

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ISADORA FARIAS LUMMERTZ

**DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO PARA ANÁLISE DE DADOS ADVINDOS
DOS SENSORES ACELERÔMETROS**

CRICIÚMA

2017

ISADORA FARIAS LUMMERTZ

**DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO PARA ANÁLISE DE DADOS ADVINDOS
DOS SENSORES ACELERÔMETROS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Esp. Sérgio Coral

Coorientador: Prof. Dr. Robson Pacheco

CRICIÚMA

2017

ISADORA FARIAS LUMMERTZ

**DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO PARA ANÁLISE DE DADOS ADVINDOS
DOS SENSORES ACELERÔMETROS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em arquitetura de hardware.

Criciúma, 20 de junho de 2015

BANCA EXAMINADORA



Prof. Sérgio Coral - Especialista - (UNESC) - Orientador



Prof. Matheus Leandro Ferreira - Especialista - (UNESC)



Prof. Paulo João Martins - Mestre - (UNESC)

Ao meus pais e universo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que estiveram junto comigo nesta fase da minha vida e me apoiaram a todo o momento para que eu tivesse êxito na conclusão do curso de Ciência da Computação.

Agradeço principalmente aos meus pais pela dedicação e apoio ao longo da minha vida e sempre me incentivaram a buscar o conhecimento. E também ao meu orientador Sergio Coral que sempre esteve a disposição para ajudar e colaborou para abrir meus horizontes e para eu estar sempre em busca de novas formas de conhecimento.

**“Nós somos o que fazemos repetidamente.
A excelência portanto, não é um ato, mas
um hábito.”**

Aristóteles

RESUMO

A tecnologia nos dias atuais se faz necessária para a maioria das áreas sociais e principalmente novos projetos advindos da área tecnológica. Muitas áreas ainda necessitam de atenção especial para o desenvolvimento de alguma tecnologia que auxilie na execução de alguma etapa. Uma dessas áreas com déficit, é a de fisioterapia. Com a utilização de várias partes da Computação, de hardwares e softwares, há possibilidade de dar início a uma ferramenta para o auxílio de tratamentos fisioterápicos. Desses hardwares, são utilizados a plataforma de prototipagem Arduíno, módulo Bluetooth HC-05 e do módulo MMA7361 para poder implementar funcionalidades de captação de dados e transformação destes em ângulos, para uma aplicação em dispositivo móvel. As aplicações em dispositivos móveis se tornaram mais populares pelo fato de ter a mobilidade e levar esses dados e aplicações para qualquer lugar.

Palavras-chave: Arduíno, Acelerômetro, Bluetooth, Dispositivos Móveis.

ABSTRACT

Nowadays the technology has made necessary for the most social areas and new projects coming from technology field. A lot of areas need especial attention for development of technologies that will help some stage of treatment. Some of these areas with deficit it's physiotherapy. Using various parts of computing, like hardware and software, there is possibility to start a tool for the aid of physiotherapeutic treatments. These hardware are involved Arduino prototyping platform, Bluetooth HC-05 module and MMA7361 module for functionalities implementation of data captation and angle transformation, besides using the module to send data for an mobile device application. The mobile devices application have become more popular because of the mobility of being able to take data and applications to anywhere.

Keywords: Arduino, Accelerometer, Bluetooth, Mobile Devices.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Corte transversal mostrando a estrutura do sensor acelerômetro.....	21
Figura 2 – MMA7371 3 Axis módulo acelerômetro.....	22
Figura 3 - Ligação de componentes por cabo macho-macho.....	25
Figura 4 – Menu da IDE de desenvolvimento do Arduino	27
Figura 5 – Placa do Arduino UNO.....	28
Figura 6 – Módulo Bluetooth HC-05.....	44
Figura 7 – Apresentação do SDK Manager.....	45
Figura 8 – Moto G (2 Geração)	46
Figura 9 – Circuito com Arduino e componentes	48
Figura 10 – Código de configuração do módulo acelerômetro	49
Figura 11 – Apresentação das permissões do Bluetooth para aplicação.....	51
Figura 12 – Código da criação de um Socket.....	52
Figura 13 – Código implementado para o Timer	52
Figura 14 – Telas de apresentação da aplicação.....	53
Figura 15 – Tela apresentando dados.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos acelerômetros em um smartphone	18
Tabela 2 – Diferenças entre Bluetooth Classic e Low Energy	23
Tabela 3 – Descrição dos pinos da placa Arduino.	27
Tabela 4 – Porcentagem de qual dispositivo eletrônico é mais utilizado.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVC	Acidente Vascular Cerebral
CPU	Unidade Central de Processamento
IDC	Internacional Data Corporation
IDE	Integrated Development Environment
IMU	Inertial Measurement Unit
LEDS	Light Emitting Diode
MEMS	MicroElectromechanical system
NDK	Native Development Kit
RSSF	Redes de Sensores Sem Fio
SDK	Software Development Kit
SMS	Short Message Service
SO	Sistemas Operacionais
USB	Universal Serial Bus

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.3 JUSTIFICATIVA	15
1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA	16
2 SENSORES	17
2.1 ACELERÔMETROS.....	19
2.2 BLUETOOTH	22
3 OPEN SOURCE HARDWARE	24
3.1 ARDUÍNO.....	24
3.1.1 Arduino Uno	27
4 DISPOSITIVOS MÓVEIS	30
4.1 SMARTPHONES.....	31
4.2 SISTEMAS OPERACIONAIS	32
4.2.1 Android	33
5 TRABALHOS CORRELATOS	36
5.1 SELF-DIRECTED ARM THERAPY AT HOME AFTER STROKE WITH A SENSOR-BASED VIRTUAL REALITY TRAINING SYSTEM	36
5.2 PHYSICAL ACTIVITY RECOGNITION IN DAILY LIFE USING A TRIAXIAL ACCELEROMETER	37
5.3 REDES DE SENSORES SEM FIO APLICADAS À FISIOTERAPIA.....	38
5.4 A UTILIZAÇÃO DO VIDEO-GAME NINTENDO WII NA REABILITAÇÃO DE PACIENTE COM ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO (AVE)	39
5.5 RECONHECIMENTO DE MOVIMENTOS HUMANOS UTILIZANDO UM ACELERÔMETRO E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.....	40
6 DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO PARA ANÁLISE DE DADOS ADVINDOS DOS SENSORES ACELERÔMETROS	42
6.1 METODOLOGIA.....	42
6.2 ESTUDO DAS FERRAMENTAS	43
6.3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO	46
6.3.1 Montagem do circuito	46
6.3.2 Desenvolvimento do software	48
6.4 RESULTADOS OBTIDOS	54

7 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

Nos tempos em que a tecnologia é predominante, não se pode negar a importância que faz na vida dos seres humanos. É por esse motivo que se permite oferecer grandes serviços, disponíveis ou não no mercado. Porém uma das maiores qualidades da tecnologia é que abrange diversas áreas, dentre elas, a área da saúde. Na medicina a utilização de dispositivos móveis tem mudado muito a estrutura das práticas clínicas, por isso, houve um aumento no desenvolvimento que aplicações para esta área. Dentre as funções dessas aplicações se encontram: acesso, manutenção, gerenciamento de registros de pacientes, comunicações e consultas, recolhimento de informações, tomada de decisões clínicas, monitoramento, medições e acompanhamento dos pacientes (VENTOLA, 2014).

A área de fisioterapia que trata da parte de análise e avaliação do movimento humano não contém ou, pouco esforço é demonstrado para o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas para tratamentos. A utilização dessas ferramentas auxilia no acompanhamento e supervisão dos tratamentos (POLIZEL et al., 2011).

As propriedades humanas que podem ser medidas são classificadas em: espaço-temporal, comportamental e fisiológica. A primeira se define em quantidade, localidade e rastreamento. As ações, atividades, comportamento em grupo e individual são vistas na propriedade comportamental. Já na fisiológica, características físicas são observadas, a exemplo: frequência cardíaca, detecção dos movimentos. Esses movimentos podem ser analisados através da angulação e de medidas. A análise manual pode obter alguns desvios, então para uma medida mais precisa seria necessário a utilização de equipamentos eletrônicos, como sensores acelerômetros. Ao serem acoplados ao membro do paciente, os sensores captam a aceleração e a velocidade do movimento (CAVALCANTE, 2012).

Os acelerômetros são os sensores que se destacam entre os mais utilizados em sistemas de uso diário, por serem capazes de obterem informações fisiológicas e mecânicas. A área de microeletrônica avançou muito e por isso é possível encontrar no mercado acelerômetros confiáveis, baratos e com tamanho pequeno, o qual não interfere nos movimentos feitos pelo indivíduo, dependendo a

região em que é aplicado. A região escolhida e os movimentos feitos não sofrerão influência pelo tamanho do sensor (SILVA, 2013).

Sensores não são capazes de manipular dados, como as medidas e ângulos resultantes dos movimentos e para a manipulação é necessário um outro dispositivo, como o Arduino. O Arduino é uma plataforma eletrônica open-source de fácil utilização. Do hardware é capaz de receber outros dispositivos de entrada e saída, como os sensores e seus dados de entrada. A manipulação dos dados será feita pelo software disponibilizado pelo própria plataforma de prototipagem no seu Ambiente de Desenvolvimento (IDE) e linguagem de programação (Arduino, 2016). Para a demonstração dos resultados, teriam de ser enviados a um smartphone, para uma aplicação, para melhor demonstração e interação do usuário com os dados.

Sendo assim, esse trabalho viabiliza o desenvolvimento de um protótipo que abrange vários dispositivos de hardware e software da computação, como sensores, placas, linguagem de programação e suas interações e pretende dar início a uma aplicação, a qual auxiliará o profissional de fisioterapia no tratamento de pacientes.

1.1 OBJETIVO GERAL

Monitorar os dados obtidos do sensor acelerômetro em um dispositivo móvel.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A fim de atender o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) compreender a obtenção de dados através dos movimentos captados pelos sensores na área da saúde;
- b) utilizar o Arduino para receber dados e remeter ao dispositivo móvel;
- c) entender a interação dos hardwares envolvidos;
- d) compreender o funcionamento dos softwares dos dispositivos utilizados;
- e) analisar o desempenho dos movimentos via imagens.

1.3 JUSTIFICATIVA

Para o desenvolvimento do protótipo são utilizadas várias áreas da computação, incluindo hardware e software. Muito do conhecimento adquirido na instituição serão utilizadas para a conclusão do trabalho.

Neste trabalho há exploração grande de conceitos, prototipagem, onde se experimentam vários processos, abordagens e ferramentas. O conjunto dessas técnicas proporciona a integração de hardwares e softwares na computação. (VELOSO, 2014). A comunicação dos dados via fio e rede proporciona a integração desses hardwares e softwares, sendo eles os sensores, placa Arduíno e smartphone. Cada um com uma função determinada, juntamente com as plataformas de desenvolvimento e linguagens.

