



**UNILEÃO – CENTRO UNIVERSITÁRIO DR LEÃO SAMPAIO
CURSO DE BACHARELADO EM FISIOTERAPIA**

LIVIA MARIA PEREIRA SANTOS

**SENSORES ELETROMIOGRÁFICOS COMO TECNOLOGIA AVALIATIVA DA
FUNÇÃO MUSCULAR NA ARTICULAÇÃO TEMPOROMANDIBULAR**

JUAZEIRO DO NORTE

2023

LIVIA MARIA PEREIRA SANTOS

**SENSORES ELETROMIOGRÁFICOS COMO TECNOLOGIA AVALIATIVA DA
FUNÇÃO MUSCULAR NA ARTICULAÇÃO TEMPOROMANDIBULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Fisioterapia do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio (Campus Saúde), como requisito para obtenção do Grau de Bacharelado.

Orientador: Prof. Ma. Tatianny Alves França
Co-orientador: Prof. Me. Francisco Wesley
Gomes Bezerra

JUAZEIRO DO NORTE

2023

LIVIA MARIA PEREIRA SANTOS

**SENSORES ELETROMIOGRÁFICOS COMO TECNOLOGIA AVALIATIVA DA
FUNÇÃO MUSCULAR NA ARTICULAÇÃO TEMPOROMANDIBULAR**

DATA DA APROVAÇÃO: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

Professora Esp.; Ma. Tatianny Alves França
Orientador

Professor Me. Francisco Wesley Gomes Bezerra
Co-orientador

Professor Esp. Paulo César de Mendonça
Examinador 1

Professor Esp.; Me. Jéferson Martins Pereira Lucena Franco
Examinador 2

JUAZEIRO DO NORTE
2023

ARTIGO ORIGINAL

SENSORES ELETROMIOGRÁFICOS COMO TECNOLOGIA AVALIATIVA DA FUNÇÃO MUSCULAR NA ARTICULAÇÃO TEMPOROMANDIBULAR

Livia Maria Pereira Santos¹, Tatianny Alves França² e Francisco Wesley Gomes Bezerra³

Formação dos autores

1- Acadêmico do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário Leão Sampaio.

2- Professora, Especialista e Mestra do Colegiado de Fisioterapia do Centro Universitário Leão Sampaio.

3- Professor do Colegiado de Fisioterapia do Centro Universitário Leão Sampaio.

Correspondência: livia.mariaa46@gmail.com, tatianny@leaosampaio.edu.br e wesleybezerra@leaosampaio.edu.br

Palavras-chave: Articulação temporomandibular. Teste. Força.

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar, expresso minha gratidão a Deus pela saúde, sabedoria e por ter colocado pessoas extraordinárias ao longo deste processo de conclusão do curso. Quero agradecer profundamente aos meus familiares (mãe, pai, irmã, padrasto e demais familiares) que estiveram presentes em cada etapa da minha vida, especialmente nesta fase final da faculdade, sempre segurando minha mão. Ao meu namorado, agradeço pelo carinho e parceria durante todo o processo de conclusão.

À minha orientadora, Tatianny Alves, e ao meu co-orientador, Francisco Wesley, expresso minha gratidão por cada conversa enriquecedora e pela troca de confiança. Vocês foram fundamentais para que eu não desistisse diante dos desafios de realizar um TCC exigente, acreditando no meu potencial desde quando esse trabalho era apenas uma ideia.

Agradeço a todos os colegas e professores que contribuíram de alguma forma. Meu sincero agradecimento a cada um de vocês; este trabalho não teria sido possível sem o apoio de todos.

RESUMO

Introdução: A articulação temporomandibular (ATM) é a articulação mais completa do corpo humano, sendo bastante utilizada durante todo o dia no momento da mastigação, comunicação e até em expressão facial. A irregularidade da mesma gera a disfunção temporomandibular sendo necessária uma boa avaliação para se chegar a um diagnóstico preciso. O sensor eletromiográfico (EMG) é uma tecnologia utilizada para realizar a leitura da contração muscular e melhor entendimento sobre a fisiologia do músculo. **Objetivo:** Relatar o desenvolvimento de um protótipo que utiliza sensores eletromiográficos como tecnologia avaliativa da função muscular da articulação temporomandibular. **Metodologia:** Trata-se de um relato de experiência que ocorreu de fevereiro a dezembro de 2023 no Centro Universitário Dr. Leão Sampaio. O presente estudo usou as etapas do design thinking, sendo elas, fase de descoberta, fase de ideação e fase de experiência. **Resultados:** O ATM Test foi desenvolvido utilizando o Sensor de ECG AD8232, comumente utilizado para adquirir sinais eletrocardiográficos de alta qualidade. O mesmo foi adaptado para capturar sinais elétricos dos músculos mastigatórios durante os movimentos mandibulares, ele registra o potencial elétrico gerado durante a contração e relaxamento desses músculos. **Discussão:** Este estudo descreve o desenvolvimento de um protótipo tecnológico para diagnóstico, alinhado a avanços sociais e considerando implicações econômicas. Destaca-se a importância das inovações tecnológicas na aceleração da recuperação, modificação dos processos assistenciais e integração da tecnologia ao cuidado integral ao paciente. **Considerações finais:** O estudo revelou que o protótipo, ao monitorar a atividade muscular durante a abertura da boca, conseguiu indicar graficamente as contrações e relaxamentos musculares. No entanto, foram enfrentadas dificuldades, como a demora na aquisição de equipamentos e a escassez de literatura sobre o tema, destacando assim a importância de futuros estudos.

