

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA

MANUELLA FERREIRA SIQUEIRA

**MONITORAMENTO DA ESCALADA NO EQUIPAMENTO *PEG BOARD* PARA PROVA
DE CROSSFIT®**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2017

MANUELLA FERREIRA SIQUEIRA

**MONITORAMENTO DE ESCALADA NO EQUIPAMENTO *PEG BOARD* PARA PROVA
DE CROSSFIT®**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do curso Superior em Engenharia Eletrônica do Departamento Acadêmico de Eletrônica - DAELN - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito final para obtenção do título de Engenheiro em Eletrônica.

Orientador: Prof. André Luiz Regis Monteiro

Co-orientador: Prof. Lucas Ricken Garcia

CAMPO MOURÃO

2017

TERMO DE APROVAÇÃO
DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO INTITULADO

Monitoramento da Escalada no Equipamento *Peg Board* Para Prova de
CrossFit®.

por

Manuella Ferreira Siqueira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 11 de Julho de 2017 ao Curso Superior de Engenharia Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão. O Candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Roberto Ribeiro Neli
(UTFPR)

Prof. Marcio Rodrigues da Cunha
(UTFPR)

Prof. André Luiz Regis Monteiro
(UTFPR)
Orientador

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na
Coordenação do Curso

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Jaime Pego Siqueira e Cátia Cilene Ferreira por todo amparo, motivação e recursos necessários para que esta graduação fosse possível. Ao restante da minha família por toda paciência e apoio.

Ao meu tio e sua esposa, Norberto Alves Ferreira e Teresa Morais, por serem meus mentores e por toda assistência e auxílio no decorrer da minha vida acadêmica.

Agradeço ao meu amigo Vitor Yamao, por todo companheirismo durante a graduação, sempre me apoiando nos momentos difíceis e me acalmando nos de frustração. Esteve sempre presente em todos os momentos deste percurso e sem dúvida vai continuar presente nos que virão.

Ao meu orientador e co-orientador, Andre Luiz Regis Monteiro e Lucas Ricken Garcia, que estiveram ao meu lado durante todo processo, me aconselharam e me auxiliaram o quanto necessário fosse para a conclusão do trabalho. Me mostraram que ainda existem mestres em meio a tantos professores.

Agradeço em especial ao meu *box*, CrossFit Araucária, e ao meu coach e sua esposa, Pedro Senandes Garcia e Sylvia Akai, por toda assistência na idealização da ideia. A toda família araucária, que faz com que minha motivação e paixão pelo esporte só aumente. À todos os amigos que ajudaram nos testes e me mandaram embora da *box* para escrever.

Por fim e não menos importante, aos meus amigos e colegas de faculdade por todo companheirismo.

A todos, muito obrigada.

O corpo humano é uma máquina incrível, mas a maioria das pessoas só usa o que sua mente lhes permite.
(Rich Froning)

RESUMO

SIQUEIRA, Manuella Ferreira. MONITORAMENTO DA ESCALADA NO EQUIPAMENTO *PEG BOARD* PARA PROVA DE CROSSFIT®. 78 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharel em Engenharia Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

Com um crescimento mundial de, aproximadamente, 104.000% entre os anos 2005 e 2016, o CrossFit® pode ser considerado um esporte em grande ascensão no mundo. A partir deste considerável crescimento, competições buscando o melhor atleta foram iniciadas e, com isso, surgiram problemáticas em relação à fidelidade de seus resultados. Até hoje a arbitragem encontrada em campeonatos é feita manualmente por árbitros treinados, possibilitando assim diferentes interpretações advindas da subjetividade e individualidade dos árbitros. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento eletrônico para o equipamento *Peg Board* utilizado nas competições e treinamentos de CrossFit®, visando proporcionar aos atletas uma arbitragem efetiva e linear. A detecção do movimento é realizada por componentes sensoriais, que são lidos e processados pelo módulo ESP8266 NodeMCU ESP-12E e, então, enviados via transmissão sem fio para um servidor localizado em um computador. Serão armazenadas em banco de dados informações como: rodadas, repetições e tempos de subida, descida, repetição, rodada e final. Estes elementos são apresentados via *interface* gráfica onde poderão ser acessados de qualquer dispositivo conectado à rede.

Palavras-chave: Monitoramento, ESP8266, *Peg Board*.

ABSTRACT

SIQUEIRA, Manuella Ferreira. CLIMBING MONITORING ON THE PEG BOARD EQUIPAMENT FOR CROSSFIT® TEST. 78 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharel em Engenharia Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

With worldwide growth of approximately 104,000% between 2005 and 2016, CrossFit® can be considered a major sport in the world. From this considerable growth, competitions seeking the best athlete were initiated and, with this, problems arose in relation to the fidelity of their results. Until 2017 the arbitration found in championships was human, thus allowing different interpretations arising from the subjectivity and individuality of the referees. This work presents the development of an electronic monitoring system for the “Peg Board” equipment used in CrossFit® competitions, aiming to provide athletes with an effective and linear arbitration. Motion detection is performed by magnetic sensors, whose information is processed by an ESP8266 NodeMCU ESP-12E module and then sent via wireless transmission to a server installed on a computer. Information such as number of rounds and repetitions will be stored in database, as well as the times of rise, descent, repetition, round and total time at the end. These elements will be presented via a graphical interface where they can be accessed from any device connected to the network.

Palavras-chave: Monitoring, ESP8266, *Peg Board*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Logo CrossFit®	14
Figura 2 – Equipamento <i>Peg Board</i>	16
Figura 3 – <i>Peg Board</i> no CrossFit Games 2016.....	17
Figura 4 – Diagrama do Projeto	20
Figura 5 – <i>Reed-Switch</i>	22
Figura 6 – Composição do Sensor <i>Reed-Switch</i>	22
Figura 7 – Funcionamento do <i>Reed-Switch</i>	23
Figura 8 – Utilização do Sensor no Projeto.....	23
Figura 9 – Frequências no Espectro Magnético	24
Figura 10 – ESP8266 Modelo ESP-01	27
Figura 11 – Comparativo Entre Modelos da Família ESP8266	28
Figura 12 – ESP8266 NodeMCU ESP-12E.....	29
Figura 13 – Pinos do ESP8266 Modelo NodeMCU ESP-12	29
Figura 14 – Arduino IDE	31
Figura 15 – <i>Interface XAMPP</i>	32
Figura 16 – <i>Interface Gráfica</i>	33
Figura 17 – Estrutura Básica HTML.	34
Figura 18 – Exemplo de Sinalização e Validação de Repetição no <i>Peg Board</i>	36
Figura 19 – Esquemático.....	37
Figura 20 – Diagrama em Blocos Geral	38
Figura 21 – Configuração Apache.....	39
Figura 22 – Banco de Dados.....	39
Figura 23 – Tabela ‘tabelamonitoramentoantigo’.	40
Figura 24 – Protótipo <i>Peg Board</i>	40
Figura 25 – Protótipo Circuito.....	41
Figura 26 – Proteção do Sensor.....	41
Figura 27 – Instalação do Imã	42
Figura 28 – Diagrama em Blocos.....	43
Figura 29 – Diagrama em Blocos Função Lógica.....	44
Figura 30 – Diagrama em Blocos Função Rodadas.....	45
Figura 31 – Diagrama em Blocos Funções Rodada1, Rodada2 e Rodada3.....	45
Figura 32 – Diagrama em Blocos Função <i>Reset</i>	46
Figura 33 – Diagrama em Blocos Função <i>Sendurl</i>	46
Figura 34 – Diagrama em Blocos <i>Index.php</i>	47
Figura 35 – Diagrama em Blocos <i>Conecta.php</i>	47
Figura 36 – Diagrama em Blocos <i>Salvados.php</i>	47
Figura 37 – Diagrama em Blocos <i>Inserirnome.php</i>	48
Figura 38 – Diagrama em Blocos <i>Nomebd.php</i>	48
Figura 39 – Diagrama em Blocos <i>Inicio.php</i>	48
Figura 40 – Diagrama em Blocos <i>Enviardados.php</i>	49
Figura 41 – Diagrama em Blocos <i>Escolheratleta.php</i>	49
Figura 42 – Diagrama em Blocos <i>Atletas.php</i>	50

Figura 43 – Diagrama em Blocos Dados.html	50
Figura 44 – Sensor Sem Campo Magnético Suficiente	53
Figura 45 – Sensor Operando	54
Figura 46 – Monitor Serial - Conexão.....	54
Figura 47 – Funcionamento LCL	55
Figura 48 – Monitor Serial Linha	55
Figura 49 – Acionamento LED1	56
Figura 50 – Acionamento LED2	56
Figura 51 – Funcionamento da Lógica	57
Figura 52 – Conversão dos Tempos	57
Figura 53 – Envio de Dados Com Sucesso.....	58
Figura 54 – Armazenamento BD Com Sucesso.....	58
Figura 55 – ‘tabelamonitoramento’ Vazia	58
Figura 56 – ‘tabelamonitoramento’ Preenchida	59
Figura 57 – ‘tabelamonitoramentoantigo’ Preenchida	59
Figura 58 – Múltiplos Aparelhos	60
Figura 59 – Protótipo Físico	61
Figura 60 – Página Inicial da <i>Interface</i>	62
Figura 61 – Inserir Atleta <i>Interface</i>	62
Figura 62 – Monitoramento <i>Interface</i>	63
Figura 63 – Monitoramento Completo	64
Figura 64 – Resultados Armazenados Com Sucesso	64
Figura 65 – Selecionar Atleta	65
Figura 66 – Resultados Armazenados	66
Figura 67 – Informações	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de <i>Box</i> de CrossFit® no Mundo.....	14
Tabela 2 - Atletas Inscritos no CrossFit Games	15
Tabela 3 - Comparativo Entre Tecnologias de Transmissão Sem Fio	26
Tabela 4 - Quantidade de Repetições Referente a Cada Rodada	37

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO DO TEMA.....	12
1.1	Introdução.....	12
1.2	O CrossFit®.....	13
1.2.1	Definição, História e Números.....	13
1.2.2	Campeonatos.....	15
1.2.3	O Movimento <i>Peg Board</i>	16
1.3	Objetivos.....	17
1.3.1	Objetivo Geral.....	17
1.3.2	Objetivos Específicos.....	18
1.4	Justificativa.....	18
1.5	Estrutura do Trabalho.....	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1	Introdução.....	20
2.2	Sensor.....	21
2.2.1	Sensor <i>Reed-Switch</i>	21
2.3	Transmissão Sem Fio.....	24
2.3.1	Ondas de Rádio.....	24
2.3.2	Infravermelho.....	25
2.3.3	<i>Bluetooth</i>	25
2.3.4	<i>Wireless</i>	25
2.3.5	Comparativo Entre Tecnologias.....	26
2.4	Microcontrolador.....	26
2.5	ESP8266.....	27
2.5.1	Módulo ESP8266 NodeMCU ESP-12E.....	28
2.5.2	Arduino IDE.....	30
2.6	Banco de Dados.....	31
2.6.1	XAMPP.....	32
2.6.1.1	MySQL.....	32
2.6.1.2	Apache.....	33
2.7	Interface Gráfica.....	33
2.7.1	Linguagem HTML.....	34
2.7.2	Linguagem PHP.....	34
3	DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....	36
3.1	Indicação Luminosa.....	36
3.2	Esquemático.....	37
3.3	Processamento dos Dados.....	38
3.4	Envio dos Dados.....	38
3.5	Armazenamento dos Dados.....	39
3.6	Manufatura do Protótipo.....	40
3.6.1	Cálculo Para Estabelecimento de Tempo de Troca do Sensor.....	42
3.7	Detalhamento da Lógica Utilizada.....	43
3.7.1	Lógica Presente no Módulo.....	43
3.7.2	Lógica Presente no Servidor.....	46
3.8	Metodologia de Testes.....	50
3.8.1	Teste de Sensibilidade Sensor-Imã.....	50
3.8.2	Teste de Conexão do Módulo à Rede.....	51

3.8.3	Teste de Leitura do Sensor Pelo Módulo.....	51
3.8.4	Teste da Lógica.....	51
3.8.5	Teste da Conversão dos Tempos.....	51
3.8.6	Teste do Envio de Dados Pelo Módulo.....	52
3.8.7	Teste da Recepção e do Armazenamento dos Dados no Servidor.....	52
3.8.8	Teste do Banco de Dados.....	52
3.8.9	Teste da Apresentação dos Dados em <i>Interface Gráfica</i>	52
4	RESULTADOS OBTIDOS.....	53
4.1	Resultados dos Testes.....	53
4.2	Protótipo Final do Sistema.....	60
4.2.1	Parte Física.....	60
4.2.2	<i>Interface Gráfica</i>	61
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
5.1	Conclusão.....	67
5.2	Trabalhos Futuros.....	68
	REFERÊNCIAS.....	69
	ANEXO A – INFORMAÇÃO TÉCNICA OFICIAL.....	77

1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Apresenta-se, neste capítulo, uma introdução sobre a abordagem do trabalho, os objetivos geral e específicos e a estrutura do mesmo.

1.1 Introdução

Com apenas 16 anos, o CrossFit® é relativamente novo (AFONSI, 2015) embora já possua o crescimento mais rápido entre os movimentos *fitness* (PARTRIDGE *et al*, 2014). Segundo Kuhn (2013), “é um distinto estilo de vida, que encoraja o participante a buscar um estado ‘ótimo’ de aptidão física e saúde”. Essa busca se dá por meio da combinação de exercícios variados de alta intensidade, sem tempo para recuperação entre eles (WEISENTHAL *et al*, 2014). A partir de tal combinação têm-se um dos pilares do programa, que se trata do trabalho em dez diferentes habilidades físicas: cardiorrespiratória, resistência, força, flexibilidade, potência, velocidade, coordenação, agilidade, equilíbrio e precisão (KIMURA, 2016). Além dessa grande variedade de parâmetros utilizados, este esporte também chama atenção pela inclusão, sendo possível a adaptação de todos os treinos para pessoas com dificuldades físicas (OPPENHEIMER, 2015).

Com a crescente demanda deste esporte, surgem competições buscando o melhor condicionamento físico. No entanto, as competições de nível mundial ainda possuem um sistema arcaico de arbitragem, onde se faz necessário um árbitro por atleta para validação e contagem dos movimentos (COMPETITION RULE..., 2012), tornando a arbitragem subjetiva e questionável.

Visando proporcionar aos atletas a alternativa de uma arbitragem efetiva, eliminando repetições mal interpretadas por árbitros como foi o caso de Josh Bridges na quarta prova do *Open* de 2016, este trabalho desenvolveu uma solução de arbitragem eletrônica de um movimento utilizado no CrossFit Games de 2015 e 2016 (2015 GAMES..., 2015; 2016 GAMES..., 2016; JOSH BRIDGES..., 2016): escalada no *Peg Board*. A escalada consiste em realizar a subida e a descida em um painel de madeira perfurado (*Peg Board*), utilizando como apoio bastões que se encaixam em seus orifícios. Este desenvolvimento foi dividido em duas partes básicas, descritas a seguir.

Inicialmente realizou-se um monitoramento utilizando componentes sensoriais, proporcionando aos atletas uma avaliação igualitária de seu desempenho. A validade do movimento é ratificada quando um sinal luminoso é apresentado.

Simultaneamente, os dados provenientes dos sensores são recebidos, analisados e processados pelo microcontrolador e enviados via transmissão sem fio a um computador para armazenamento e visualização do árbitro.

1.2 O CrossFit®

Nesta seção serão apresentadas a definição e a história do CrossFit®, uma explanação sobre as competições e uma revisão do movimento escolhido para arbitragem eletrônica.

1.2.1 Definição, História e Números

Criado nos Estados Unidos, em meados dos anos 2000 pelo ex-ginasta Greg Glassman, a modalidade esportiva CrossFit® pode ainda ser considerada uma novidade se comparada a outras como o futebol, por exemplo, que possui cerca de 150 anos de história (SILVA, 2005). Como a maioria dos ginastas da época, Glassman fazia uso somente de seu peso corporal em seus treinamentos. No entanto, o atleta percebeu que utilizar o Levantamento de Peso Olímpico (LPO, conjunto de exercícios utilizando barras e anilhas) em seus treinos aumentaria sua força. Ainda seguindo esta linha de raciocínio, notou que ao incluir exercícios aeróbicos em seu treinamento obteria uma melhora em seu condicionamento (AFONSI, 2015). Fazendo essas adições em seus treinos, Glasmann pôde concluir que seu desempenho como ginasta estava melhorando rapidamente. Assim surgiu o CrossFit® e sua definição: união de movimentos funcionais e constantemente variados, como LPO, movimentos ginásticos e exercícios aeróbicos (WHAT IS..., 201-?).

Sob o logo “*forging elite fitness*”, Figura 1, que pode ser traduzido como “forjando a elite do condicionamento físico”, o CrossFit® se apresenta como uma modalidade completa, que abrange grande parte das capacidades físicas. Seus atletas possuem força, flexibilidade, potência, explosão, resistência e muitas outras

características (KIMURA, 2016). O maior diferencial está em não focar somente em uma especialidade, e sim em todas quanto possíveis. Desta forma, o atleta acaba conquistando o melhor condicionamento físico, o que reflete em sua saúde e qualidade de vida.

Figura 1 - Logo CrossFit®.



Além da variedade de movimentos presentes no programa, existe também o fator de inclusão. Há possibilidade de adaptação de qualquer exercício, independente de idade, condicionamento, mobilidade ou quaisquer outras limitações que o indivíduo possua. Todos os exercícios podem ser adaptados, seja em sua carga ou intensidade, fazendo com que uma criança, idoso ou deficiente portador de necessidades especiais possam realizar o mesmo treino.

A parte principal de um treino desta modalidade está no *Work Out Of The Day* (WOD) ou treino do dia (SIGLAS..., 2016). Este pode ser elaborado consistindo em um treino de poucos minutos, até mesmo para um treino de meia hora. É possível encaixar qualquer exercício ou prática esportiva, como já descrito.

A grande quantidade de exercícios disponíveis e sua possibilidade de adaptação para o WOD faz com que esta modalidade seja um grande sucesso, crescendo exponencialmente no mundo. Como pode ser visto na Tabela 1, em 2005 existiam 12 *box* (como é chamado o local onde são realizados os treinos da modalidade) no mundo e, em 2016, apenas 11 anos depois, o número cresceu para 12.495. Um aumento de 104.125% neste período.

Tabela 1 – Número de *Box* de CrossFit® no Mundo

Ano	Número
2005	12
2006	29
2007	259
2009	805
2010	2.041
2011	3.453
2012	4.894
2016	12.495

Fonte: How Fast... [201-?]; Map [2016].

A modalidade teve início no Brasil em 2009 na cidade de São Paulo, sob os cuidados de Joel Fridman na *box* CrossFit Brasil (JOEL FRIDMAN..., 2015). Em 2016, o país possuía 615 unidades, que correspondiam a 4,92% da quantidade mundial (MAP, 2016). Com esse percentual o Brasil tornou-se o segundo país do mundo em quantidades de *box*, perdendo somente para o país onde a modalidade teve início, os Estados Unidos (BRASIL ULTRAPASSA..., 2016).

1.2.2 Campeonatos

Com cada vez mais atletas envolvidos, começam a surgir competições para identificar os melhores (HISTORY, 201-?; APRESENTAÇÃO, 201-?; HECK, 2015).

O CrossFit Games, considerado o maior campeonato deste esporte no mundo, foi criado em 2007 por Dave Castro em seu rancho nos Estados Unidos. Ao longo do tempo o evento cresceu atingindo um público de 4 mil pessoas na sua terceira edição, obrigando o criador a planejar as novas edições em um local maior (HISTORY, 201-?).

Em 2016, CrossFit Games foi dividido em 3 etapas: *Open*, *Regionals* e *Games*. A etapa *Open* consiste em cinco semanas com cinco WODs onde os atletas executam em suas próprias *box* e enviam os resultados virtualmente. Nesta etapa são selecionados os melhores de cada região, que passam para a etapa seguinte: *Regionals*. Esta ocorre de forma presencial em diferentes locais dos Estados Unidos, e novamente tem caráter seletivo. Os mais bem colocados nesta etapa seguem então para o *Games*, também presencial e com objetivo de determinar o homem e mulher mais condicionado do planeta. Nesta etapa participam 40 homens, 40 mulheres, 40 times, 80 *teens* (atletas entre 14 e 17 anos) e 240 *masters* (atletas com mais de 35 anos) (ABOUT..., 201-?).

O sucesso desta competição pode ser observado na Tabela 2, onde nota-se um crescimento acentuado de atletas participantes.

Tabela 2 - Atletas Inscritos no CrossFit Games
(continua)

Ano	Atletas Inscritos
2007	70

**Tabela 2 – Atletas Inscritos no CrossFit Games
(conclusão)**

Ano	Atletas Inscritos
2008	300
2009	550
2011	26.000
2012	69.000
2013	138.000
2014	209.000
2015	272.000
2016	324.000

Fonte: History [201-?]; Abrusio (2016).