Os sensores geram sinais elétricos em respostas de algum estímulo externo, como: temperatura, luz, ondas, velocidade e aceleração. Sensores acelerômetros se calibrados corretamente, conseguem frequência, medição e valores de aceleração da gravidade com respostas muito mais precisas (FRADEN, 2004).

De acordo com um dos fundadores do projeto Arduíno, David Cuartielles: o Arduíno é uma boa opção de plataforma de baixo custo. Por ser *open source* tem disponível documentações para a construção de qualquer ambiente. A programação feita em C e C++ garante um dos seus sucessos, por ser uma linguagem conhecida, além de ter ambiente próprio e gratuito (SOARES; BORGES, 2011). Por essas características o Arduíno foi escolhido como hardware para o desenvolvimento desse trabalho, principalmente por a linguagem C e a própria plataforma foram estudados na universidade.

Novas oportunidades surgem no mercado com o crescimento das vendas de smartphones. Aplicativos estão sendo desenvolvidos para utilizar nas empresas e em consultórios, envolvendo uma nova versão de usuários (TOLEDO, 2011). Plataformas móveis estão mais poderosas, juntamente com desenvolvimento de novas aplicações para saúde, que estão sendo mais expostas, com ferramentas para facilitar e aumentar os cuidados com os pacientes (U.S. Department of Health and Human Services..., 2015).

Por isso o interesse em fazer a aplicação para dispositivo móvel, sendo que a plataforma Android ajudará no desenvolvimento por ser de código aberto. A aplicação desenvolvida para smartphones pela plataforma Android, com interação com Arduíno e sensores, garante a integração de vários recursos da área da computação em um desenvolvimento só, fazendo com que se torne um estudo complexo e de grande aprendizado.

1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

O primeiro capítulo do trabalho envolve a introdução do que é o trabalho e o porque se ser desenvolvido. Contendo os objetivos e a justificativa.

O segundo capítulo faz a explanação do que são sensores, onde são utilizados, além de características. Há subcategorias com a explicação de sensores acelerômetros e bluetooth.

O terceiro capítulo abrange sobre as plataformas *open hardware*, citando principalmente sobre o Arduíno e seu ambiente de desenvolvimento.

O quarto capítulo explica a utilização dos dispositivos móveis, como os smartphones e quais são os sistemas operacionais disponíveis para esse tipo de dispositivos.

O quinto capítulo abrange os trabalhos correlatos com este trabalho em questão.

O sexto capítulo é o desenvolvimento deste trabalho, juntamente com a metodologia desenvolvida, os resultados obtidos e a conclusão final.

2 SENSORES

Sensores é tudo aquilo que de alguma maneira sente o meio e, como resposta, tem uma ação, uma transformação. Humanos tem sensores biológicos, encontrados no cérebro e no retorno mandam uma corrente elétrica para tomar uma ação, seja ela voluntária ou involuntária. Os primeiros sensores eletrônicos, que se encontram a muito tempo na vida dos seres humanos, eram desenvolvidos de uma maneira simples. Na entrada mediam a quantidade e como saída convertiam em sinal mecânico, elétrico ou óptico. A menos de três décadas, após o início da computação, começaram a integrá-los para obter mais informações e comunicá-los com outros dispositivos, com isso a aplicação destes sensores se ampliaram, indo parar em boa parte das indústrias, dentre elas a de processamento de alimentos ou mesmo em um forno industrial para medir a temperatura dos produtos (McGRATH; SCANAILL, 2013, tradução nossa).

De acordo com Fraden (2004) um sensor é um dispositivo que recebe estímulos e responde a eles em forma de sinal elétrico. Esses estímulos são definidos em quantidade, propriedade e condições, ou seja, o sensor é submetido a responder um estímulo físico, que se converterá em valores elétricos, compatíveis dos circuitos eletrônicos. Nos sinais elétricos, a saída pode ser definida em forma de voltagem ou corrente. Quando transformado em sinais eletrônicos, é possível canalizar, amplificar e modificá-los para assim obter o melhor resultado em cada caso.

Todos os sensores são conversores de energia, e qualquer transmissão de informação requer energia, não importando para qual lado a carga positiva ou negativa está indo, ou seja, um sensor não funciona sozinho. Além de requerer energia para as conversões, é necessário um amplo sistema de dispositivos que, em conjunto, faz todo o trabalho, sendo eles: condicionadores e processadores de sinais, dispositivos de memória, gravadores de dados. É a partir de todo esse complexo que é possível distinguir quais são os bons sensores oferecidos no mercado (FRADEN, 2004, tradução nossa).

Nos anos 70 a microeletrônica começou a tomar forma e desde então tornou-se prioridade e essencial para desenvolver novas tecnologias, as quais seriam integradas a pequenas funcionalidades com um sistema. A estas pequenas

funcionalidades vinculadas a um sensor, foram chamadas de microsistemas (BANKS, 2006, tradução nossa). Os sensores foram uma das tecnologias estudadas e desenvolvidas de extrema importância para a maioria dos produtos, já que há de todos os tipos, como: sensores de percepção de ondas sonoras, ótico, térmicos, químicos e bioquímicos, magnéticos, aeroespaciais, automotivos, para a medicina e qualidade de vida (MEIXNER, 2008, tradução nossa). Um dos dispositivos que está presente no dia-a-dia das pessoas e contém muitos sensores em sua placa, é o smartphone. Em um smartphone é possível encontrar: acelerômetro, termômetro, giroscópio, de gravidade, de luz, de aceleração linear, campo magnético, orientação, pressão, proximidade, umidade relativa, vetor de rotação, descritos na tabela 1, quanto tipo, utilização (ANDROID, 2017).

Tabela 1 – Descrição dos acelerômetros em um smartphone

Sensor	Tipo	Descrição	Usos
Acelerômetro	Hardware	Mede força da aceleração aplicada ao módulo nos eixos x, y e z	Detectar o movimento
Aceleração linear	Hardware e Software	Mede força da aceleração aplicada ao aparelho nos eixos x, y e z	Monitorar aceleração em um único eixo
Campo Magnético	Hardware	Mede valores do campo magnético ao redor do dispositivo.	Criar uma bússola
Gravidade	Hardware e Software	Mede a força da gravidade aplicada ao dispositivo	Detectar o movimento feito pelo usuário
Giroscópio	Hardware	Analisa a rotação em torno de um eixo	Detectar rotação
Luz	Hardware	Detecta e analisa a intensidade da iluminação ambiente	Adaptar o brilho da tela de acordo com a luz ambiente
Pressão	Hardware	Mede a pressão ambiente do ar	Monitorar as alterações na pressão atmosférica
Proximidade	Hardware	Mede a proximidade em relação a um objeto pela tela	Determinar se o aparelho está próximo ao ouvido do usuário.
Temperatura	Hardware	Mede a temperatura do dispositivo	Monitorar temperaturas

Fonte: Android (2017, tradução nossa).

Os sensores que entraram mais em foco a partir do século 21 são aqueles relacionados à área médica e de qualidade de vida. Até então os mesmos estavam sendo usados para a medição de fenômenos da natureza, ou utilizados em meios que não tinham a interferência humana para sua realização. Como nos de medição de temperatura e regulação, instalados em carros, sem nenhuma vinculação a realização dos movimentos humanos. Os avanços feitos nessa área da tecnologia permitem a utilização de vários recursos, sendo um deles o monitoramento dos movimentos físicos feitos a partir da atividade física (LAI et al, 2012, tradução nossa).

Várias pesquisas nesses meios foram feitas e estão sendo desenvolvidas. Como no livro “*Healthcare Sensors Networks*”, que abrange alguns capítulos com pesquisas e desenvolvimentos de sensores e aplicações dos mesmos na área da saúde. Com o foco em rever a interação humana com os sensores sem fio, mantendo a segurança das pessoas, o baixo custo no desenvolvimento, utilizando da alta tecnologia, maior armazenamento de dados e um dinâmico envolvimento no design e tamanho dos sensores.

Um desses avanços tecnológicos tornou possível ter no mercado hoje pequenos sensores advindos da tecnologia de *Microelectromechanical System* (MEMS) que transmitem os dados via *wireless* para os computadores, integram micro controladores e armazenamento de dados sem perdas. Por serem pequenos não interferem no movimento feito pelo indivíduo, que contém uma aceleração a ser produzida, por isso estes sensores levam o nome de: sensores acelerômetros (HALL, 2005, tradução nossa).

2.1 ACELERÔMETROS

A explicação de Bonomi (2010) é bem simples quanto aos sensores acelerômetros. Para ele são sensores portáteis que quantificam a atividade física de uma pessoa. Essa quantificação vem das medidas interpretadas pelo sensor, de acordo com a aceleração na execução do movimento.

Esses tipos de sensores são comumente encontrados nos smartphones modernos, como já citado neste capítulo. Estão localizados no hardware, junto a placa do dispositivo e tem como função medir as propriedades ambientais, como a

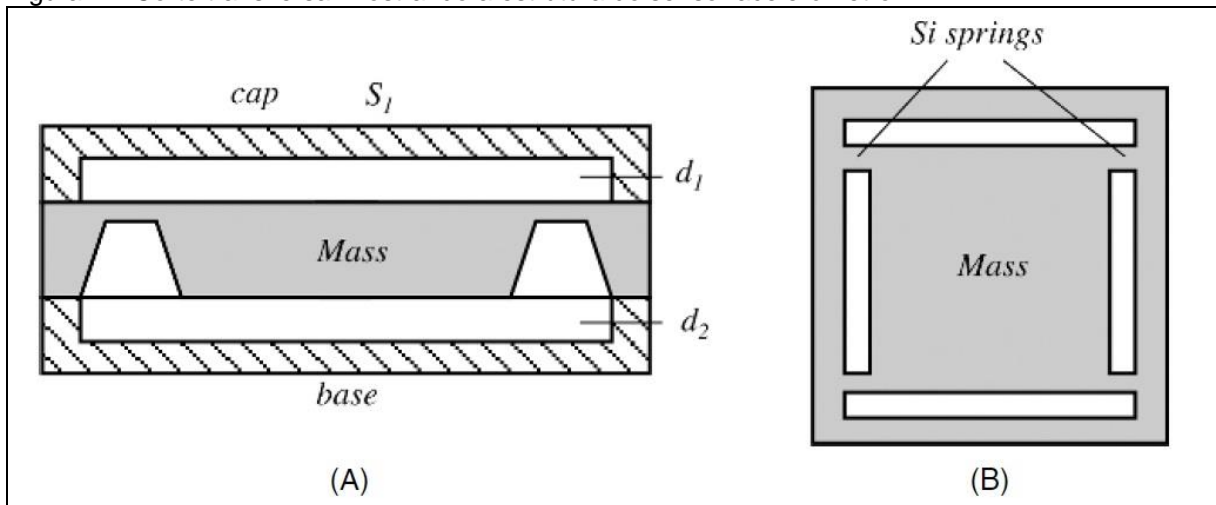
aceleração e mudança angular, sendo a detecção de movimentos a utilização mais comum deste sensor. É possível utilizar deles na programação de aplicações, tornando-se sensores de softwares, que integram seus dados com dados de outros sensores presentes na mesma placa, aprimorando a aplicação (ANDROID, 2017).