Palavras-chave: Articulação temporomandibular. Teste. Força.

ABSTRACT

Introduction: The temporomandibular joint (TMJ) is the most complete joint in the human body, being widely used throughout the day when chewing, communicating and even in facial expression. Its irregularity generates temporomandibular dysfunction, requiring a good evaluation to reach an accurate diagnosis. The electromyographic (EMG) sensor is a technology used to read muscle contraction and better understand the physiology of the muscle. **Objective:** Report the development of a prototype that uses electromyographic sensors as a technology to evaluate the muscle function of the temporomandibular joint. **Methodology:** This is an experience report that took place from February to December 2023 at the Centro Universitário Dr. Leão Sampaio. The present study used the stages of design thinking, namely the discovery phase, ideation phase and experience phase. **Results:** The ATM Test was developed using the AD8232 ECG Sensor, commonly used to acquire high-quality electrocardiographic signals. It was adapted to capture electrical signals from the masticatory muscles during jaw movements, it records the electrical potential generated during the contraction and relaxation of these muscles. **Discussion:** This study describes the development of a technological prototype for diagnosis, aligned with social advances and considering economic implications. The importance of technological innovations in accelerating recovery, modifying care processes and integrating technology into comprehensive patient care is highlighted. **Final considerations:** The study revealed that the prototype, by monitoring muscle activity during mouth opening, was able to graphically indicate muscle contractions and relaxations. However, difficulties were faced, such as the delay in acquiring equipment and the scarcity of literature on the topic, thus highlighting the importance of future studies.

Keywords: Temporomandibular joint. Test. Force.

1. INTRODUÇÃO

A articulação temporomandibular é complexa, formada pela fossa do temporal e pelo côndilo da mandíbula, tendo o disco intervertebral entre esses dois acidentes ósseos e é praticamente a única articulação móvel do crânio. A irregularidade dessa articulação é conhecida como disfunção temporomandibular (DTM), pode ocorrer devido a uma hiperatividade muscular, fatores psicossomáticos, alterações posturais e articulares (Silva *et al.*, 2021).

Como uma unidade anatômica complexa, as atividades altamente coordenadas dos elementos da ATM são reguladas pelo sistema nervoso central por meio da atividade contrátil muscular e se manifestam como equilíbrio articular, incluindo não apenas movimentos rotacionais, mas também translacionais, bem como articulações adaptativas e compensatórias (Domenyuk *et al.*, 2020).

Cerca de 50 a 60% da população relata um sintoma ou demonstra um sinal relacionado a disfunção da articulação temporomandibular, sendo mais comum em adultos jovens com a idade entre 20 e 40 anos (Góes, Grangeiro, De Figueiredo, 2018). A maioria são mulheres, pois esse grupo parece ser mais propenso à doença de acordo com os estudos (Barbosa *et al.*, 2020). Normalmente, o diagnóstico é realizado com uma boa avaliação contendo o exame físico e o relato dos sintomas do paciente, sendo necessário em alguns casos exames de imagem para diagnóstico mais preciso (Barbosa *et al.*, 2020).

O exame físico deve ser realizado e a palpação é uma das partes essenciais, onde deve ser feita minuciosamente na ATM e nos músculos que participam da mastigação. O exame da ATM pode ser aprimorado pela colocação dos dedos no canal auditivo e a palpação na parede anterior desse canal durante a abertura e fechamento da boca do paciente. A inspeção durante a abertura da mandíbula também é importante, visto que isso pode evidenciar alterações diretamente na ATM, sendo os valores de normalidade de 35 a 45mm (Lomas *et al.*, 2018)

O estudo fez uso dos sensores eletromiográficos (EMG), onde os mesmos são usados para avaliar os padrões de ativação muscular, ou seja, são leitores musculares. Eles são tradicionalmente usados em pesquisas médicas e no exame de doenças neuromusculares. Estes sensores estão sendo usados atualmente junto com

próteses, mais precisamente no campo da robótica de sistemas de controle (Feichas *et al.*, 2020).

A presente pesquisa irá seguir as fases do Design Thinking, visto que, é uma abordagem bastante utilizada em resolver problemas para necessidades encontradas em uma comunidade específica. Para a criação de empreendimentos mediante a aplicação do Design Thinking, é essencial incorporar duas perspectivas cruciais: a praticabilidade (o que é exequível do ponto de vista técnico e organizacional?) e a sustentabilidade econômica (o que é financeiramente sustentável?) (IDEO, 2015).

Partindo das últimas atualizações nos estudos sobre a articulação temporomandibular e o uso dos sensores eletromiográficos (EMG) mais frequentes na área de saúde como leitor muscular, surgiu a pergunta norteadora: os sensores EMG seriam alternativa acurada como recurso avaliativo da função muscular na articulação temporomandibular (ATM)?

O interesse por este estudo surgiu a partir do crescimento notório na área de estudo sobre cabeça e pescoço na fisioterapia, com o foco na articulação temporomandibular e ainda, da curiosidade da pesquisadora em conhecer mais sobre essa área. A partir da aproximação desta com uma professora fisioterapeuta especialista nesta área, irrompendo, portanto, da vontade de realizar um estudo sobre ATM para aprofundar o conhecimento e com o objetivo pessoal de poder futuramente trabalhar nessa área.