1.2.3 O Movimento *Peg Board*

No CrossFit Games, grande parte das provas são anunciadas somente após o início do evento. Isto proporciona aos atletas a necessidade de estarem preparados para realizar tarefas conhecidas e desconhecidas, desafiando-os a utilizarem todas as capacidades físicas (SMITH, 201-?). Outro objetivo implícito do evento é expor as fraquezas dos competidores e mostrar quem, entre eles, se destaca (HAMMER, 2015). Sob esse cenário de novos desafios, em 2015 a organização do evento apresentou um novo equipamento aos atletas: o *Peg Board* (LOUREIRO, 2015). A Figura 2 apresenta detalhes do equipamento.

Figura 2 - Equipamento *Peg Board*.

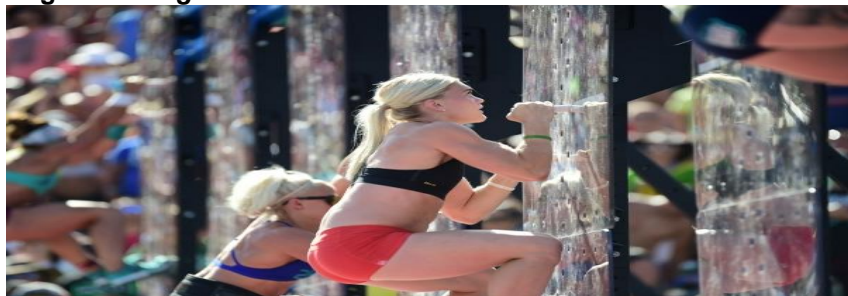


Fonte: Vampira Peg... [201-?].

Tal inovação acabou surpreendendo de forma negativa a maioria dos competidores. Dos trinta e seis competidores da categoria masculina somente vinte conseguiram efetuar ao menos uma repetição válida no equipamento e, entre eles, somente seis conseguiram terminar a prova. Já na categoria feminina, somente doze entre as trinta e seis mulheres conseguiram uma repetição válida e nenhuma destas terminou a prova (HAMMER, 2015).

Em 2016, o equipamento *Peg Board* teve continuidade. Nesse ano, os atletas estavam preparados e não tiveram problemas no exercício (PYFFEROEN, 2016). A Figura 3 mostra o equipamento utilizado nesta prova.

Figura 3 - Peg Board no CrossFit Games 2016.



Fonte: Cecil (2016).

Para a repetição neste equipamento ser validada, conforme informado no Anexo A, o atleta deve subir até o topo e depois descer. Ambos os movimentos devem ser executados de forma controlada, não podendo o atleta pular ao chão do topo ou do meio do *Peg Board* (KELAITA, 2015). Segundo Maternowski (201-?), a forma mais efetiva para realizar o movimento consiste em iniciá-lo “trazendo o peito ou queixo até altura das mãos, então remover o bastão do buraco e colocá-lo em um buraco acima com distância de um braço. Subir o corpo para altura deste bastão, e repetir com a outra mão o movimento descrito”.

1.3 Objetivos

Nesta seção serão apresentados o objetivo geral e objetivos específicos deste trabalho.

1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento de um sistema de monitoramento do equipamento *Peg Board* para provas ou treinamentos de CrossFit®, disponibilizando os resultados em *interface* gráfica e armazenando-os em banco de dados para acesso posterior.

1.3.2 Objetivos Específicos

São os objetivos específicos deste trabalho:

- Monitorar eletronicamente o equipamento *Peg Board* do CrossFit®;
- Identificar o início da subida do atleta a partir dos sinais dos sensores da linha inicial do painel;
- Identificar o fim da subida e início da descida do atleta a partir dos sinais dos sensores da linha final do painel;
- Identificar o fim da descida do atleta e repetição válida a partir dos sinais dos sensores da linha inicial do painel;
- Impedir a leitura simultânea dos sensores na linha inicial e final;
- Identificar se a repetição foi efetuada pelo atleta;
- Apresentar visualmente ao atleta se a repetição é válida;
- Efetuar o processamento das repetições e rodadas;
- Enviar os dados da prova de forma não cabeada a um computador;
- Armazenar as informações processadas para futuras análises;
- Desenvolver uma *interface* gráfica para apresentação ao usuário dos dados referentes à prova ou treinamento monitorado.

1.4 Justificativa

A atual inexistência no mercado de tecnologias para arbitragem no esporte em questão, somada à necessidade dos atletas em obter pontuações uniformemente validadas, servem como estímulo para a proposição deste trabalho.

Este projeto trará aos atletas a confiabilidade nos resultados finais das provas ou treinamentos e, aos organizadores de torneios, provável economia financeira na contratação de árbitros para o evento. Tal economia se dará pela redução da atual necessidade de um árbitro por competidor para um número menor de árbitros, os quais estarão presentes somente para a devida certificação no decorrer da prova.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho é organizado em cinco capítulos onde são descritos detalhadamente os procedimentos utilizados ao longo do desenvolvimento.

O primeiro capítulo é constituído de uma introdução do tema, objetivos geral e específicos, justificativa e estrutura do projeto para contextualizar o leitor do problema.

O segundo capítulo trata da descrição sobre as tecnologias utilizadas no decorrer do mesmo.

No terceiro capítulo tem-se a demonstração dos procedimentos necessários para desenvolvimento do projeto, circuitos, metodologia de testes e estratégias de programação utilizadas.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos dos testes, bem como a apresentação do protótipo final criado.

No quinto são apresentadas as discussões sobre os resultados e sugestões de trabalhos futuros que foram observadas no decorrer do desenvolvimento projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

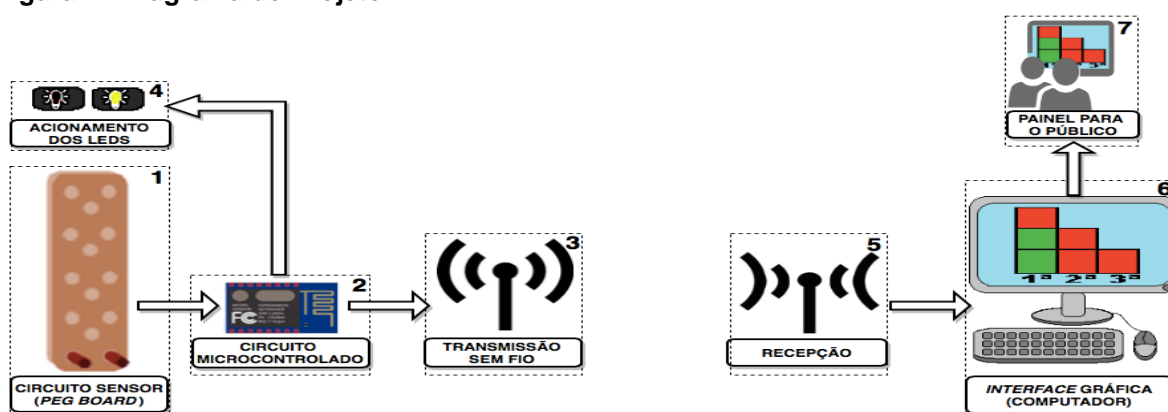
Neste capítulo serão abordadas as principais tecnologias utilizadas ao longo do desenvolvimento deste projeto. Também serão discutidas a finalidade e a importância de sua utilização.

2.1 Introdução

A utilização do auxílio da tecnologia aos árbitros é cada vez mais comum nos esportes. Ela está presente em inúmeros esportes, como: tênis, vôlei, basquete, futebol americano, entre outros (ALVES, 2016). Até mesmo a Confederação Brasileira de Futebol pleitou a introdução da tecnologia na arbitragem nos campeonatos (PLEITO A..., 2015).

Para utilização deste conceito no projeto, ele foi dividido em sete partes conforme apresentado no diagrama da Figura 4. O primeiro bloco trata da identificação da presença dos bastões nos orifícios. Fez-se necessária para esta identificação a utilização de um componente sensorial. Para o processamento referente à validade das repetições, bem como a soma das mesmas e a identificação de cada rodada optou-se pela inserção de um componente microcontrolado, presente no segundo bloco, que efetuasse este processamento durante a execução da prova. Este bloco também tem como função o acionamento dos LEDs, bloco quatro. No terceiro bloco, foi identificada a necessidade de uma tecnologia, que acoplada ao circuito microcontrolado, possibilitasse a transmissão dos resultados a um computador.

Figura 4 - Diagrama do Projeto.



Fonte: Autoria Própria.

O quinto bloco consiste na recepção das informações transmitidas. O sexto bloco representa o armazenamento e apresentação destas informações em um computador. As informações também podem ser transmitidas ao público, conforme bloco sete.

Os blocos apresentados no diagrama da Figura 4 serão apresentados de forma mais detalhada nas próximas seções.

2.2 Sensor

Segundo Thomazini e Albuquerque (2010), um sensor é:

Um dispositivo sensível a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc.

A saída de um sensor pode classificá-lo em duas distintas categorias: digital e analógico. Um componente digital terá uma saída capaz de assumir apenas dois valores (podendo ser interpretados como zero e um), enquanto a saída de um sensor analógico assumirá qualquer valor ao longo do tempo. Outra forma de classificar um sensor consiste em sua função, podendo ser: presença, posição, óptico, velocidade, aceleração, temperatura, pressão, nível, vazão, tensão, corrente, potência, umidade, magnético, gases ou pH (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2010).

Ao escolher um sensor é importante observar suas características, para que ele se enquadre no projeto. As principais características de um sensor são: *range*, resolução, sensibilidade, linearidade, exatidão, precisão, repetibilidade e *span* (PINTO, 2015).

Sensores magnéticos do tipo interruptor de lâminas (*reed-switch*) foram utilizados para monitorar a presença dos bastões nos orifícios do *Peg Board*. Seu funcionamento e especificações serão descritos na próxima seção.

2.2.1 Sensor *Reed-Switch*

Segundo Thomazini e Albuquerque (2010), os sensores magnéticos “se baseiam no uso de campos magnéticos e convertem esse campo em um sinal elétrico”. Um exemplo desta categoria é o sensor *reed-switch*, também conhecido

como interruptor de lâminas, apresentado na Figura 5. Este sensor possui funcionamento semelhante a uma chave eletrônica, devido a sua composição (WEDLING, 2010).

Figura 5 - Reed-Switch.



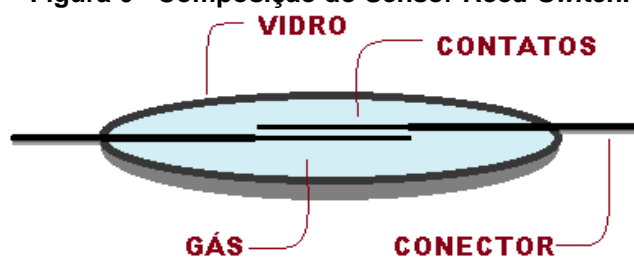
Fonte: Steffens [20--?].

Segundo Magnetic Sensors [20--?], este sensor pode ser descrito como a seguir:

Dois fios ferromagnéticos de liga níquel e ferro e uma cápsula de vidro. Os fios são em forma de palhetas achatadas na extremidade. As extremidades estão cuidadosamente alinhadas com uma pequena sobreposição e, em seguida, selados dentro da cápsula. A sobreposição ou área de contato das palhetas é revestida com metais especiais como rutênio. Os fios de liga níquel e ferro são estanhados de modo que possam ser soldados.

O gás presente dentro da cápsula é inerte e possui função de isolar os contatos do ambiente para que não sofram oxidação ou deformação (STEFFENS, 20--?). A Figura 6 apresenta a composição deste sensor.

Figura 6 - Composição do Sensor Reed-Switch.

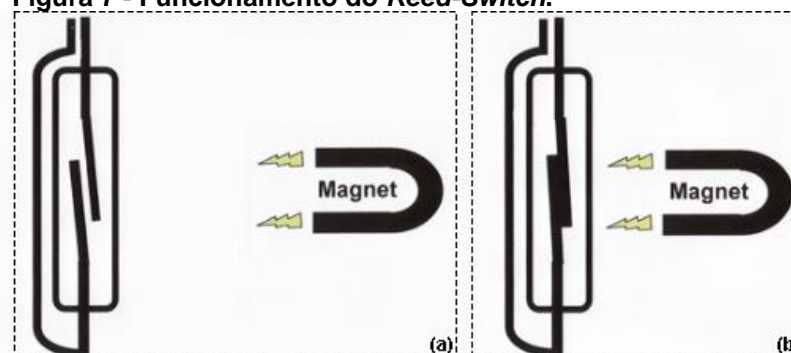


Fonte: Autoria Própria.

O *reed-switch* é ativado a partir da presença de um campo magnético, como um ímã por exemplo. A Figura 7 apresenta o funcionamento deste sensor, onde na parte (a) pode-se observar o comportamento inicial (chave aberta) e, na parte (b), os contatos fechados devido a presença do campo magnético (chave fechada) (SEIDEL, 2010). É importante observar que a orientação do campo magnético deve

ser feita corretamente, caso contrário o campo não irá magnetizar as lâminas impedindo assim a atuação da chave (MOTTER, 2013).

Figura 7 - Funcionamento do Reed-Switch.

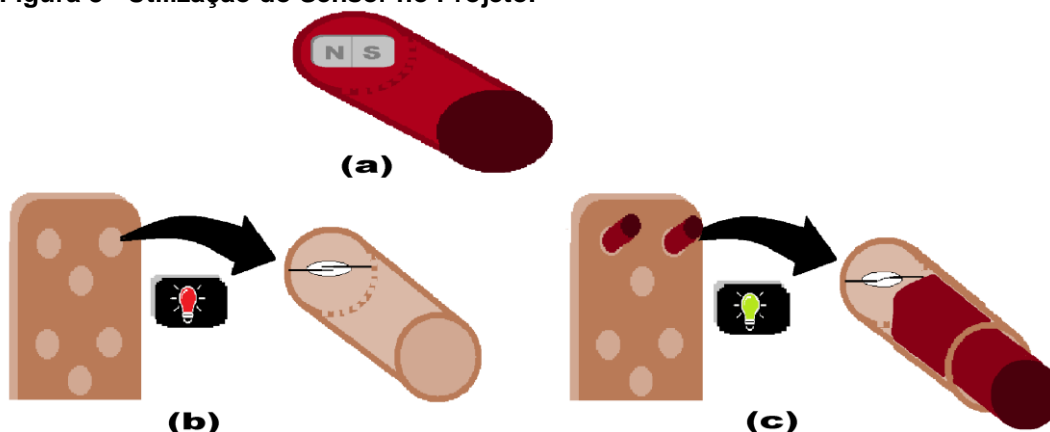


Fonte: Souza e Nogueira (2011).

As principais desvantagens deste sensor consistem no desgaste das peças móveis, na inércia que limita sua velocidade e no possível repique (WENDLING, 2010). Porém, espera-se que a limitação de velocidade seja pequena em relação ao tempo de execução do movimento. Além disso, possíveis repiques são sanados por meio de um pré-processamento no microcontrolador.

A Figura 8 evidencia a instalação do conjunto de sensoriamento no *Peg Board* e, também, seu funcionamento. Na ponta do bastão, conforme parte (a), foi adicionado um ímã com a devida orientação do campo magnético. O reed-switch é posicionado no fundo do orifício, como exemplificado em (b). Assim, quando o bastão aproxima-se do fundo do orifício, o sensor identifica o campo magnético e fecha o contato de suas lâminas, como mostrado na parte (c). Com a retirada do bastão, ocorre a desmagnetização do sensor, abrindo o contato das lâminas, como indicado na parte (b).

Figura 8 - Utilização do Sensor no Projeto.



Fonte: Autoria Própria.

2.3 Transmissão Sem Fio

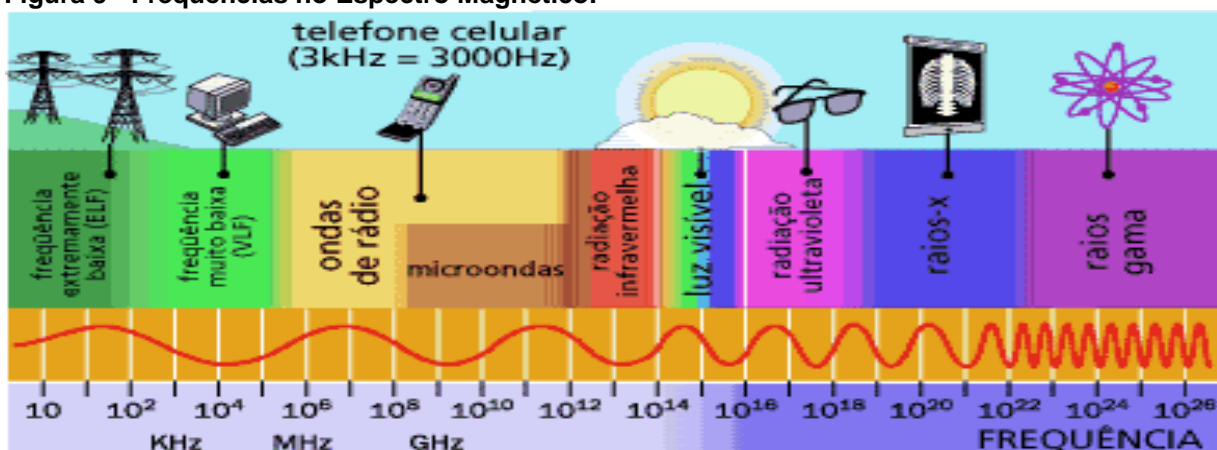
Atualmente, existem dois meios para transmissão de dados: meios físicos (meio guiado) e meios não guiados. Podem ser citados como exemplos de meios guiados a transmissão por fios de cobre e fibras ópticas e, para os não guiados, ondas de rádio (JUNIOR, 2008). O projeto contém uma necessidade de mobilidade, pois pode ter o local da instalação do *Peg Board* e do computador alterados. Utiliza-se o segundo meio exposto, também conhecido como comunicação sem fio.

Segundo Jobstraibizer (2010), a comunicação sem fio está cada dia mais presente no cotidiano de todos incluindo os usuários mais inexperientes e “celulares, conexões *Wireless*, sistemas aviônicos, as já velhas conhecidas ondas de rádio, o infravermelho e o *Bluetooth* estão caindo nas graças e na preferência dos usuários”. As próximas seções trazem uma revisão sobre as principais tecnologias na transmissão sem fio e um comparativo entre elas.

2.3.1 Ondas de Rádio

As ondas de rádio se utilizam de ondas eletromagnéticas e são utilizadas para comunicação de longas distâncias, podendo atingir cerca de 200 quilômetros entre o emissor e o receptor. Sua frequência compreende a faixa de 20 kHz-300 GHz e pode ser observada na Figura 9. Consiste em uma comunicação rápida e, por isso, largamente utilizada nas transmissões de canais de rádio AM, FM e televisão (PERES, 2015).

Figura 9 - Frequências no Espectro Magnético.



Fonte: Silva [2010].

2.3.2 Infravermelho

A transferência de dados por infravermelho possui maior utilização em controles remotos, mouses e teclados. Por ser uma tecnologia de velocidade limitada em sua transmissão, acaba dispondo de aplicações que necessitem de uma baixa quantidade de dados. Outra limitação do infravermelho é a imprescindibilidade do emissor e receptor estarem alinhados com uma curta distância entre si para que ocorra de forma eficaz. Sua propagação é realizada por pulsos de luz infravermelha (cuja frequência pode ser observada na Figura 9), que chega ao receptor como um código binário (JOBSTRAIBIZER, 2010).

2.3.3 Bluetooth

Segundo Kobayashi (2004), o *Bluetooth* “foi projetado inicialmente para suportar redes simples de dispositivos e periféricos pessoais”. Esta tecnologia se baseia na utilização de um *chipset* rádio transmissor, que se chama *Bluetooth*. Este chip faz uso de ondas de rádio para sua transmissão, sendo a frequência entre 2,4 e 2,48 GHz. A principal vantagem desta forma de transmissão está no baixo consumo de energia com a desvantagem do curto alcance (cerca de 10 metros) (SILVA, 2009; S. PEREIRA, 2003).

2.3.4 Wireless

Segundo Silva e Soares (2009), o *Wireless LAN* (WLAN – *Wireless Local Area Network*) pode ser definido como “uma rede local sem fio padronizada pelo IEEE 802.11. É conhecida também pelo nome de *Wi-Fi*, abreviatura de *Wireless Fidelity* (fidelidade sem fios) e a marca registrada pertence à *Wireless Ethernet Compatibility Alliance* (WECA)”. A WLAN pode atingir até 100 metros de alcance (BRANQUINHO *et al*, 2011).

Existem outros tipos de redes *Wireless*, como a WMAN (*Wireless MAN – Metropolitan Area Network*) e a WWMAN (*Wireless WAN – Wide Area Network*). A primeira atende a banda larga e possui raio de alcance de cerca de 1 quilometro, enquanto a outra atende sistemas móveis. Todas operam na faixa de 2,4 GHz ou

5 GHz, sendo a mais apta ao projeto a WLAN por consistir em uma rede local (BRANQUINHO *et al*, 2011).

2.3.5 Comparativo Entre Tecnologias

Em virtude da flexibilidade do distanciamento entre o *Peg Board* e o computador, tornou-se iminente a necessidade de implementação de uma tecnologia sem fio com grande alcance.

A Tabela 3 apresenta um comparativo entre as principais tecnologias citadas nas seções anteriores. A partir desta análise, foi escolhida para o projeto a transmissão *Wireless*, devido a sua alta capacidade de alcance e velocidade.