Já os encontrados no mercado, como o ADCL321, MMA7361, estão disponíveis em módulo e utilizado frequentemente em sistemas embarcados. Podem-se encontrar vários modelos diferenciados pelo tipo de MEMs e pelo preço e com diferentes tecnologias. Os acelerômetros de baixo custo são eficientes para desenvolvimento de protótipos que não requerem precisão extrema. Já os sensores da tecnologia MEMs, englobam mais recursos, criando um sistema de armazenamento de informações, processamento, fonte de energia e alguns com Bluetooth integrado, tornando-os sensíveis, compactos e com mais capacidades (SANTOS, et al. 2010).

Contém estrutura diferente dos outros sensores, por causa dos capacitores. Os capacitores CS1 e CS2 formam a parte central móvel e as partes extremas fixas. Por ter essa estrutura, no centro, é capaz de medir as forças inerciais, vibrações, choques, força da gravidade, pois a massa contida na estrutura das vigas do sensor é que são transferidas de um lado para o outro analisando em que sentido ou ângulo o sensor está se movendo (TRIETLEY, 1986, tradução nossa). Para uma medida precisa feita pelos acelerômetros é necessário que tenha um design agradável para o usuário, instalação dos componentes e correta calibração. Para uma boa calibração, algumas propriedades devem ser determinadas, como: a sensibilidade de entrada e saída de acordo com a gravidade, que é definida em $g=9.80665 \text{ m/s}^2$, a angulação e um tipo de frequência da onda específica para a operação do sensor, a ressonância e a saída zero.

Acelerômetros Capacitivos como mostra na figura 1(a) e 2(b) em um corte horizontal, contém um diferencial nos capacitores. Necessitam de um componente especial que movimenta a defasagem por trás do armazenamento do sensor. Este componente conhecido como a massa inercial do sensor se desloca entre as extremidades do sensor que são sentidas pelo transdutor mesmo em pequenas escalas ou fortes vibrações, o que contribui para o resultado de saída do acelerômetro (FRADEN; 2004).

Figura 1 – Corte transversal mostrando a estrutura do sensor acelerômetro



Fonte: Fraden (2004).

Além desses componentes em sensores capacitivos, há aqueles que também compõem sensores acelerômetros que são os cristais piezoelétricos. São fundamentais para o funcionamento, pois estes cristais são comprimidos e geram como resposta sinais elétricos proporcionais à aceleração. Dois cristais muito utilizados ainda nos sensores piezoelétricos são os de quartzo e cerâmica policristalina. Quartzo sendo um dos mais utilizados, tem como características: ser muito estável, estrutura forte, pode suportar temperaturas de até 400°C, e é um cristal natural, porém conta com a desvantagem de: se utilizado em altas temperaturas pode ocorrer a duplicação da sensibilidade, alterando a saída. Os materiais de cerâmicas, não são encontrados puros na natureza, e por serem fabricados existe uma variedade de materiais que podem ser fabricados para uma determinada aplicação. Para se tornarem piezoelétricos, precisam passar por o processo de polarização, onde recebem um campo elétrico de alta intensidade, alinhando os polos.

O material que compõe o sensor é que permitirá uma maior ou menor sensibilidade, pois o stress causado no material refletirá diretamente no sinal elétrico de saída. Os sensores aplicam as leis de Newton, que a força aplicada sobre a massa resulta em uma aceleração (WILSON, 2005, tradução nossa).

Módulos para desenvolvimento de protótipos e produtos embarcados, como o da figura 2, são desenvolvidos por várias empresas de hardware, como a Apex Electrix, que disponibilizam o *datasheet* para estudos e implementações. O *datasheet* é composto pela descrição do módulo, de características, diagrama do

circuito, descrição e configuração dos pinos identificando quais são pinos de saída analógica, de entrada de energia. Alguns modelos apresentam Bluetooth integrado, o que não é o caso dos modelos mais baratos, por isso em um sistema embarcado, se necessário, utilizar um módulo Bluetooth separado.

Figura 2 – MMA7371 3 Axis módulo acelerômetro



Fonte: Do autor.

2.2 BLUETOOTH

A própria Bluetooth identifica essa ferramenta como uma inovação em conexão, onde bilhões de dispositivos podem se conectar em qualquer hora e lugar, desde automação de casas até aplicações para salvar vidas. Novas tecnologias migram o foco para desenvolvimento de dispositivos sem fio. Este é um tema onde o Bluetooth é requisito número um para integrar nesta migração, pois contém características de wireless, bom custo, baixa potência e involuntário. A última característica está associada a como esta comunicação seria feita. O usuário não necessitaria pensar em conectar os dispositivos, instalar drivers para poder ocorrer a ação final. A maioria dos dispositivos relacionados ao uso diário das pessoas, têm comportamento mestre/escravo, sendo que quando mestre um dispositivo pode localizar outros sete pelo endereço de 48-bit de cada um, o que seria uma grande vantagem para o usuário (KAMMER et. al., 2002, tradução nossa).

Uma pesquisa da ABI Research, relata que até 2018 terão mais de 10 bilhões de tecnologias com Bluetooth no mundo. Essa tecnologia de rede sem fio voltou a ser foco, desde que foi lançado a especificação 4.0 do Bluetooth, em 2010, que incluía uma nova linhagem, o *Bluetooth Low Energy*. Desde então muitos dispositivos móveis, tablets, computadores, monitores cardíacos, relógios começaram a utilizar desta tecnologia. Conhecido também por *Bluetooth Smart*, Bluetooth LE, é dito como uma nova tecnologia, com características próprias, sendo

a principal delas o consumo menor de energia, ou bateria, durante a utilização e transmissão de dados. Na parte técnica os dispositivos Bluetooth são divididos em três categorias, sendo elas: “*Classic*” *Bluetooth*, *single-mode* e *dual-mode*. A primeira categoria enquadra o apenas ao Bluetooth clássico, a segunda se refere ao Bluetooth LE e as novas alternativas de uso e a terceira engloba os dois seguimentos de clássico e Bluetooth Low Energy, porém não utiliza de pouca energia, pois há as especificações ainda do clássico bluetooth e funcionamento diferenciado. (NILSSON; STALTZSTEIN, 2015; TORVMARK, 2014, tradução nossa).

As diferenças entre os dois Bluetooth estão no número de canais, tempo de conexão, protocolos e outras características detalhadas na tabela 2.

Tabela 2 – Diferenças entre Bluetooth Classic e Low Energy

Tipo	Bluetooth Classic	Bluetooth LE
Canais	79	37
Canais por descoberta	32	3
Tempo para conexão	Segundos	Milissegundos
Consumo de energia	Alto	Baixo
Protocolo de perfis para troca de dados	Definem o próprio protocolo	GATT/ATT

Fonte: Adaptado de Torvmark (2014, tradução nossa).

Além dos encontrados nos equipamentos é possível encontrar módulos Bluetooth, sendo eles os mais conhecidos HC-05 e o HC-06, pois já vem programados de fábrica. A diferenças desses módulos é seu comportamento, enquanto o HC-06 é utilizado apenas como modo escravo, o HC-05 pode se comportar tanto como mestre e escravo. Um módulo que tem a especificação de um Bluetooth LE é o H10. Esses módulos podem ser utilizados com micro controladores para desenvolvimento de sistemas, protótipos e embarcados (De La ROCHA, 2015).

3 OPEN SOURCE HARDWARE

O hardware conhecido principalmente pelos que trabalham na área da computação, é definido como a parte física. É também aquela que engloba a CPU, memória e os dispositivos de entrada e saída (SILBERSCHATZ; GALVIN; GAGNE, 2004).

Antes do hardware, houve a abertura do software que obteve um enorme impacto nas tecnologias modernas, pois aumentou as pesquisas acadêmicas e a maneira das empresas construírem seus negócios (RUBOW, 2008). Em 1997, foi lançado o certificado de Open Hardware, o qual dava o direito de alterar os dispositivos para quem possuísse o certificado. O direito de apenas alterar o hardware não foi satisfatório. Nos outros anos outros certificados foram lançados, incluindo os de software, de design de circuito, para ajudar nas modificações feitas no hardware. Apenas em 2007 a TAPR fez o primeiro licenciamento de open hardware, com kits para profissionais e amadores, fazendo o suporte na área com as publicações, encontros de grupos, além de reproduzir o que foi feito com os kits e disponibilizá-los para outros poderem utilizar o dispositivo montado (GIBB, 2014).

Não há uma definição exata para Open Hardware, mas sabe-se que é um dispositivo, o qual pode-se mexer nas configurações e alterações físicas, removendo, alterando, inserindo outros dispositivos para o melhor benefício. Porém incluía alguns desafios para as empresas com a patenteação dos produtos oferecidos como Open Source, que foram resolvidos alterando a forma de produção, assemelhando à de software. Fazendo alterações mais frequentes e cada vez mais tornando-se importante para os usuários que compram o hardware e incorporam os sistemas. Muitos projetos open vem crescendo, sendo os mais conhecidos: Open Graphics Project, RepRap, OpenSPARC, Arduino (RUBOW, 2008).

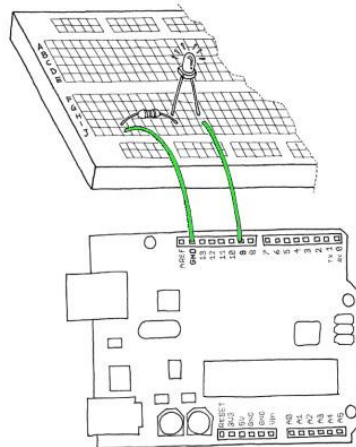
3.1 ARDUÍNO

Segundo Jipping (2007), o Arduíno é um grande projeto, por conta de, em pouco tempo ter ganho uma boa parte no mercado com mais de 500 mil placas vendidas entre originais e placas-clone. As vendas continuam em crescimento, pois

as pessoas percebem o quanto essa plataforma é interessante, já que a criação de projetos com o Arduino pode ser fácil e rápida de aprender.