Ainda, ao ter contato com a disciplina de Inteligência organizacional e desenvolvimento comportamental, onde aborda-se as novas tecnologias na área de saúde, a pesquisadora foi apresentada aos sensores EMG. Com o avanço dos estudos utilizando os sensores EMG, foi notório a sua capacidade em realizar a leitura da contração muscular. Conseqüentemente, a partir de estudos mais aprofundados, surgiu o interesse em aplicar esse mesmo dispositivo na musculatura da ATM e assim, verificar quando a musculatura está contraindo ou até mesmo, ter a informação de quando essa musculatura está fraca ou sendo contraída de forma eficaz.

Com esse relato, espera-se expor sobre o protótipo que busca facilitar as avaliações na região da ATM e chegar a um possível diagnóstico caso seja necessário, podendo ajudar a comunidade e os profissionais de saúde que trabalham

na área, visto que os sensores eletromiografia (EMG) conseguem monitorar o esforço muscular realizado na região em que são aplicados.

Este estudo objetiva relatar o desenvolvimento de um protótipo que utiliza sensores eletromiográficos como tecnologia avaliativa da função muscular da articulação temporomandibular, bem como apresenta como objetivos específicos: desenvolver um protótipo utilizando-se dos sensores EMG e placa arduíno para leitura e avaliação muscular, mapear ação muscular da articulação temporomandibular e submeter futuramente o protótipo para ser testado em grande quantidade de pessoas.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo se caracteriza como relato de experiência, onde o mesmo representa uma forma de construção de conhecimento, em que o texto aborda uma experiência acadêmica e/ou profissional relacionada a um dos fundamentos da formação universitária, como ensino, pesquisa e extensão. Sua característica distintiva é a minuciosa descrição da intervenção realizada. Na elaboração do estudo, é essencial incorporar um embasamento científico sólido e promover uma reflexão crítica (Mussi, Flores, De Almeida, 2021).

2.2. LOCAL E PERÍODO DA PESQUISA

A pesquisa aconteceu em uma Instituição de ensino superior, na cidade de Juazeiro do Norte, do estado do Ceará, no período de fevereiro de 2023 a dezembro de 2023.

2.3. INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

O Design Thinking apresenta três fases essenciais para a criação criativa do material: descoberta, ideação e experimentação (**figura 1**).

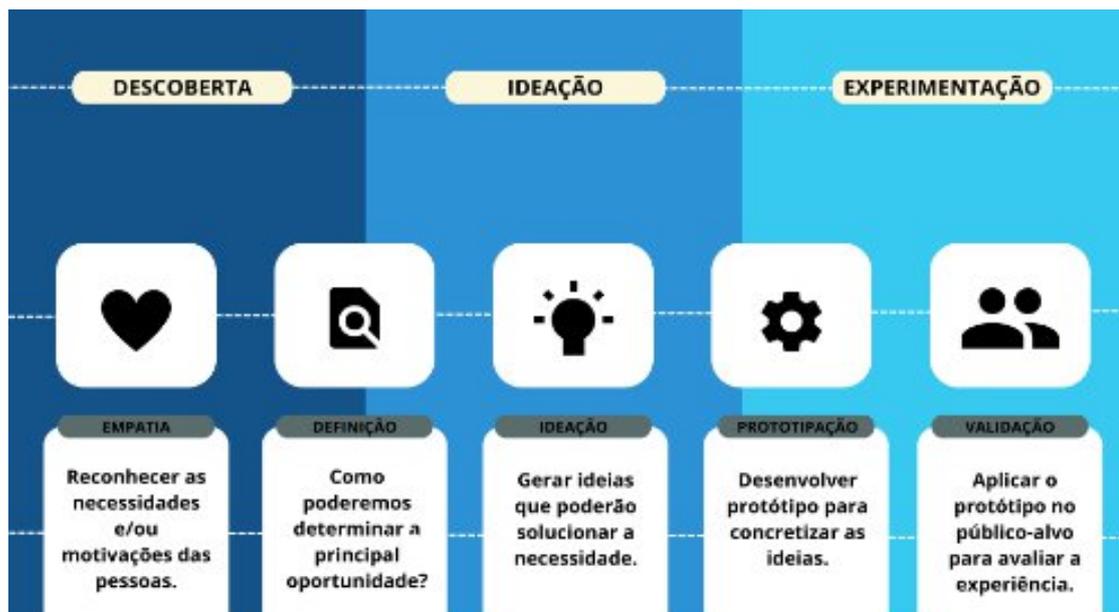


Figura 1: Apresentação das três fases do Design Thinking. **Fonte:** Dados da pesquisa, 2023.

2.4. DESCRIÇÃO DA PRODUÇÃO

2.4.1. Fase de descoberta

2.4.1.1. Empatia

Após estabelecer o desafio estratégico, a pesquisa entrou na sua fase inicial, conhecida como a fase de descoberta. Durante esta etapa, ocorreu uma profunda imersão no contexto da avaliação musculoesquelética das musculaturas da articulação temporomandibular e como a palpação divergia de um terapeuta para outro, não tendo um padrão para identificar o déficit de força nos músculos.

Em seguida, foi realizado o mapa de persona dos profissionais de saúde, com o intuito de criar uma representação visual e detalhada do perfil dos profissionais que realizam esta avaliação em suas clínicas e consultórios, com base em pesquisas bibliográficas. A seguir, os seguintes mapas de persona criado para demonstrar o perfil do fisioterapeuta (figura 2) e dentista (figura 3).