Tabela 3 - Comparativo Entre Tecnologias de Transmissão Sem Fio

Tecnologia	Frequência de Banda	Range	Potência do Sinal	Velocidade
Infravermelho	2,4 GHz	50 m	Média	1,6 Mbps
<i>Bluetooth</i>	2,4 GHz	< 10 m	Muito Baixa	720 Kbps
<i>Wireless</i>	2,4 ou 5 GHz	± 100 m	Média – Alta	2 – 54 Mbps (varia com padrão IEEE utilizado)

Fonte: Kobayashi (2004); Silva e Soares (2009).

2.4 Microcontrolador

O microcontrolador pode ser delineado como um componente eletrônico utilizado para controle de processos lógicos (SOUZA, 2003). Consiste em um circuito integrado (CI) constituído por uma unidade central de processamento (CPU), memória e periféricos (MIYADAIRA, 2013). Sua capacidade de processamento e armazenamento varia de acordo com o componente, podendo ser encontrados componentes com tamanhos pequenos e poucas funções, até possuindo grande capacidade de armazenamento (SANTOS, 2009).

Segundo Pereira (2003), pode-se dizer que um programa é uma ordenação lógica de pensamento. Para executar as tarefas desejadas pelo usuário, deve ser inserido no microcontrolador um programa, portando, as instruções referentes a tais ações. O código pode ser escrito utilizando diferentes linguagens de programação,

como: assembly, C, basic, pascal, etc. Cada linguagem possui uma peculiaridade que deve ser levada em consideração na escolha (PEREIRA, 2003).

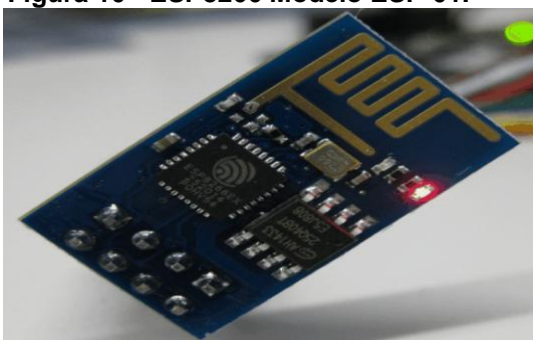
Neste trabalho, é utilizado um microcontrolador para o processamento dos dados provenientes dos sensores, contendo as regras para validação dos movimentos.

2.5 ESP8266

O ESP8266 é um *System-on-a-Chip* (SoC) que possibilita integração *Wi-Fi*, projetado para plataformas móveis (ESPRESSIF SYSTEMS, 2015). Possui protocolo TCP/IP e ponte UART, o que possibilita a comunicação de qualquer microcontrolador à rede, sendo que o desenvolvedor precisa se preocupar só com os comandos básicos de conexão (MÓDULO..., 2016; SALLA, 2015).

Lançado em 2014 pela *Espressif Systems*, o ESP8266 apresentado na Figura 10, possui um número crescente de usuários devido a sua relação custo/benefício, sendo uma alternativa fácil, de tamanho reduzido e baixo custo para inserção da rede *Wi-Fi* no microcontrolador (ANTUNES, 2015; CONHECENDO O..., 201-?; MÓDULO ..., 2016). O *firmware* deste dispositivo responde via serial aos comandos, tornando possível realizar operações como troca de dados além de busca e conexão a redes (SALLA, 2015).

Figura 10 - ESP8266 Modelo ESP-01.



Fonte: Curvello (2015).

Este SoC possui as características elencadas abaixo (ESPRESSIF SYSTEMS, 2015):

- Possui conectores GPIO, barramentos I2C, SPI, UART, entrada ADC, saída PWM e sensor interno de temperatura;

- Pilha de protocolo TCP/IP integrada;
- CPU de 32-bit de baixo consumo de energia;
- Consumo em *standby* <10 μ A;
- Transmissão de pacotes em <2 ms;
- Potência de saída de +20 dBm no modo 802.11b;
- *Range* de temperatura de operação: -20 °C ~ 125 °C;
- Alimentação 3,3 V.

O SoC em questão possui uma grande variedade de modelos, que são numerados de acordo com o exemplar: ESP-X, onde o 'x' indica seu tipo. Na Figura 11 são apresentados os ESP-01 ao ESP-11, em comparação ao tamanho de uma moeda (presente no centro da imagem). Os modelos cuja numeração está entre 01 e 10 possuem somente função de realizar uma ponte entre o barramento serial e a conexão *Wi-Fi*. Enquanto os demais podem além desta forma de utilização, operar como microcontroladores capacitados de transmissão *Wi-Fi* (CURVELLO, 2015).

Figura 11 - Comparativo Entre Modelos da Família ESP8266.



Fonte: Assunção (2016).

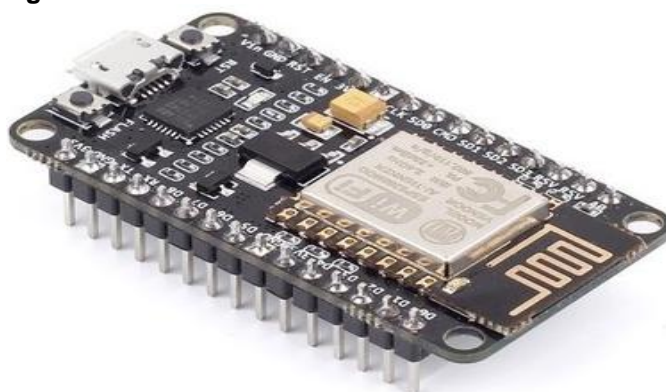
Para a execução do trabalho foi selecionado o módulo ESP8266 NodeMCU ESP-12E, que será abordado na próxima seção.

2.5.1 Módulo ESP8266 NodeMCU ESP-12E

O módulo NodeMCU ESP-12E, apresentado na Figura 12, consiste em uma variação do modelo ESP-12E, sendo um dos mais completos da família ESP8266 (WEB SERVER..., 2016). Constitui na combinação do chip ESP8266, *interface* USB-

serial e um regulador de tensão. Possui antena embutida, 11 pinos de entrada e saída (I/O) e conversor analógico-digital (A/D) (MÓDULO WIFI..., 2016).

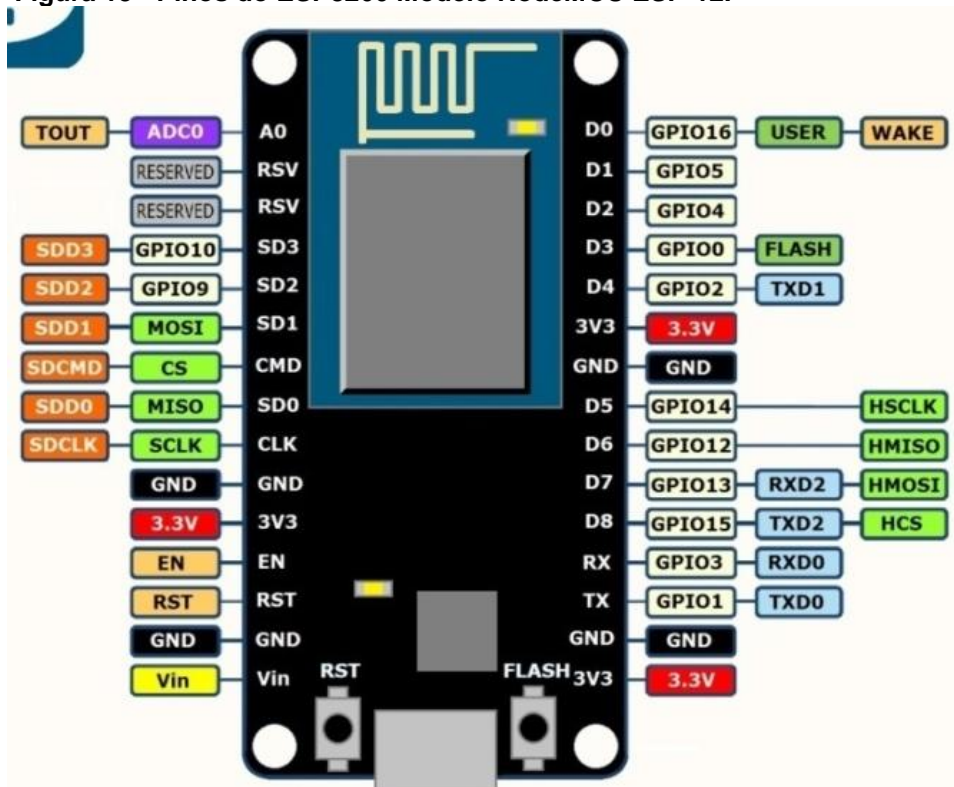
Figura 12 - ESP8266 NodeMCU ESP-12E.



Fonte: Módulo WiFi [2016].

A Figura 13 apresenta este módulo, que na parte inferior possui dois botões: *flash* e RST. O *flash* é utilizado na gravação do código no dispositivo e, o RST, tem a função de reiniciar a placa. Entre eles, pode-se encontrar um conector micro-USB com função de alimentação e conexão ao computador. Já na parte superior está o chip ESP-12E e sua antena (THOMSEN, 2016).

Figura 13 - Pinos do ESP8266 Modelo NodeMCU ESP-12.



Fonte: Web Server... (2016).

Os pinos contidos nas laterais e suas finalidades são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Pinos Importantes do ESP8266 NodeMCU ESP-12E.

Sigla	Nome	Função
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>	Entrada e Saída de Dados
EN	<i>Enable</i>	Ativação do Chip
RST	<i>Reset</i>	Reseta o Chip Quando Houver Nível Lógico Baixo
G0	-----	Desperta o Chip
A0	-----	Entrada de Tensões Analógicas
GND	<i>Ground</i>	Sinal de Terra
RX	-----	Sinal RX do Módulo
TX	-----	Sinal TX do Módulo
3v3	-----	Alimentação 3,3 V

Fonte: Conhecendo o... [201-?]; Curvello (2015).

Quanto às características técnicas, o módulo ESP8266 NodeMCU 12E contém um processador Tensilica LX106 (que atinge até 160 MHz), memória RAM de 20 KB, *flash* de 4 MB e mede cerca de 2,5 cm por 5,1 cm. O módulo foi criado baseado em linguagem eLua, porém pode ser programado em C ou até mesmo C++ (LIMA, 2016).

Este modelo foi escolhido por conter a possibilidade de processamento e transmissão de dados em um único elemento. Sendo assim, resolveria a necessidade das tecnologias explicadas nas seções 2.3 e 2.4 utilizando apenas um componente.

2.5.2 Arduino IDE

Criado em 2005, o Arduino é um dispositivo semelhante ao módulo utilizado neste trabalho, o NodeMCU ESP8266. Apesar da similitude entre eles, o módulo escolhido possui maior velocidade, capacidade de armazenamento e menores preços e tamanho físico (LIMA, 2016).

Para programação do Arduino, foi criado o IDE (*Integrated Development Environment* ou, em português, Ambiente de Desenvolvimento Integrado). Este ambiente faz uso de uma linguagem baseada em C/C++, é gratuito, possui uma *interface* simples e com inúmeros exemplos para facilitar a programação (SOTWARE, 201-?).

Possui duas funções primárias, apresentadas na Figura 14: *setup* e *loop*. Sendo a primeira inserida no início do código para configurações iniciais e, a segunda, consiste em um bloco de repetição de comandos até que seja desligado (SOUZA, 2015).

Figura 14- Arduino IDE.

```
sketch_sep19a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:

}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:

}
```

Fonte: SOUZA (2015).

Apesar deste ambiente de desenvolvimento ter sido criado para o Arduino existe a compatibilidade da grande maioria das bibliotecas com o ESP8266 graças a um projeto Arduino/ESP8266 (TUTORIAL..., 2015). Sendo assim, para desenvolver este projeto foi utilizado este ambiente para a programação do *software* inserido no módulo.

2.6 Banco de Dados

Um banco de dados pode ser definido como um sistema de armazenamento de informações computadorizado (DATE, 2000). Permite uma coleção de dados relacionados, possibilitando agrupamento de informações que se relacionam. Além do agrupamento é possível executar diferentes operações como: inserir novos dados, alterá-los, buscá-los e eliminá-los (SILBERSCHATZ, 2006).

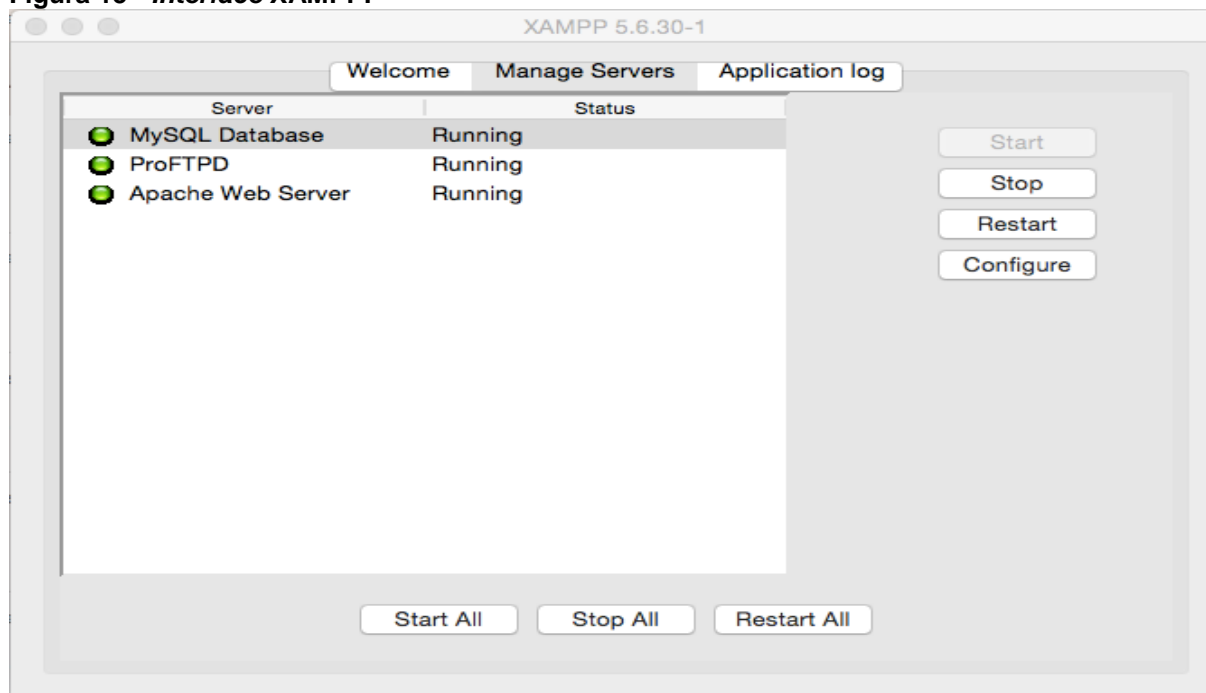
Para efetuar o gerenciamento de um banco de dados existem diversos sistemas com recursos que facilitam a interação com o usuário como, por exemplo, os *softwares*: Oracle, SQL Server, MySQL, entre outros. Este projeto utiliza o *software* XAMPP, que será descrito com maior detalhes na próxima seção (REZENDE, 2006).

2.6.1 XAMPP

O XAMPP consiste em um combo de instalação com vários pacotes, incluindo: Apache (servidor HTTP), MySQL (servidor de banco de dados) e PHP (linguagem dinâmica que roda junto ao HTTP). Possui fácil configuração, disponibilidade em todas as plataformas de sistema operacional e é gratuito. Suas funcionalidades incluem: iniciar, pausar e parar os pacotes (SOBRE, 20--?).

A *interface do software* é apresentada na Figura 15. Possui duas colunas, uma chamada *Server* (servidor) e outra denominada *Status* (estado). Na primeira coluna temos listados os pacotes e na segunda o termo *Running*, que identifica que o pacote está acionado.

Figura 15 - Interface XAMPP.



Fonte: Aatoria Própria.

Nas próximas seções serão explanadas as funções de dois importantes pacotes contidos no XAMPP: MySQL e Apache.

2.6.1.1 MySQL

O MySQL consiste no código de banco de dados mais conhecido no mundo por possuir desempenho comprovado, confiabilidade e facilidade de uso

(ORACLE, 201-?). Utiliza linguagem SQL (*Structure Query Language*) desenvolvida no início da década de 1970, conhecida como padrão para manipular o conteúdo de um banco de dados. Dentro do banco de dados, são criadas tabelas onde os dados são armazenados (DATE, 2000; PISA, 2012).

Existem aplicativos que através de uma *interface* gráfica facilitam o uso do MySQL, fazendo com que não seja necessário o uso da linguagem SQL pois possibilitam a manipulação de dados de forma dinâmica. Entre esses aplicativos podemos citar o phpMyAdmin, PostgreSQL, entre outros. Pela gratuidade, facilidade de uso e disponibilidade no XAMPP, para desenvolvimento do banco de dados deste projeto foi escolhido o aplicativo phpMyAdmin (BRINGING..., 201-?).

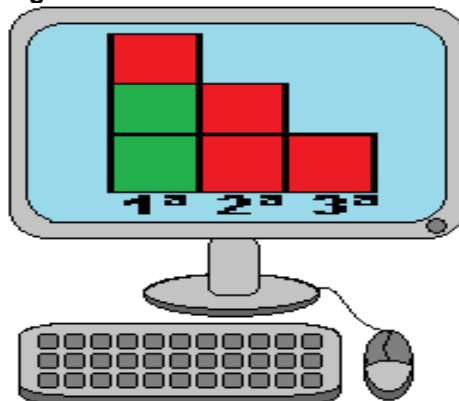
2.6.2.2 Apache

O Apache foi criado em 1995 e, atualmente, é conhecido como o servidor web mais utilizado no mundo devido a sua excelente performance, compatibilidade e segurança. Ele é capaz de processar as solicitações HTTP (*Hyper-Text Transfer Protocol*, protocolo padrão web) e de executar um código PHP em combinação com o banco de dados MySQL (ALECRIM, 2006).

2.7 Interface Gráfica

O presente trabalho simulou o monitoramento de um atleta durante uma prova. A Figura 16 mostra um protótipo da proposta inicial da *interface* gráfica desenvolvida.

Figura 16 – *Interface Gráfica.*



Fonte: Autoria Própria.

Dentro das colunas estão delimitadas as repetições, sendo a primeira rodada com três quadrados, indicando três repetições e assim por diante. Os quadrados podem assumir as cores verde e vermelha. Sendo o vermelho a identificação para repetições não realizadas e verde para concluídas. Na medida em que o atleta efetuar uma repetição válida o quadrado passa da cor vermelha para verde.

No caso apresentado na Figura 16, o atleta está com duas repetições concluídas da primeira rodada e encontra-se na terceira repetição.

Para o desenvolvimento da *interface* gráfica utilizou-se a linguagem HTML (*Hiper Text Mark-up Language*) que será comentada na próxima seção.

2.7.1 Linguagem HTML

HTML é uma linguagem de formatação, onde o autor constrói o documento especificando posição, tipo, estilo, tamanho de figuras, etc. Ao abri-lo em um navegador web, ele é lido e reproduz exatamente suas condições permitindo assim a criação de documentos que podem ser lidos e transmitidos por qualquer computador (EIS, 2011).

O HTML possui uma estrutura básica que está demonstrada na Figura 17.

Figura 17 – Estrutura Básica do HTML.

```
<!DOCTYPE html>

<html lang="pt-br">
<head>
  <meta charset="utf-8">
  <title>Título da página</title>
</head>
<body>
  ... aqui vai todo o código HTML que faz seu site...
</body>
</html>
```

Fonte: Eis (2011).

2.7.2 Linguagem PHP

O PHP (*Hyper Preprocessor*) consiste em uma linguagem adequada ao desenvolvimento web pois pode ser embutido em *script* dentro do código HTML. Isso

faz com que o navegador receba somente o resultado da execução deste *script* (O QUE E..., 201-?).

Com o PHP é possível enviar ou alterar dados do código HTML através de linhas de comando, criando assim conteúdos dinâmicos. Outra aplicação deste recurso está na sua comunicação com o banco de dados, possibilitando inserir, alterar e consultar informações do mesmo (O QUE O PHP..., 201-?).

3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

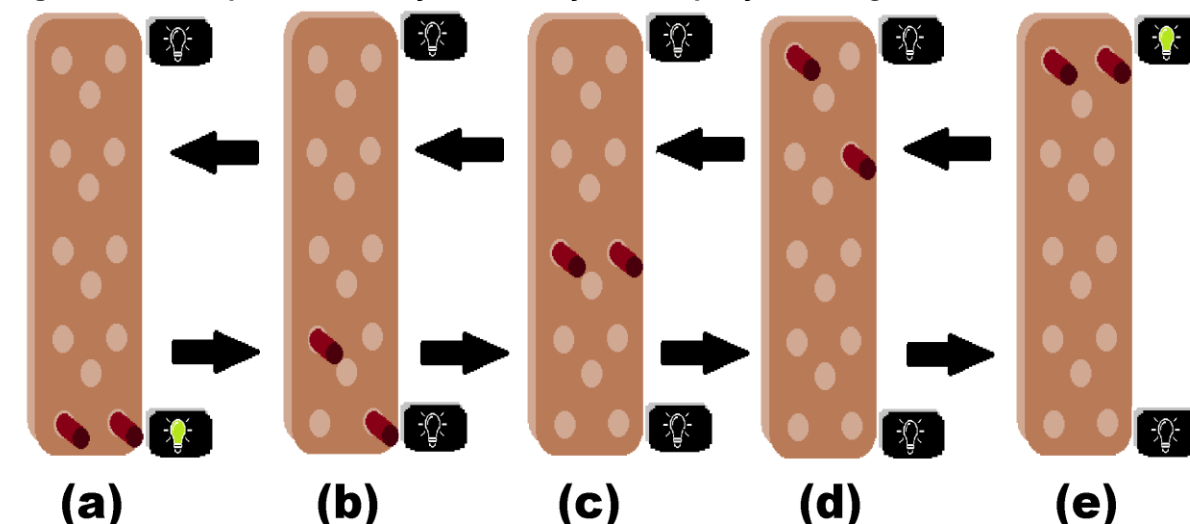
As seções a seguir descrevem os procedimentos, etapas e como as ferramentas foram utilizadas no desenvolvimento do projeto.

