

**PROTÓTIPO AUXILIAR DE DIAGNÓSTICO PARA FISIOTERAPIA****Autores**Carlos Henrique Loureiro Feichas<sup>1</sup>Eduardo Hidenori Enari<sup>2</sup>Gabriel Rodrigues Modesto<sup>3</sup>Ivan Marques dos Reis<sup>4</sup>Thais Barbosa Marques<sup>5</sup>**Resumo**

Em um tratamento fisioterapêutico atual, existem algumas barreiras que podem se tornar obstáculos para o avanço dos pacientes em “enfermidades” existentes desde seu nascimento ou pós-traumáticos, principalmente em crianças, principalmente aquelas que ainda estão aprendendo movimentos comuns como: andar, sentar, ficar em pé, movimentar os braços etc. Assim, o presente trabalho parte de uma importante questão: o que poderia ser feito para aperfeiçoar e agilizar o processo de aprendizado ou recuperação do paciente? Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um dispositivo que capture “contrações musculares” por meio dos conceitos da Eletromiografia de Superfície e que alimente um sistema computacional que permita ao fisioterapeuta acompanhar a evolução do tratamento por meio de gráficos relacionados a essas contrações musculares. Este trabalho apresenta um estudo e identificação de sensores que são utilizados para acompanhar essas contrações; uso desses sensores juntamente com a tecnologia arduino para capturar as contrações musculares; desenvolvimento de um sistema que gera gráficos a partir dos dados transmitidos pelo arduino e que disponibilize uma interface que pode ser utilizada por um profissional da área de saúde durante o tratamento. Desenvolveu-se, assim, o protótipo de um sistema para captura da contração muscular baseado no arduino, uma aplicação web que registra os dados do paciente e apresenta a resposta muscular por meio de gráficos que podem ser facilmente manuseados pelo fisioterapeuta.

**Palavras-chave:** Saúde; Fisioterapia neurológica; Tratamento; Trauma físico; Dispositivo médico; Sistema Web.

*AUXILIARY PROTOTYPE OF DIAGNOSIS FOR PHYSIOTHERAPY***Abstract**

*In a current physiotherapeutic treatment, there are some barriers that can become obstacles for the advancement of patients in "infirmities", existing since birth or post-traumatic, especially in children, who are still learning common movements, such as: walking, sitting, standing up, moving arms, etc. Thus, the present work is based on an important question: what could be done to improve and speed up the process of learning or recovering the patient? Thus, the general objective of this work was to develop a device that captures "muscular contractions" through the concepts of Surface Electromyography, and to feed a computational system that allows the physiotherapist to follow the evolution of the treatment, by means of graphs related to these muscle contractions. This work presents a study and identification of sensors that are used to follow these contractions; use of these sensors along with Arduino technology to capture muscle contractions; development of a system that generates graphs from the data transmitted by the Arduino and that provides an interface that can be used by a healthcare professional during the*

<sup>1</sup> Mestrado em Automação Industrial pela UNIFEI e docente na Fatec Cruzeiro. Email: carlos.feichas@fatec.sp.gov.br

<sup>2</sup> Doutorado em Computação Aplicada pelo INPE e docente na Fatec Cruzeiro. Email: eduardo.enari@fatec.sp.gov.br

<sup>3</sup> Graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas na Fatec Cruzeiro. Email: contato@fateccruzeiro.edu.br

<sup>4</sup> Mestrado em Engenharia Biomédica pela UFRJ e docente na Escola Superior de Cruzeiro. Email: contato@fateccruzeiro.edu.br

<sup>5</sup> Graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas na Fatec Cruzeiro. Email: contato@fateccruzeiro.edu.br

treatment. Based on this, a prototype arthritic-based muscle contraction system was developed, a web application that records patient data and displays muscle response through graphs, which can be easily manipulated by the physiotherapist.

**Keywords:** Health; Neurological Physiotherapy; Treatment; Physical trauma; Medical device; Web System.

## INTRODUÇÃO

É considerada deficiência motora qualquer déficit ou anomalia que tem como consequência qualquer tipo de dificuldade, alteração e/ou não existência de determinado movimento considerado normal em pessoas sem deficiência. A deficiência tem diferentes origens que se diferenciam por grupos musculares, estrutura óssea, estrutura ósseo-articular ou anomalia do Sistema Nervoso Central (SNC). Deficiências motoras podem ter o caráter definitivo (não sofrem alterações com o passar do tempo) ou evolutivo (sofrem alterações com o passar do tempo). Considerando as causas das deficiências motoras, elas podem ter causas como congênitas (nascem com a pessoa) e adquiridas (desenvolvidas com o tempo) (TEIXEIRA, 2010).

Tratamentos fisioterapêuticos são utilizados em pessoas com deficiência motora para auxiliar no desenvolvimento ou reabilitação. A principal área da fisioterapia em que se encaixa o tratamento para essas pessoas é a Fisioterapia Neurofuncional, que trabalha a prevenção e o tratamento de disfunções do sistema nervoso central e/ou sistema nervoso periférico. Recursos fisioterapêuticos como cinesioterapia (terapia pelo movimento), eletroterapia (pela eletricidade), equoterapia (com ajuda de cavalos) e outros, são os procedimentos seguidos por profissionais de fisioterapia. (ABRAFIN, 2009).

Em uma avaliação de contrações e/ou lesões musculares ainda são empregados recursos humanos, como visão e tato dos fisioterapeutas. Porém, para otimizar esse processo, é possível captar contrações por eletromiografia (EMG). A EMG é a metodologia de captação de contrações para diagnóstico, que visa avaliar problemas nervosos ou musculares. A princípio, a captação é feita por meio de um par de eletrodos colados à pele, em que esses eletrodos farão a medição da atividade elétrica gerada pelo músculo avaliado em questão (ENOKA, 2000).

A utilização de máquinas e dispositivos para avaliações físicas está presente em grandes centros e clínicas de fisioterapia. Infelizmente essa realidade não é encontrada em todas as clínicas de porte médio e pequeno, muito presente em cidades do interior. A solução possível adotada neste trabalho, foi a utilização de dispositivos baseados no arduino, para desenvolvimento de equipamentos de baixo custo, permitindo que mais clínicas tenham acesso a dispositivos de apoio ao tratamento de seus pacientes. Isso porque o arduino possui *shields* que cumprem a função de um sensor EMG. Eles captam o movimento muscular e os transformam em dados digitais. Esses dados foram capturados para serem trabalhados de forma que fosse possível desenvolver interfaces visuais, com gráficos e/ou números para dar suporte ao

Fisioterapeuta. A seguir, a Figura 1 demonstra, inicialmente, o funcionamento da arquitetura deste trabalho:

**Figura 1** - Arquitetura inicial do funcionamento do dispositivo.



**Fonte:** Autoria própria, 2018.

Com o intuito de auxiliar na melhor avaliação e identificação de determinadas lesões ou traumas, o objetivo do trabalho é desenvolver um protótipo de dispositivo que visa capturar reações musculares por meio de sensores colocados estrategicamente em músculos indicados por especialistas em fisioterapia. Dessa forma, os sensores ligados a um músculo capturam contrações musculares e geram dados que serão apresentados por meio de gráficos, para serem analisados por um fisioterapeuta, proporcionando mais informações para decidir a melhor indicação de tratamento, bem como acompanhar a evolução dos resultados, armazenando todos os dados para futura consulta. O dispositivo proporciona, inicialmente, uma boa precisão em diagnósticos, a partir de um estudo prévio de como realizar análises a partir dos gráficos gerados, para que o fisioterapeuta e, principalmente o paciente, sintam-se seguros ao buscar melhores formas de tratamento para diferentes situações, bem como acompanhar os progressos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Mello (2006, p. 86), “a fundamentação teórica apresentada deve servir de base para a análise e interpretação dos dados coletados na fase de elaboração do relatório final. Dessa forma, os dados apresentados devem ser interpretados à luz das teorias existentes”.