Figura 2: Demonstração de um mapa de persona de um fisioterapeuta. **Fonte:** Dados da pesquisa, 2023.



Figura 3: Demonstração de um mapa de persona de um dentista. **Fonte:** Dados da pesquisa, 2023.

2.4.1.2. Definir

Após uma breve análise dos casos clínicos de pacientes com disfunção temporomandibular e uma reflexão sobre as experiências durante as avaliações realizadas por profissionais especializados nesses casos, como a variação nos resultados de palpação para medir os níveis de força muscular entre diferentes terapeutas, ficou claro que há uma necessidade de um dispositivo mais avançado para a avaliação muscular dos músculos relacionados à articulação temporomandibular.

2.4.2. Fase de ideação

Após ser levado em consideração a necessidade de padronizar a forma de avaliar a musculatura, foi realizada uma pesquisa crucial para solucionar esse problema. Foi então que surgiu a possibilidade de usar os sensores eletromiográficos, os mesmos utilizados para leitura muscular cardíaca e esquelético de membros superiores.

Para fazer uso dos sensores EMG, é necessário a utilização da placa arduíno, onde a mesma é encontrada para compra junto com o kit completo. O Kit para projetos Arduino oferece a oportunidade de adquirir habilidades em eletrônica e programação. Ele se conecta diretamente ao PC, eliminando a necessidade de uma plataforma externa com acesso à internet, como um shield Wifi ou Ethernet. Este Kit é composto por uma ampla variedade de componentes, que são detalhadamente listados abaixo (tabela 1):

1x Tutorial Digital em formato PDF;	20x Cabo Macho x Macho de 20 cm Premium.
1x Placa Microcontroladora Uno SMD Compatível com Arduino;	2x LEDs RGB;
1x Cabo de Comunicação tipo A-B;	20x Resistores 220 ohms;
1x Cabo de alimentação por bateria 9v;	10x Resistores 10k ohms;
1x Protoboard 400 furos;	10x Resistores 1k ohms;
1x Potenciômetro 10k;	15x LEDs de Diversas Cores;
1x Display de LED de 7 segmentos;	6x Capas para Botões Coloridas;
1x Buzzer Sonoro ativo;	6x Botões Push Buttons;
2x Sensores de Temperatura - NTC;	3x Sensores de Campo Magnético - Reed Switch
2x Sensores Infravermelho - TCRT5000;	2x Sensores de Luminosidade - LDR

Tabela 1: Descrição do Kit Arduino

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

2.4.3. Prototipagem

A prática da prototipagem, conforme delineada pela abordagem do Design Centrado no Humano (HCD) - Kit de Ferramentas da IDEO (2015), envolve a criação de representações tangíveis de um produto, serviço ou experiência. O propósito principal é explorar, testar e iterar ideias. Os protótipos são desenvolvidos de maneira iterativa, utilizando materiais de baixa fidelidade, e têm o intuito de obter feedback dos usuários e validar propostas de solução antes da implementação final. Essa metodologia possibilita a melhoria contínua do design com base nas necessidades e expectativas dos usuários, assegurando a concepção de soluções mais eficazes e relevantes.

Para o presente projeto, foi optado pela construção de um protótipo de alta fidelidade. Segundo a IDEO, um protótipo de alta fidelidade é uma representação visual e funcional que simula a experiência final do usuário (IDEO, 2015). Ele é construído com detalhes precisos, refletindo as características visuais, interativas e, muitas vezes, funcionais do produto futuro. Essa abordagem visa capturar a essência

do conceito final, permitindo que designers e interessados testem e refinem a usabilidade, a estética e a funcionalidade antes da produção em larga escala. Os protótipos de alta fidelidade são considerados ferramentas fundamentais no processo de validação de ideias, obtenção de feedback relevante e tomada de decisões informadas no ciclo de design.

2.4.4. Objetivo do protótipo

O objetivo do protótipo é realizar leitura muscular dos músculos da articulação temporomandibular para ser possível produzir um mapeamento dessas musculaturas e assim correlacionar com os sintomas apresentados pelos pacientes diagnosticados com disfunção temporomandibular.

3. RESULTADOS

Frente ao exposto anteriormente, apresenta-se o resultado da construção meticulosa do protótipo de alta fidelidade, desenvolvido com o emprego do versátil kit Arduino e sensores ECG. Considera-se assim um marco significativo no projeto, onde a fusão da tecnologia Arduino com a precisão dos sensores ECG culmina na criação de um protótipo robusto e funcional, que foi denominado “ATM Test”.

3.1. DESCRIÇÃO DOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS

3.1.1. Sensor ECG?

O sensor ECG, projetado originalmente para registrar a atividade elétrica do coração, pode ser adaptado e utilizado de forma inovadora na leitura da atividade muscular da mandíbula. A aplicação deste sensor nesse contexto envolve a captura de sinais elétricos produzidos pelos músculos mastigatórios durante os movimentos mandibulares.

Ao posicionar os eletrodos do sensor ECG estrategicamente nos músculos da mandíbula, é possível registrar as opções de potencial elétrico gerado durante a contração e relaxamento desses músculos. Esses sinais elétricos capturados podem ser analisados para compreender a atividade muscular mandibular, identificar padrões de movimento, avaliar a força aplicada durante a mastigação e até mesmo detectar possíveis disfunções musculares nessa região.

