognition.

KEYWORDS: Arduino; Edge Impulse; Libras.

INTRODUÇÃO

A comunicação desempenha um papel fundamental na vida cotidiana de um indivíduo que está inserido em uma sociedade, mas nem todos conseguem usar a fala para se comunicar e expressar (CORREIA; KOMATI ; BOLDT, 2021). A Língua Brasileira de Sinais (Libras) é uma língua visual usada por surdos, mudos e ouvintes. Dentro desse contexto, a aplicação de sensores inerciais na captação dos sinais da Libras e no reconhecimento dos

¹VILAS BÔAS, L. S..Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: laysboas@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes:3158569991954923.

²MENDES JUNIOR, J. J. A.. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: jjunior@utfpr.com.br. ID Lattes: 1920188611669631.

gestos tem tornado a tecnologia mais inclusiva e acessível (MERINO; FORCELINI; VARNIER; MERINO, 2018). A tecnologia assistiva, é uma área de pesquisa e desenvolvimento tecnológico que tem ganhado cada vez mais importância nos últimos anos, devido a necessidade de tornar a sociedade mais inclusiva, fornecendo serviços e tecnologias voltadas a pessoas com deficiências (DIAS, 2020). Os sensores inerciais são dispositivos eletrônicos projetados para medir e registrar informações relacionadas ao movimento e à orientação de um objeto, incluindo acelerômetros, giroscópios e magnetômetros (CREAM, C.; MCGEOUGE, C.; O'KENNEDY, R., 2012). Eles têm se mostrado uma ferramenta valiosa para capturar os movimentos e gestos realizados na Libras com precisão e eficácia.

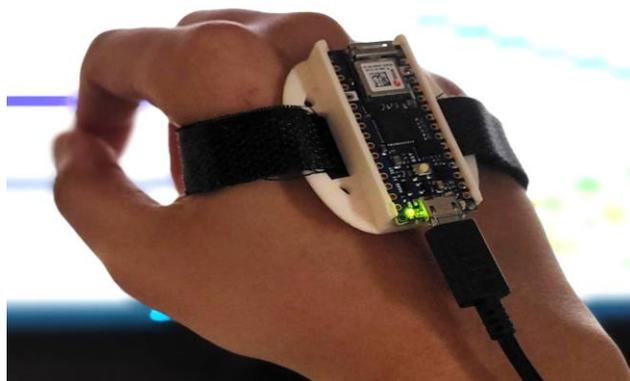
O presente trabalho possui a finalidade de aplicar os sensores inerciais para realizar aquisições de sinais de Libras e através da machine learning, fazer o reconhecimento desses gestos. Para isso, é proposta uma pulseira contendo um sistema com microcontrolador e sensores inerciais com conectividade a plataforma Edge Impulse para a classificação de gestos referentes a sinais em Libras. Em especial, essa plataforma possui conectividade entre o microcontrolador e uma plataforma de aquisição e processamento de sinais com recursos de aprendizagem de máquina, o que facilita o processo desenvolvido neste projeto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a captura dos sinais de Libras, foi utilizada a placa Arduino Nano 33 IoT, desenvolvida pela Arduino. Esta placa possui diversos recursos; dentre eles, um acelerômetro, que foi empregado na detecção de movimento e orientação de gestos das mãos e do corpo, fundamentais na linguagem de sinais (Arduino, 2023). Esses sensores traduzem os gestos em dados que podem ser armazenados e processados para análise e classificação.

Em conjunto com o Arduino, a plataforma Edge Impulse foi usada para o armazenamento, análise e classificação desses dados. O Edge Impulse é um programa online e gratuito, especializado em aprendizado de máquina e processamento de sinais. E foi através da comunicação entre a placa arduino e a plataforma, que se tornou possível realizar as aquisições dos gestos de Libras e treinar a máquina.

Figura 1 – Posicionamento da pulseira



Fonte: Produção do próprio autor.