A seguir, estão as bases teóricas utilizadas, demonstrando o que são bem como as tecnologias já existentes e qual o diferencial deste trabalho em relação a tais tecnologias.

### 2.1 ANATOMIA

Moore e Dalley (2001) definem “Anatomia - o estudo da estrutura e função do corpo - é uma das ciências médicas básicas mais antigas”. A anatomia tem três principais abordagens: Anatomia Regional, Anatomia Sistêmica e Anatomia Clínica (MOORE; DALLEY, 2001). A anatomia serve de base para o conhecimento, mesmo que superficial, da forma e da função dos músculos que poderão ser analisados pelo dispositivo.

A seguir, a Figura 2 mostra a anatomia muscular do corpo humano e seus respectivos nomes:

**Figura 2 - Anatomia muscular do corpo humano**



Fonte: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/sistemamuscular.php> Acesso em 25/Abril/2018

## 2.2 FISIOTERAPIA

Segundo o COFFITO (Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional), fisioterapia é “uma ciência da saúde que estuda, previne e trata os distúrbios cinéticos funcionais intercorrentes em órgãos e sistemas do corpo humano, gerados por alterações genéticas, por traumas e por doenças adquiridas, na atenção básica, média complexidade e alta complexidade.”

De acordo com a ABRAFIN (Associação Brasileira de Fisioterapia Neurofuncional), fisioterapia Neurofuncional é

a área de especialidade da Fisioterapia que atua de forma preventiva, curativa, adaptativa ou paliativa nas sequelas resultantes de danos ao Sistema Nervoso, abrangendo tanto o Sistema Nervoso Central como o Periférico, bem como àqueles com doenças neuromusculares (do neurônio motor, da placa motora e do músculo propriamente dito – miopatias).

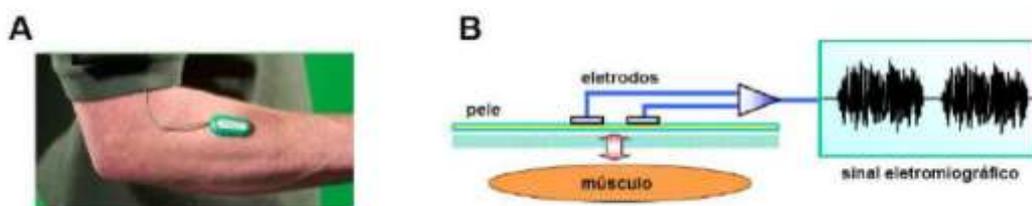
## 2.3 ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE

A eletromiografia de superfície (EMG-S) consiste na captação dos potenciais de ação emanados pelo músculo esquelético durante a contração. Essa captação é realizada por meio de eletrodos fixados na pele que registram a diferença de potencial provocada pelo constante deslocamento de íons positivos e negativos para o interior e exterior das estruturas musculares (GUYTON; HALL., 2006).

A EMG-S é uma ferramenta aplicável em diversos ramos das ciências da saúde e fisiologia humana. Nas áreas do treinamento físico e reabilitação, a EMG-S é utilizada para avaliar a fadiga no sistema neuromuscular (MERLETTI; PARKER, 2004). Por se tratar de procedimento não invasivo e de execução relativamente simples, a EMG-S permite monitorar, de forma contínua, o processo de exaustão dos músculos. Tal característica representa uma vantagem em relação a outros métodos que quantificam a fadiga somente ao final do esforço ou

dependem de procedimentos mais complexos, como coleta sanguínea (CIFREK et al., 2009). O mesmo consiste no registro da atividade elétrica gerada pelos potenciais de ação de todas as unidades motoras recrutadas durante a ação. O sinal elétrico das fibras musculares percorre passivamente o volume condutor que recobre o músculo (tecido conjuntivo, tecido adiposo e todas as demais estruturas) e é captado por eletrodos fixados na pele, como exemplificado na Figura 3 a seguir:

**Figura 3** - Eletrodos de superfície fixados na pele (A) e ilustração de seu funcionamento na captação dos potenciais de ação das unidades motoras através do volume condutor (B)



Fonte: Rocha Júnior., V. A. (2016).

## 2.4 CONTRAÇÃO MUSCULAR – ISOCINÉTICA

Como base principal deste projeto, temos a contração muscular, mais especificamente a Isocinética, que se dá por meio da utilização de um aparelho denominado “Dinamômetro Isocinético”, em que o indivíduo realiza um esforço muscular máximo ou submáximo que se acomoda à resistência do aparelho. A contração ocorre em uma velocidade angular constante, permitindo mensurar a força aplicada pelo músculo em toda a amplitude articular do movimento.

Para tal, o ‘aparelho isocinético’ é um ‘dinamômetro eletromecânico’ com sistema servomotor, que atualmente se apresenta todo computadorizado. O indivíduo realiza um esforço muscular máximo ou submáximo que se acomoda à resistência do aparelho. Este se caracteriza por possuir velocidade angular constante, permitindo realizar movimento na sua amplitude articular. A força exercida pelos grupos musculares varia durante o arco de movimento, devido ao seu braço de alavanca que se altera conforme a amplitude do movimento. Tem-se, então, o chamado momento angular de força ou torque. A resistência oferecida também é variável conforme a força realizada em cada ponto da amplitude articular. Mas a velocidade angular é sempre constante, em graus por segundo ( $^{\circ}/\text{seg.}$ ), definida previamente pelo examinador. O aparelho isocinético é um recurso valioso, que pode ser indicado tanto para a avaliação do equilíbrio funcional muscular como também para a reabilitação das lesões do aparelho locomotor (HISLOP; PERRINE, 1967).

Porém há uma desvantagem significativa, que é o preço, ou seja, na maior parte dos casos, o aparelho só consegue ser adquirido por, por exemplo, grandes clubes de futebol, para análise e recuperação dos jogadores. A Figura 4 é a representação do aparelho de isocinética, junto ao paciente realizando o exame:

**Figura 4** - Representação do Dinamômetro Isocinético

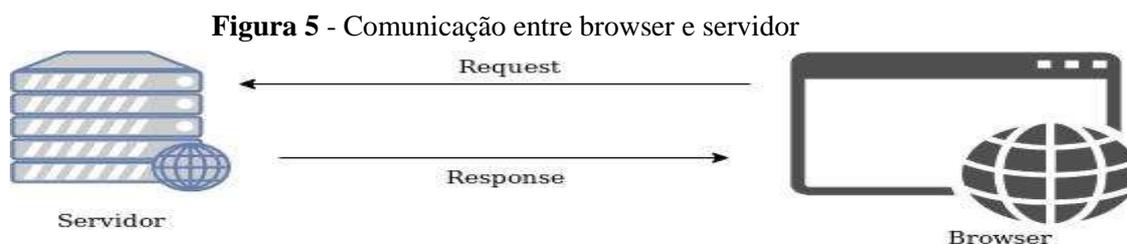


**Fonte:** [https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Aparelho-para-realizacao-de-exercicio-isocinetico-flexao-extensao-joelho\\_fig4\\_312095829](https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Aparelho-para-realizacao-de-exercicio-isocinetico-flexao-extensao-joelho_fig4_312095829). Acesso em 26/Abril/2018

## 2.5 APLICAÇÃO WEB

Aplicações web se destinam a sistemas de informática que fazem uso de navegadores por meio da internet ou aplicativos desenvolvidos com tecnologias web, tais como HTML, CSS e Javascript. A execução dos aplicativos ocorre através de servidores HTTP (Web Host) ou servidores locais (máquina própria) (APLICAÇÕES WEB; 2018).