A maior vantagem em se ter um Arduino é que pessoas leigas no assunto podem ter acesso e montar projetos próprios, pois há uma grande comunidade de técnicos, desenvolvedores, alunos e professores por trás compartilhando informações sobre os projetos eletrônicos desenvolvidos com a plataforma. Conhecida como uma plataforma de desenvolvimento de micro controladores, contém códigos e diagramas de circuito, que são processados pela próprio Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) do Arduino. O código e o projeto podem ser incrementados a partir de outros componentes, inicializados na IDE e conectados na placa Arduino por meio de cabos de conexão, conhecidos como "jumper macho-macho" mostrados em verde na figura 3 (McROBERTS, 2011).

Figura 3 - Ligação de componentes por cabo macho-macho



Fonte: Adaptado de BANZI (2011).

Outros produtos, além das placas, são comercializados pela Arduino, como impressora 3D, placas de Internet com kits para a construção de Internet das coisas, além de placas para desenvolvimento de relógios, conhecidos como *wearable* e as famosas *shields*, que são placas de circuito, com outras funcionalidades, sendo uma delas a extensão do Arduino e seus pinos. Dentre as placas, a mais recente é a Arduino UNO, que pertence ao nível de iniciante, para quem deseja pequenos projetos. Porém a mais popular das placas e com maior conteúdo na internet é a Duemilanove. As duas juntas seguem no topo pois é possível retirar o chip da placa e colocar em outra placa com outros circuitos, montando um dispositivo embarcado e personalizado. Caso o objetivo seja apenas utilizar a placa, porém com mais

memória e pinos, a recomendada seria a placa do Arduino Mega. Outras versões também são encontradas, como: Arduino Pro, 101, Mini, Zero (ARDUINO, 2016).

O Arduíno é também definido como micro controlador, pois contém um em seu hardware. Um micro controlador tem as características de um pequeno computador, contendo um processador, memória e pinos de entrada e saída (SMITH, 2011). Apesar de todos esses segmentos ele não funciona totalmente sozinho, necessita de componentes eletrônicos externos que fazem parte de todo o projeto, sendo alguns deles: motores, sensores, LEDs, resistores, capacitores, transistores, displays, botões, interruptores, etc. Para o Arduíno entender qual a função cada componente e o que eles fazem, é necessário algumas instruções. Instruções essas que são conhecidas como código e são guardadas na memória e que posteriormente têm uma ação (KELLY; TIMMIS, 2013, tradução nossa).

Para a utilização do código, é recomendado o download do software disponível, conhecida como IDE do Arduino, com fácil instalação, apenas necessitando selecionar corretamente a placa que está sendo utilizada e a porta. Por ser uma IDE, aceita a linguagem C conhecida pelo usuário que em forma do código e é passada para o compilador avr-gcc. O mesmo traduz o programa de computador escrito em linguagem C para a linguagem entendida pelo micro controlador da placa do Arduíno. Para o upload, além da IDE e do código escrito é preciso de um cabo USB com plug A para B que conectará o Arduíno ao PC, fazendo assim o upload. Após a transação o código convertido em linguagem de máquina, o mesmo é armazenado na memória e inicializado para execução das funções (BANZI, 2011, tradução nossa).

A interface da IDE é simples e de fácil entendimento, contendo uma barra de ferramentas no topo como mostra a figura 4, com sete botões que aplicam as funções da IDE. A primeira ferramenta disponível é a de compilação e análise de erros de semântica e sintaxe. O botão Upload, representado pela seta apontada para a direita, tem como função enviar o código escrito na IDE para o Arduíno. O monitor serial, representado pela lupa no canto direito da figura 4, exibe a depuração do código, onde é possível analisar dados de output e input, quando comandos de serial são descritos no código. Os botões New, Open e Save, são respectivamente para, criar uma janela para um novo *sketch* (nome dado para as linhas de códigos

escritas para o Arduino), abre um arquivo já existente e salva o arquivo em aberto (McROBERTS, 2011).

Figura 4 – Menu da IDE de desenvolvimento do Arduino



Fonte: do autor.

Há muitos projetos criados com a placa Arduino, em diversas áreas e ao redor do mundo. É ideal para desenvolver dispositivos que interagem com o meio em que os seres humanos estão habituados, como: aplicação de controle remoto, aplicação que utiliza de sensores de som, para saber o quão perto um objeto está do outro, ou de luz, para saber se há presença ou ausência de luz no local.

3.1.1 Arduino Uno

Para iniciantes na área de prototipagem, a placa Uno, é a ideal, pois além de ser a melhor em custo benefício da categoria, consegue processar protótipos que também são processados em outras placas Arduino. O que garante isso é o micro controlador ATmega328P, pertencente a família dos 8-bit, garante uma memória não volátil de 32KB (*kilobytes*) e uma alta performance.

As conexões são feitas pelos pinos, sendo no total 14 pinos de entrada e saída, que estão divididos conforme mostra a tabela 3. A descrição, escrita e leitura de dados são feitas respectivamente por, *pinMode()*, *digitalWrite()*, *digitalRead()*, pela IDE do Arduino.

Tabela 3 – Descrição dos pinos da placa Arduino.

Tipo	Quantidade de pinos	Pinos	Descrição
Digital IO	14	0-13	Pinos de entrada e saída, determinados pelo programador no <i>sketch</i> .
Entrada Analógica	6	A0-A5	Pinos analógicos fazem a conversão de dados

Tipo	Quantidade de pinos	Pinos	Descrição
Saída Analógica	6	3,5,6,9,10 e 11	Pinos de saída podem ser reprogramados no sketch pelo programador

Fonte: Banzi (2011).

A estrutura da placa, representada na figura 5, também é formada por um botão *reset*, necessário caso a placa ou o programa pare de funcionar. Uma entrada USB, utilizada para carregar os sketch da IDE para o Arduino e também serve como alimentação da placa. Alguns circuitos podem apresentar problemas de envio e recebimento de dados caso a placa esteja sendo alimentada pelo computador. Por isso há uma entrada para fonte externa, que suporta entre 6V a 20V de tensão. É recomendado que se siga as especificações de 5V ou de 7 a 12V de alimentação da placa Uno, acima disso a placa poderá ficar instável e ocorrer a queima da mesma. Isso não acontece na entrada USB, porque há componentes nesse tipo de conexão que estabilizam a voltagem protegendo tanto o computador quanto o Arduino Uno (FARNELL, 2017).

Os pinos de voltagem de 5V e 3.3V regulam a tensão externa para sair exatamente com essas voltagens e permitir que outros componentes consigam operar junto com a placa.

Figura 5 – Placa do Arduino UNO



Fonte: Arduino (2016).

A junção dos componentes com a placa deriva um protótipo. Este que pode ser acionado por meio de botões conectados no circuito, por controles remotos, ou

mesmo por dispositivos móveis por meio de softwares que enviam os dados para o Arduino realizar uma ação.

4 DISPOSITIVOS MÓVEIS

No mundo atual, onde as informações vêm e vão a todo instante, foi necessário a criação de um dispositivo que conseguisse capturar essas informações em tempo real. Por isso foram criados os dispositivos móveis. Iniciando com os notebooks, era necessário para os tempos modernos algo que fosse mais que um computador portátil e sim um compacto equipamento que conteria um software e um adicional a mais: um telefone. A relação formada entre os seres humanos e os smartphones é inquebrável, nada comparado aos outros equipamentos eletrônicos. Em qualquer lugar que se vá, há sempre alguém interagindo com um dispositivo móvel, seja por voz, serviços multimídia ou movimentação de dados, pois aplicações de software funcionam nesses dispositivos e em diferentes sistemas operacionais. A tabela 4 mostra a porcentagem de qual dispositivo é mais utilizado em cada segmento (COLLINS; ELLIS, 2015, tradução nossa).

Tabela 4 – Porcentagem de qual dispositivo eletrônico é mais utilizado

Categoria	Preferencia em dispositivos móveis	Preferência em Notebook/Desktop
Redes Sociais	60%	40%
Notícias e Informação	35%	65%
Música	70%	30%
Jogos	60%	40%
Vídeos	65%	35%
Mapas	65%	35%
Checar conta bancária	75%	25%
Checar Status de Viagem	80%	20%

Fonte: Adaptado de Collins (2015, tradução nossa).

De acordo com Gartner o volume de dados obtido através dos dispositivos móveis cresceu muito rápido e continua crescendo, sendo que as conexões em 2011 chegaram em 5,6 bilhões. Além dos dispositivos móveis serem vistos como para uso pessoal, estão sendo utilizados em outras áreas, como na da saúde. Os aplicativos nessa área tiveram um rápido crescimento, transformando muitos aspectos na parte prática dos profissionais de saúde. Sendo representado por

smartphones e *tablets*, que combinam as utilidades de um computador desktop e comunicação, em um único dispositivo que pode ser levado a qualquer lugar e do tamanho que cabe no bolso. Esses modelos ainda disponibilizam outras utilidades mais avançadas, com voz, texto, alta qualidade de câmera, buscas na web e Global Positioning System (GPS). Além do alto processamento e resoluções de tela, os smartphones tem vantagem de serem telefones também (VENTOLA, 2014, tradução nossa).

4.1 SMARTPHONES

A maioria das pessoas acredita que os smartphones surgiram com o lançamento do iPhone, pela Apple em 2007, mas muitos analistas garantem que os smartphones vieram muito antes, quando as empresas de celulares começaram a introduzir programas mais sofisticados e buscas de Internet, além das telas *touchscreens* e os sistemas operacionais abertos (WOYKE, 2014, tradução nossa).

A Blackberry foi a primeira empresa a lançar um smartphone em 2002, seguido pelo Windows Mobile em 2006 e 2007 o iPhone. A empresa Apple via smartphones como apenas uma forma das pessoas consumirem novos produtos, mas ao longo dos anos foi visto que esta não era a única proposta. Foi quando a Samsung lançou o Galaxy Note que trouxe uma nova visão, um estilo aos dispositivos. Além das ferramentas já conhecidas pelos usuários, o dispositivo apresentava uma caneta que auxiliaria no desempenho dos trabalhos e projetos de desenhos, lembrando muito a forma de um bloco de notas de papel (YOO, 2013, tradução nossa).

Smartphones são integrados e possuem várias funcionalidades. Contém a otimização da comunicação por voz e texto, além de ter disponível o acesso a internet via wireless, com navegação e conexão seguras. Dentre suas funcionalidade, permite que o usuário escolha qual plataforma quer se comunicar com as outras pessoas, por voz, texto, vídeo, podendo enviar e receber qualquer tipo de dados. Dados esses que podem ser sincronizados diretamente com um computador desktop, ou guardá-los automaticamente na nuvem. Podem ser sincronizados fotos, vídeos, contatos, agenda, compromissos, e-mail, aumentando e contribuindo com a produtividade do usuário. Smartphones podem tanto serem

utilizados como para uso pessoal como para o profissional. Para o profissional seria necessários aplicativos especializados com o trabalho que se quer exercer, podendo personalizar e manipular informações (ILYAS; SYED, 2006, tradução nossa).