3.1 Indicação Luminosa

O projeto permite monitorar os orifícios da linha inicial e final do painel com a utilização de sensores. Incluiu-se uma indicação luminosa quando estes sensores estiverem ativados pela presença do bastão, indicando se o movimento foi executado de forma adequada. O sensor é ativado quando o bastão toca o fundo do orifício.

Na Figura 18 é apresentada uma demonstração da lógica referente à sinalização. Esta possui caráter informativo, com a função de avisar ao atleta se os bastões foram devidamente encaixados e que este pode partir para o próximo marco do movimento. Na parte (a) tem-se a posição de ambos os bastões na linha inicial do equipamento, o que é identificado pelos sensores que ativam a sinalização verde. Conforme a retirada do bastão, indicado na parte (b), o sinal luminoso apaga. O atleta deve escalar até o topo e inserir os dois bastões nos orifícios superiores, o que ocasiona a ativação de uma luz verde, indicando ao atleta que ele pode iniciar a descida - vide parte (e). Ao chegar com os bastões na linha inicial do equipamento – parte (a) – a luz verde acende novamente indicando ao atleta a completude do ciclo.

Figura 18 – Exemplo de Sinalização e Validação de Repetição no Peg Board.



Fonte: Autoria Própria.

Para o presente trabalho selecionou-se como modelo uma prova do CrossFit Games, cujo nome é *Redemption*. Foram monitoradas as rodadas e repetições feitas no equipamento *Peg Board*. A sequência corresponde ao apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Quantidade de Repetições Referente a Cada Rodada

Rodada	Nº de Repetições
1	3
2	2
3	1

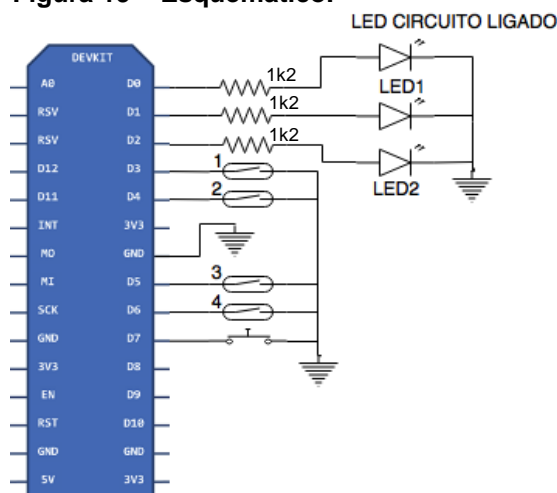
Fonte: 2016 Games... [2016].

O circuito microcontrolado é responsável pela contagem destes movimentos, efetuando o processamento referente à confirmação do movimento, contagem do tempo, de rodadas e repetições realizadas pelo atleta. Uma *interface* gráfica no computador apresenta os resultados processados: a rodada e repetição, bem como os tempos do atleta.

3.2 Esquemático

O esquema eletrônico para o sistema de sensoriamento é apresentado na Figura 19.

Figura 19 – Esquemático.



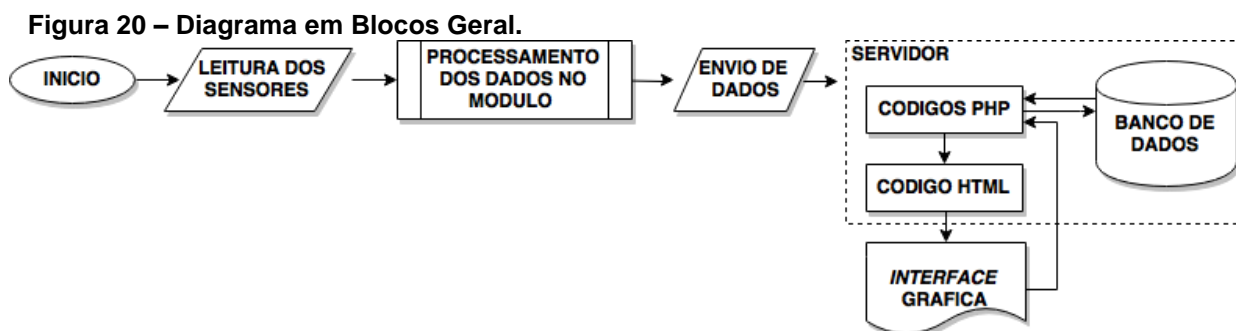
Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 19, estão presentes os LED 1 e 2 que são referentes à sinalização luminosa proposta na Figura 18. O LED CIRCUITO LIGADO (LCL) tem caráter informativo, servindo apenas para avisar que o circuito está ligado e quando ele está

conectado à rede. Os resistores foram selecionados utilizando a lei de ohm e possuem valor de 1,2 k. Temos dispostos quatro sensores *reed-switch*. Os sensores 1 e 2 representam os sensores posicionados na primeira linha da prancha e os sensores 3 e 4 os da última linha da prancha.

3.3 Processamento dos Dados

O processamento, envio, armazenamento e apresentação dos dados seguem a lógica apresentada no diagrama em blocos da Figura 20. Inicialmente, há a leitura dos sensores, o processamento dos dados e seu envio ao servidor. No servidor estão contidos o banco de dados e os códigos PHP e HTML.



Fonte: Autoria Própria.

Os códigos PHP são responsáveis pelo acesso, inserção, leitura e armazenamento no banco de dados. Quando o *script* PHP é executado, ele altera o conteúdo presente no código HTML, que por sua parte, é responsável por construir o documento web da *interface*.

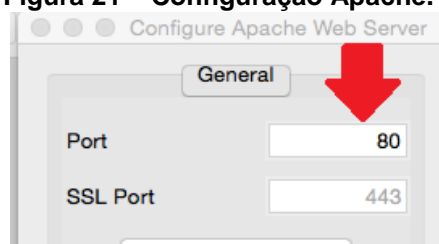
A lógica utilizada faz o uso das tecnologias mencionadas nas seções anteriores. Cada parte será explanada individualmente em seções futuras.

3.4 Envio dos Dados

Utilizando a biblioteca ESP8266WiFi, presente no IDE, é possível conectar o módulo ESP8266 NodeMCU 12E a uma rede já existente utilizando a função 'WiFi.begin(rede, senha)'. Onde os parâmetros 'rede' e 'senha' serão o nome da rede desejada e sua respectiva senha de acesso.

Para acesso ao servidor, utilizou-se a função 'client.connect(IP, porta)'. O parâmetro 'IP' consiste no número de endereço de IP onde está localizado o servidor, e o parâmetro 'porta' é a porta onde está localizado o Apache identificada na Figura 21.

Figura 21 – Configuração Apache.



Fonte: Autoria Própria.

3.5 Armazenamento dos Dados

Para o armazenamento dos dados, criou-se o banco chamado 'monitoramento' e, dentro dele, a tabela 'tabelamonitoramento'. A visualização desta tabela é apresentada na Figura 22.

Figura 22 – Banco de Dados.

Monitoramento tabelamonitoramento	
id	int(200)
data	timestamp
nome	varchar(30)
tempo_subida	time
tempo_descida	time
tempo_rep	time
rep	int(1)
rodada	int(1)
cor	char(8)
tempo_rodada	time
tempo_prova	time

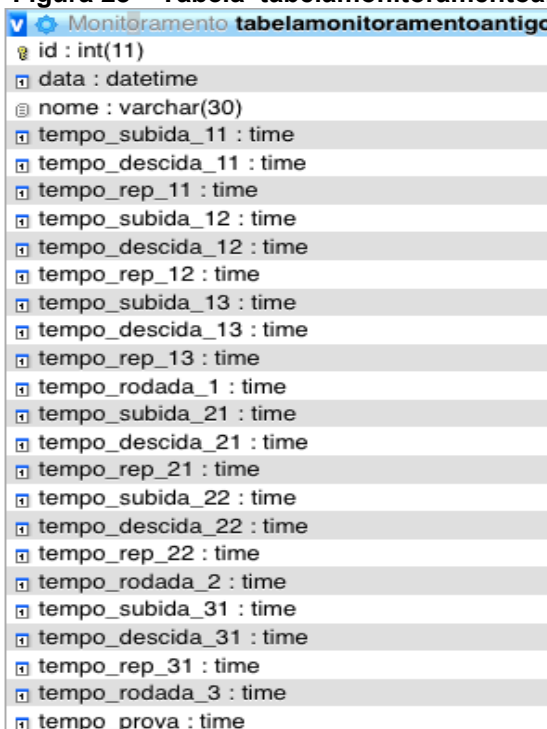
Fonte: Autoria Própria.

Conforme apresenta a Figura 22, nesta tabela estão contidas informações como: id, nome, data, cor, rodada, repetição, tempo de subida, tempo de descida, tempo da repetição, tempo da rodada e tempo da prova.

Na *interface* gráfica foi criada uma opção para salvar os resultados da prova monitorada. Esta opção faz com que todas as informações salvas na 'tabelamonitoramento' sejam apagadas e salvas na 'tabelamonitoramentoantigo'. Os

dados presentes na ‘tabelamonitoramentoantigo’ podem ser observados na Figura 23.

Figura 23 – Tabela ‘tabelamonitoramentoantigo’.



The image shows a screenshot of a database table structure for 'tabelamonitoramentoantigo'. The table has the following columns:

id	data	nome	tempo_subida_11	tempo_descida_11	tempo_rep_11	tempo_subida_12	tempo_descida_12	tempo_rep_12	tempo_subida_13	tempo_descida_13	tempo_rep_13	tempo_rodada_1	tempo_subida_21	tempo_descida_21	tempo_rep_21	tempo_subida_22	tempo_descida_22	tempo_rep_22	tempo_rodada_2	tempo_subida_31	tempo_descida_31	tempo_rep_31	tempo_rodada_3	tempo_prova
int(11)	datetime	varchar(30)	time	time	time	time	time	time	time	time	time	time	time	time	time	time	time	time	time	time	time	time	time	time

Fonte: Autoria Própria.

3.6 Manufatura do Protótipo

Para execução do projeto em questão foi criado um protótipo físico do equipamento *Peg Board*. Elaborou-se um modelo reduzido, porém, com os orifícios e bastões em tamanho real para manter a veracidade dos resultados. Este equipamento pode ser visualizado na Figura 24.

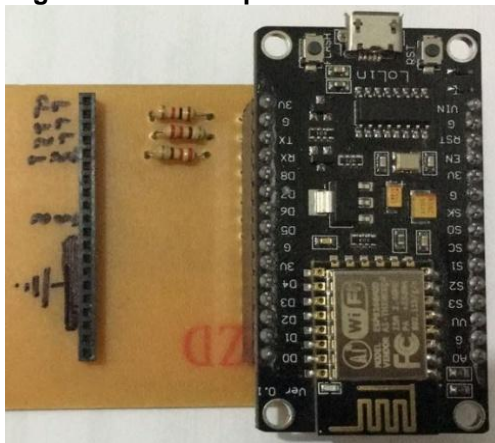
Figura 24 – Protótipo *Peg Board*.



Fonte: Autoria Própria.

A partir do esquemático exposto Figura 19, confeccionou-se um circuito que pode ser observado na Figura 25. Nele estão contidos o módulo, os resistores e uma barra de pinos para encaixe dos LEDs, botão *reset* e sensores.

Figura 25 – Protótipo Circuito.



Fonte: Autoria Própria.

Como o sensor *reed-switch* é feito sob uma cápsula de vidro, houve a necessidade de inseri-lo em um material de madeira, de modo a prevenir o contato direto com o ímã, protegendo-o do impacto. Este material é acoplado ao fundo do orifício do painel no qual o bastão será introduzido a fim de detectar a inserção correta para contagem do movimento. Foi escolhida uma madeira fina para que não alterasse a detecção, conforme testes que serão descritos com maiores detalhes na seção 3.8.1. A proteção do sensor pode ser vista na Figura 26.

Figura 26 – Proteção do Sensor.



Fonte: Autoria Própria.

O ímã inserido no bastão, para geração do campo magnético necessário ao acionamento do sensor, está apresentado na Figura 27.

Figura 27 – Instalação do Ímã.



Fonte: Autoria Própria.

3.6.1 Cálculo Para Estabelecimento de Tempo de Troca do Sensor

No campeonato mundial mais importante de CrossFit® participam 440 atletas no total (ABOUT..., 201-?). Durante o evento, normalmente eles são divididos em baterias de dez atletas, sendo 44 baterias no total. Imagina-se que cada atleta em sua bateria irá utilizar um equipamento só para si. Logo, cada equipamento seria utilizado pelo menos 44 vezes sendo que cada prova utilizaria seis vezes cada sensor. Isto totaliza cerca de 264 ciclos.

Usualmente, os atletas utilizam no aquecimento os mesmos equipamentos que serão utilizados na prova. Supondo que a média de repetições no aquecimento seja três (metade do valor que fariam na prova), tem-se um novo montante de 132 ciclos. Assim, temos aproximadamente 400 ciclos por sensor neste campeonato.

O *reed-switch* possui uma vida útil média de 10^5 ciclos (SERIE GL, 201-?), sendo assim, suportaria 250 campeonatos iguais ao descrito anteriormente.

Visto que este projeto tem como intuito treinamentos e não somente campeonatos, não há como prever a média de treino em cada *box*. Pensando nisto,

é sugerida uma manutenção anual dos sensores deste equipamento para manter sua funcionalidade plena.

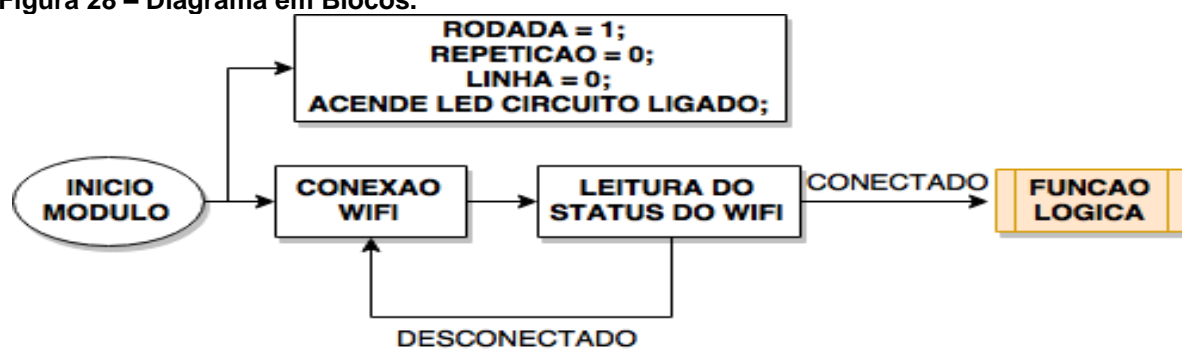
3.7 Detalhamento da Lógica Utilizada

Nesta seção será exposto o raciocínio utilizado para criação dos *softwares* necessários para o funcionamento adequado do protótipo. A seção será dividida em duas partes: a primeira apresentará a programação inserida no módulo e, a segunda, a programação inserida no servidor.

3.7.1 Lógica Presente no Módulo

Ao ser conectado à alimentação, inicialmente o módulo define o valor das variáveis, aciona um LED identificando que está ligado e realiza uma tentativa de conexão *Wi-Fi*. Se a conexão for bem sucedida, o programa entra na função lógica. O diagrama em blocos é apresentado na Figura 28.

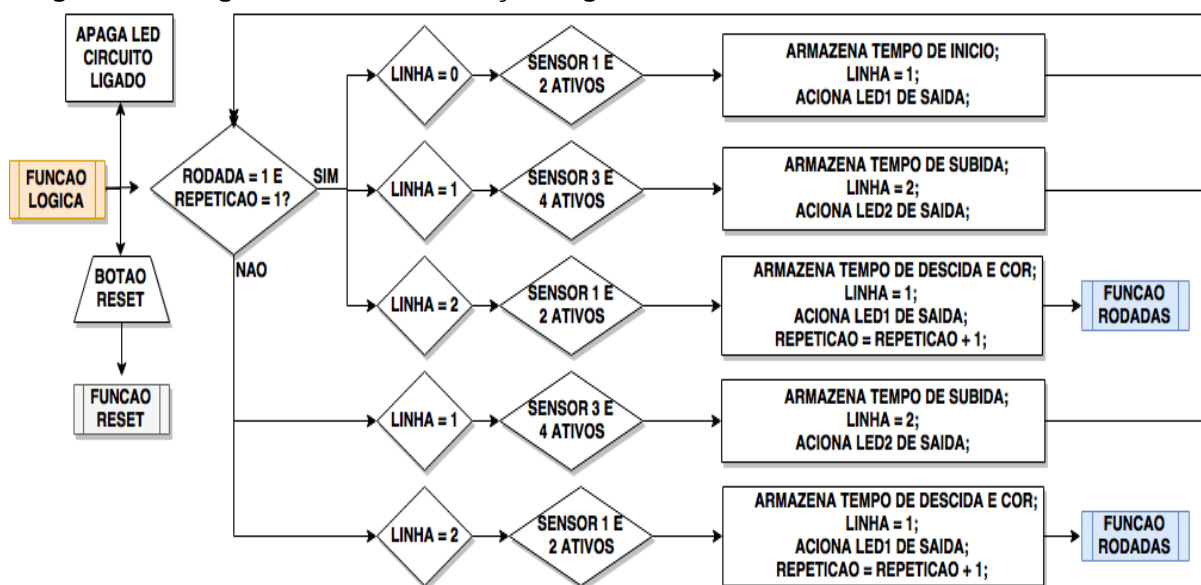
Figura 28 – Diagrama em Blocos.



Fonte: Autoria Própria.

Na função lógica, cujo diagrama em blocos é apresentado na Figura 29, ocorre o desligamento do LCL, indicando que o monitoramento iniciou. Nesta função ocorre também o processamento das repetições, que consiste no movimento completo de subida e descida no equipamento. Considerada a variável linha, é realizada a leitura dos bastões de cada etapa no movimento, sendo cada estágio validado por um sinal luminoso. Caso ocorra algum erro e seja necessário reiniciar o circuito, basta pressionar o botão 'reset'.

Figura 29 – Diagrama em Blocos Função Lógica.



Fonte: Autoria Própria.

Na primeira repetição da rodada inicial, à variável linha é atribuída ao valor 0, identificando assim que somente será lido o par de sensores presentes na primeira linha do painel. Quando este par de sensores é ativado, inicia-se a contagem do tempo de subida e é atribuído a variável linha o valor 1.

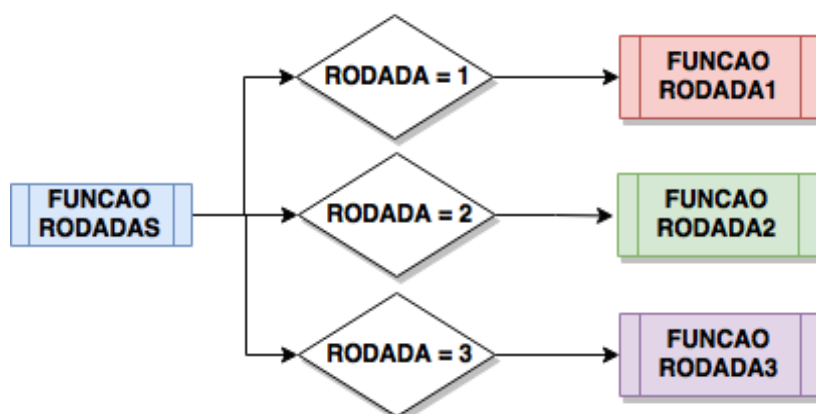
Quando o valor da variável linha for igual a 1 o programa identificará somente a leitura no par de sensores instalados na última linha do painel. Quando este par de sensores identificarem a inserção correta dos bastões será armazenado o tempo de subida, iniciará o tempo de descida e mudará o valor da variável linha para 2.

Enquanto a variável linha portar o valor 2, o programa volta a identificar somente o par de sensores presentes na parte inferior do painel. Ao identificar a presença dos bastões ocorre a mudança da variável linha para 1, o armazenamento do tempo de descida e do tempo de repetição.

Nas repetições subseqüentes os bastões iniciam inseridos a partir da marcação de descida da repetição anterior. Esta função também possui o objetivo de identificar os tempos de subida, descida e, também, acender o LED referente ao par de sensores lidos. Ao fim de cada repetição, o programa entra na função rodadas antes de retornar a função lógica.