Essa adaptação do sensor ECG para leitura muscular mandibular amplia suas possibilidades de aplicação, proporcionando uma ferramenta inovadora e não invasiva para avaliar a função e o desempenho dos músculos da mandíbula, sendo especificamente útil em áreas como odontologia, fonoaudiologia e pesquisas biomecânicas relacionadas à mastigação e movimentos mandibulares. Usos médicos do ECG.

3.1.2. Sensor de ECG AD8232

Para o desenvolvimento do ATM Test foi utilizado o Sensor de ECG AD8232 um dispositivo amplamente utilizado para aquisição de sinais eletrocardiográficos (ECG) de alta qualidade. Desenvolvido pela Analog Devices, o AD8232 é um

amplificador de chip dedicado a capturar sinais elétricos gerados pela atividade cardíaca e transformá-los em dados que podem ser facilmente lidos e interpretados por microcontroladores, como o Arduino. Esse sensor é especialmente projetado para ser preciso, de fácil utilização e oferecer uma excelente fidelidade na captação dos sinais. O AD8232 vem acompanhado de eletrodos que podem ser posicionados no corpo para capturar os sinais elétricos emitidos pelo corpo. Esses sinais são então amplificados, filtrados e preparados para serem processados digitalmente por dispositivos como microcontroladores ou placas Arduino (figura 4).

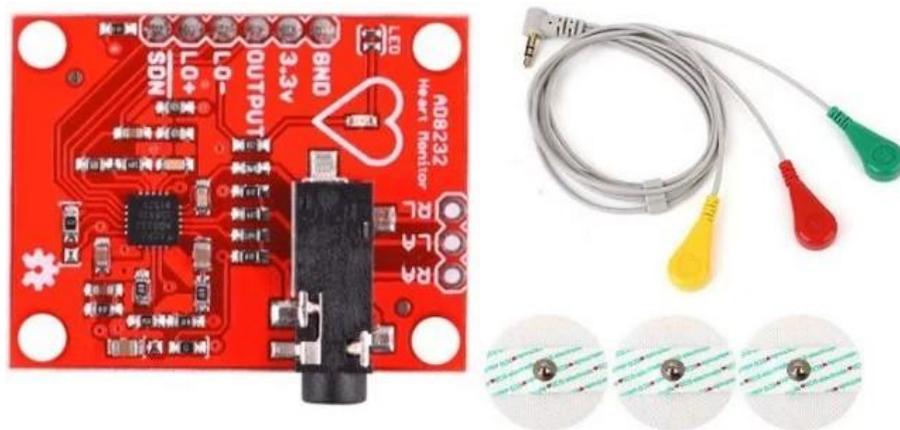


Figura 4: Sensor de ECG AD8232
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

O AD8232 é muito desenvolvido em projetos de monitoramento e medição biopotencial, em contextos de pesquisa onde a análise da atividade elétrica do corpo é fundamental. Sua praticidade, precisão e capacidade de integração com plataformas de desenvolvimento o tornaram um componente importante para o desenvolvimento do presente projeto.

3.1.3. Arduino UNO

O Arduino UNO é uma placa de desenvolvimento eletrônico amplamente utilizada na prototipagem de projetos que envolvem sistemas embarcados. Trata-se de uma plataforma de hardware de código aberto baseada em microcontroladores da família AVR, que oferece um conjunto versátil de recursos para a implementação de projetos de eletrônica. O Arduino UNO é caracterizado por seu microcontrolador ATmega328P, que opera a uma frequência de clock de 16MHz e possui uma ampla gama de pinos de entrada/saída digital e analógica. Sua estrutura é composta por

elementos fundamentais, incluindo portas de entrada/saída, interfaces de comunicação (como UART, I2C e SPI), além de uma porta USB que facilita a programação e a comunicação com computadores (figura 5).



Figura 5: Placa Arduino UNO
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Essa placa é reconhecida por sua facilidade de uso, tornando-se acessível mesmo para iniciantes em eletrônica e programação. Utilizando uma linguagem de programação simplificada e um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE), o Arduino UNO permite a criação rápida e eficiente de projetos interativos. Por meio da programação de seus pinos e do microcontrolador, é possível controlar dispositivos, receber dados de sensores, interagir com periféricos e criar uma ampla variedade de aplicações, desde sistemas simples até projetos mais complexos.

3.2. CONEXÃO ENTRE O ARDUINO E O SENSOR DE ECG AD8232

O sensor de ECG AD8232 interrompe nove conexões do circuito integrado (CI). Essas conexões, comumente referidas como "pinos", são derivadas das saídas físicas do CI, mas são essencialmente terminais de conexão disponíveis para a soldagem de fios ou pinos de cabeçalho. Como apresentado na figura 6 e descrito na tabela 2, foi conectado cinco dos nove pinos da placa ao Arduino, identificados como GND, 3.3v, OUTPUT, LO- e LO+.