Essas funcionalidades foram desenvolvidas em um curto espaço de tempo, fazendo com que as empresas tivessem que manipular e desenvolver novos hardwares para suportar essas tecnologias, como os softwares. O resultado foi um grande número de desenvolvimento de sistemas operacionais para dispositivos móveis. Atualmente encontra-se os sistemas: Symbian, BlackBerryOS, iOS, Windows Phone e Android (OHRT; TURAU, 2012, tradução nossa).

De acordo com a Internacional Data Corporation (IDC), no Brasil, a venda de celulares aumentou muito em relação ao primeiro trimestre de 2016. Com um aumento de 23,1%, 12,0 milhões de aparelhos celulares foram comercializados no segundo trimestre de 2016, comparado a um total de smartphones vendidos no mundo, que chega a 362,9 milhões no terceiro trimestre de 2016. Já em 2015, 96% dos smartphones circulando no mundo, rodam iOS ou Android (TELECO, 2016).

4.2 SISTEMAS OPERACIONAIS

Um sistema operacional pode ser visto como a estrutura que interliga o funcionamento e as funções do hardware com o usuário, ou seja é um software. É através desse software que podem ser construídos modelos, outros softwares e componentes que buscarão utilizar todo o potencial do hardware. Sem ele, o hardware, por mais potente que seja, ficará sem utilidade, pois de alguma maneira o dispositivo tem que ter algum tipo de sistema operando para o seu funcionamento (JIPPING, 2007, tradução nossa). Diferentemente dos Sistemas Operacionais (SO) desktop, os SO de dispositivos móveis precisam ser mais ágeis e ir mais além da necessidade do usuário, que está a todo o momento conectado, principalmente ao smartphone. É necessária uma atenção especial aos tipos de comunicação e ao design da interface (COLLINS, 2015).

Em 2016, de acordo com os dados da IDC, o Android é o sistema operacional que mais domina os smartphones. Em Agosto de 2016 foi visto que 87.6% dos smartphones rodam este sistema operacional, seguido pelo iOS que domina os 11.7% e do Windows Phone com 0.4% do mercado. O sistema

operacional iOS, da Apple, obtém uma porcentagem adequada ainda, por ser o segundo sistema mais utilizado e a Apple não dar a licença de uso em outros dispositivos móveis que não são da marca. A interface do sistema é a parte que mais chama a atenção dos usuários, pois existe um conceito de manipulação direta dos elementos na tela, principalmente as chamadas de botões, quadros, as quais têm uma resposta rápida ao comando dado. Assim como as outras funções de toque, de deslize, de ampliação que têm as funções bem especificadas dentro do contexto do iOS. Já o Windows Phone é mais voltado para usuários que utilizam o smartphone como ferramenta de trabalho, pois lembra o sistema desktop, apesar de ser menos complexo. Android está no topo da lista do sistema mais utilizado por ser um SO open-source, assim os desenvolvedores conseguem escrever suas aplicações, ampliando a funcionalidade dos dispositivos que rodam Android (NOSRATI; KARIMI; HASANVAND; 2012).

4.2.1 Android

A popularidade do Android cresceu em cima dos smartphones, com o sistema operacional móvel, porém seu desenvolvimento foi além deles, sendo aplicados em outros sistemas e dispositivos, como os tablets, robôs, leitores eletrônicos, consoles de jogos, satélites da NASA e até em equipamentos voltados para a área da saúde. A competição só aumenta entre os desenvolvedores de OS, mas a vantagem que o Android tem é ter o código aberto. Cada vez mais pessoas então se juntando na comunidade Android, para a inovação do software (DEITEL et. al., 2015).

A era Android começou quando os dispositivos móveis ainda eram regidos por sistemas próprios como no Symbian OS, Microsoft Windows, Mobile Linux, iPhone OS, Moblin, entre outros. Esses sistemas eram muito restritos e pouco se envolviam no desenvolvimento de algo mais robusto e que realmente fosse de interesse do usuário e foi isso que o Android ofereceu. Uma plataforma de código aberto e com acessibilidade, garantindo uma alta qualidade de desenvolvimento dos frameworks. Os líderes da indústria, como: Google, Intel, Samsung, Sony Ericsson e outros, se juntaram, para a formação da Open Handset Alliance, que tinha como objetivo a rápida inovação, respondendo as necessidades dos consumidores que

cada vez aumentam. Hoje a plataforma Android tem como proposição trazer as aplicações do desktop, que os usuários estão acostumados, para os dispositivos móveis. Isso é possível pois seu sistema operacional baseado no Linux, apresenta uma pilha que gerencia o dispositivo, memória e os processos. Já as bibliotecas do Android ficam com a função telefônica, de vídeos e gráficos, além de outros aspectos (HASHIMI; KOMATINENI; MacLEAN, 2010).

É conhecido por ser *open-source*, mais ainda por ter uma comunidade girando em torno desse sistema, que utilizam dessa plataforma open-source para a criação das próprias aplicações. Várias outras partes são necessárias e dependentes para a composição do Android, mesmo de hardware. Que é necessário seguir as capacidades e compatibilidades do sistema para suportar os requerimentos do mesmo. Do software a plataforma disponibiliza as documentações, ferramentas, *plug-ins*, as bibliotecas como SQLite e WebKit, para a criação das aplicações. Contém todo o suporte para o desenvolvedor criar a aplicação que imagina e quer desenvolver, pois essa é a filosofia do Android. Que é possível reparar erros ou deficiências de interface ou de aplicações nativas apenas escrevendo uma extensão do arquivo. Além das aplicações externas, existem aquelas que são nativas, ou seja, que são aplicações pré-instaladas do Android, como: gerência de SMS, calendário, lista de contato, *browser*, galeria de fotos e música, aplicação de câmera e vídeo, calculadora, relógio. Algumas vezes também vem instalado recursos do próprio Google (MEIER, 2010).

As aplicações para Android são diferentes das de *desktop* pelo fato de serem aplicações de primeiro plano. Inicia uma tela de cada vez, uma aplicação de cada vez formando assim uma pilha, a qual sincroniza com os botões do dispositivo. Um exemplo seria, ao clicar no botão de voltar, apresentar a tela anterior.

Para desenvolver aplicações para Android recomenda-se seguir padrões pré estabelecidos pelo grupo de desenvolvedores do Android. Os conjuntos de padrões são de: guias de qualidade de aplicativo, se o mesmo é bom para todas as plataformas disponíveis, como *wearables*, smartphones, TVs, guias de conectividade, de consumo de bateria, de serviços do Google, de design, que consta um manual repleto de informações de como o desenvolvedor pode utilizar dos estilos, componentes, *layouts*, recursos, usabilidade e plataformas no contexto de

design de iteração. Os padrões levados a risca, quando unidos formam uma aplicação satisfatória para o usuário final (ANDROID, 2017).

Além dos guias é necessário baixar pacotes de objetos disponíveis no próprio site da Android, que são os Software Development Kit (SDK) e Native Development Kit (NDK), são respectivamente, kit de desenvolvimento para o software e nativo. Esses kits são importantes para a compilação, instalação do código, que fornecem vários arquivos e dados para a formação de uma aplicação. Dos recursos oferecidos os mais importantes são as ações, objetivos, serviços e provedores de conteúdo, sendo alguns dele: dimensionar tamanhos de telas de diferentes aplicativos, gerar códigos para imagens utilizadas, debugar aplicativos em emuladores ou em dispositivos, iniciar operações de backup e restauração, alinhamento de dados e código para consumo menor de memória, proteger áudios e vídeos, suporte para sensores, entre outros. Os kits podem ser encontrados no Android Studio, que é a IDE oficial para desenvolvimento para Android, porém a outras IDEs que também suportam o desenvolvimento mobile, como o Eclipse e o Delphi. Com eles é preciso instalar os pacotes individuais do SDK e NDK (BURNETTE, 2008).

5 TRABALHOS CORRELATOS

Os trabalhos correlatos fazem parte, pois auxiliam na pesquisa e desenvolvimento do trabalho proposto, tendo em vista que são trabalhos pelo mundo e do Brasil.

5.1 SELF-DIRECTED ARM THERAPY AT HOME AFTER STROKE WITH A SENSOR-BASED VIRTUAL REALITY TRAINING SYSTEM

Uma pesquisa e estudo do departamento de Neurologia do Hospital Universitário De Zurique, na Suíça, utilizou de sensores fixos e da realidade virtual para a reabilitação do braço de pacientes que tiveram derrame. A pesquisa foi divulgada no *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* em 2016 e pretendia a auto-reabilitação do membro em casa (WITTMANN et. al., 2016, tradução nossa).

Nesse estudo foram envolvidos onze pacientes com semi paralisia do braço por causa do acidente vascular cerebral (AVC), analisando a viabilidade de se fazer auto-reabilitação em casa por meio do sistema ArmeoSenso, uma plataforma de realidade virtual baseada em um sensor de pulso ou unidade de medida inercial . O software contém dois jogos, sendo um de velocidade e outro de coordenação de movimentos (WITTMAN et. al., 2016, tradução nossa).

Os dados dos sensores são enviados ao computador via USB e computados pelo algoritmo de Madwick. Os sensores são calibrados na hora do uso, onde o usuário segue instruções na tela, como sentar e deixar os braços na horizontal até a calibração terminar (WITTMAN et. al., 2016, tradução nossa).

Dos resultados, todos os pacientes que fizeram parte do estudo eram capazes de utilizar o sistema em casa sem supervisão e nenhum apresentou efeitos retrógrados. Os treinos tiveram média de duração de 120 a 137 min por semana, durando essa média em todo o estudo, que durou seis semanas. Dos onze pacientes, oito gostariam de continuar o tratamento em casa com o sistema, pois perceberam a eficácia do mesmo e se sentiram motivados por estarem em casa, sendo que uma terapia em casa sem supervisão feita com sensores acoplados e uma plataforma virtual é totalmente viável e segura. Além do sistema ser desenvolvido com essa finalidade de pessoas que sofreram AVC utilizarem, o

sistema apresenta fácil utilização. Da conclusão se viu que o mínimo não teve adesão aos resultados, pois apresentavam situações do AVC avançados ou pelo fato de não terem espaços suficiente em casa para instalar o sistema. Dos demais, todos se encaixaram nos resultados e gostariam de continuar a terapia em casa com o sistema (WITTMAN et. al., 2016, tradução nossa).

5.2 PHYSICAL ACTIVITY RECOGNITION IN DAILY LIFE USING A TRIAXIAL ACCELEROMETER

Este estudo foi uma tese de Mestrado em Engenharia Biomédica, no Instituto Royal de Tecnologia e escola de Ciência da Computação e Engenharia, por Illapha Cuba Gyllensten, na Suécia. O estudo apresenta que para o reconhecimento das atividades físicas é necessário algum dispositivo que consiga manter dados e que possam ser mostrados em outro momento (GYLLENSTEN, 2010).