Para a realização das aquisições de sinais, utilizou-se uma pulseira que integra o arduino, que faz parte do projeto “Pulseira SOS” desenvolvida pelos alunos Cledmilson

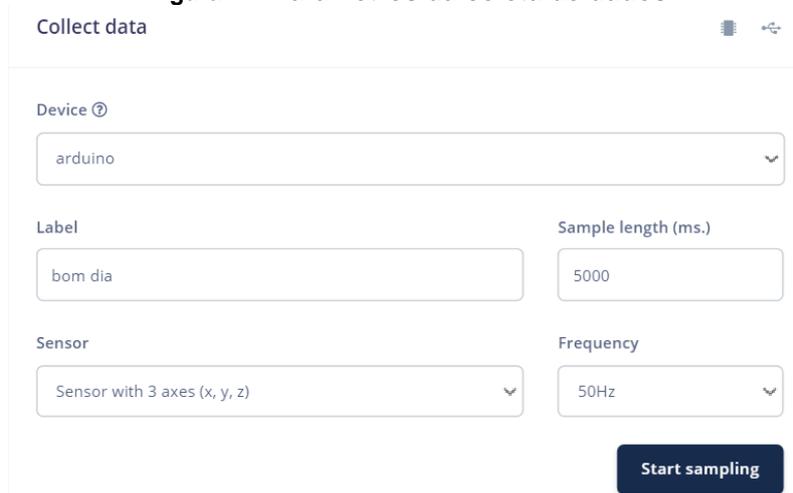
Santos, Dhoulgas Nogueira e Luigi De La Cruz Faxina. Esta foi projetada e impressa em 3D, incluindo duas aberturas laterais para a passagem de um velcro, apresentada na Figura 1. Essa pulseira é posicionada neste local por ser uma região de extremidade e que estará em constante movimento durante a gesticulação dos gestos.

O Data Forward, ou encaminhador de dados, foi o principal comando para transmitir os dados do Nano 33 IoT para o Edge Impulse via serial, juntamente com o código disponibilizado pelo próprio Edge Impulse, permitindo a transferência dos dados adquiridos para o treinamento do classificador.

Os gestos selecionados para as aquisições foram: "bom dia", "tudo bem", "bem-vindo", "prazer em conhecer você", "obrigado", "meu nome é", "de nada", "por favor", "sim" e "não". Foram escolhidos, em sua maioria, por serem executados predominantemente com a mão direita. O bom dia, tudo bem e o bem-vindo, foram selecionados devido às suas semelhanças, para observar qual seria o comportamento após a classificação diante desse tipo de situação. Tais gestos são demonstrados no vídeo anexado à "Material Suplementar".

Com o dispositivo conectado e posicionado, prosseguiu-se para as medições. Dentro da plataforma do Edge Impulse, existe uma área chamada "Data Acquisition", na qual os dados brutos são adquiridos e armazenados. Os parâmetros configurados nas aquisições são exemplificados na Figura 2. Em "Label" (rótulo) é onde se define o com o nome do gesto, e em "Start sampling" é onde se inicia a aquisição, sendo necessário uma nova ação a cada repetição.

Figura 2 – Parâmetros da coleta de dados



The screenshot shows the 'Collect data' interface in the Edge Impulse platform. It features several input fields and a button:

- Device:** A dropdown menu with 'arduino' selected.
- Label:** A text input field containing 'bom dia'.
- Sample length (ms.):** A text input field containing '5000'.
- Sensor:** A dropdown menu with 'Sensor with 3 axes (x, y, z)' selected.
- Frequency:** A dropdown menu with '50Hz' selected.
- Start sampling:** A dark blue button with white text.

Fonte: Produção do próprio autor.

Para a criação de um modelo de aprendizagem de máquina, é necessário que haja uma boa quantidade de dados. Para isso, dados foram adquiridos de seis voluntários, sendo duas mulheres e quatro homens (entre 20 e 32 anos), onde cinco colaboradores fizeram dez repetições de cada gesto e um fez 20 repetições de cada. Todos os voluntários aprenderam os sinais no momento da aquisição, não possuindo experiências prévias em relação aos gestos. Foram feitas 700 aquisições no total, contando com a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UTFPR (parecer 2759577). Ao fim de cada aquisição, o bloco *Raw Data* (Dados Brutos) gera janelas com os sinais a partir de

dados sem qualquer processamento de sinal específico, como exemplificado na Figura 3.

Figura 3 – Exemplo dos sinais obtidos na coleta de dados. Este é um exemplo do sinal “bom dia”



Fonte: Produção do próprio autor.