Um servidor web tem como função receber uma requisição (*request*) do cliente por meio do browser e, assim, devolver uma resposta (*response*) para o usuário. O navegador é o responsável por permitir que o usuário faça suas solicitações, além de ser responsável também por mostrar ao usuário as respostas dadas pelo servidor em relação à requisição feita anteriormente. As requisições e respostas são escritas em HTML (*HyperText Markup Language*). Na Figura 5 está representada a forma como a comunicação é feita entre servidor e browser.



**Fonte:** Autoria Própria, 2018.

Uma aplicação web pode consistir mais do que apenas cliente e servidor, pode ser dividida em mais camadas, tais como:

- a) **Camada de apresentação:** Camada que exhibe informações ao usuário;
- b) **Camada Lógica:** Camada responsável por consultar, editar, atualizar e deletar informações através de formulários;

- c) **Camada de dados:** Camada que retém os dados e informações da aplicação. Um website pode ser facilmente confundido com uma aplicação web, porém um site é apenas um conjunto de páginas WEB, escritas em HTML & CSS, como o intuito de informar o usuário, são páginas não dinâmicas.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a criação do dispositivo, foi necessário o aprofundamento nos estudos em áreas específicas da computação, biomedicina e da anatomia humana, como: Engenharia de Software, Arduino (Microcontrolador), Python, Django, HTML5, CSS3, JavaScript, Materialize, Banco de Dados (MongoDB), Interface Homem x Máquina, Sensor EMG e Anatomia / Funcionamento Muscular.

#### 3.1 ENGENHARIA DE SOFTWARE

A Engenharia de Software está relacionada a todos os aspectos da produção de software, desde os estágios iniciais de especificação do sistema até sua manutenção, depois que o software entrar em operação. Para fornecer uma introdução ao funcionamento da interação do fisioterapeuta com o dispositivo e software, temos os Requisitos Funcionais e os Não Funcionais do software, o Diagrama de Contexto e o Caso de uso:

##### 3.1.1 REQUISITOS FUNCIONAIS

Segundo Sommerville, requisitos funcionais são: “declarações de serviços que o sistema deve fornecer, como o sistema deve reagir a entradas específicas e como o sistema deve se comportar em determinadas situações. Em alguns casos, os requisitos funcionais podem também estabelecer explicitamente o que o sistema não deve fazer”. A seguir, estão descritos os requisitos funcionais deste projeto:

- a) **Cadastrar Usuário:** O fisioterapeuta pode se cadastrar no sistema a fim de utilizá-lo;
- b) **Cadastrar Paciente:** O fisioterapeuta pode cadastrar seu paciente no sistema para que seja possível gerar registros atualizados;
- c) **Consultar Ficha:** O fisioterapeuta pode consultar a ficha de um determinado paciente de acordo com suas necessidades;
- d) **Cadastrar Avaliação:** O fisioterapeuta pode cadastrar uma avaliação atualizada realizada em um determinado paciente para alimentar a ficha do paciente;
- e) **Atualizar Ficha:** O fisioterapeuta pode atualizar a ficha de seus pacientes com avaliações realizadas e anotações, quando necessário;
- f) **Excluir Ficha:** O fisioterapeuta pode excluir a ficha de um paciente caso haja necessidade.

### 3.1.2 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

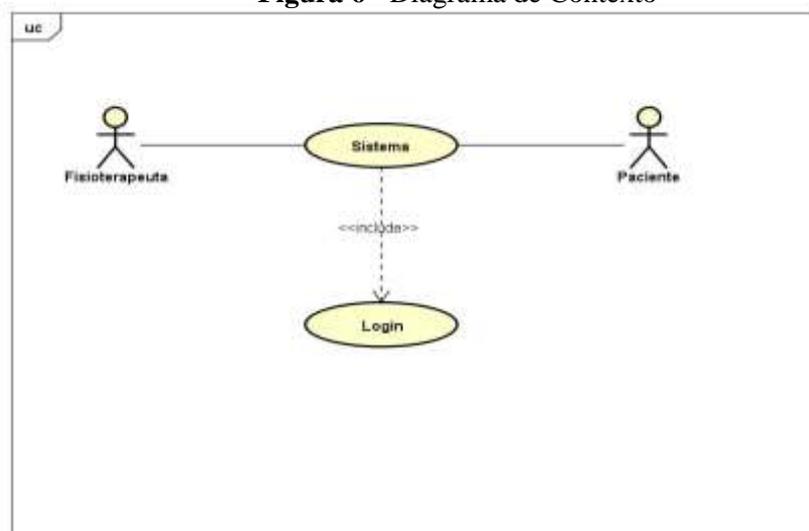
Segundo Sommerville, requisitos não funcionais são: “Restrições sobre os serviços ou as funções oferecidos pelo sistema”. A seguir estão descritos os requisitos não funcionais deste projeto:

- a) **Login:** O fisioterapeuta pode *logar* no sistema através de login e senha;
- b) **SGBD:** O sistema de gerenciamento de banco de dados é o MongoDB;
- c) **Gerar Gráficos:** O sistema é responsável por gerar gráficos para avaliação dos pacientes;
- d) **Usabilidade:** O sistema possui uma interface simples para facilitar a vida do fisioterapeuta.
- e) **Segurança:** O sistema possui proteção dos dados dos profissionais e dos pacientes.

### 3.1.3 DIAGRAMA DE CONTEXTO

Diagrama de contexto é uma ferramenta que possibilita a representação do sistema e o fluxo dos dados (VAZQUEZ; SIMÕES, 2016). No caso do projeto, o diagrama de contexto representado na Figura 6 demonstra, em forma de imagem, a relação dos dois atores que o sistema tem. Para acesso a todas as funcionalidades que o sistema dispõe será preciso o login.

**Figura 6** - Diagrama de Contexto

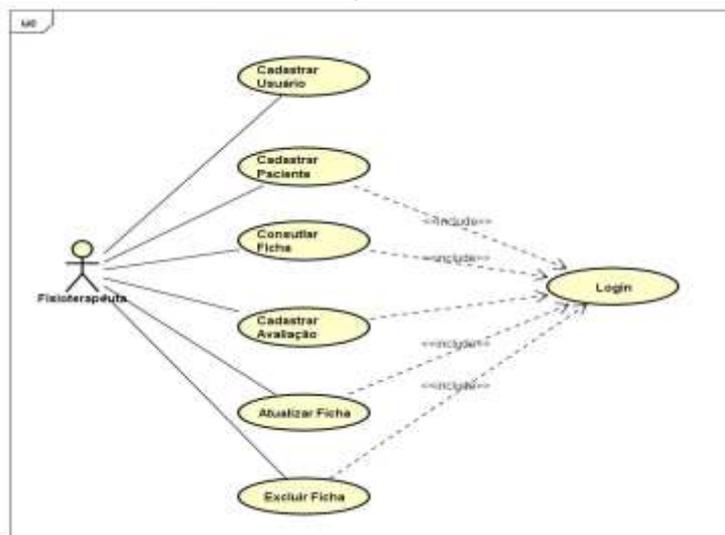


Fonte: Autoria própria, 2018.