A função rodadas, exposta na Figura 30, tem como objetivo identificar a rodada que o atleta está. A partir dela o programa é direcionado à função respectiva a esta rodada.

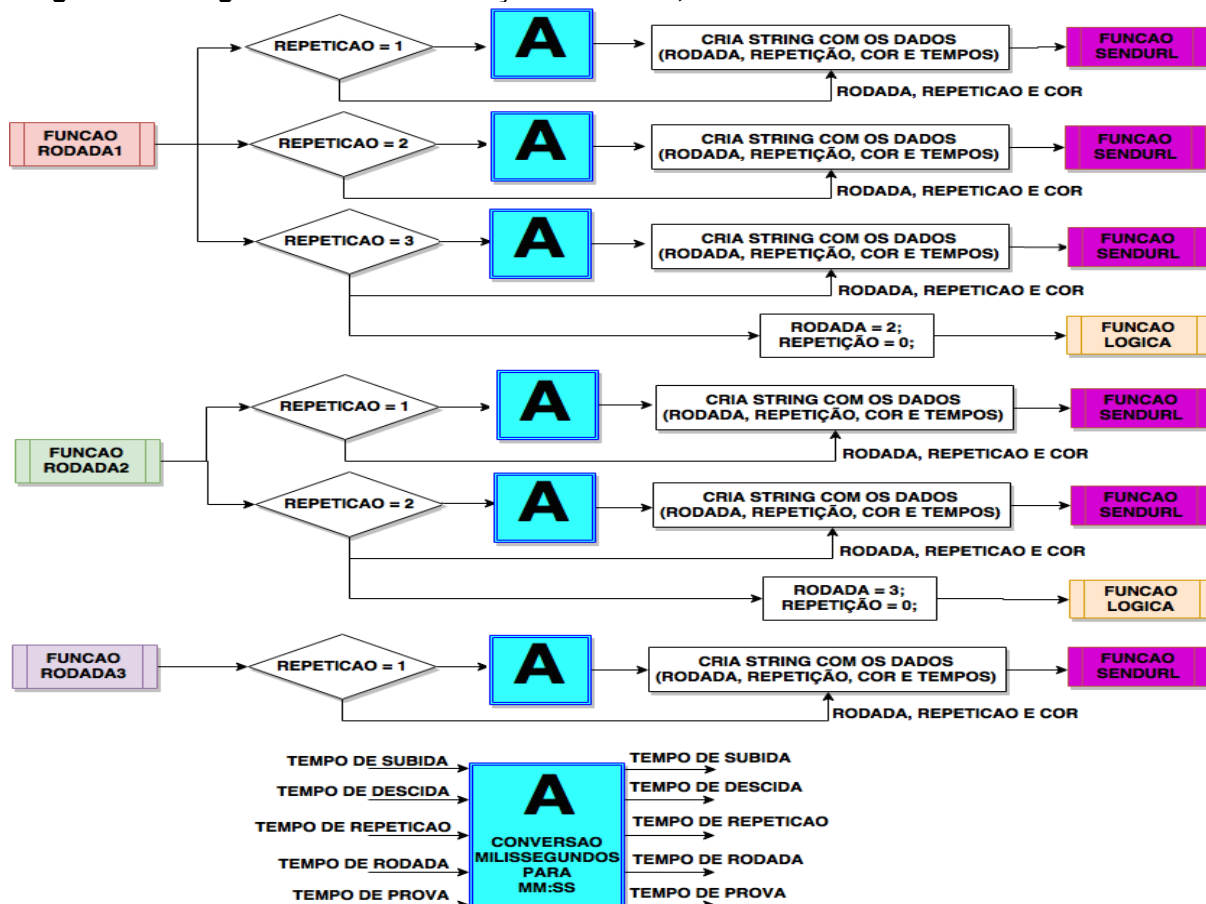
Figura 30 – Diagrama em Blocos Função Rodadas.



Fonte: Autoria Própria.

As funções rodada1, rodada2 e rodada3 têm como objetivo identificar as repetições, converter os tempos de milissegundos para minutos e segundos, criar uma *string* com os dados e enviá-la a função sendurl. Ao atingir a última repetição da rodada, muda de rodada e zera a variável repetição. Essas funções podem ser observadas, respectivamente, na Figura 31.

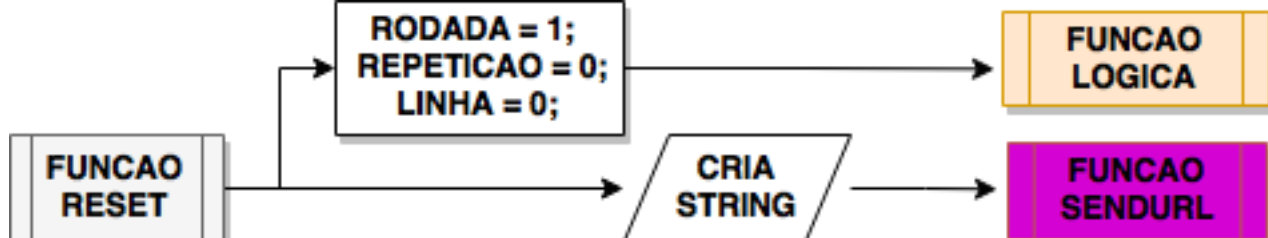
Figura 31 – Diagrama em Blocos Funções Rodada1, Rodada2 e Rodada3.



Fonte: Autoria Própria.

Como dito anteriormente, o botão 'reset' pode ser pressionado a qualquer momento do monitoramento. Caso este seja acionado, o programa é direcionado a função *reset*, cujo diagrama em blocos é apresentado na Figura 32.

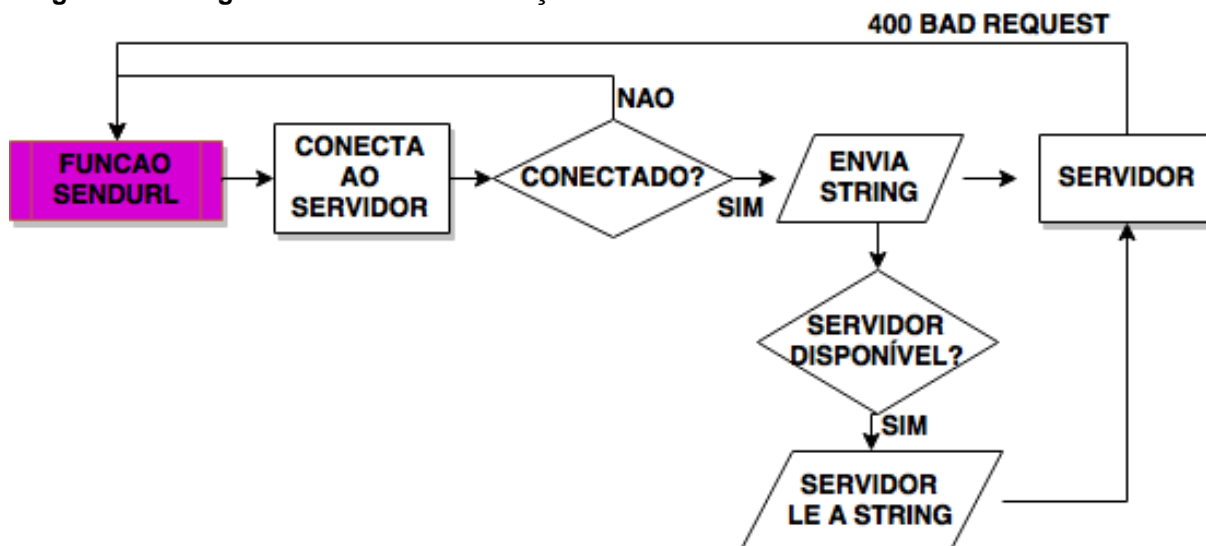
Figura 32 – Diagrama em Blocos Função *Reset*.



Fonte: Autoria Própria.

A função *sendurl*, apresentada na Figura 33, tem como objetivo realizar o envio das informações ao servidor. Inicialmente ocorre uma tentativa de conexão ao servidor e, caso seja bem sucedida ocorre o envio da *string* criada nas funções anteriores. Com o envio efetuado, ocorre um chamado pelo cliente para lê-la. Caso ocorra um problema na conexão ou no armazenamento pelo servidor, a função inicia novamente em *looping*, até que seja bem sucedido o envio.

Figura 33 – Diagrama em Blocos da Função *Sendurl*.



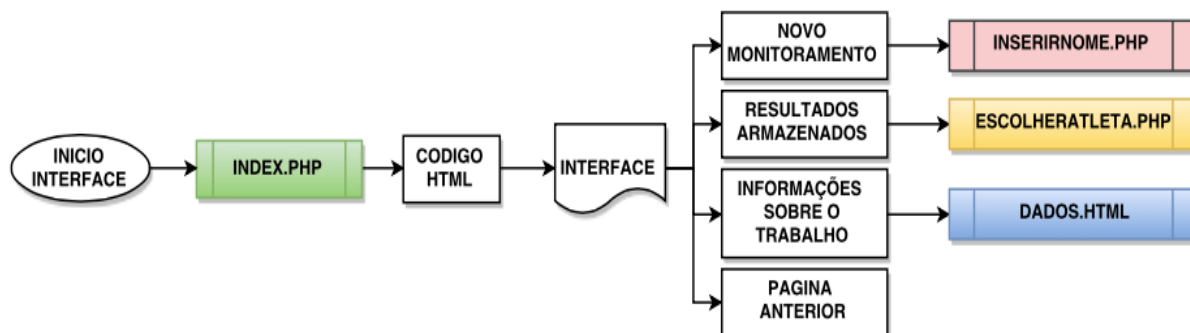
Fonte: Autoria Própria.

3.7.2 Lógica Presente no Servidor

Ao acessar a *interface* pelo IP do servidor, temos uma página inicial apresentada na Figura 34 gerada a partir de um código HTML. Nela estão contidos o

acesso ao novo monitoramento, resultados armazenados, informações sobre o trabalho e retornar à página anterior.

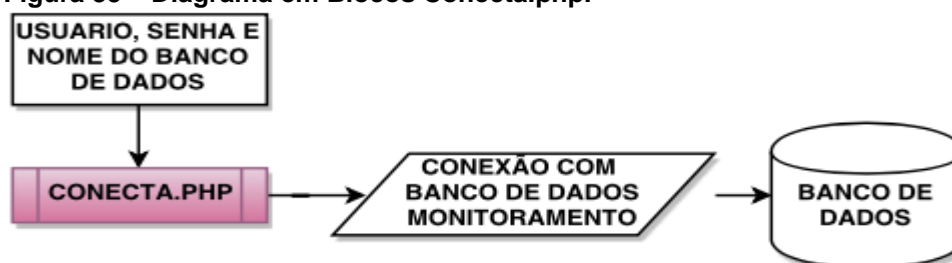
Figura 34 – Diagrama em Blocos Index.php.



Fonte: Autoria Própria.

Para possibilitar a leitura e armazenamento das informações foi criado o arquivo conecta.php. Ele é acionado todas as vezes que houver acesso ao banco de dados, gerando a conexão necessária. O arquivo conecta.php pode ser observado na Figura 35.

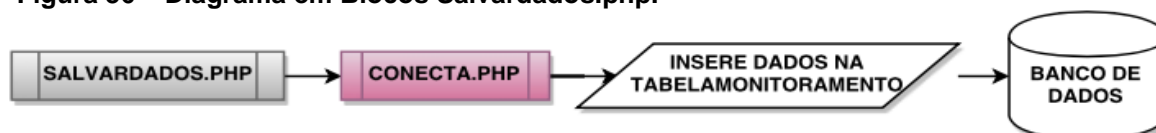
Figura 35 – Diagrama em Blocos Conecta.php.



Fonte: Autoria Própria.

A cada repetição executada, o servidor recebe a requisição GET da *string* enviada pelo módulo, conforme apresentado na Figura 33. O arquivo salvardados.php particiona os dados recebidos (rodada, repetição, tempo de subida, tempo de descida, tempo de repetição, tempo de rodada, tempo final da prova e cor) e os insere na 'tabelamonitoramento', conforme apresentado no diagrama em blocos na Figura 36.

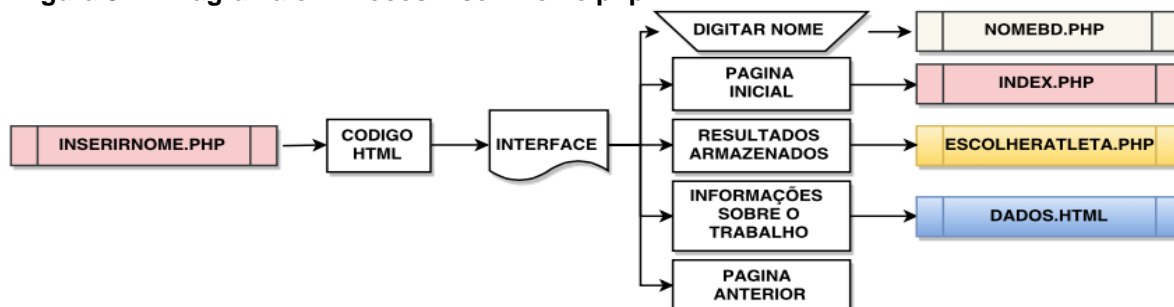
Figura 36 – Diagrama em Blocos Salvardados.php.



Fonte: Autoria Própria.

Ao seleccionar a opção novo monitoramento presente na página inicial, o usuário é direcionado à *interface* para inserção do nome do atleta que será monitorado. Esta etapa está presente no arquivo inserirnome.php, conforme Figura 37.

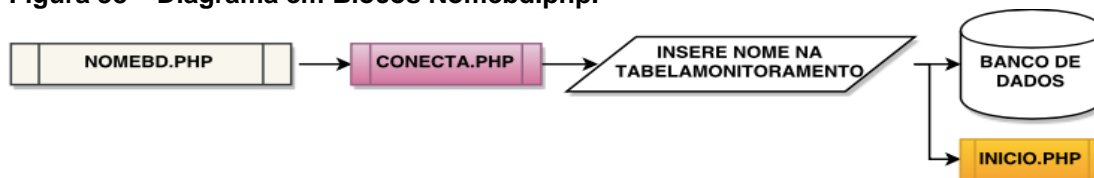
Figura 37 – Diagrama em Blocos Inserirnome.php.



Fonte: Autoria Própria.

Ao clicar em salvar, o nome inserido é armazenado no banco de dados utilizando o arquivo nomebd.php. A lógica de funcionamento deste arquivo pode ser observada na Figura 38.

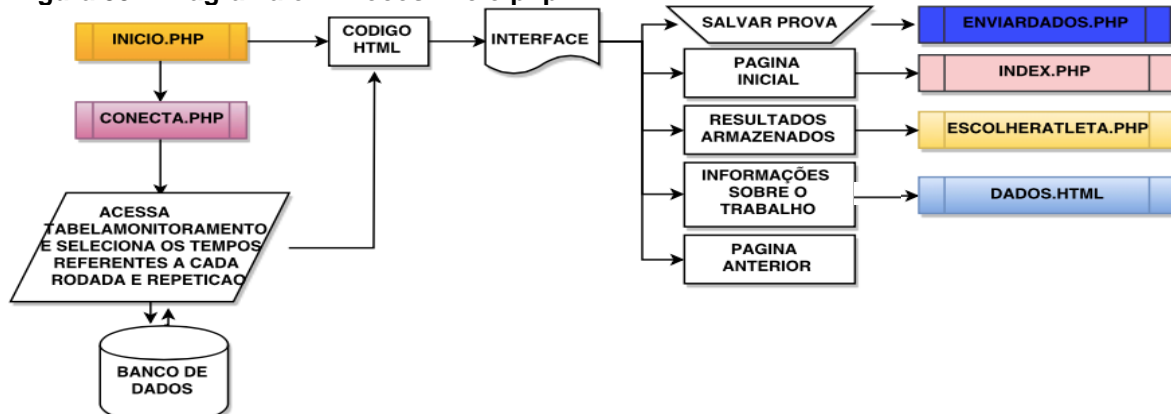
Figura 38 – Diagrama em Blocos Nomebd.php.



Fonte: Autoria Própria.

Então, o usuário é direcionado à *interface* que dispõe os dados referentes à prova em andamento, conforme apresenta o diagrama em blocos na Figura 39.

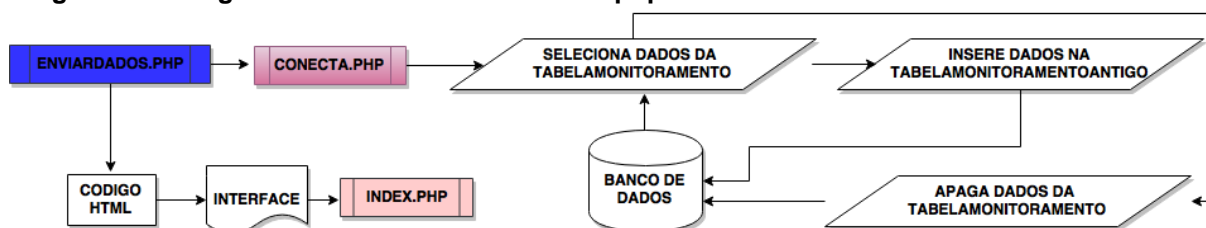
Figura 39 – Diagrama em Blocos Inicio.php.



Fonte: Autoria Própria.

Ao armazenar a prova, o usuário é direcionado ao diagrama em blocos apresentado na Figura 40. Em enviardados.php, os dados da 'tabelamonitoramento' são agrupados e salvos em uma única linha da 'tabelamonitoramentoantigo'. Também ocorre a limpeza dos dados da 'tabelamonitoramento'.

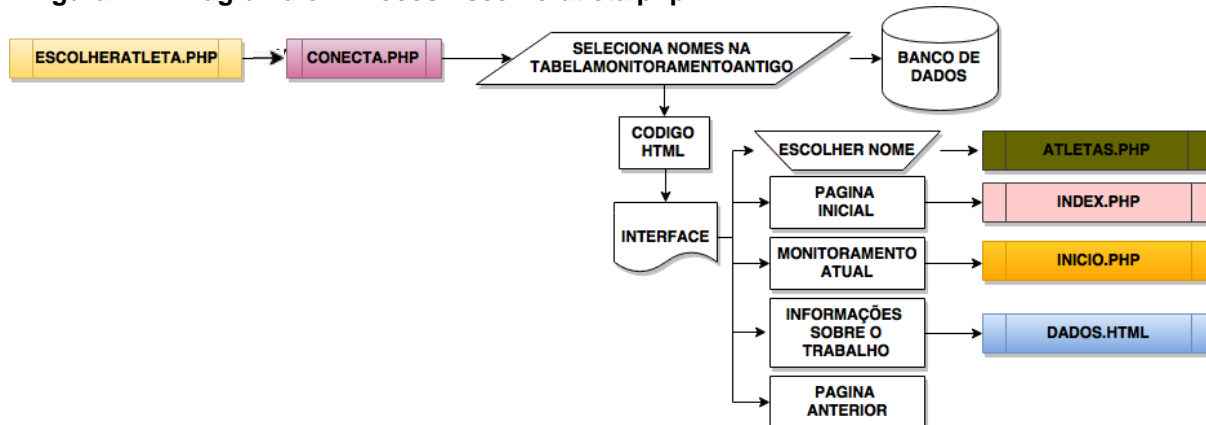
Figura 40 – Diagrama em Blocos Enviardados.php.



Fonte: Autoria Própria.

Para acessar os resultados armazenados, o usuário é direcionado a uma página onde é possível escolher o nome do atleta desejado. O diagrama em blocos desta operação pode ser visualizado na Figura 41.

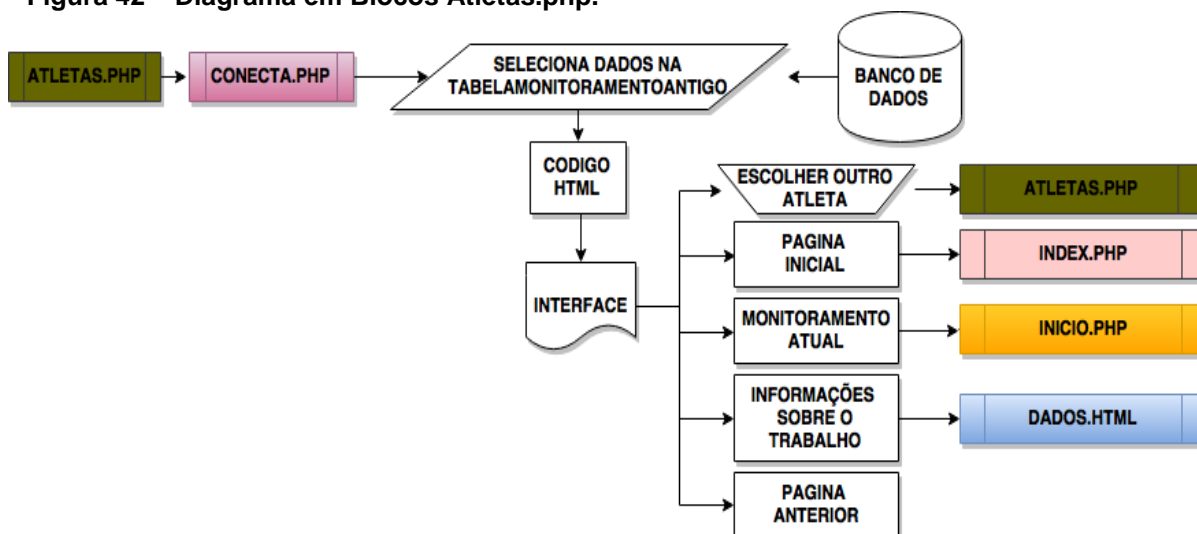
Figura 41 – Diagrama em Blocos Escolheratleta.php.