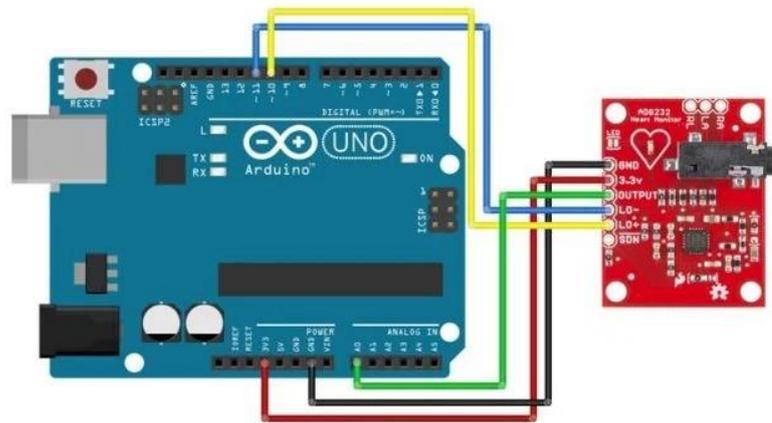


Figura 6: Conexão entre o Arduino e o sensor de ECG AD8232
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Board Label	Pin Function	Arduino Connection
GND	Ground	GND
3.3v	3.3v Power Supply	3.3v
OUTPUT	Output Signal	A0
LO-	Leads-off Detect -	11
LO+	Leads-off Detect +	10
SDN	Shutdown	Not used

Tabela 2: Esquema de Conexão do Arduino e o sensor de ECG AD8232
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

3.3. CÓDIGO FONTE DO PROTÓTIPO

O código fonte para conectar o sensor de ECG AD8232 ao Arduino consiste em instruções escritas em linguagem de programação Arduino. Ele configura a comunicação entre os dispositivos, lê os sinais elétricos do sensor e processa esses dados para medição biopotencial, permitindo a visualização em tempo. O código utilizado para o presente projeto pode ser visto na figura 7.

```

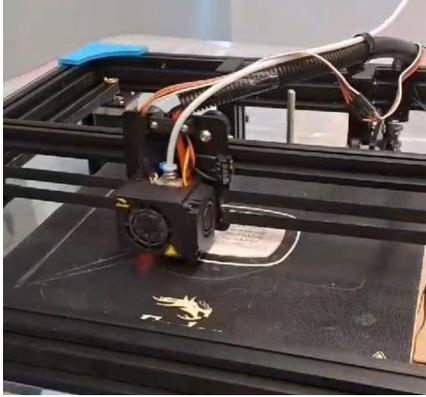
1. void setup() {
2.   Serial.begin(9600);
3.   pinMode(10, INPUT); // Configuração para detecção de derivações LO +
4.   pinMode(11, INPUT); // Configuração para detecção de leads off LO -
5. }
6.
7. void loop() {
8.
9.   if((digitalRead(10) == 1) || (digitalRead(11) == 1)){
10.    Serial.println('!');
11.   } else {
12.    // envia o valor da entrada analógica 0:
13.    Serial.println(analogRead(A0));
14.   }
15.   // Espere um pouco para evitar que os dados seriais saturarem
16.   delay(1);
17. }

```

Figura 7: Código fonte/Programa do Arduino
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

3.4. PROTÓTIPO DE ALTA FIDELIDADE ATM TEST

O desenvolvimento do protótipo de alta fidelidade que emprega o Sensor de ECG AD8232 em conjunto com o Arduino UNO seguiu conforme mostrado na tabela 3.

Etapa	Imagem de apresentação
Conexão dos pinos no circuito integrado	
Impressão 3D de caixa protetora de circuito	
Codificação do algoritmo integrador	<pre data-bbox="995 1518 1422 1749"> void setup() { Serial.begin(9600); pinMode(10, INPUT); // Configuração para detecção de derivações IO + pinMode(11, INPUT); // Configuração para detecção de leads off IO - } void loop() { if((digitalRead(10) == 1) (digitalRead(11) == 1)){ Serial.println('!'); } else { // envia o valor da entrada analógica 0: Serial.println(analogRead(A0)); } // Espere um pouco para evitar que os dados seriais esturem delay(1); } </pre>
Codificação de tela de monitoramento	

Na figura 8, pode-se ver o resultado final da estrutura física do protótipo.

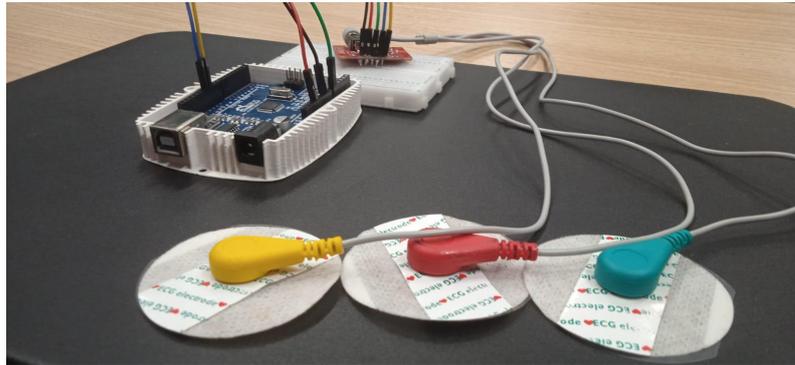


Figura 8: ATM Test
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

3.5. VALIDAÇÃO FUNCIONAL DO PROTÓTIPO

Após a montagem do protótipo, foi realizada uma bateria de testes com o propósito de validar sua funcionalidade e capacidade operacional, os testes foram realizados na própria autora do projeto, apenas para finalidade técnica. Como pode ser visto nas figuras 9, figuras 10, figuras 11 e figuras 12.