### 3.1.4 DIAGRAMA DE CASO DE USO

Um diagrama de caso de uso documenta todo o sistema de acordo com o ponto de vista de um ator (PRESSMAN, 2011). O diagrama de caso de uso do projeto está representado na Figura 7, em que a representação está sendo do ponto de vista do fisioterapeuta (ator); o usuário principal do sistema, que conta com as funcionalidades representadas nos balões do meio e que a maioria das funcionalidades só é permitida através da efetuação do login.

**Figura 7 - Diagrama de Caso de Uso**



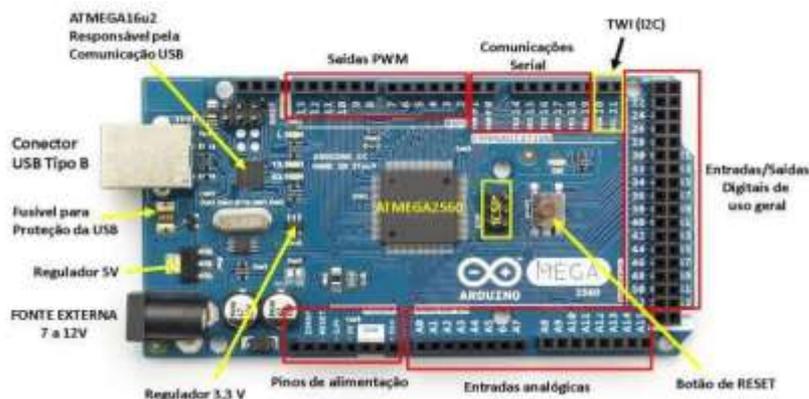
**Fonte:** Autoria própria, 2018.

### 3.2 ARDUINO

O Arduino (Microcontrolador) é uma placa de prototipagem eletrônica de código aberto, que inclui hardware e software livres, visando oferecer ferramentas adaptáveis e de baixo custo para a criação de projetos interativos de diversos fins. O Arduino permite, por meio de suas portas digitais e analógicas, que outros dispositivos se conectem a ele, como os Shields. Shields são placas de circuito que podem ser conectadas ao Arduino, fazendo com que seja possível expandir seu potencial. Além do Hardware, o Arduino possui o software, que é o Arduino IDE, ambiente multiplataforma que proporciona o desenvolvimento de códigos que são compilados e gravados no microcontrolador, e exercem papel fundamental para o sucesso de projetos que o utilizam (ARDUINO, 2017).

Para o projeto foi utilizado o Arduino MEGA 2560, que contém 54 pontos de entrada e saída digitais, 16 entradas analógicas e 4 portas para comunicação serial, com memória flash de 256 KB. Junto ao Arduino foi utilizado um *shield* EMG, descrito no item seguinte. A Figura 8 mostra um resumo dos componentes de uma placa arduino:

**Figura 8 - Componentes do Arduino Mega**

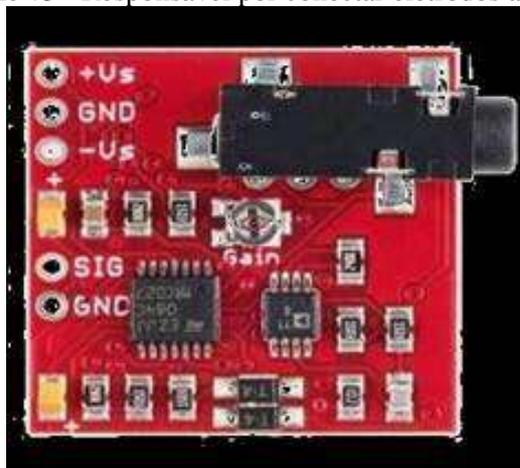


**Fonte:** <https://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>. Acesso em 26 de Abril de 2018

### 3.3 SENSOR EMG

Sensores de EMG (Eletromiografia de superfície), são utilizados para avaliar os padrões de ativação muscular. São tradicionalmente utilizados em pesquisas médicas e para exames de distúrbios neuromusculares. Atualmente os sensores estão sendo utilizados em próteses, mais precisamente na área de robótica em sistemas de controle. O sensor utilizado no projeto, foi o Muscle Sensor v3, o qual capta os sinais analógicos dos músculos através de eletrodos colados à pele, e converte em voltagem, para que assim sejam mostrados em forma numérica. Para o projeto a faixa de amostragem analisada pelo sensor, é a leitura analógica entre 0 – 1023, onde ela é convertida em voltagem para a faixa entre 0 – 5v. (MUSCLE SENSOR V3, 2018). O sensor está representado na Figura 9:

**Figura 9** - Sensor Muscle v3 - Responsável por conectar eletrodos a protoboard/arduino.



**Fonte:** <http://www.advancertechnologies.com/p/muscle-sensor-v3.html>. Acesso em 15 de Outubro de 2018

### 3.4 PYTHON

Python é uma linguagem de alto nível, com tipagem dinâmica e forte, multiparadigma, que suporta os paradigmas de orientação a objetos, imperativo, funcional e procedural, multiplataforma, além de ser interpretada. Sua sintaxe é considerada elegante. É uma linguagem *open source*, até para projetos comerciais.

O nome da linguagem é inspirado no grupo de humor britânico “Monty Python”. Foi criada em 1991 pelo holandês Guido van Rossum, com o objetivo de legibilidade e produtividade. Atualmente é mantida pela Python Software Foundation (PSF), organização sem fins lucrativos.

A linguagem Python possui diversos recursos, tais como: meta-classes, *decorators*, herança múltipla. Possibilidade de utilização de pacotes e bibliotecas de terceiros, além de sua gama em frameworks disponíveis, como: Django, Flask, entre outros. Para este projeto, foi utilizado o Python na versão 3.6.7, em sua versão estável (PYTHON, 2018).