Os algoritmos foram desenvolvidos para o acelerômetro Tracmor, que foi programado para o estudo com a finalidade de reconhecer seis atividades do cotidiano, sendo elas: deitar, sentar, levantar, andar, pedalar e correr. Para ter algoritmos de sucesso, seria necessário a introdução de Redes Neurais Artificiais, Máquinas de suporte de vetor e Árvores de Decisão (GYLLENSTEN, 2010).

Três grupos fizeram parte do estudo, sendo que o primeiro deles eram pessoas com pesos dentro da faixa normal, o segundo de pessoas obesas e o terceiro grupo aplicado em ginastas. As características, de idade, peso e altura dos participantes foram respondidas em um questionário e verificadas posteriormente no laboratório, onde também foi colocado o sensor Tracmor na cintura dos participantes para a análise do funcionamento (GYLLENSTEN, 2010).

Dos resultados obtidos no laboratório, viu-se que o algoritmo era bom na detecção das atividades dinâmicas, como andar, correr e pedalar e de a de postura, deitar. Já nas de sentar e levantar eram mais difíceis de serem reconhecidas pela localização do sensor no participante, no caso, na cintura. Dos recursos utilizados para os algoritmos, entre redes neurais, arvores de decisão e vetores obtiveram resultados semelhantes de performance. Já nos resultados do dia-a-dia do participante houve uma queda de 10% nas árvores de decisões e aumentou 25% nas máquinas de vetores. Alguns dos participantes passaram aproximadamente

56.6% do tempo sentando. Os resultados do dia-a-dia comparados com do laboratório divergem, pelo fato que o comportamento dos participantes no laboratório era mais exato. Foi notado a maneira de sentar. Onde a postura era mais correta e no dia-a-dia as pessoas acabam inclinando suas cadeiras o que sequencialmente mostrava resultados diferentes. Dos algoritmos analisados, classificaram as máquinas de vetor como o melhor para o reconhecimento de atividades, pois as variáveis de saídas, são mostradas mais rápidas e eficientes que os outros segmentos, por causa da combinação das janelas de tempo adjacentes e dos classificadores.

5.3 REDES DE SENSORES SEM FIO APLICADAS À FISIOTERAPIA

Esta é uma Monografia apresentada na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. O desenvolvimento do trabalho está relacionado a várias áreas da computação, tanto de hardware como de software. Na utilização dos sensores sem fio, software embarcados, *threading*, comunicação com sensores e engenharia de software. Tudo isso para o desenvolvimento de um protótipo do sistema FlexMeter. O objetivo do sistema é fazer o acompanhamento do tratamento dos pacientes de fisioterapia. Quem utilizará do sistema é o profissional da área, que acompanhará as medições realizadas pelo sistema através de um gráfico (POLIZEL; WADA; ALVEZ, 2011).

O protótipo examina a angulação de flexão e extensão de joelho e a flexão, extensão, adução e abdução de quadril. Para isso foi necessário a utilização de cálculos e valores obtidos através de sensores acelerômetros e magnetômetros. O software obtém os dados vindos do sensor acelerômetro, indicando sua inicialização e leitura dos dados. Calcula os resultados e contém duas *threads*, uma responsável por receber os dados vindos dos sensores sem fio e a outra por transformar os dados em resultados, salvá-los na base de dados do banco MySQL e apresenta-los na interface gráfica (POLIZEL; WADA; ALVEZ, 2011).

Para que o protótipo pudesse fazer os cálculos era necessário avaliar o comportamento dos sensores e do magnetômetro acoplados ao corpo do paciente. Das análises feitas para os cálculos do sistema, percebeu-se que eram necessários os sensores estarem na vertical, pois assim o erro de angulação era menor do que

se estivesse na horizontal. Do magnetômetro era necessário que estivesse no mesmo campo magnético que os módulos dos sensores, caso não estivesse causava erros de divergência no campo magnético. Porém foi observado que as leituras erradas não divergiam tanto do padrão (POLIZEL; WADA; ALVEZ, 2011).

O sistema foi utilizado por um fisioterapeuta, que após ler o manual, conseguiu fazer a utilização do mesmo, vendo que os objetivos do trabalho foram atingidos. Tanto na questão de utilização dos elementos citados, de hardware e software, como na validação do profissional de fisioterapia (POLIZEL; WADA; ALVEZ, 2011).

5.4 A UTILIZAÇÃO DO VIDEO-GAME NINTENDO WII NA REABILITAÇÃO DE PACIENTE COM ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO (AVE)

Para o trabalho de conclusão de curso de Fisioterapia da Universidade do Extremo Sul Catarinense, a proposta de Daniel Paratella era de utilizar vídeo-game para auxiliar na reabilitação de pacientes com Acidente Vascular Encefálico (AVE). Os jogos de realidade virtual têm impulsionado os médicos e fisioterapeutas a utilizarem dessas ferramentas nos tratamentos dos pacientes, pois eles capturam gestos e movimentos durante o tempo de jogo (PARATELLA, 2011).

O vídeo-game escolhido foi o Wii por causa dos tipos de jogos existentes de movimentação, como: boliche, tênis, baseball e golfe, pela melhora de equilíbrio e servindo como terapia complementar. O estudo foi realizado com apenas uma paciente que autorizou fazer parte das Clínicas Integradas da UNESC e do estudo em questão. Várias práticas da fisioterapia foram feitas e analisadas como de costume, porém com um diferencial: a inclusão do sistema virtual no tratamento. De acordo com os resultados a paciente obteve resultados satisfatórios após a utilização do equipamento. Análises foram feitas antes e após a utilização do mesmo. Os resultados foram de melhora no equilíbrio, na musculatura, na mobilidade e apresentando uma melhor agilidade e coordenação motora (PARATELLA, 2011).

Os dados obtidos condizem com outros estudos feitos também com o Nintendo Wii. Da conclusão do trabalho foi que a aplicação do tratamento junto com o Wii foi de grande valia, apesar de não terem resultados tão diferente entre o pré e

o pós teste. O pesquisador demonstra interesse e deixa como exemplo o estudo para outros casos que queiram utilizar de equipamentos eletrônicos em tratamentos de pacientes (PARATELLA, 2011).

5.5 RECONHECIMENTO DE MOVIMENTOS HUMANOS UTILIZANDO UM ACELERÔMETRO E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL

Este trabalho apresentado por Fernando Ginez da Silva para a obtenção de Mestre em Engenharia pela USP de São Paulo, tem como objetivo a utilização de um acelerômetro no punho para obtenção de dados e utilizar da inteligência computacional para o reconhecimento de certos movimentos (SILVA, 2013).

Os dados eram obtidos a partir de um sensor acelerômetro e enviados através de um receptor de sinais para um computador de armazenamento. Os sinais transmitidos eram brutos e seria necessário fazer um processamento e classificação de cada um deles, além de filtragem, segmentação de dados, extração e normalização de características por fórmulas matemáticas, redução da dimensão, classificação dos sinais (SILVA, 2013).

O sistema de reconhecimento, foi criado em cima de uma base de dados de treinamento, é nele que está composto a estrutura de classificação e fórmulas matemáticas dos sinais, funções das redes neurais utilizadas. Os movimentos selecionados para o trabalho foram: deitado, sentado, em pé, andando, correndo, subindo e descendo escada e trabalhando no computador. O envio de dados por era feito por um servidor local. Neste trabalho foi escolhido o Raspberry Pi, que neste caso seria conectado diretamente ao receptor do sensor (SILVA, 2013).

Os testes foram feitos em domicílio com seis voluntários, com supervisão que também ficou responsável por utilizar o software. Os resultados foram analisados em cima de gráficos de acordo com cada movimento. Notaram-se características muito parecidas entre os movimentos de deitar, sentar e em pé, pois os movimentos não continham muita oscilação para modificar a frequência. Diferentemente dos resultados obtidos através da subida e descida de escada que apresentavam uma oscilação maior, já que os usuários davam pequenos saltos na realização do movimento (SILVA, 2013).

Foi possível reconhecer os movimentos humanos a partir de um acelerômetro MEMS triaxial. O autor também tinha utilizado das técnicas de máquinas de vetores de suporte e de k-vizinhos, sendo que a máquina de vetores chegou aos 93,47% dos reconhecimentos dos movimentos, apesar de requerer mais interações e mais tempo para convergir os dados. O estudo foi satisfatório e atingiu os objetivos propostos, que era o reconhecimento das movimentações humanas (SILVA, 2013).

6 DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO PARA ANÁLISE DE DADOS ADVINDOS DOS SENSORES ACELERÔMETROS

Nos dias de hoje é difícil olhar para um lugar e não ver a utilização de alguma tecnologia. Tanto na vida pessoal como na vida profissional. E para os profissionais amplia a visão, otimiza tempo e ainda pode trazer a comodidade para o trabalho. É isso que este trabalho propõe. Utilizar de ferramentas já citadas nesse documento para dar início ao desenvolvimento de um protótipo com finalidade de auxiliar o profissionais na área de fisioterapia.

Para melhor esclarecer, a área de fisioterapia foi escolhida por ser uma área com poucos recursos de tecnologia disponíveis para ajudar nos tratamentos. Uma delas é a parte de goniometria. Em toda a sessão do tratamento o fisioterapeuta faz as medições necessárias e as vezes durante a sessão podem ocorrer mais medições. Isso requer tempo e muitas vezes essas medições não saem precisas, pois elas são feitas manualmente e por humanos.

Para uma certa precisão seria necessário a utilização de equipamentos eletrônicos que pudessem reconhecer essas medições e passar por um sistema para a análise do fisioterapeuta. Para isso ocorrer é preciso utilizar de sensores, são eles que captam a aceleração do movimento. Porém os sensores sozinhos não fazem todo o trabalho e os sinais enviados dos sensores precisam ser transformados em dados que o profissional conhece e então seria necessário a utilização e integração de outra plataformas. O Arduíno ficará com a função de receber esses sinais enviados pelos sensores e convertê-los para dados conhecidos. Após, esses mesmo dados terão que ser enviados para uma aplicação final para a utilização do usuário. Essa aplicação será para dispositivo móvel, escolhido o smartphone com sistema operacional Android.

É nesta aplicação com uma devida interface que haverá a apresentação dos dados para identificação e análise.

6.1 METODOLOGIA

Para iniciar o trabalho foi feito um levantamento bibliográfico das ferramentas onde estão ou não estão sendo mais utilizadas no mercado, para saber exatamente

qual caminho seguir sem maiores intervenções. Das ferramentas foram analisadas IDEs, placas de prototipagem e módulos de sensores e Bluetooth, os quais necessitaram serem estudados, testados para verificar suas funcionalidades disponíveis.