Fonte: Autoria Própria.

Ao escolher o atleta, o usuário é redirecionado ao arquivo atletas.php, conforme Figura 42. Neste são expostos os dados armazenados do atleta escolhido.

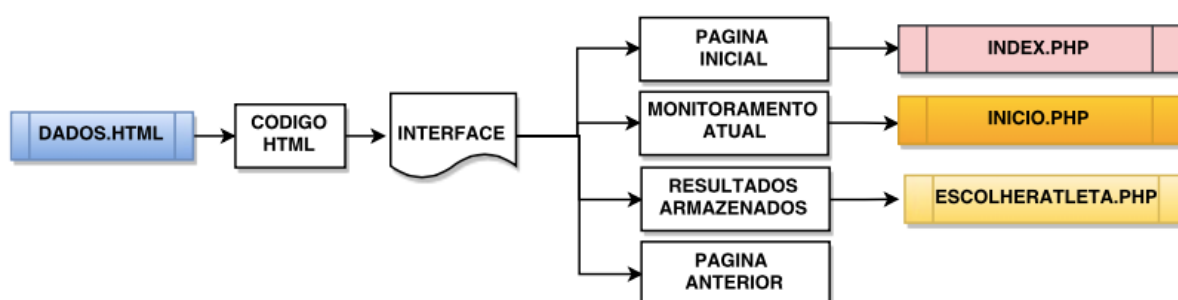
Figura 42 – Diagrama em Blocos Atletas.php.



Fonte: Autoria Própria.

Na página dados.html, são expostos os dados básicos do trabalho como autor, título, etc. A lógica utilizada pode ser vista na Figura 43.

Figura 43 – Diagrama em Blocos Dados.html.



Fonte: Autoria Própria.

3.8 Metodologia de Testes

Para verificar a funcionalidade do projeto foram realizados testes cujos métodos são descritos nas seções a seguir.

3.8.1 Teste de Sensibilidade Sensor-Imã

Como o sensor *reed-switch* consiste em uma chave eletrônica, será utilizado para identificar seu estado um multímetro. O aparelho quando ligado na função condutividade apresenta dois resultados: conduz (valor zero no visor) ou não conduz (valor um no visor).

A execução deste teste tem como objetivo estudar a distância mínima necessária para o acionamento do sensor utilizado. A partir do resultado deste teste será escolhida a espessura da madeira utilizada na proteção do sensor.

3.8.2 Teste de Conexão do Módulo à Rede

Quando conectado a alimentação, o módulo deve acender o LED CIRCUITO LIGADO (LCL) e iniciar a tentativa de conexão à rede para qual está programado. O sucesso da conexão será testado de duas formas: pelo monitor serial ou pelo LED mencionado acima.

3.8.3 Teste de Leitura do Sensor Pelo Módulo

Para identificação da leitura dos sensores localizados no par de orifícios inicial e final do painel foi criado uma lógica semelhante a apresentada na seção 3.8.2. Serão utilizados dois métodos para validar a leitura de ambos os sensores pelo módulo: monitor serial e sinal luminoso.

Primeiramente, a leitura dos pares de sensores será monitorada pelo monitor serial. O monitoramento segue a função lógica apresentada na Figura 29, onde o par de sensores lido era identificado pela variável linha.

Para um teste mais visual, foi utilizada a seqüência de acionamento dos LEDs, apresentada na Figura 18.

3.8.4 Teste da Lógica

Para o teste da lógica presente no protótipo, serão utilizadas as mesmas metodologias expressas na seção anterior com acréscimo da análise da implementação das rodadas e repetições referentes.

3.8.5 Teste da Conversão dos Tempos

Para realizar o teste da conversão dos tempos de milissegundos para minutos e segundos será utilizado o monitor serial, apresentando os tempos não convertidos e já convertidos para comparação.

3.8.6 Teste do Envio de Dados Pelo Módulo

São enviados ao módulo os dados no final de cada repetição utilizando função `sendurl`. Caso os dados sejam enviados com sucesso o monitor serial apresenta a mensagem “HTTP/1.1 200 OK”, que consiste em uma mensagem enviada pelo servidor Apache confirmando o armazenamento. Caso ocorra um erro, a mensagem recebida será: HTTP/1.1 400 *Bad Request*.

3.8.7 Teste da Recepção e do Armazenamento dos Dados no Servidor

Neste caso serão realizados testes analisando o banco de dados para verificar a recepção e armazenamento dos dados enviados pelo módulo.

3.8.8 Teste do Banco de Dados

Neste teste, inicialmente a ‘tabelamonitoramento’ está vazia. Deve ser observada sua completude ao final de uma prova ou treinamento. O campo nome presente nela deve ser preenchido a partir da *interface* e, caso não haja preenchimento pelo usuário, permanecerá vazio.

Ao acionar o botão ‘reset’ do protótipo, esta tabela deve retornar a configuração inicial.

Selecionando a opção ‘salvar prova’ presente na *interface* do monitoramento a ‘tabelamonitoramento’ deve ser truncada voltando ao formato inicial e, seus dados, realocados para ‘tabelamonitoramentoantigo’.

3.8.9 Teste da Apresentação dos Dados em *Interface* Gráfica

Para testar a funcionalidade da *Interface* Gráfica serão testadas as páginas cujos diagramas foram apresentados na seção 3.7.2 em diferentes navegadores web. Também será monitorada a funcionalidade com acesso em vários dispositivos simultaneamente.

4 RESULTADOS OBTIDOS

As seções a seguir descrevem os resultados dos testes aplicados e o projeto final.

4.1 Resultados dos Testes

Ao realizar o teste descrito na seção 3.8.1 é possível observar o comportamento do sensor ao não receber o campo magnético necessário, se mantendo inoperante como uma chave aberta, apresentado na Figura 44.

Figura 44 – Sensor Sem Campo Magnético Suficiente.



Fonte: Autoria Própria.

Observa-se na Figura 45 o momento exato em que o sensor recebe o campo magnético apropriado, que no caso do imã utilizado acontece com aproximadamente 0,9 cm.

Figura 45 – Sensor Operando.



Fonte: Autoria Própria.

A partir do resultado do teste presente na seção 3.8.1, foi escolhida uma madeira fina de aproximadamente 0,25 cm de forma que o sensor ainda fosse detectado em uma distância de no máximo 0,65 cm.

Na Figura 46 parte (a), é observado o resultado da primeira parte do teste presente na seção 3.8.2. Observa-se que ao ser ligado o módulo realiza a tentativa de conexão a rede 'Manu', onde permanece até obter sucesso na conexão, conforme parte (b). O módulo está programado para fornecer seu endereço MAC, caso a conexão ocorra com em uma rede com acesso controlado, e seu endereço de IP.

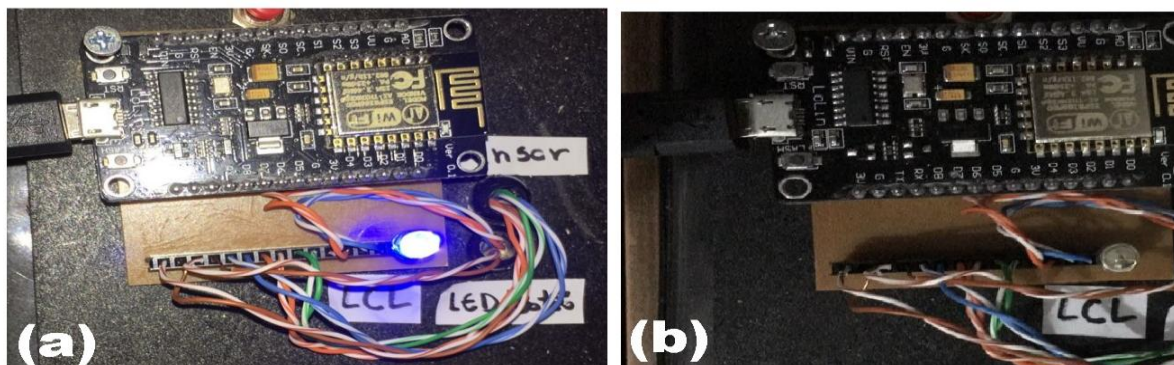
Figura 46 – Monitor Serial - Conexão.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 47 apresenta o resultado da segunda parte do teste 3.8.2. Onde o LCL está inicialmente ligado (parte a), apontando a tentativa de conexão com a rede e desligado quando houve sucesso na conexão (parte b).

Figura 47 – Funcionamento LCL .



Fonte: Autoria Própria.

Para realização do teste apresentado na seção 3.8.3 foi analisado o resultado exposto no monitor serial. Conforme apresentado na Figura 48, foi identificado a subida e descida do atleta através da variável linha, bem como seus respectivos tempos em milissegundos.

Figura 48 – Monitor Serial Linha .

```

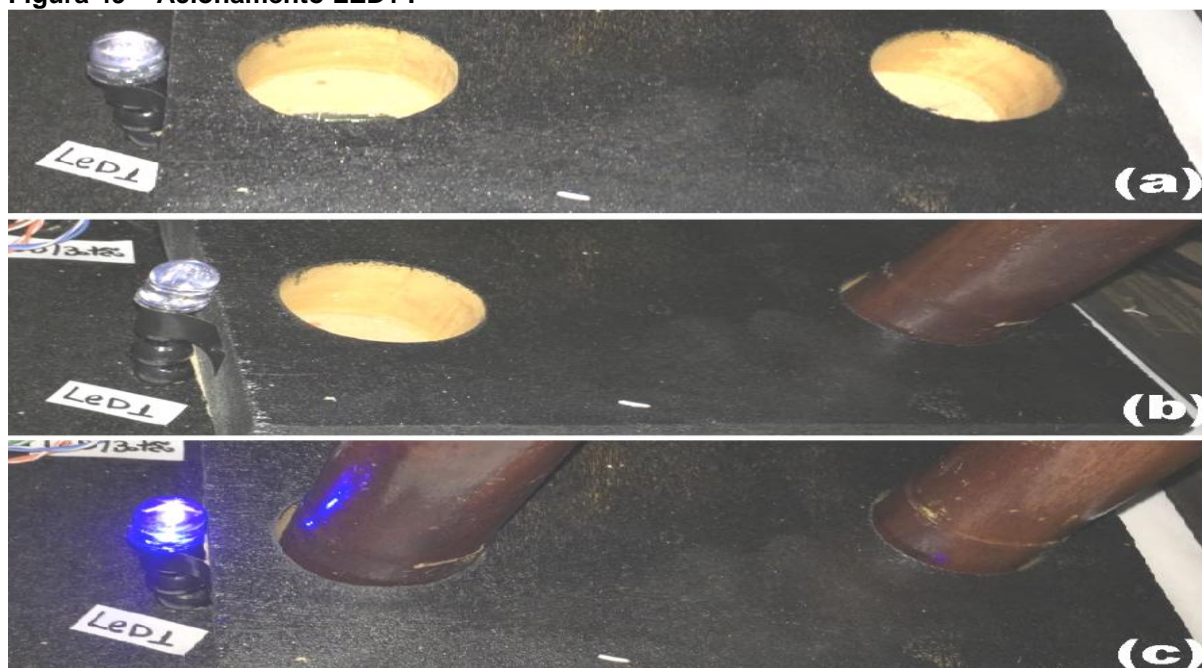
tempo inicial21036
linha 1
Atleta esta subindo &#8657
tempo de subida4027
linha 2
Atleta esta com subida completa, iniciando descida &#8659;
tempo de descida2093
tempo da repeticao6120
Atleta esta com descida completa
linha 1
repticao concluida: 1

```

Auto-rolagem

Fonte: Autoria Própria.

Para um resultado mais visual do teste 3.8.3, foi utilizada a seqüência de acionamento dos LEDs apresentados na Figura 18. O resultado satisfatório deste teste pode ser visto para o LED 1 e LED 2, respectivamente, na Figura 49 e Figura 50.

Figura 49 – Acionamento LED1 .

Fonte: Autoria Própria.

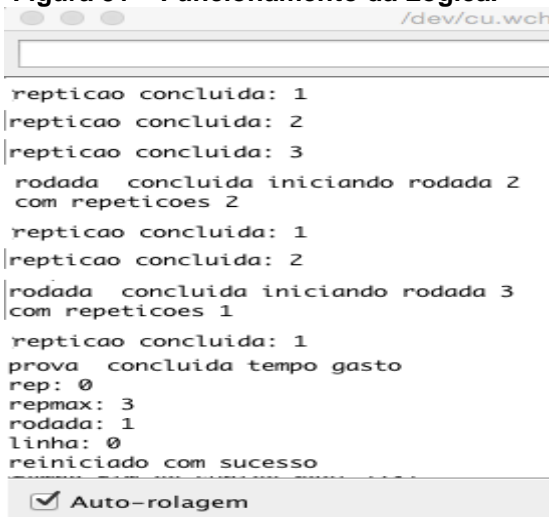
É apresentado na parte (a) de ambas Figuras o momento em que os orifícios estão vazios. Na parte (b) é iniciada a inserção de um dos bastões, permanecendo o LED referente desligado. Já na parte (c) ocorre a inserção simultânea de ambos bastões, gerando o acionado do LED.

Figura 50 – Acionamento LED2 .

Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 51 são apresentados alguns pedaços do monitor serial que mostram o bom funcionamento da lógica do sistema da contagem das repetições e rodadas, segundo teste da seção 3.8.4.

Figura 51 – Funcionamento da Lógica.



```

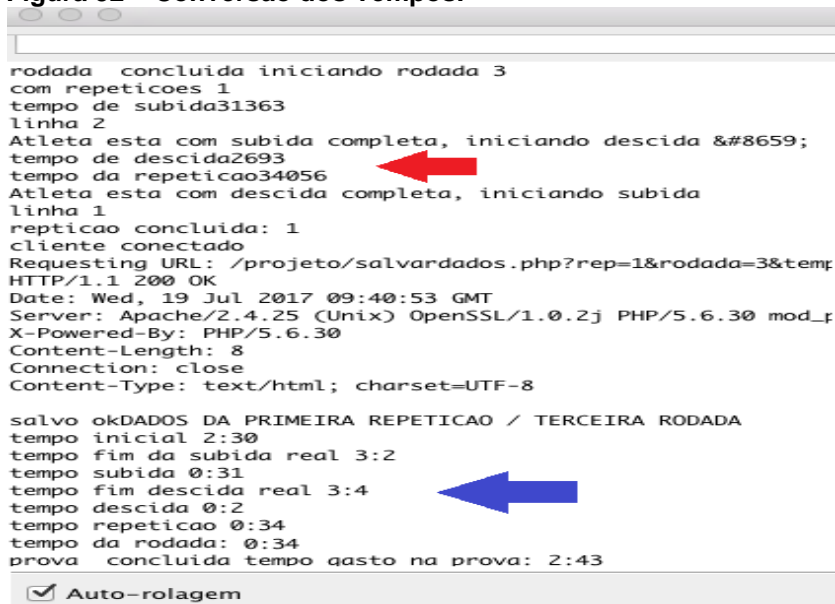
/dev/cu.wch
repticao concluida: 1
repticao concluida: 2
repticao concluida: 3
rodada concluida iniciando rodada 2
com repeticoes 2
repticao concluida: 1
repticao concluida: 2
rodada concluida iniciando rodada 3
com repeticoes 1
repticao concluida: 1
prova concluida tempo gasto
rep: 0
repmax: 3
rodada: 1
linha: 0
reiniciado com sucesso
 Auto-rolagem

```

Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 52 é exposta uma das conversões realizadas pelo programa presente no módulo, como indicado pela flecha vermelha (tempos em milissegundos) e pela flecha azul (tempos convertidos). Mostrando um resultado satisfatório ao teste 3.8.5.

Figura 52 – Conversão dos Tempos.



```

rodada concluida iniciando rodada 3
com repeticoes 1
tempo de subida31363
linha 2
Atleta esta com subida completa, iniciando descida &#8659;
tempo de descida2693
tempo da repeticao34056
Atleta esta com descida completa, iniciando subida
linha 1
repticao concluida: 1
cliente conectado
Requesting URL: /projeto/salvardados.php?rep=1&rodada=3&temp
HTTP/1.1 200 OK
Date: Wed, 19 Jul 2017 09:40:53 GMT
Server: Apache/2.4.25 (Unix) OpenSSL/1.0.2j PHP/5.6.30 mod_f
X-Powered-By: PHP/5.6.30
Content-Length: 8
Connection: close
Content-Type: text/html; charset=UTF-8

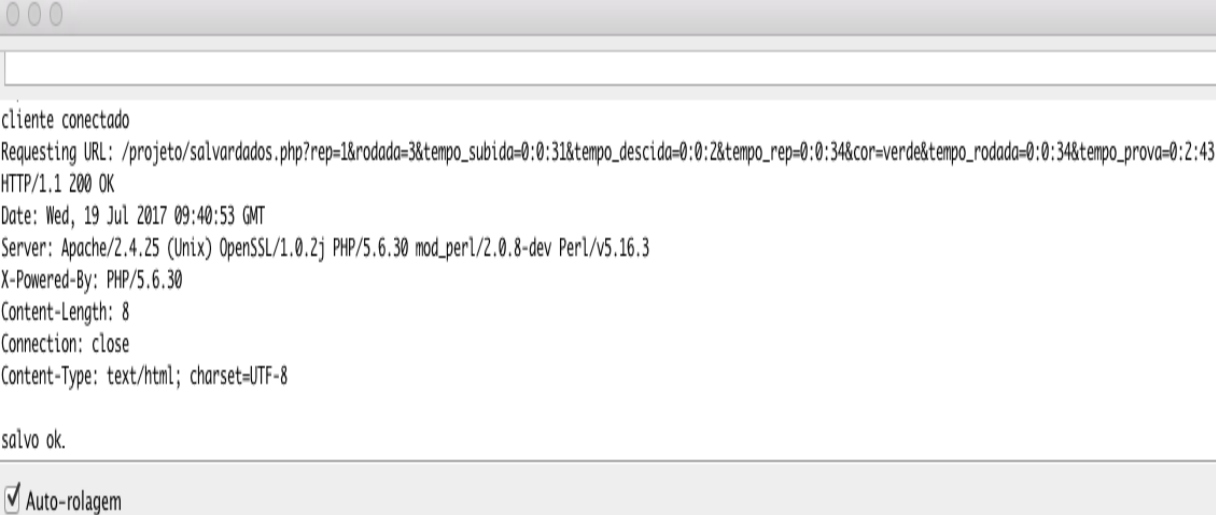
salvo okDADOS DA PRIMEIRA REPETICAO / TERCEIRA RODADA
tempo inicial 2:30
tempo fim da subida real 3:2
tempo subida 0:31
tempo fim descida real 3:4
tempo descida 0:2
tempo repeticao 0:34
tempo da rodada: 0:34
prova concluida tempo aasto na prova: 2:43
 Auto-rolagem

```

Fonte: Autoria Própria.

Conforme resultado do teste 3.8.6, a Figura 53 apresenta na terceira linha do monitor serial a mensagem “HTTP/1.1 200 OK”. O que indica que a *string* apresentada no campo *Requesting URL* foi enviada com sucesso ao servidor.

Figura 53 – Envio dos Dados Com Sucesso.



```

cliente conectado
Requesting URL: /projeto/salvados.php?rep=1&rodada=3&tempo_subida=0:0:31&tempo_descida=0:0:2&tempo_rep=0:0:34&cor=verde&tempo_rodada=0:0:34&tempo_prova=0:2:43
HTTP/1.1 200 OK
Date: Wed, 19 Jul 2017 09:40:53 GMT
Server: Apache/2.4.25 (Unix) OpenSSL/1.0.2j PHP/5.6.30 mod_perl/2.0.8-dev Perl/v5.16.3
X-Powered-By: PHP/5.6.30
Content-Length: 8
Connection: close
Content-Type: text/html; charset=UTF-8

salvo ok.
 Auto-rolagem

```

Fonte: Autoria Própria.

Um exemplo bem sucedido do envio presente na Figura 53 é apresentado na Figura 54, mostrando uma resposta satisfatória ao teste.

Figura 54 – Armazenamento BD Com Sucesso.

id	data	nome	tempo_subida	tempo_descida	tempo_rep	rep	rodada	cor	tempo_rodada	tempo_prova
7	2017-07-19 06:40:53		00:00:31	00:00:02	00:00:34	1	3	verde	00:00:34	00:02:43

Fonte: Autoria Própria.

Para execução do teste 3.8.8 inicialmente a ‘tabelamonitoramento’ está vazia, conforme apresentado na Figura 55. Na Figura 56, pode ser observada a mesma ao final de uma prova. O campo nome presente nesta imagem foi preenchido a partir da *interface* com o nome ‘Manu’. Se pressionado o botão ‘reset’ do protótipo, a tabela volta à configuração da Figura 55.