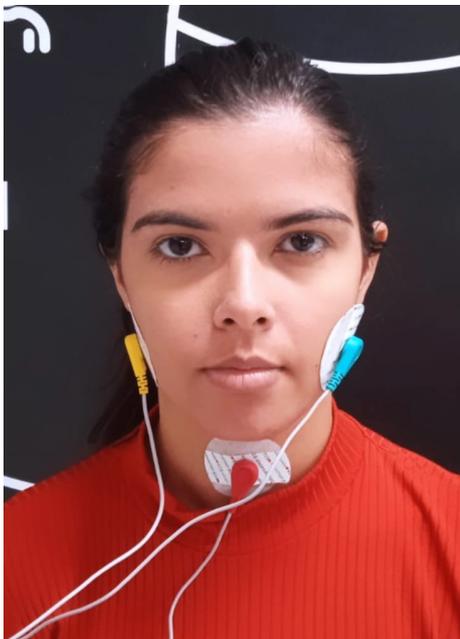


figura 9

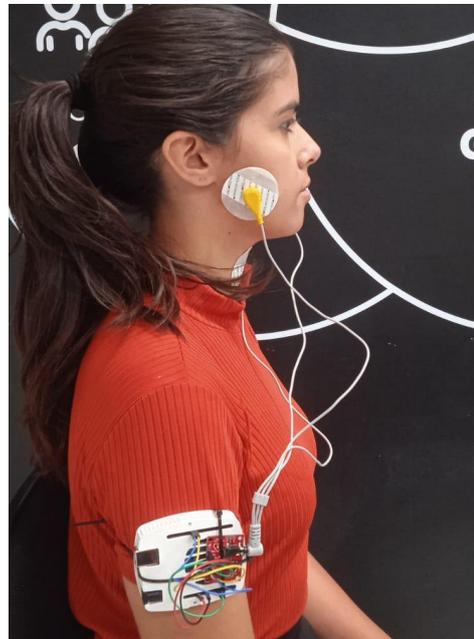


figura 10



figura 11

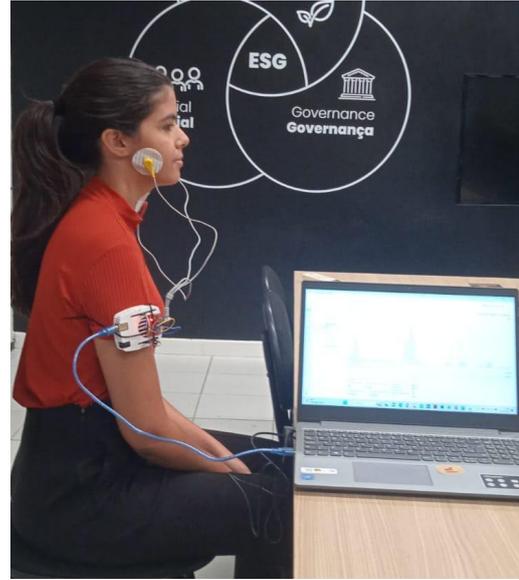


figura 12

O protótipo alcançou resultados promissores na leitura muscular dos músculos da articulação temporomandibular (ATM). A integração dessas tecnologias permitiu uma abordagem inovadora na captação e interpretação dos sinais elétricos gerados pela atividade muscular nessa região. Através do posicionamento estratégico dos eletrodos do Sensor de ECG AD8232 nos músculos associados à ATM, foi possível registrar as variações de potencial elétrico geradas durante os movimentos mandibulares. O Arduino UNO desempenhou um papel fundamental na coleta e processamento desses dados, oferecendo uma plataforma flexível e acessível para a interpretação dos sinais captados. Essa abordagem inovadora oferece potencial para o estudo mais aprofundado da função muscular nessa região, podendo ser aplicada em campos como odontologia, fonoaudiologia e pesquisa biomecânica.

4. DISCUSSÃO

Este estudo constitui um relato de experiência relacionado à concepção e desenvolvimento de um protótipo tecnológico para facilitar o diagnóstico de pacientes. Conforme ressaltado por Balbino et al. (2020), a adoção e aplicação de tecnologias avançadas têm como meta acelerar a recuperação dos pacientes, reduzir complicações e modificar os fluxos e processos assistenciais.

De acordo com a mesma fonte, Balbino et al. (2020), é imperativo promover o desenvolvimento de inovações tecnológicas que não apenas busquem avanços sociais, mas também considerem as implicações econômicas inerentes ao processo criativo e de desenvolvimento dessas tecnologias. A discussão sobre o progresso tecnológico é um tópico de longa data que tem sido amplamente debatido.

Conforme estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS), as tecnologias em saúde desempenham um papel crucial nos sistemas de saúde. Um sistema de saúde eficaz deve assegurar o acesso equitativo a tecnologias comprovadamente qualificadas em termos de qualidade, segurança, eficácia e custo-efetividade. Além disso, a utilização dessas tecnologias deve ser fundamentada em evidências científicas de alta qualidade.

A presença da tecnologia no cuidado de saúde é um elemento integrante, conforme evidenciado pelo Ministério da Saúde (2014). A presença da tecnologia não é desvinculada do cuidado; ela, na verdade, integra-se às ações de cuidado e gestão, fortalecendo a prestação de assistência integral ao paciente. Por meio da interação entre profissionais de saúde e pacientes, observa-se o desenvolvimento de uma rede de atenção à saúde, cujo objetivo é garantir a abordagem integral no cuidado ao paciente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste relato de experiência, foi possível descrever o desenvolvimento do protótipo que utiliza sensores eletromiográficos como método de avaliação da função muscular da articulação temporomandibular. Essa inovação visa simplificar o diagnóstico em pacientes que apresentam sinais ou sintomas associados a disfunções nessa articulação.