Após as pesquisas foi necessário estudar sobre a IDE Delphi em linguagem pascal, que garante um desenvolvimento mobile, utilizada para desenvolver o aplicativo para Android. Pesquisas sobre o Sistema Operacional Android também foi necessária, pois foi a escolhida para compor este trabalho, pois é um sistema de código fonte, significando que há facilidade na implementação de uma aplicação para esse SO.

Feito a análise das placas de prototipagem disponíveis no mercado, foi escolhida e feito o estudo da plataforma Arduíno, posteriormente do sensor acelerômetro a ser utilizado e da escolha do módulo Bluetooth.

Perante todos os estudos e escolhas feitas, se iniciou a parte de desenvolvimento da montagem do hardware com o software e da aplicação para Android.

Antes da aplicação final, várias aplicações e circuitos foram criados para testes de conexão, pareamento, envio e recebimento de dados, para analisar se todos os hardwares estavam funcionando perfeitamente.

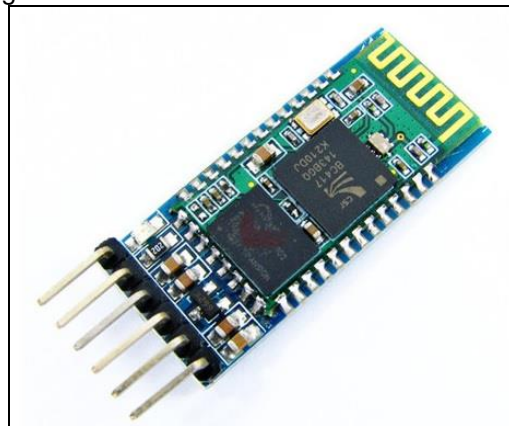
A aplicação final foi desenvolvida em cima de todos os testes feitos anteriormente, mas mesmo durante o desenvolvimento novos testes foram feitos para saber se os dados estavam sendo enviados corretamente, qual era a melhor maneira de desenvolver certo método da aplicação e como modelar os dados transmitidos.

6.2 ESTUDO DAS FERRAMENTAS

Para o desenvolvimento do trabalho foi escolhido o Arduíno Uno, figura 6 do capítulo 4, uma placa de prototipagem da Arduíno. É a primeira da linha de placas do Arduíno e a com mais custo benefício, com ela é possível fazer de pequenos a médios circuitos. Foi escolhida também por já ter sido vista em disciplinas na universidade e pela gama de estudos, informações que se tem desta placa.

Complementando a parte de hardware, a escolha do módulo acelerômetro e do bluetooth foi realizada, do ponto de vista de fácil aquisição. Foi visto vários sensores acelerômetros os quais incluíam um bluetooth no mesmo módulo, porém a aquisição do mesmo dependia de outros países com impostos, sendo o mesmo com custo elevado. Além disso o módulo deveria ser programado juntamente com o bluetooth para poder realizar o envio e recebimento de dados. Sendo assim para o módulo acelerômetro foi utilizado o MMA7361, figura 2, do capítulo 2 com fácil acesso ao datasheet, aquisição e só é necessário energia de fonte externa para poder operar. Um acelerômetro de três eixos e com boa precisão. O módulo Bluetooth utilizado foi o HC-05, mostrado na figura 6, pois já estava disponível para a implementação e serviria para fazer a comunicação dos dados de acordo com os objetivos do protótipo, mas no caso de implementar esta ferramenta para fins lucrativos o mais indicado seria utilizar de um Bluetooth Low Energy, sendo um HC-08 ou HM 10.

Figura 6 – Módulo Bluetooth HC-05



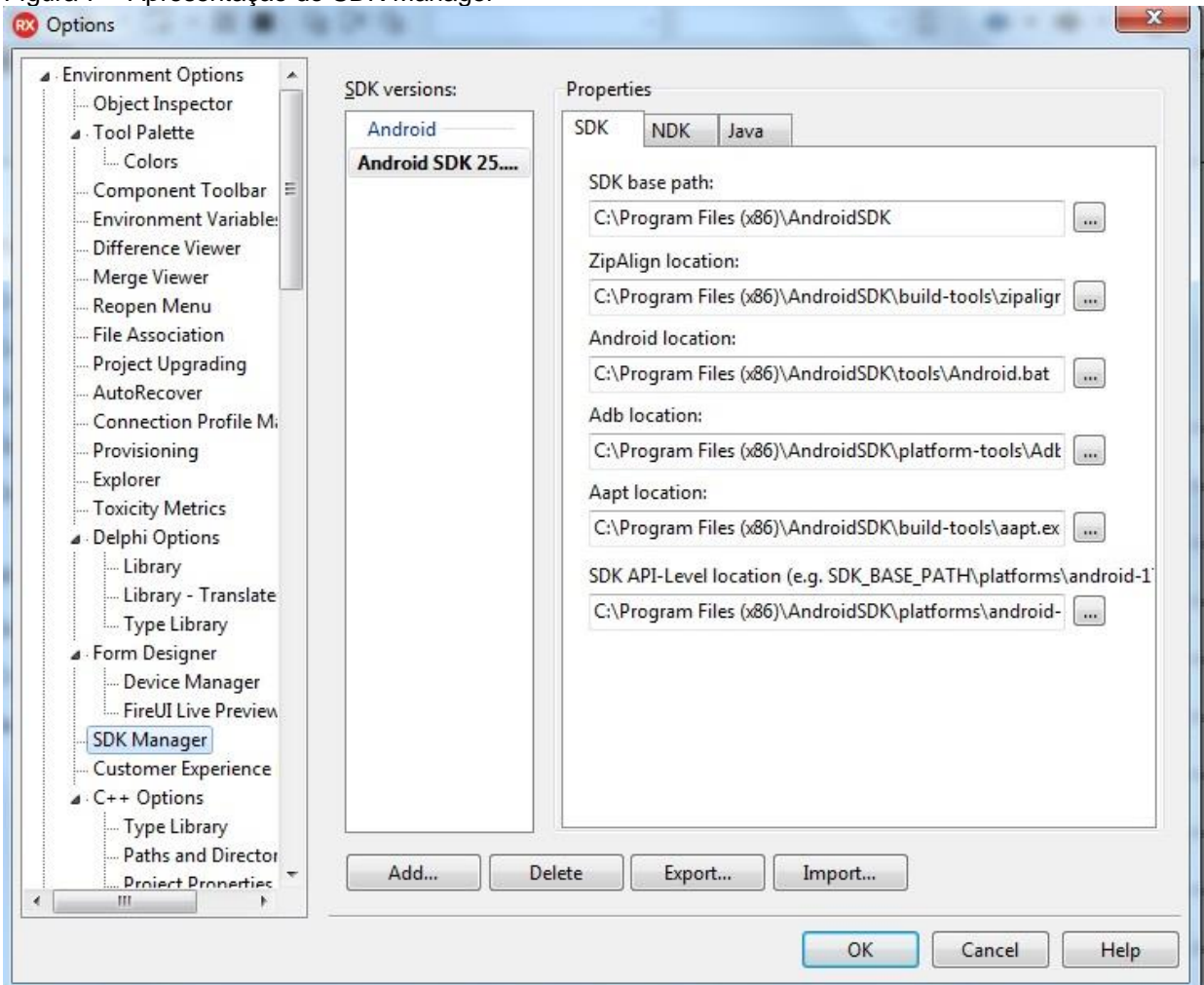
Fonte: FlipFlop (2017).

Além de estudar os hardwares envolvidos neste protótipo, também foi necessário o estudo das IDEs e linguagens utilizadas para o desenvolvimento. Da IDE para o código do Arduino foi utilizada a própria IDE do Arduino, a mesma compreende linguagem em C, na versão 1.8.2.

O desenvolvimento da aplicação para o dispositivo móvel utilizou-se da IDE Delphi, na versão Berlin 10.0.2, disponível para licença acadêmica, utilizando de linguagem pascal. Para esse tipo de aplicação em Android é necessário fazer a

configuração do SDK, utilizado na versão 25.0.2 e NDK dentro da própria IDE, pelo *SDK Manager* como mostra a figura 7.

Figura 7 – Apresentação do SDK Manager



Fonte: Do autor.

O *debug*, parte que roda a aplicação para verificar funcionamento de botões, funções, pode ser feita na tela do Windows, mas para uma aplicação de dispositivos móveis é recomenda-se a utilização do emulador do celular, para isso se deve verificar se o dispositivo tem a função de *debug*.

O dispositivo remetido aos testes foi o Moto G (2ª Geração), figura 8, com tela de 5.5 polegadas, com resolução de 1280x720 pixel e sensível ao toque. A versão do Android 6, Marshmallow, garante nas configurações o modo programador, responsável por dar as permissões necessárias para o debug da aplicação no aparelho. Dada as permissões, é possível adquirir o *driver USB*, no site da Motorola, para garantir o debug entre IDE e dispositivo.

Figura 8 – Moto G (2 Geração)



Fonte: Motorola (2017).

6.3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Após o estudo, aquisição de todos os hardwares, softwares instalados, se deu início aos testes. Esses testes foram para saber se os equipamentos, dentre placa Arduíno, módulos estavam em perfeito estado e funcionando de maneira correta de acordo com o manual do fabricante. O mesmo foi feito com os softwares em questão. Foi posto em prática o estudo feito anteriormente, assim aprimorando o entendimento das ferramentas.