Figura 55 – ‘tabelamonitoramento’ Vazia.

id	data	nome	tempo_subida	tempo_descida	tempo_rep	rep	rodada	cor	tempo_rodada	tempo_prova
----	------	------	--------------	---------------	-----------	-----	--------	-----	--------------	-------------

Fonte: Autoria Própria.

Figura 56 – ‘tabelamonitoramento’ Preenchida.

id	data	nome	tempo_subida	tempo_descida	tempo_rep	rep	rodada	cor	tempo_rodada	tempo_prova
1	2017-07-19 06:36:26	Manu	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0	0		00:00:00	00:00:00
2	2017-07-19 06:38:16		00:00:04	00:00:02	00:00:06	1	1	verde	00:00:00	00:00:00
3	2017-07-19 06:38:50		00:00:30	00:00:03	00:00:33	2	1	verde	00:00:00	00:00:00
4	2017-07-19 06:39:24		00:00:27	00:00:03	00:00:30	3	1	verde	00:01:09	00:00:00
5	2017-07-19 06:39:52		00:00:32	00:00:02	00:00:34	1	2	verde	00:00:00	00:00:00
6	2017-07-19 06:40:19		00:00:22	00:00:03	00:00:26	2	2	verde	00:01:00	00:00:00
7	2017-07-19 06:40:53		00:00:31	00:00:02	00:00:34	1	3	verde	00:00:34	00:02:43

Fonte: Autoria Própria.

Ao selecionar a opção ‘salvar prova’ presente na *interface* do monitoramento, a ‘tabelamonitoramento’ (presente na Figura 56) volta ao formato inicial, apresentado na Figura 55. Seus dados foram realocados para ‘tabelamonitoramentoantigo’, conforme apresentado na Figura 57.

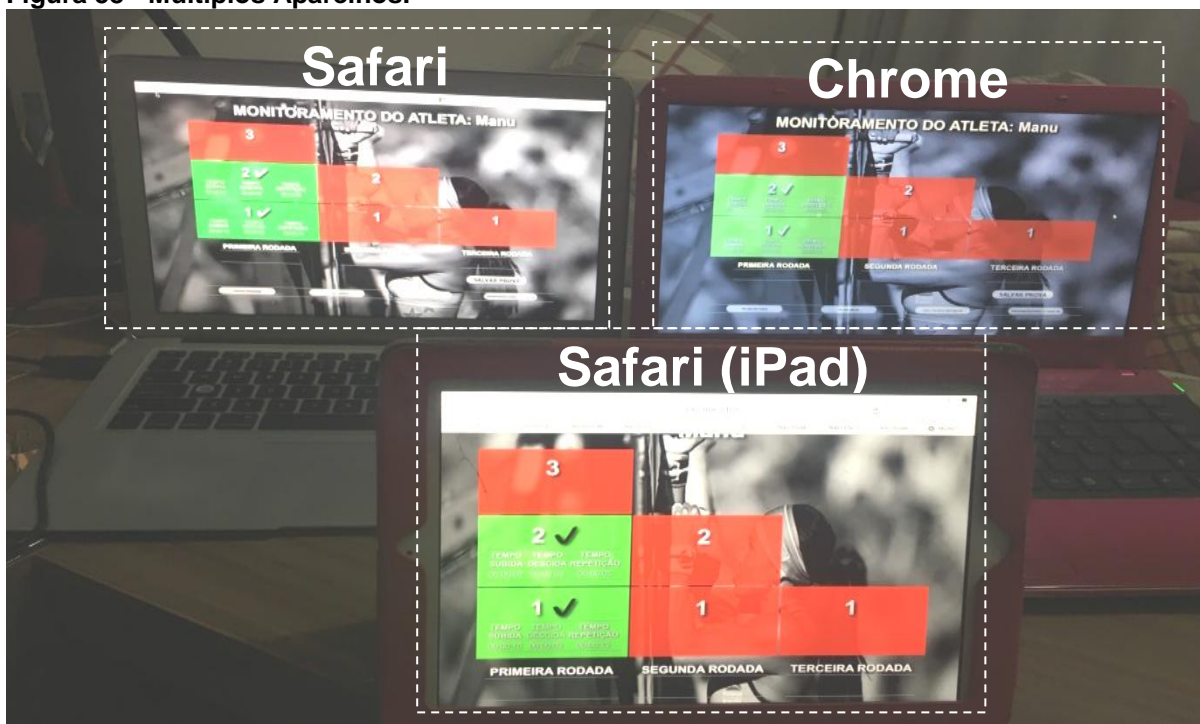
Figura 57 – ‘tabelamonitoramentoantigo’ Preenchida.

data	nome	tempo_subida_11	tempo_descida_11	tempo_rep_11	tempo_subida_12
2017-07-19 06:36:26	Manu	00:00:04	00:00:02	00:00:06	00:00:30
tempo_descida_12	tempo_rep_12	tempo_subida_13	tempo_descida_13	tempo_rep_13	tempo_rodada_1
00:00:03	00:00:33	00:00:27	00:00:03	00:00:34	00:01:09
tempo_subida_21	tempo_descida_21	tempo_rep_21	tempo_subida_22	tempo_descida_22	tempo_rep_22
00:00:32	00:00:02	00:00:34	00:00:22	00:00:03	00:00:26
tempo_rodada_2	tempo_subida_31	tempo_descida_31	tempo_rep_31	tempo_rodada_3	tempo_prova
00:01:00	00:00:31	00:00:02	00:00:34	00:00:34	00:02:43

Fonte: Autoria Própria.

Para efetuar os testes da seção 3.8.9 foram analisadas todas as páginas de *interface*, que serão apresentadas futuramente na seção 4.2.2. Houve o teste com quatro dispositivos, além do módulo, onde estes acessavam diretamente o monitoramento e não foram identificados problemas. Na Figura 58 é apresentado um dos testes realizados com sucesso, onde foram conectados três aparelhos simultaneamente utilizando diferentes navegadores (Safari e Chrome).

Figura 58 - Múltiplos Aparelhos.



Fonte: Autoria Própria.

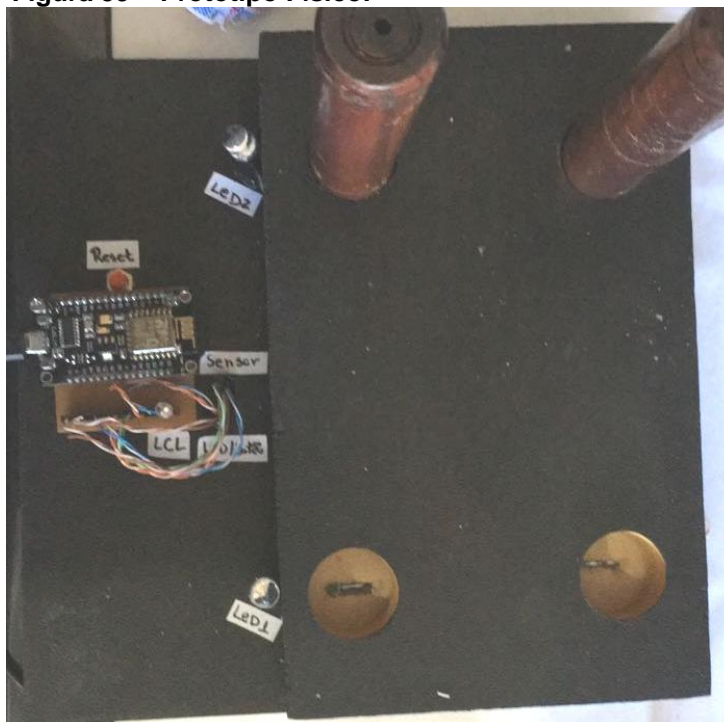
Durante este teste foi observado que em alguns navegadores, em sua maioria dispositivos móveis, ocorria uma pequena mudança das cores escolhidas para *interface*. Contudo, isso não comprometeu a visualização dos resultados.

4.2 Protótipo Final do Sistema

Após realização de testes individuais das especificações do projeto, foi criado um protótipo geral unificando suas funcionalidades. O resultado geral do projeto será debatido nas seções a seguir.

4.2.1 Parte Física

A parte física final deste projeto é apresentada na Figura 59. O protótipo do *Peg Board* foi fixado em uma madeira juntamente com seus LEDs, botão *reset* e a placa responsável pelo processamento e envio dos dados.

Figura 59 – Protótipo Físico.

Fonte: Autoria Própria.

4.2.2 Interface Gráfica

Para apresentação dos dados foi criada uma *interface* gráfica desenvolvida em linguagem HTML, que pode ser acessada de qualquer dispositivo conectado à mesma rede do servidor. Para o acesso, basta digitar na barra de endereços do navegador o endereço IP do servidor. No decorrer desta seção serão apresentadas as imagens referentes a cada bloco de *interface* mencionado na seção 3.7.2.

Ao acessar o endereço IP inicial, o usuário é direcionado para a página apresentada na Figura 60. Nesta existem duas opções principais: iniciar novo monitoramento e acessar resultados armazenados. As opções secundárias estão apresentadas no rodapé da página e consistem em: retornar à página anterior (esquerda) ou acessar informações sobre o trabalho (direita).

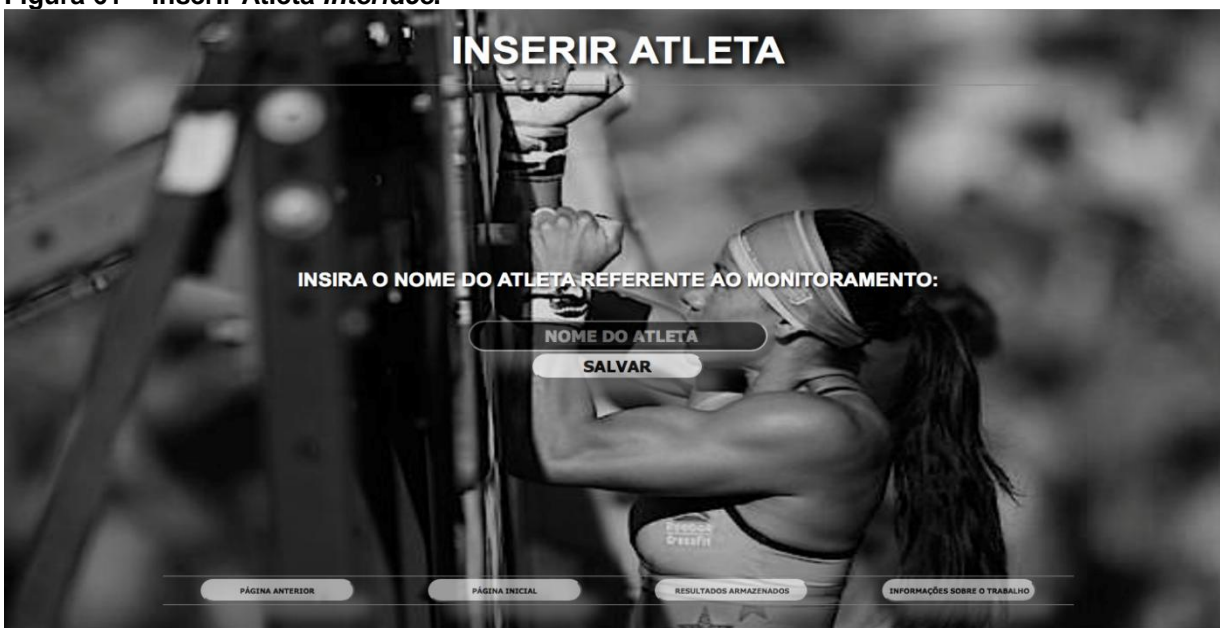
Figura 60 – Página Inicial da *Interface*.



Fonte: Autoria Própria.

Ao acessar a opção 'iniciar novo monitoramento' o usuário é direcionado à página apresentada na Figura 61. Nesta ocorre a possibilidade de inserção do nome do atleta.

Figura 61 – Inserir Atleta *Interface*.



Fonte: Autoria Própria.

O usuário é direcionado à página do monitoramento, Figura 62. Tem-se como base a mesma lógica explanada na seção 2.7 e, como adicional, a

apresentação dos tempos referente à subida, descida, repetição dentro dos retângulos indicadores de cada repetição e tempo da rodada e da prova na área abaixo dos retângulos.

Figura 62 – Monitoramento *Interface*.



Fonte: Autoria Própria.

O acréscimo destes dados acontece quando são completadas as repetições, rodadas ou prova e tem como finalidade a futura avaliação da sua performance pelo próprio atleta, podendo comparar a sua subida ou descida quando se apresenta mais fatigado (como no fim da prova). Estas análises são de suma importância aos atletas, pois servem para elaboração de estratégias para provas posteriores. Enquanto alguns terão maior rendimento ao manter um tempo constante, outros precisarão ter uma conduta mais explosiva no início da prova, e isso tudo pode ser analisado a partir dos tempos salvos. Houve também o acréscimo da apresentação do nome do atleta em questão no canto direito superior da tela.

Ao final da prova a página apresentada será como a exposta na Figura 63. No canto direito inferior desta página, existe a opção para salvar a prova em banco de dados para acesso futuro. No rodapé estão presentes as opções de retorno à página inicial, retornar à página anterior, acesso aos resultados armazenados e informações sobre o trabalho, da esquerda para a direita, respectivamente.

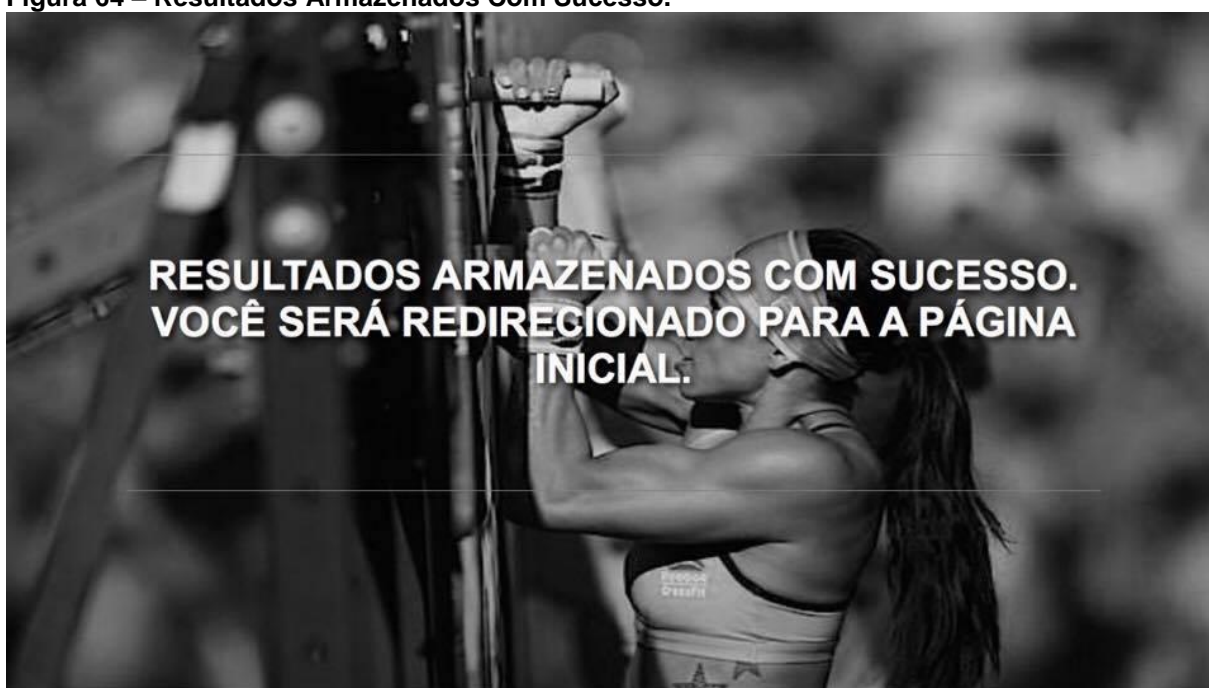
Figura 63 – Monitoramento Completo.



Fonte: Autoria Própria.

Após salvar a prova, é indicado na tela que os resultados foram armazenados com sucesso, segundo Figura 64. Após cinco segundos o usuário é direcionado à página inicial, disposta na Figura 60, onde pode iniciar um novo monitoramento ou acessar resultados anteriores.

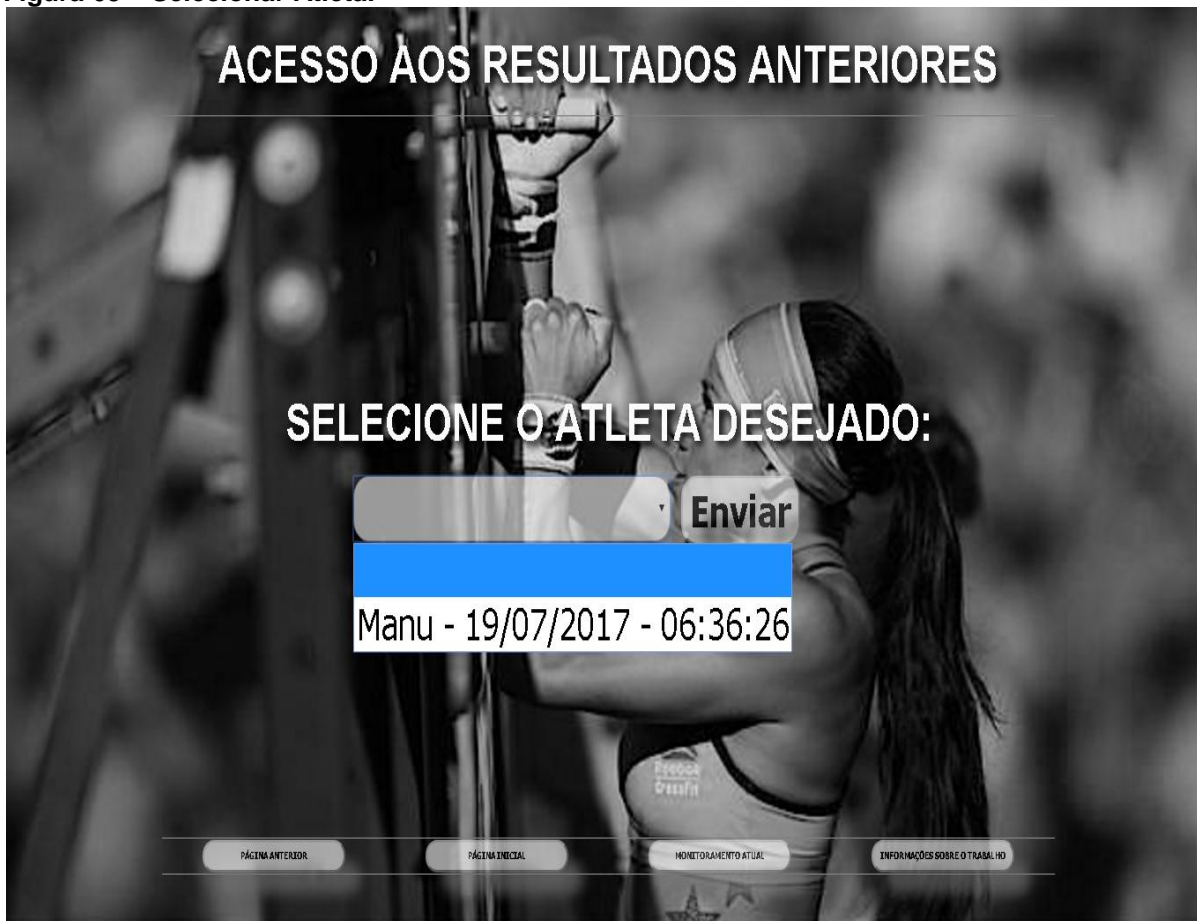
Figura 64 – Resultados Armazenados Com Sucesso.



Fonte: Autoria Própria.

Ao selecionar a opção de acesso aos resultados armazenados, o usuário é direcionado para uma página contendo uma caixa seletora com os nomes dos atletas armazenados seguidos da data e horário da realização, conforme Figura 65.

Figura 65 – Selecionar Atleta.



Fonte: Autoria Própria.

Ao escolher o atleta, ocorre um novo direcionamento à página que apresenta os resultados com a mesma disposição utilizada no monitoramento, apresentada na Figura 66. No canto superior direito é apresentado o nome do atleta cujos tempos estão expostos, bem como, a data e o horário da realização da prova. No canto inferior direito (indicado pela seta vermelha) há a possibilidade de selecionar uma diferente prova armazenada em banco de dados.

Figura 66 – Resultados Armazenados.



Fonte: Autoria Própria.

Apresenta-se, na Figura 67, a página referente ao acesso às informações sobre o trabalho. Seu acesso está disponível no rodapé de todas as outras páginas e mostra informações básicas sobre o trabalho em si.

Figura 67 – Informações.



Fonte: Autoria Própria.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As seções a seguir descrevem os resultados e problemas do desenvolvimento do projeto. Apresenta também uma seção com sugestões para trabalhos futuros.

5.1 Conclusão

Foi apresentado, ao longo deste trabalho o desenvolvimento de um projeto eletrônico para o monitoramento e a avaliação de desempenho em treinos e provas de CrossFit® no equipamento *Peg Board*.

No início do trabalho há uma apresentação sobre o CrossFit® e a importância deste esporte que apresenta constante crescimento, assim como suas competições. Com o aumento dos campeonatos, tornou-se necessário um equipamento que padronizasse a análise da performance dos atletas nas provas. Assim, este trabalho adiciona recursos para a arbitragem eletrônica e uma solução ao problema da subjetividade humana na validação das repetições, tornando o resultado da prova fidedigno.