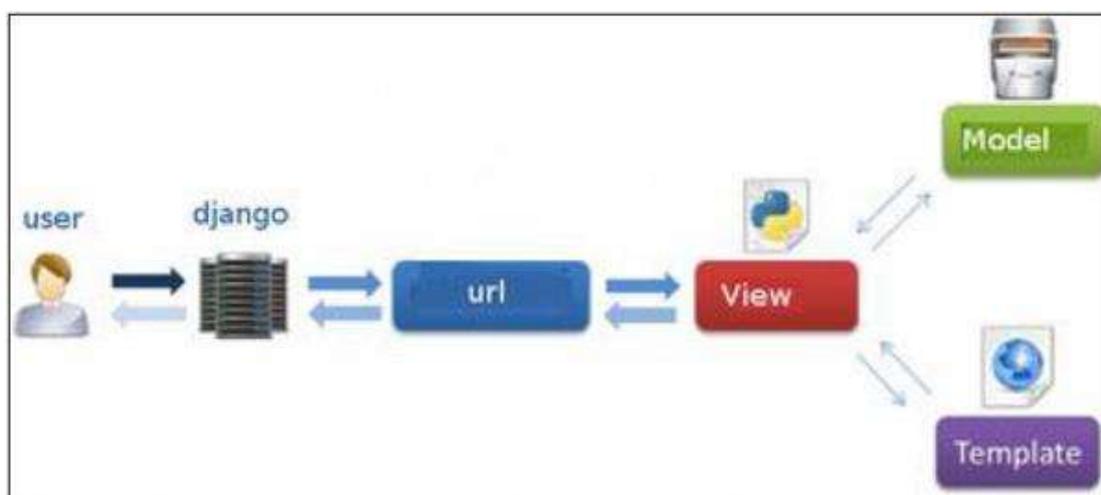
### 3.5 DJANGO

Django é um framework web e open source, escrito em Python, para o desenvolvimento web ágil. Utiliza o princípio DRY (*Don't Repeat Yourself* - Não se repita). Criado em 2005 pela equipe do Lawrence Journal-World com o intuito de ser um sistema de gerenciamento de um site jornalístico, atualmente é mantido pela Django.

Software Foundation. Sites como: Instagram, Pinterest, Mozilla, utilizam o Django em sua estrutura. (DJANGO, 2018).

O framework segue o padrão MTV (*model-template-view*), apresentado na Figura 10, que é bem similar ao padrão MVC (*model-view-controller*):

**Figura 10** - Padrão MTV Django



**Fonte:** [https://www.tutorialspoint.com/django/django\\_overview.htm](https://www.tutorialspoint.com/django/django_overview.htm). Acesso em 20/Outubro/2018

A figura representa o padrão **Model-Template-View**, que se define por:

- URLs (Universal Resource Locator)** - Mapeia rotas e recursos do sistema, pelo qual o usuário irá acessar, por exemplo: `www.site.com.br/login`, sendo esse exemplo a rota para o acesso do login;
- View** - Intermediário entre Model e Template, responsável pela requisição (request) do objeto e retorno da resposta (response) e redirecionando (redirect) para outra URL;
- Model** - Onde são definidos os modelos do banco de dados, como tabelas ou collections;
- Template** - Representação visual do sistema dada ao usuário, sendo elas páginas HTML com estilos (CSS) e interações (JS).

Django é um framework de alta produtividade e agilidade com grandes recursos como urls amigáveis, painel administrativo, sistema de templates, sistema de rotas, formulários, segurança (DJANGO, 2018). Para este projeto, foi utilizado o Django em sua versão 2.1.2, estável.

### 3.6 MATERIALIZE

Framework web responsivo baseado no Material Design da Google foi criado em 2014 por um grupo de estudantes da Universidade Carnegie Mellon, dos Estados Unidos. O Materialize é um framework cujo objetivo é acelerar o processo de criação da parte front-end, focando no usuário (*User Experience*). Ele oferece artifícios como: Slider, Lightbox, Captions, Modais, Transitions, Waves, Grid voltado ao responsivo, Cards, ou seja, todos os elementos para um melhor desenvolvimento da parte front-end de um site, sistema web e desktop. Neste projeto, a versão do Materialize utilizada foi a 1.0.0 (MATERIALIZE, 2018).

### 3.7 CHART.JS

Chart.js é uma biblioteca Javascript responsável em auxiliar na criação de gráficos para designers e desenvolvedores (CHARTJS, 2018), plotando diversos tipos de gráficos, utilizando-se da tag <canvas>, presente no HTML. A biblioteca gera oito tipos diferentes de gráficos (Linha, Pizza, Barra e outros). A biblioteca também se encarrega da customização do estilo dos gráficos, facilitando no desenvolvimento de uma aplicação que necessite expor dados em forma de gráficos. Neste projeto, foi de extrema importância, uma vez que o fator principal de análise deste projeto são os gráficos.

### 3.8 MONGODB

O banco de dados consiste em um conjunto de dados relacionados logicamente, os quais, por exemplo, podem conter dados e informações sobre determinados procedimentos realizados em um paciente, que, mais tarde, poderão ser acessados. São projetados para gerir grandes volumes de dados e informações relativos aos mais variados domínios de conhecimento (MACHADO, 2008). Neste projeto foi utilizado o banco de dados não relacional e *open source*, MongoDB. MongoDB é um banco de dados orientado a documentos, com escalabilidade e flexibilidade, com consulta e indexação (MONGODB, 2008). Mais especificamente, foi utilizado, neste projeto, o MongoDB server, na versão 4.0.3, para fazer a integração com o Django por meio da engine *Django*, que permite a criação de *collections* através dos *Models* do Django.

### 3.9 LINGUAGENS WEB

#### 3.9.1 HTML5

HTML5 (*HyperText Markup Language* - Linguagem de marcação de hipertexto, versão 5) é uma linguagem web responsável pela marcação de uma página web, que tem, nessa versão

5, o princípio de semântica e acessibilidade na linguagem, para melhor adaptação a diversos dispositivos, sistemas e navegadores (HTML5, 2018).

### 3.9.2 CSS3

CSS3 (*Cascading Style Sheets* - Folhas de Estilo em Cascata, versão 3) é uma linguagem que trabalha junto ao HTML para estilização das páginas, fazendo com que os elementos assumam tamanhos, posições, cores e outros atributos de acordo com as definições programadas para cada um ou para um conjunto (CSS3, 2018).

### 3.9.3 JAVASCRIPT

JavaScript é uma linguagem de programação interpretada, criada em Dezembro de 1995 por Brendan Eich, cujo objetivo era fazer parte dos navegadores, para que pudessem interpretar *scripts* sem a necessidade deles passarem pelo servidor. Atualmente a linguagem tem como características: a tipagem dinâmica, o paradigma imperativo e estruturado, baseado em objetos, funcional, funções de primeira classe. Além do mais, pode funcionar tanto como uma linguagem procedural quanto como uma linguagem orientada a objetos (JAVASCRIPT, 2018).

## 4.10 INTERFACE HOMEM x MÁQUINA

A interface Homem x Máquina trata-se da parte de redução de aspectos negativos na experiência do usuário com o sistema, tais como: decepção, arrependimento de utilizar um sistema e outras. Porém, por outro lado, trata-se de elevar os aspectos positivos, tais como: funções desejadas e atingidas e satisfação que o sistema traz ao usuário ao utilizá-lo. (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013).

## 4.11 FUNCIONAMENTO MUSCULAR

O Funcionamento muscular engloba anatomia e fisioterapia, bem como os sensores e a isocinética. Para o estudo da anatomia foi utilizado como base no livro “Anatomia: orientada para a clínica”. Além deste livro, foram utilizadas práticas de aplicação com o acompanhamento de um fisioterapeuta, fornecendo o conhecimento necessário para utilização do dispositivo.

Para o estudo dos sensores foi realizada uma pesquisa sobre tipos que mais se adequam ao problema a ser solucionado.

Para compreender a captação da contração muscular isocinética, foi feito um estudo sobre o dinamômetro isocinético, entendendo seu funcionamento, obstáculos, aplicação e benefícios que são de suma importância para este trabalho.