Ao fim das aquisições, gerou-se um impulso na área “impulso desing”, que divide os dados brutos em blocos, sendo um para o processamento de sinais (*Processing Block*) e outro para a aprendizagem e classificação de novos dados (*Learning Block*). Para o *Processing Block*, foi escolhido o *Spectral Analysis* (Análise Espectral), pois ela extrai as características de frequência e potência de um sinal ao longo do tempo, aplicável para análise de movimentos repetitivos. E no *Learning Block*, o “*Classification*” (Classificação) foi usado, o qual aprende padrões de dados e pode aplicá-los em novas amostras.

Nos parâmetros do *Spectral Analysis*, usou-se os recomendados pela plataforma, pois supriam as necessidades requeridas. O tipo de análise escolhido foi o FFT (*Fast Fourier Transform*, Transformada Rápida de Fourier), com um comprimento de 16. Com o *Spectral Analysis* configurado, extraíram-se as *features* (características) para iniciar o processo de classificação.

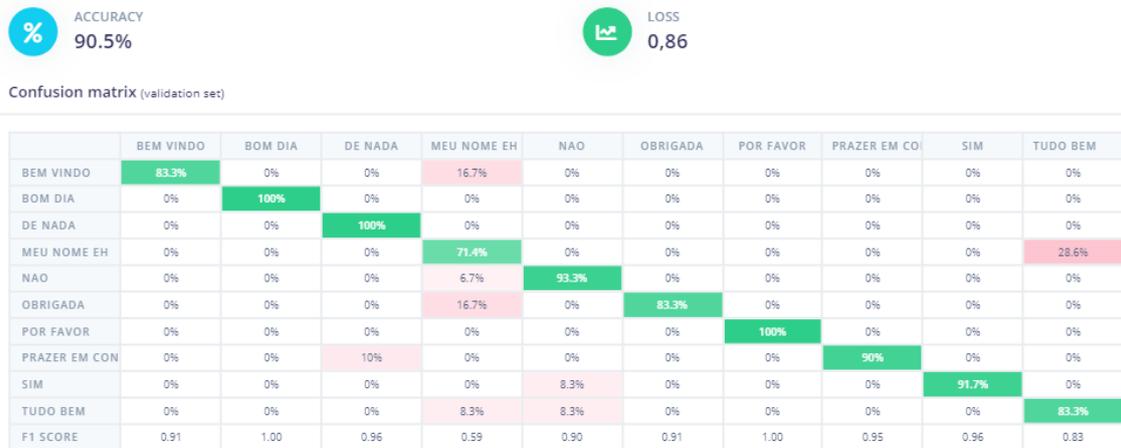
Para a configuração do classificador, foi usado o *Neural Network settings* (Configurações de Rede Neural), possuindo como configurações de treinamento um número de ciclos igual a 1800, com uma taxa de treinamento de 0,005 e quantidade de amostras totais para validação. A rede neural foi desenvolvida com uma camada de entrada com 39 *features*, uma camada densa de 200 neurônios (definidas pelo autor) e uma camada de saída com 10 classes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o treinamento, o modelo alcançou uma acurácia de 90,5%, o que significa que cerca de nove a cada dez gestos são reconhecidos com precisão, demonstrando sua eficácia na classificação de gestos. Além disso, as perdas (*loss*) foram mantidas em níveis baixos, indicando que as previsões do modelo estão próximas dos rótulos verdadeiros. Esses resultados ressaltam a capacidade do modelo de realizar o reconhecimento de gestos de forma precisa e confiável, tornando-o adequado para aplicações práticas.

Como pode ser observado na matriz de confusão (*confusion matrix*), alguns gestos foram 100% reconhecidos, não tendo conflito com nenhum outro, como o “bom dia”, “de nada” e o “por favor”. O bom dia, tudo bem e o bem-vindo, que são gestos bem semelhantes, não tiveram nenhum conflito entre si, isso significa que o algoritmo conseguiu acertar gestos parecidos. O gesto com a menor acurácia (71,4%) foi sinal “o meu nome é” devido a movimentação semelhante entre os sinais, tais como “tudo bem”, “bem-vindo” e “obrigado”.

Figura 4 – Acurácia, perdas e matriz de confusão



Fonte: Produção do próprio autor.

CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, é possível concluir que a utilização de sensores inerciais junto a plataforma edge impulse para o reconhecimento de sinais de Libras mostrou ser um conjunto viável de ferramentas. Este dispositivo pode ser, em um futuro próximo, ampliado para o reconhecimento de uma amostra maior de gestos, evoluindo e sofisticando o sistema, sendo possível assim, contribuir para a melhora e qualidade da comunicação entre falantes e não falantes de Libras.

O decorrer do projeto fluiu sem dificuldades, sendo que o maior empecilho foi a comunicação entre o microcontrolador e a plataforma Edge Impulse, devido a quantidade excessiva de programas e arquivos que devem ser instalados para total funcionamento. Fora isso, foi um projeto divertido de se realizar e enriquecedor, principalmente possuindo pessoas ao redor que acreditaram no sucesso do mesmo.

Material suplementar

No seguinte vídeo, disponível no YouTube apenas através deste link, está a demonstração dos gestos da língua brasileira de sinais utilizados nas aquisições para o reconhecimento de gestos:

<https://youtu.be/tWsd6mgpxGo?si=8fp8aQif1NtWrRSN>

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, aos meus pais e ao professor José Mendes Junior por seu inabalável apoio em minha jornada acadêmica e por ocuparem posições de destaque em minha graduação. Expresso minha gratidão à UTFPR, onde curso Engenharia Mecatrônica, por proporcionar-me oportunidades de aprendizado enriquecedoras. Agradeço também ao Eduardo Guercheski, pelo apoio contínuo e por ter me apresentado o Bioteca, além de ter sido um dos voluntários para a aquisição de sinais. Meus agradecimentos se estendem a Luigi Faxina, que compartilhou seus recursos e conhecimentos de maneira generosa, desempenhando um papel fundamental na



realização deste trabalho. Não posso deixar de reconhecer e agradecer a Augusto Inafuco, a Bianca Abreu, o Thiago Dias e o Yuri Sertório de Souza, por também terem sido voluntários para as minhas aquisições e responsáveis pelo sucesso desse projeto.

Disponibilidade de código

O processo realizado para utilizar o Data Forward, o comando e o código utilizados em uma parte da comunicação entre o programa online e a placa arduino, está presente no seguinte link:

<https://docs.edgeimpulse.com/docs/tools/edge-impulse-cli/cli-data-forwarder>

Conflito de interesse

Não houve conflito de interesse durante a execução do presente artigo.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. Datasheet Arduino nano 33 IoT. Disponível em:

<https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/ABX00027-datasheet.pdf>

Crean, C.; McGeouge, C.; O'Kennedy, R.. Wearable biosensors for medical applications. In: Higson, Séamus (Editor). Biosensors for Medical Applications. Woodhead Publishing, p.301-330, 2012. ISBN 9781845699352. Disponível em:

<https://doi.org/10.1533/9780857097187.2.301>

CORREIA, C. H. G.; KOMATI, K. S.; BOLDT, F. de A. Reconhecimento de Gestos de Mão em Sequência a partir de Sensores Inerciais. Journal of Health Informatics, Brasil, v. 12, 2021. Disponível em: <https://jhi.sbis.org.br/index.php/jhi-sbis/article/view/841>. Acesso em: 22 out. 2023.

DIAS, Thiago Simões. Luva instrumentada para reconhecimento de padrões de gestos em Libras. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5018>

EDGE IMPULSE. **Continuous motion recognition**. Tutorials- End-to-end tutorials. Disponível em: <https://docs.edgeimpulse.com/docs/tutorials/end-to-end-tutorials/continuous-motion-recognition#3.-designing-an-impulse>

MERINO, Eugenio Andrés Díaz; FORCELINI, Franciele; VARNIER, Thiago; MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz. O USO DA INSTRUMENTAÇÃO TECNOLÓGICA EM PROJETOS DE TECNOLOGIA ASSISTIVA: CAPTURA DE MOVIMENTOS E TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA. Human Factors in Design, Florianópolis, v. 7, n. 14, p. 095–113, 2018. DOI: 10.5965/2316796307142018095.

Disponível em:

<https://revistas.udesc.br/index.php/hfd/article/view/2316796307142018095>. Acesso em: 22 out. 2023.

SANTOS, Cledmilson Pedro; NOGUEIRA, Douglas Emanuel; FAXINA, Luigi De La Cruz. **Pulseira SOS**. Disponível em:

<https://pulseirasos.notion.site/Pulseira-SOS-7c0f2833dfe94490ad64f9cda93056df>