Além de cumprir estes objetivos, durante o desenvolvimento do trabalho percebeu-se que a inserção dos fracionais dos tempos de cada prova (como tempo de subida e descida, por exemplo) teriam grande utilidade ao atleta. Estes tempos podem ser utilizados em múltiplas análises pelo atleta de forma a traçar suas estratégias futuras em provas ou treinos. A possibilidade de o atleta consultar informações de provas passadas, tanto próprias quanto de terceiros faz com que aumente sua gama de comparação.

Ao fornecer o acesso a uma *interface* dinâmica em qualquer dispositivo conectado à mesma rede do servidor, cria-se a vantagem da mobilidade que este trabalho propôs trazendo maior comodidade aos atletas e árbitros.

As ferramentas e métodos utilizados no desenvolvimento deste trabalho se mostraram adequadas. A lógica aplicada ao processamento dos dados se mostrou suficiente, bem como a escolha do sensor que, nos testes, apresentou uma boa leitura. Foi testado o acesso com mais de um aparelho simultaneamente a *interface* gráfica e não houve problemas.

Para programação do módulo foi utilizado o *software* Arduino IDE, trazendo grande facilidade na gravação do programa e manipulação dos códigos devido a sua vasta biblioteca disponível. Apesar de ser um módulo relativamente novo, o ESP8266 NodeMCU ESP-12E possui um baixo custo, solucionou todos os problemas exigidos no projeto e mostrou ser uma ferramenta com grande potencial.

Pelo sensor utilizado ser mecânico é necessário uma troca anual, pois suas peças são móveis e sujeitas a desgaste. Outro ônus deste sensor é a sua fragilidade por ser encapsulado em vidro. Este problema foi resolvido inserindo o sensor em uma cavidade na madeira que fecha o fundo do orifício onde o bastão é introduzido, não interferindo assim em seu funcionamento.

Os resultados finais obtidos foram satisfatórios com a proposta inicial do projeto que é de natureza inédita neste esporte. Espera-se que com aperfeiçoamento necessário possa se tornar comercializável futuramente.

5.2 Trabalhos Futuros

No decorrer do desenvolvimento deste trabalho, foram observados aspectos que podem ser aprimorados futuramente, tais como:

- Implementação da análise simultânea de mais atletas;
- Monitoramento de outros equipamentos utilizados no CrossFit®;
- Inserção dos dados em um domínio online.

Como foi apontado no início do trabalho, dentro do CrossFit® há um déficit na questão da arbitragem sendo um grande campo de exploração futuro. Na esfera deste esporte cabem estudos para inserção de eletrônica de forma a auxiliar os treinos e possibilitar a uniformização dos resultados aos atletas.

REFERÊNCIAS

2015 GAMES events. [2015]. CrossFit Games. Acesso em: 28 de setembro de 2016, disponível em CrossFit Games: <<http://games.CrossFit.com/workouts/games/2015>>.

2016 GAMES events. [2016]. CrossFit Games. Acesso em: 28 de setembro de 2016, disponível em CrossFit Games: <<http://games.CrossFit.com/workouts/games/2016>>.

ABOUT the games. [201-?]. CrossFit Games. Acesso em: 19 de setembro de 2016, disponível em CrossFit Games: <<http://games.CrossFit.com/about-the-games>>.

ABRUSIO, Mex. (2016). **Brasileiros nas regionais do CrossFit Games 2016**. Acesso em 18 de setembro de 2016, disponível em Revista CF: <<http://www.revistacf.com.br/single-post/2016/05/11/Brasileiros-nas-Regionais-do-CrossFit-Games-2016>>.

AFONSI, Sharyn. (2015). **King of CrossFit**. Acesso em: 18 de setembro de 2016, disponível em CBS News: <<http://www.cbsnews.com/news/CrossFit-creator-greg-glassman-60-minutes/>>.

ALECRIM, Emerson. (2006). **Conhecendo o Servidor Apache**. Acesso em: 25 de maio de 2017, disponível em InfoWester: <<https://www.infowester.com/servapach.php>>.

ALVES, Mateus Silva. (2016). **Saiba a Arbitragem Eletrônica Funciona em Outros Esportes**. Acesso em: 15 de agosto de 2017, disponível em Chuteira F.C.: <<http://chuteirafc.cartacapital.com.br/reportagem-saiba-como-a-arbitragem-eletronica-funciona-em-outros-esportes/>>.

ANTUNES, Luís Miguel Henriques. **Modular Hardware Platform For Monitoring And Control At Small Office eHome Office**. (2015). 133 p. Tese (mestrado) – Universidade de Coimbra, 2015.

APRESENTAÇÃO. [201-?]. Monstar Series. Acesso em: 18 de setembro de 2016, disponível em Digital Score: <<http://registration.digitalscore.com.br/2016monstarqualifier3/Presentation/Index>>.

ASSUNÇÃO, Arthur. (2016). **EPS8266 Introdução e Primeiros Passos**. Acesso em: 25 de outubro de 2016, disponível em Laboratório iMobilis: <<http://www.decom.ufop.br/imobilis/esp8266-introducao-e-primeiros-passos/>>.

BRANQUINHO, Omar C.; REGGIANI, Norma; ANDREOLLO, Augusto C.. [2011]. **Redes de Comunicação de Dados Sem Fio – Uma Análise de Desempenho**. Acesso em: 28 de outubro de 2016, disponível em Hom Expert: <<http://www.homexpert.com.br/areareservada/wp-content/uploads/2011/06/Redes-de-comunica%C3%A7%C3%A3o-sem-fio-Uma-an%C3%A1lise-de-desempenho.pdf>>.

BRASIL ULTRAPASSA Canadá e Austrália e se torna o segundo no ranking de boxes afiliados. (2016). Acesso em: 18 de setembro de 2016, disponível em Amrap Brasil: <<http://blog.amrap.com.br/brasil-ultrapassa-canada-e-australia-e-se-o-segundo-no-ranking-de-numero-de-boxes-afiliados/>>.

BRINGING MySQL to the web. [201-?]. Acesso em: 25 de maio de 2017, disponível em phpMyAdmin: <<https://www.phpmyadmin.net>>.

CECIL, Andréa Maria. (2016). **Fraser Wins First Games, Davidsdottir Repete**. Acesso em: 11 de outubro de 2016, disponível em CrossFit Games: <<http://games.CrossFit.com/article/fraser-wins-first-games-davidsdottir-repeats>>.

COMPETITION RULE book. (2012). Acesso em: 28 de setembro de 2016, disponível em CrossFit Games: <<http://games.CrossFit.com/sites/default/files/static/rulebook.pdf>>.

CONHECENDO O esp8266. [201-?]. Acesso em: 26 de outubro de 2016, disponível em Passei Direto: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/18294044/conhecendo-o-esp8266>>.

CROSSFITAZO. [201-?]. Acesso em: 20 de setembro de 2016, disponível em CrossFit Azo: <<http://www.CrossFitazo.com/>>.

CURVELLO, André. (2015). **Apresentando o Módulo ESP8266**. Acesso em: 26 de outubro de 2016, disponível em Embarcados: <<http://www.embarcados.com.br/modulo-esp8266/>>.

DATE, C. J. **Introdução a Sistemas de Banco de Dados**. 7 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000. 803 p.

EIS, Diego. (2011). **O básico: O que é HTML?**. Acesso em: 25 de maio de 2017, disponível em Tableless: <<https://tableless.com.br/o-que-html-basico/>>.

ESPRESSIF SYSTEMS. (2015). **ESP8266 Datasheet**. Acesso em: 26 de outubro de 2016, disponível em Adafruit: <https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/0A-ESP8266__Datasheet__EN_v4.3.pdf>.

HAMMER, Armen. (2015). **Was The Peg Board Event Scored Fairly?**. Acesso em: 10 de outubro de 2016, disponível em Flo Elite: <<http://www.floelite.com/article/32758-was-the-peg-board-event-scored-fairly#>>.

HECK, Tiago. (2015). **A história do Torneio CrossFit Brasil**. Acesso em: 18 de setembro de 2016, disponível em Amrap Brasil: <<http://blog.amrap.com.br/torneio-CrossFit-brasil-a-historia>>.

HISTORY. [201-?]. CrossFit Games. Acesso em: 18 de setembro de 2016, disponível em CrossFit Games: <<http://games.CrossFit.com/content/history>>.

HOW FAST is CrossFit growing? The chart tells the story. [201-?]. Tabata Times. Acesso em: 18 de setembro de 2016, disponível em Tabata Times: <<http://www.tabatatimes.com/how-fast-is-CrossFit-growing-the-chart-tells-the-story/>>.

JOBSTRAIBIZER, Flávia. **Desvendando as Redes Sem Fio**. São Paulo: Digerati Books, 2010. 96 p.

JOEL FRIDMAN e a CrossFit no Brasil.(2015). Acesso em: 18 de setembro de 2016, disponível em Revista Myboxmag: <<http://www.myboxmag.com.br/joel-fridman-e-a-CrossFit-no-brasil/>>.

JOSH BRIDGES score adjustment. (2016). Acesso em: 28 de setembro de 2016, disponível em CrossFit Games: <<http://games.CrossFit.com/article/josh-bridges-score-adjustment>>.

JUNIOR, Alcis Luiz Sperandio da Silva. **Estruturas de Rede e Conectividades: Tecnologias e Vantagens Competitivas**. (2008). 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

KELAITA, Jasmin. (2015). **Top 10 Moments 2015 CrossFit Games**. Acesso em: 10 de outubro de 2016, disponível em The Rx Review: <<http://therxreview.com/top-10-moments-of-the-2015-CrossFit-games/>>.

KIMURA, Karin. (2016). **As 10 capacidades físicas trabalhadas no CrossFit**. Acesso em: 18 de setembro de 2016, disponível em Revista Myboxmag: <<http://www.myboxmag.com.br/as-10-capacidades-fisicas-trabalhadas-no-CrossFit/>>.

KOBAYASHI, Carlos Yassunori. **A Tecnologia Bluetooth e Suas Aplicações**. (2004). 5 p. Trabalho de Conclusão de Curso (bacharel) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

KUHN, Steven. **The Culture of CrossFit: A Lifestyle Prescription for Optimal Health and Fitness**. (2013). 15 p. Tese de Graduação – Illinois State University, 2013.

LIMA, Irving Souza. (2016). **NodeMCU (ESP8266): O Módulo que Desbanca o Arduino e Facilitará a Internet das Coisas**. Acesso em: 26 de outubro de 2016, disponível em Irving: < <http://irving.com.br/esp8266/nodemcu-esp8266-o-modulo-que-desbanca-o-arduino-e-facilitara-a-internet-das-coisas/>>.

LOUREIRO, Eduardo. (2015). **Analisando o CrossFit Games 2015**. Acesso em: 10 de outubro de 2016, disponível em Bars 'N' Rings: <<https://barsnrings.wordpress.com/2015/07/28/analizando-o-CrossFit-games-2015/>>.

MAGNETIC SENSORS and reed switches. [20--?]. Acesso: em 19 de outubro de 2016, disponível em Littelfuse: <<http://www.littelfuse.com/products/magnetic-sensors-and-reed-switches.aspx>>.

MAP. [2016]. CrossFit. Acesso em: 18 de setembro de 2016, disponível em CrossFit: <<https://map.CrossFit.com/>>.

MATERNOWSKI, Todd. [201-?]. **Pegboard Workouts**. Acesso em: 10 de outubro de 2016, disponível em AZ Central: < <http://healthyliving.azcentral.com/pegboard-workouts-12211.html>>.

MÓDULO WIFI esp8266 NodeMcu Esp-12E. [2016]. Acesso em: 26 de outubro de 2016, disponível em Filipe Flop: <<http://www.filipeflop.com/pd-2c140d-modulo-wifi-esp8266-nodemcu-esp-12e.html>>.

MOTTER, Victor. (2013). **Como Funciona os Reed-Switch**. Acesso: em 19 de outubro de 2016, disponível em Arduino Brasil: < <http://arduinobrasil.blogspot.com.br/2013/02/como-funciona-os-reed-switch.html>>.

MIYADAIRA, Alberto Noboru. **Microcontroladores PIC18 – Aprenda e Programe em Linguagem C**. 4 ed. São Paulo: Érica, 2013. 400 p.

OPPENHEIMER, Mark. (2015). **When Some Turn to Church, Others Go to CrossFit**. Acesso em: 18 de setembro de 2016, disponível em The New York Times: < http://www.nytimes.com/2015/11/28/us/some-turn-to-church-others-to-CrossFit.html?_r=0>.

O QUE É o php. [201-?]. Acesso em: 25 de maio de 2017, disponível em PHP: < https://secure.php.net/manual/pt_BR/intro-what-is.php>.

O QUE O PHP pode fazer. [201-?]. Acesso em: 25 de maio de 2017, disponível em PHP: < https://secure.php.net/manual/pt_BR/intro-whatcando.php>.

ORACLE. [201-?]. Acesso em: 25 de maio de 2017, disponível em Oracle: < <https://www.oracle.com/br/mysql/index.html>>.

PARTRIDGE, Julie A; KNAPP, Bobbi A.; MASSENGALE, Brittnay D.. **An Investigation of Motivational Variables in CrossFit Facilities**. (2014). Journal of Strength and Conditioning Research.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC: Programação em C**. 2 ed. São Paulo: Érica, 2003. 358 p.

PERES, Marília. (2015) **Comunicação a Longas Distâncias**. Acesso em: 21 de outubro de 2016, disponível em Ciberprof: < http://www.fq.ciberprof.com/pdf/Comunica%C3%A7%C3%A3o%20a%20longas%20dist_2015_1parte.pdf>.

PINTO, Amanda Sabaine. **Desenvolvimento de Uma Mesa Didática de Sensores**. (2015). 18 p. Trabalho de Conclusão de Curso 1 (graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

PISA, Pedro. (2012). **O Que é e Como Usar o MySQL?**. Acesso em: 25 de maio de 2017, disponível em Techtudo: < <http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/04/o-que-e-e-como-usar-o-mysql.html>>

PLEITO A fifa. (2015). **Arbitragem Eletrônica no Brasileiro 2016**. Acesso em: 15 de agosto de 2017, disponível em CBF: <<http://www.cbf.com.br/noticias/a-cbf/arbitragem-eletronica-no-brasileirao-2016#.WZMiOITyviU>>.

PYFFEROEN, Brian. (2016). **Top 10 Moments of the 2016 CrossFit Games**. Acesso em: 10 de outubro de 2016, disponível em The Barbell Spin: <<http://thebarbellspin.com/functional-fitness/top-10-moments-of-the-2016-CrossFit-games/4/>>.

REZENDE, Ricardo. (2006). **Conceitos Fundamentais de Banco de Dados**. Acesso em: 25 de maio de 2016, disponível em Devmedia: <<http://www.devmedia.com.br/conceitos-fundamentais-de-banco-de-dados/1649>>.

SALLA, Gabriel Camoese. **Telemetria Sem Fio Com Armazenamento e Exportação de Dados de Unidade de Sensoamento Via Aplicativo Android**. (2015). 77 p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

SANTOS, Leonardo de Sá Leal. **Sistema de Comunicação USB com Microcontrolador**. (2009). 73 p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2009.

SEIDEL, Alysson Raniere. (2010). **Instrumentação Aplicada**. Acesso em: 19 de outubro de 2016, disponível em E-Tec Brasil: <http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_ctrl_proc_indust/tec_autom_ind/instrum_aplic/161012_instrum_aplic.pdf>.

SERIE GL. [201-?]. **Sensor de Proximidade Magnético Datasheet**. Acesso em: 19 de julho de 2017, disponível em KAP: <http://www.kap.com.br/pdf/br/kp_gr_br.pdf>.

SIGLAS e definições do CrossFit. (2016). Acesso em: 18 de setembro de 2016, disponível em Amrap Brasil: <<http://blog.amrap.com.br/siglas-e-definicoes-do-CrossFit/>>.

SILBERSCHATZ, Abraham *et al.* **Sistema de Banco de Dados**. 5 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 805 p.

SILVA, Anderson Porto da; SOARES, Bruno Tarouco Álvares. (2009). **Wi-Fi e WiMAX I: As Tecnologias de Rede Sem Fio**. Acesso em: 27 de outubro de 2016, disponível em Teleco: <<http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialww1.pdf>>.

SILVA, Cely da. [2010]. **Como Funciona a Radiação**. Acesso em: 21 de outubro de 2016, disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/radiacao.htm>>.

SILVA, Davidson Fellipe da. **Sistema de Comunicação Bluetooth Utilizando Microcontrolador**. (2009). 74 p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2009.

SILVA, Sidney Barbosa da. (2005). **História do futebol – O início**. Acesso em: 18 de setembro de 2016, disponível em Campeões do Futebol: <http://www.campeoesdofutebol.com.br/hist_futebolmundial.html>.

SMITH, Brittany. [201-?]. **Why the Pegboard Challenge at the CrossFit Games Was such a Beast**. Acesso em: 10 de outubro de 2016, disponível em Men's Fitness: <<http://www.mensfitness.com/training/pro-tips/why-pegboard-challenge-CrossFit-games-was-such-beast>>.

SOBRE. [20--?]. Acesso em: 25 de maio de 2017, disponível em Apache Friends: <https://www.apachefriends.org/pt_br/about.html>.

SOFTWARE. [201-?]. Acesso em: 19 de julho de 2017, disponível em Arduino: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>>.

SOUZA, Alisson Ricardo de Silva. (2015). **Instalando o Arduino IDE**. Acesso em: 19 de julho de 2017, disponível em P3R3: <www.p3r3.com/instalando-o-arduino.ide/>.

SOUZA, David José de. **Desbravando o PIC: Baseado no Microcontrolador PIC16F84**. 6 ed. São Paulo: Érica, 2003. 267 p.

SOUZA, Renato Gabriel de; Nogueira, Marcelo. (2011). **Elaboração de um Protótipo de Software Embarcado e de Tempo Real Como Ferramenta Sensorial de Auxílio Para Contagem de Séries em Exercícios de Musculação**. Acesso em: 19 de julho de 2017, disponível em Research Gate: <https://www.researchgate.net/publication/307943629_ELABORACAO_DE_UM_PROTOTIPO_DE_SOFTWARE_EMBARCADO_E_DE_TEMPO_REAL_COMO_FERRAMENTA_SENSORIAL_DE_AUXILIO_PARA_CONTAGEM_DE_SERIES_EM_EXERCICIOS_DE_MUSCULACAO?_sg=2xfSuA_s4v5gG_xEKsjvrJK9NS2UIG2_JB8NAZzOJsbqtPnT7Qpd1LkjcFXm-LtBeB0y1CG2f0EY_KD4wIKZg>.

S. PEREIRA, Welsander de. **Um Modelo de Integração Entre Redes Bluetooth e a Pilha de Protocolos TCP/IP**. (2003). 69 p. Trabalho de Conclusão de Curso (bacharel) – Universidade Presidente Antonio Carlos, Barbacena, 2003.

STEFFENS, César Augusto. [20--?]. **Reed-Switch**. Acesso em: 19 de outubro de 2016, disponível em Instituto de Física da UFRGS: <<http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20061/Cesar/SENSORES-Reed-switch.html>>.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. 7 ed. São Paulo: Érica, 2010. 222 p.

THOMSEN, Adilson. (2016). **Como Programar o Módulo ESP8266 NodeMCU**. Acesso em: 26 de outubro de 2016, disponível em Filipe Flop: <<http://blog.filipeflop.com/wireless/esp8266-nodemcu-como-programar.html>>.

TUTORIAL – Programando o módulo ESP8266 pela IDE do Arduino. (2015). Acesso em: 19 de julho de 2017, disponível em Laboratorio de Garagem: <www.labdegaragem.com/profiles/blogs/tutorial-esp8266-programando-com-a-ide-do-arduino/>.

VAMPIRA PEG Board. [201-?]. Acesso em: 10 de outubro de 2016, disponível em Rogue Fitness: <<http://www.roguefitness.com/rogue-pine-maple-peg-board>>.

WEB SERVER com o módulo esp8266 NodeMCU e DHT22. (2016). Acesso em: 26 de outubro de 2016, disponível em Arduino e CIA: <<http://www.arduinoecia.com.br/2016/02/web-server-esp8266-nodemcu-dht22.html>>.

WEISENTHAL, BM *et al.* (2014). **Injury Rate and Patterns Among CrossFit Athletes**. Acesso em: 20 de julho de 2017, disponível em PubMed: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26535325>>.

WENDLING, Marcelo. (2010). **Sensores**. Acesso em: 19 de outubro de 2016, disponível em Unesp: <<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>>.

WHAT IS CrossFit. [201-?]. CrossFit. Acesso em: 18 de setembro de 2016, disponível em Crossift: <<https://www.CrossFit.com/what-is-CrossFit>>.

ANEXO A – INFORMAÇÃO TÉCNICA OFICIAL

O *e-mail* abaixo consiste em uma resposta obtida por Pedro Senandes Simons, proprietário da empresa CrossFit Aráucaria de Campo Mourão, em contato com a central de atendimento do CrossFit Games. Na correspondência é informado que na competição seria necessário o atleta subir até o topo e em seguida descer, não sendo permitido pular do topo.