#### 4.12 MÉTODO

O método é responsável por definir a estruturação do desenvolvimento do projeto como um todo. A estrutura de construção do projeto seguiu as seguintes fases, fases estas baseadas na abordagem sequencial (SOMMERVILLE, 2011).

##### a) LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

Nesta parte do trabalho, foi definido qual seria o escopo do projeto: um dispositivo que analisa o músculo e gera dados numéricos para serem visualizados em forma de gráficos em um sistema web. A ênfase maior foi dada ao dispositivo composto pelo Arduino e pelo sensor EMG.

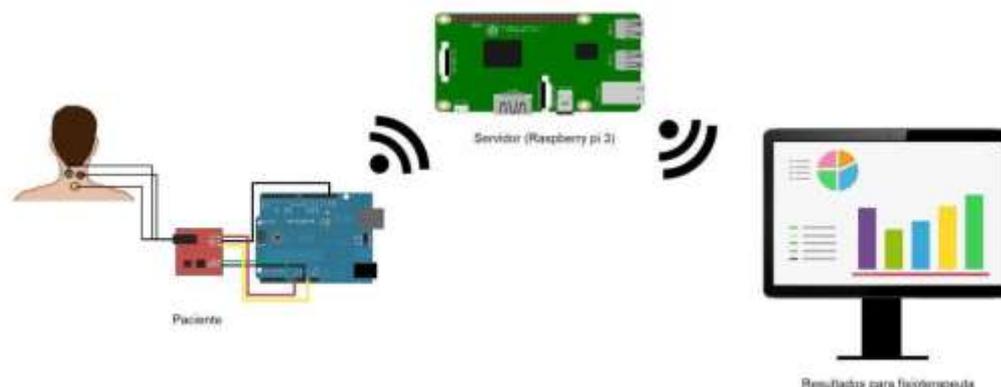
##### b) ANÁLISE E PROJETO DO SISTEMA

Nessa fase do projeto foi definida a modelagem do sistema e do dispositivo, sendo a modelagem do sistema baseada nos casos de usos, e a do dispositivo baseada na disposição dos sensores e demais componentes. Em seguida, foi criado o diagrama do banco de dados.

##### c) IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Na fase de implementação do projeto foram feitas três partes. A primeira foi a montagem do dispositivo com Arduino, Sensores EMG e Protoboard. A segunda parte foi relacionada à montagem do dispositivo, pois nessa fase foi implementado o código responsável pela leitura dos dados que o sensor capturou. Na terceira parte foi desenvolvido o sistema web em Django, no padrão MTV. Na Figura 11, a seguir, é possível visualizar a arquitetura proposta:

**Figura 11** - Ilustração da arquitetura utilizada no projeto



**Fonte:** Autoria própria, 2018.

Essa estrutura da arquitetura proposta inicialmente, demonstra as partes componentes do projeto. Na primeira parte temos o paciente com o sensor de EMG e seus respectivos eletrodos, dispostos estrategicamente no paciente, ligados ao arduino. Para este trabalho foram utilizados 3 (três) sensores, sendo eles: o eletrodo representado pela cor amarela funciona como o “terra”, para que a eletricidade do corpo não interfira na captação dos sinais, e os eletrodos verde e

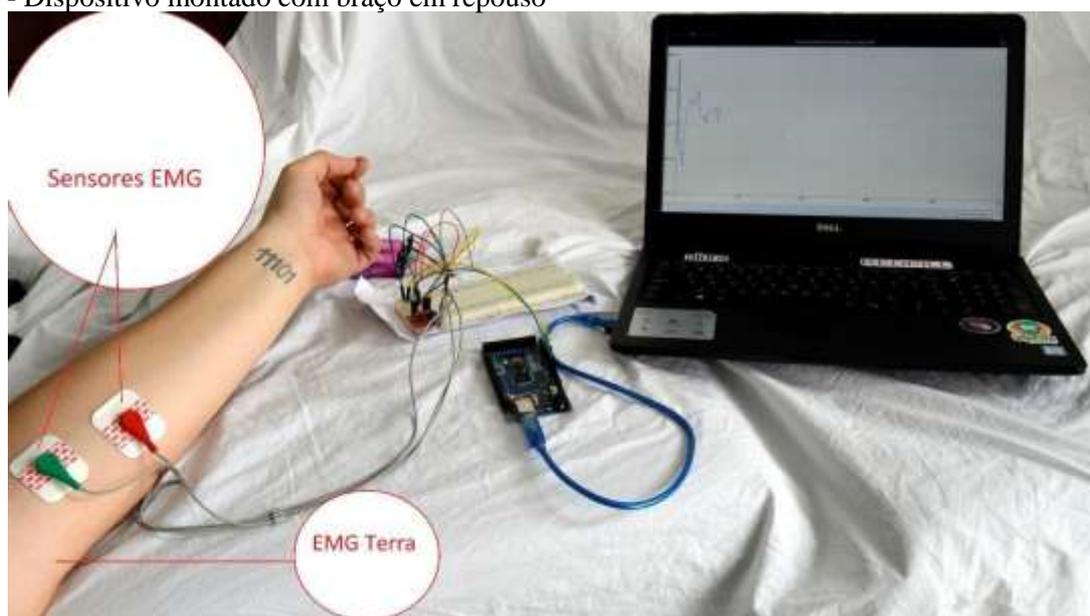
vermelho são os responsáveis por captar os sinais analógicos do músculo. Após a captação desses sinais, está representado o servidor (Raspberry pi 3), inicialmente proposto para este trabalho, que recebe os dados analisados pelo sensor EMG e Arduino, e logo após envia os dados para o dispositivo do fisioterapeuta (computador, tablet ou celular) através da requisição feita pelo mesmo através da interface web, com gráficos gerados a partir da leitura dos dados dos sensores.

## 5. RESULTADOS OBTIDOS

O dispositivo deste trabalho foi testado, avaliado e aprovado por um profissional da área de fisioterapia, que definiu quais movimentos e quais lugares dos eletrodos para melhor análise. É preciso ressaltar que a aprovação se deve a proposta inicial deste trabalho, ainda necessitando de ajustes para coleta de dados mais precisas a partir dos trabalhos futuros.