Durante o estudo, a concepção do protótipo permitiu a leitura da atividade muscular dos músculos da ATM no momento da abertura da boca e demonstrou quando os músculos relaxaram logo em seguida. Essa leitura era refletida graficamente na tela do computador, evidenciando as contrações musculares.

Contudo, vale ressaltar as dificuldades enfrentadas, como a demora na aquisição dos equipamentos e a escassez de artigos sobre articulação temporomandibular e sensores EMG. Essas limitações sublinham a necessidade da construção de estudos para continuidade e aprimoramento no uso do protótipo, bem como a validação por meio de juízes, sendo essa etapa primordial para que os ajustes necessários sejam corrigidos antes do esperado do momento em que sua aplicação em testes aconteça na comunidade em geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, N. M. C.; COLUCI, M. Z. O. Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. *Ciência Saúde Coletiva*, v. 16, n.7, p.3061-308,2011.

Balbino, CM, *et al.* Inovação tecnológica: Perspectiva dialógica na visão de Joseph Shumpeter. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, [s.l.]. v. 9, n. 6, pág. E198963593, 2020.

BARBOSA, JS *et al.* Avaliação termográfica infravermelha de pacientes com disfunção temporomandibular. *Radiologia Dentomaxilofacial*, v. 49, n. 4, 2020.

BRENNAN, PM.; MURRAY GD; TEASDALE GM.Simplifying the use of prognostic information in traumatic brain injury. Part 1: The GCS-Pupils score: an extended index of clinical severity. *Journal of Neurosurgery*. Posted online on April 10, 2018. Acesso em: 10 de junho de 2023.

CAVALCANTE, Pedro *et al.* Políticas públicas e design thinking: interações para enfrentar desafios contemporâneos. *Inovação e políticas públicas: superando o mito da ideia*, [s. l.], ed. 1, 2019.

DOMENYUK, Dmitry *et al.* Arranjo estrutural: Da articulação temporomandibular visto da anatomia constitucional. *Arquivador de edica*, [s. l.], v. 10, ed. 1, 2020.

FECHAS, Carlos *et al.* Protótipo auxiliar de diagnóstico para fisioterapia. *Revista H-Tec Humanidades e Tecnologia*, v. 4, Edição Especial EIC 2019, p. 6-219, jun., 2020.

GÓES, Karine Renatta Barros; GRANGEIRO, Manassés Tercio Vieira; DE FIGUEIREDO, Viviane Maria Gonçalves. Epidemiologia da disfunção temporomandibular: uma revisão de literatura. *Journal of Dentistry & Public Health (inactive/archive only)*, v. 9, n. 2, p. 115-120, 2018.

IDEO. IDEO | Global Design & Innovation Company | This Work Can't Wait. Disponível em: <<https://cantwait.ideo.com/>>.

LOMAS, Jonathan *et al.* Disfunção temporomandibular. REIMPRESSO DEAJGPVOL, [s. l.], v. 47, ed. 4, Abril 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Implantação das Redes de Atenção à Saúde e outras estratégias da SAS. Brasília, 2014.

OPEN BIONICS. Muscle Control v 1.2. Disponível em: <<https://www.openbionics.com/obtutorials/muscle-control-v1-2>>. Acesso em: 23 abr. 2023.

NODA, Dayna Karina Governa; MARCHETTI, Paulo Henrique; VILELA JUNIOR, Guanis de Barros. A eletromiografia de superfície em estudos relativos à produção de força. 2014. Universidade Metodista de Piracicaba (Unimep), 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/268870576_ARTIGO_DE_REVISAO_A_ELETROMIOGRAFIA_DE_SUPERFICIE_EM_ESTUDOS_RELATIVOS_A_PRODUCAO_DE_FORCA_Surface_electromyography_in_studies_on_the_force_production_2014. Acesso em: 10 de junho de 2023.

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; HUNGLER, B. P. Fundamentos de pesquisa em enfermagem. 5ª ed. Porto Alegre (RS): Artmed; 2004.

MUSSI, Ricardo F.; FLORES, Fábio F.; DE ALMEIDA, Claudio B. PRESSUPOSTOS PARA A ELABORAÇÃO DE RELATO DE EXPERIÊNCIA COMO CONHECIMENTO CIENTÍFICO. Revista Práxis Educacional, [S. l.], ano 1, v. 17, n. 48, p. 60-77, out.-dez 2021. DOI <https://doi.org/10.22481/praxisedu.v17i48.9010>.

SILVA, Jadson *et al.* . Associação de Terapias Fisioterapêuticas e Odontológicas no Tratamento de Disfunção Temporomandibular: Revisão integrativa. Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde, 2021; 25(4), 521-527. Disponível em: <https://ensaioseciencia.pgsskroton.com.br/article/view/8683>. Acesso em: 10 de junho de 2023.

STICKDORN, Marc; SCHNEIDER, Jakob. Isto é design thinking de serviços. Grupo A, 2014. E-book. ISBN 9788582602188. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582602188/>. Acesso em: 23 abr. 2023.

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987. Acesso em: 16 de junho de 2023.

World Health Organization. Everybody's business: strenghtening health systems to improve health outcomes. WHO's framework for action. Geneva: World Health Organization; 2007.