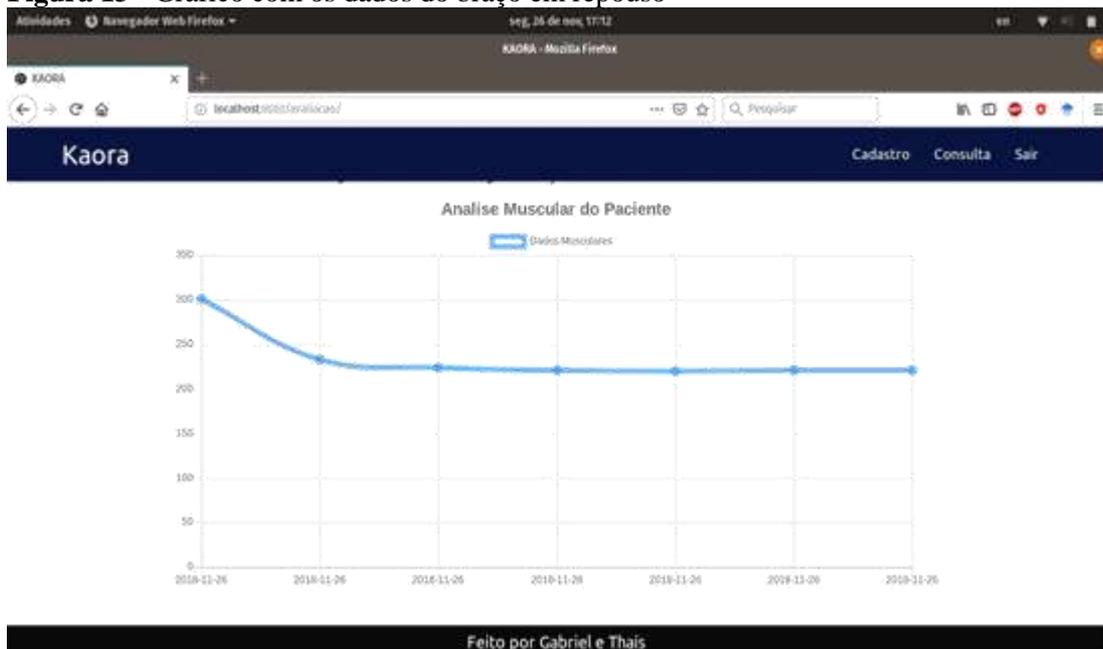
A Figura 12 representa o dispositivo montado e analisando o músculo do antebraço através dos eletrodos do sensor EMG, enquanto o antebraço se encontra em repouso. O momento do repouso serve para que o sistema monte uma linha de base, como no gráfico, representado na Figura 13. A linha de base é um comparativo em relação a análise do músculo após uma contração ou movimentação.

**Figura 12** - Dispositivo montado com braço em repouso



**Fonte** - Autoria Própria, 2018.

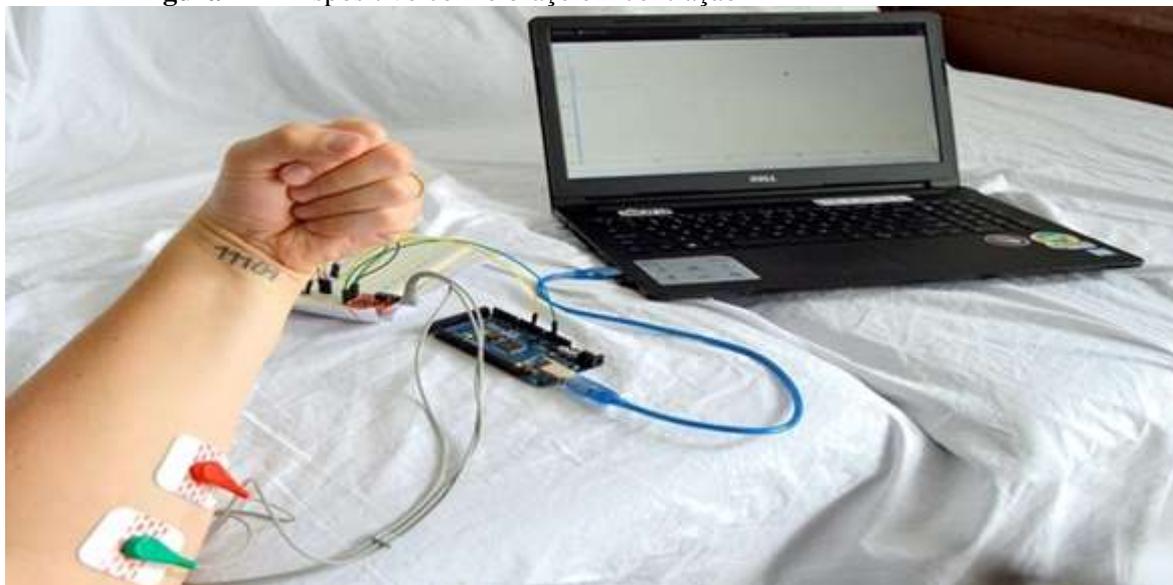
**Figura 13** - Gráfico com os dados do braço em repouso



Fonte - Autoria Própria, 2018

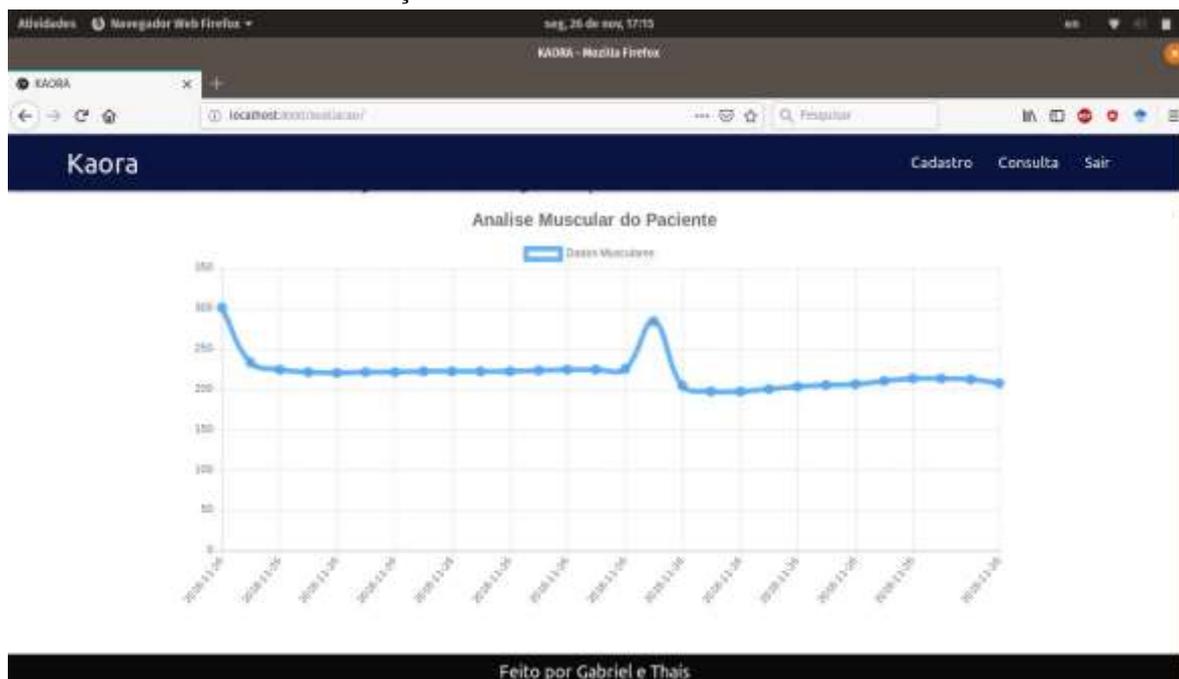
Na Figura 14 novamente o dispositivo montado, porém o antebraço se encontra em contração concêntrica (o músculo se aproxima de suas inserções, há o encurtamento). A contração foi exercida para que o sistema analisasse o movimento e gerasse no gráfico, como representado na Figura 15, o dado fora da linha de base. No gráfico da Figura 15, percebe-se, antes do pico da contração, a linha de base mencionada anteriormente e, após o pico, percebe-se a volta para a linha de base representada pelo relaxamento do músculo.

**Figura 14** - Dispositivo com o braço em contração



Fonte - Autoria Própria, 2018.

**Figura 15** - Gráfico com os dados da contração



Fonte - Autoria Própria, 2018

## 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O objetivo inicial deste trabalho era criar um dispositivo para auxiliar o fisioterapeuta a diagnosticar, acompanhar e decidir a melhor forma de tratar o paciente, com bons resultados e com baixo custo para as partes envolvidas. O trabalho apresentou a necessidade do estudo de sensores de Eletromiografia de Superfície e suas unidades de corrente elétrica para captação dos movimentos musculares, bem como o Arduino, analisando como seria possível gerar dados após essa captura pelos sensores e como um sistema web poderia interagir com este dispositivo para gerar gráficos no momento da avaliação muscular comandada pelo fisioterapeuta.

Dessa forma, foi criado o dispositivo de análise muscular com Arduino e sensor de Eletromiografia de Superfície, que está integrado a um sistema web, em que é possível receber os sinais musculares de um então músculo avaliado, utilizando estes sinais para gerar gráficos monitorados por um fisioterapeuta, a fim de gerar visualmente a melhor análise do músculo em avaliação para indicação de evolução.

Como trabalhos futuros, deseja-se aprimorar visualmente a interface web; implementar um sistema de calibragem mais preciso para coleta de linha de base, onde os dados coletados serão mais precisos que no protótipo, uma vez que a linha de base permite que o músculo em análise tenha uma medida em repouso e em movimento, que variam de pessoa para pessoa; aprimorar o uso do EMG com um medidor acelerômetro dentro do gráfico de análise, para que seja possível definir até onde pode ser realizado o movimento do músculo que esteja sendo analisado; realizar testes em áreas diferentes do corpo além da área de estudo já utilizada nesse

protótipo e iniciar testes clínicos ambulatoriais em pessoas com idades diferentes e consequentemente tons diferentes, fazendo com que a área de estudo seja mais ampla e funcional para beneficiar todo e qualquer tipo de paciente.

Pode-se concluir que o dispositivo cumpriu as expectativas da proposta inicial e tem grande potencial de análise, uma vez que o mercado de análise fisioterápica é restrito a grandes clínicas com capital elevado ou em ambientes de metrô, fazendo com que a proposta de baixo custo e para clínicas de baixo porte seja totalmente válida. Outro diferencial desse dispositivo é a flexibilidade de utilização, mesmo em atendimentos *homecare*, ou seja, fora da clínica, pois muitos pacientes não podem sair de suas casas ou simplesmente se sentem mais confortáveis ao serem atendidos em suas residências. Esse dispositivo junto a sua interface web permite que as análises possam ser feitas nestes ambientes.

## REFERÊNCIAS

ABRAFIN. **O que é Fisioterapia Neurofuncional?** Disponível em:

<<http://abrafin.org.br/perguntas-frequentes-4/>>. Acesso em 19 Abr 2018.

APLICAÇÕES WEB. **What Exactly Is a Web Application? Lifewire.** Disponível em:

<<https://www.lifewire.com/what-is-a-web-application-3486637>>. Acesso em 11 Nov 2018.

ARDUINO. **What is Arduino?** Disponível em:

<<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em 04 Set 2017.

CHART.JS. **Chart.js | Open source HTML5 Charts for your website.** Disponível em

<<https://www.chartjs.org/docs/latest/>>. Acesso em 2 Nov 2018.

CIFREK, M. et al. **Surface EMG based muscle fatigue evaluation in biomechanics.** Clin Biomech, 24(4):327-340. 2009

COFFITO. **Definição – Fisioterapia.** Disponível em:

<[https://www.coffito.gov.br/nsite/?page\\_id=2341](https://www.coffito.gov.br/nsite/?page_id=2341)> . Acesso em 19 Abr 2018.

CSS3. **MDN Web Docs.** Disponível em <[https://developer.mozilla.org/pt-](https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/CSS/CSS3)

[BR/docs/Web/CSS/CSS3](https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/CSS/CSS3)>. Acesso em 10 Out 2018

DJANGO. **The web framework for perfectionists with deadlines.** Disponível em

<<https://www.djangoproject.com/start/>>. Acesso em 01 Set 2018.

ENOKA, R.M. **Bases neuromecânicas da cinesiologia.** São Paulo: Manole. 2000. GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica - 11 ed.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

HCor. **Avaliação Isocinética | HCor - Hospital do Coração.** Disponível em:

<<https://www.hcor.com.br/especialidades-servicos/servicos/servico-de-reabilitacao/avaliacao-isocinetica/>>. Acesso em 11 Nov 2018

HISLOP, H. J.; PERRINE, J. J. **The isokinetic concept of exercise.** Phys Ther 1967; 47:114-7.

HTML5. **MDN Web Docs.** Disponível em <[https://developer.mozilla.org/pt-](https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/HTML/HTML5)

[BR/docs/Web/HTML/HTML5](https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/HTML/HTML5)>. Acesso em 10 Out 2018.

JAVASCRIPT. **Sobre JavaScript**. Disponível em <[https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript/About\\_JavaScript](https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript/About_JavaScript)>. Acesso em 10 Out 2018.

MACHADO, F. N. R. **Projeto e Implementação de banco de dados**. Segunda edição. São Paulo: Érica, 2008. 400p.

MATERIALIZE.Grid - **Materialize**. Disponível em <<https://materializecss.com/>>. Acesso em 10 Out 2018.

MELLO, C. **Gestão da Qualidade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

MERLETTI, R; PARKER, P. A. **Electromyography, physiology, engineering, and noninvasive applications**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2004

MONGODB. **What is MongoDB?** Disponível em: <<https://www.mongodb.com/what-is-mongodb>>. Acesso em 19 Abr 2018.

MOORE, K. L.; DALLEY, A. F. **Anatomia: orientada para a clínica**. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2001. 1023p.

MUSCLE SENSOR V3. **Advancer Technologies, LLC**. Disponível em <<http://www.advancertechnologies.com/p/muscle-sensor-v3.html>>. Acesso em 7 Nov 2018.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia De Software: Uma Abordagem Profissional**. AMGH, 2011.

PYTHON. **Welcom to Python**. Disponível <<https://www.python.org/about/gettingstarted/>>. Acesso em 01/Set/2018.

ROCHA JÚNIOR., V. A. (2016). **Parâmetros Discriminadores** de

**Estacionariedade Fisiológica em Sinais de Eletromiografia de Superfície Aplicados no Estudo da Fadiga**. Tese de Doutorado em Engenharia de Sistemas Eletrônicos e de Automação, Publicação PGEA.TD-114/16, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 178 p.

ROGERS, Y.; SHARP, H.; PREECE, J. **Design de Interação, Além da interação humano-computador**. Terceira Edição. Porto Alegre: Bookman, 2013. 585p.

SÓ BIOLOGIA. **"Sistema Muscular"**. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008-2018. Disponível em: <<https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/sistemamuscular.p>> Acesso em 20/abr/2018.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. Oitava Edição. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2008. 552p.

TEIXEIRA, L. Texto de apoio ao curso de especialização. **Atividade Física adaptada a saúde – Deficiência física**. São Paulo. 19.

TUCKER, A. B.; NOONAN, R. E. **Linguagens de programação: princípios e paradigmas**. Segunda edição. São Paulo: McGraw-Hill Interamericana. 2008. VAZQUEZ, C.; SIMÕES, G. **Engenharia de Requisitos: Software Orientado ao Negócio**. Primeira Edição. São Paulo: Brasport, 2016. 328p.