6.3.1 Montagem do circuito

O objetivo de se ter usado o módulo acelerômetro MMA7361, foi pelo fato de já vir com configuração de fábrica, como cada saída se comporta e também os pinos já vêm acoplados no módulo para facilitar a ligação entre módulo e placa de prototipagem. O comportamento de cada pino depende do movimento feito no módulo. Este movimento implicará um resultado, que implica em uma variação de tensão em cada um dos eixos do acelerômetro, sendo eles o eixo X, Y e Z. Este módulo é completamente compatível com a placa Arduíno Uno. Das características, ele pode operar tanto em 5V, igual a voltagem de operação do Arduíno quando ligado por cabo USB, ou pode operar em 3.3V. A diferença entre os dois tipos de voltagens permitido, é a maneira como o módulo se comportará na precisão dos resultados. As respostas de saída dos eixos são de forma analógica, por isso os

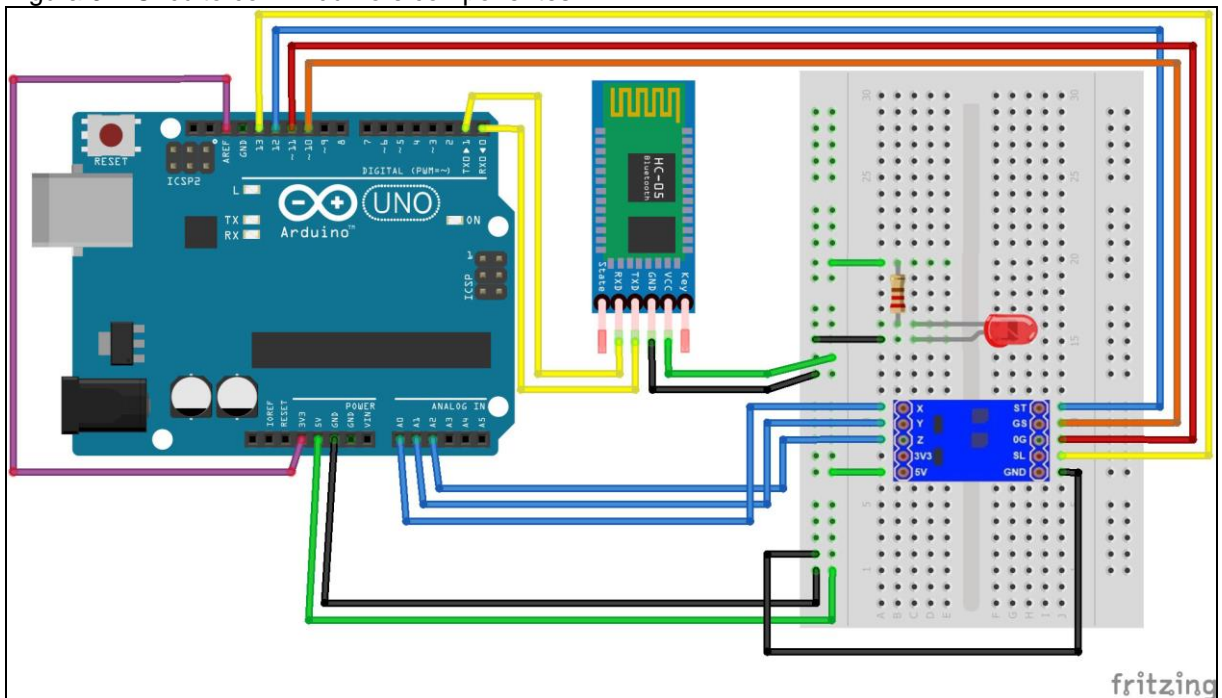
pinos que representam os eixos X, Y e Z serão ligados as portas de entrada analógica do Arduíno.

O módulo Bluetooth também permite a ligação dos seus pinos ao Arduíno, sendo utilizado apenas os quatro pinos dos seis existentes.

Os outros dois pinos, *state* e *key*, são respectivamente utilizados para saber quando uma conexão entre dispositivos foi bem sucedida e quando tem de fazer especificações no comando AT para mudar senhas, nome do dispositivo e no caso do HC-05, se terá comportamento mestre ou escravo. Os outros quatro pinos existentes farão a ligação e conexão do Bluetooth. O pino VCC, é padrão como sendo de carga de energia. O mesmo será alimentado pelo pino de 5V do Arduíno. O pino GND, conhecido como terra será ligado ao GND do Arduíno. As duas outras entradas do Bluetooth, farão a comunicação entre os dados recebidos e enviados do Bluetooth, são o RX e o TX. RX efetuará a recepção dos dados, enquanto o TX emitirá dados, todos quando submetidos a programação de envio e recebimento. O Arduíno permite receber estes pinos em qualquer outra entrada digital, desde que feita a programação dos mesmo. Porém as entradas 0 e 1 do Arduíno estão destinadas exatamente para se comportar como o RX e TX, que são entradas seriais. Ou seja, o módulo HC-05 envia e transmite dados via serial, utilizando o serial do Arduíno para fazer esta comunicação. Quando o sketch é carregado via cabo USB para a placa, recomenda-se desconectar os pinos RX e TX do Bluetooth para não ocorrer choque de dados enquanto se faz a transmissão.

Após a análise dos requisitos e funcionalidades de cada pino no Arduíno e os módulos utilizados, foi possível fazer a montagem final do circuito, mostrado na figura 9. O circuito também contém um LED. Quando dados são recebidos pelo Bluetooth este LED será aceso e quando a comunicação cessar o LED apagará.

Figura 9 – Circuito com Arduino e componentes



Fonte: Do autor.

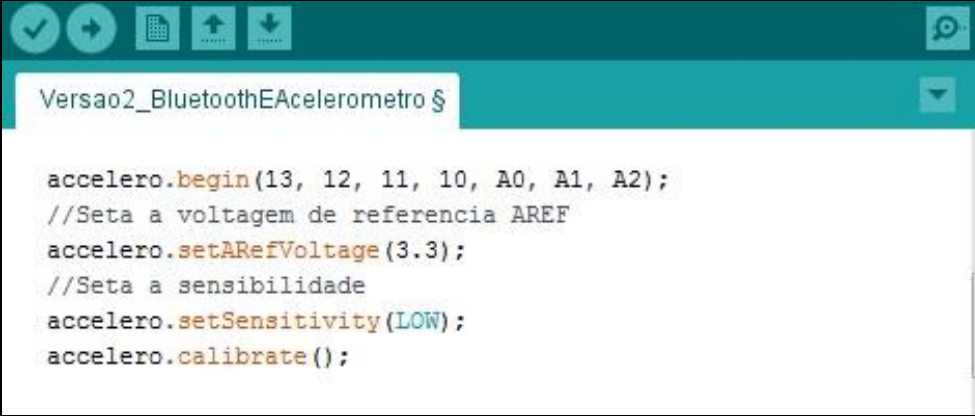
6.3.2 Desenvolvimento do software

Para o hardware compreender a execução de cada um dos componentes é necessário utilizar de uma programação, feita por uma IDE. No caso do Arduino o programa, conhecido como sketch ficará armazenado na memória do Arduino e executado pelo microcontrolador. A aplicação para o dispositivo móvel, foi desenvolvido em linguagem Pascal pela IDE Delphi.

6.3.2.1 Desenvolvimento na ide Arduino

Feito o estudo de como utilizar corretamente as funções da IDE, inicializou-se o desenvolvimento do sketch. Para o acelerômetro foi analisado que seria ideal utilizar de uma biblioteca para a obtenção de dados. Essa biblioteca está disponível para download e é necessário armazenar na pasta *libraries* da IDE. Feito isso, a biblioteca *AcceleroMMA7361.h* foi incluída na programação. Ela contém métodos, como mostra a figura 10, que fazem as configurações necessárias para o módulo acelerômetro.

Figura 10 – Código de configuração do módulo acelerômetro



```

Versao2_BluetoothEAcelerometro $
accelero.begin(13, 12, 11, 10, A0, A1, A2);
//Seta a voltagem de referencia AREF
accelero.setARefVoltage(3.3);
//Seta a sensibilidade
accelero.setSensitivity(LOW);
accelero.calibrate();

```

Fonte: Do autor.

O método *begin()* configura os pinos de entrada do acelerômetro, sendo os três últimos analógicos, que referenciam as entradas X, Y e Z. O método *setARefVoltage()*, garante a alimentação do AREF do acelerômetro com voltagem 3.3V, isso significa que a precisão de leitura do acelerômetro aumentará, em comparação a alimentação feita apenas no pino 5V. A sensibilidade do módulo é implementado pelo *setSensitivity()*. O mesmo aceita por parâmetro duas entradas, que são booleanas, sendo elas *LOW* ou *HIGH*, quando *LOW* a sensibilidade do módulo é setada em +/-6G e em *HIGH* para +/-1.5G, isso significa o quão sensível o módulo está de acordo com a força da gravidade. Há também a função para calibração, *calibrate()*, a qual seta as variáveis X e Y para zero e Z para 1G. Após todas as configurações feitas na função *setup()* do Arduino, foi implementada a parte da função *loop()*, que executa o conteúdo dentro dela várias vezes até que o Arduino seja desligado.

Para obter a aceleração dos eixos e saber a força da gravidade, foi utilizada as funções *getXAccel()*, *getYAccel()* e *getZAccel()* respectivas dos eixos X, Y e Z e atribuídas em variáveis. A formação do ângulo é representado pelo cálculo matemático, convertido para linguagem do Arduino:

$$angle_x = \text{acos}(x/m) * (180/3.14)$$

$$angle_y = \text{acos}(y/m) * (180/3.14)$$

$$angle_z = \text{acos}(z/m) * (180/3.14)$$

Utilizou-se da função do arco cosseno para poder calcular o ângulo de X. O dividendo m é o comprimento do vetor de força e é calculado a partir da raiz

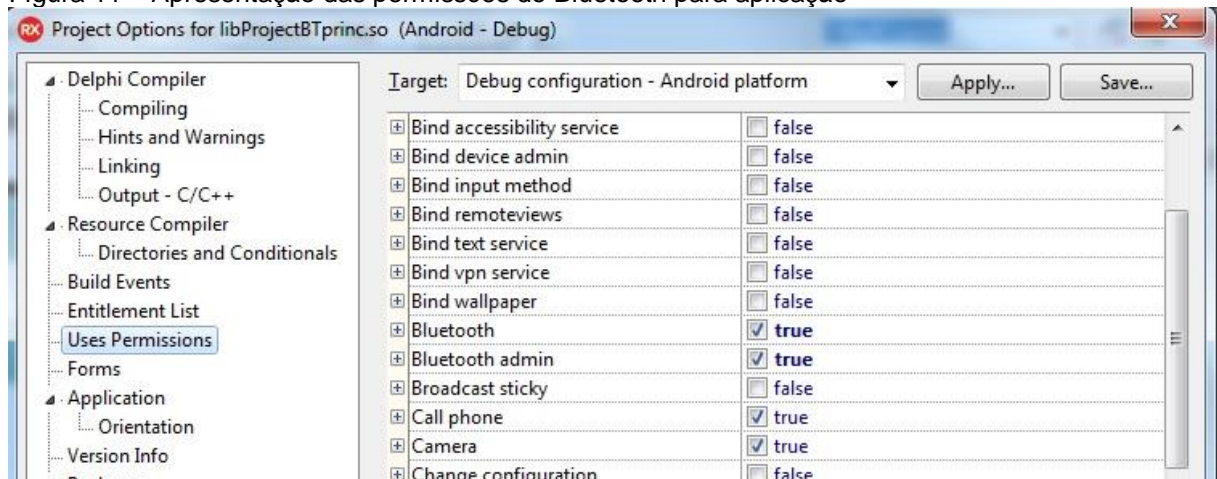
quadrada da soma das variáveis x , y e z multiplicadas por elas mesmas. O resultado da função do arco tangente resulta em um ângulo em radianos, por isso é necessário transformá-lo este resultado em graus. Por isso a multiplicação por 180 dividido 3.14, onde 180 é o valor em graus e 3.14 equivale ao valor de π , já que esta é a relação feita para obter radianos em graus.

O programa também faz a leitura da serial do Arduíno, verificando se esta está livre para receber ou remeter dados. Caso há confirmação o módulo Bluetooth pode fazer a rotina. Recebendo um char emitido pelo dispositivo móvel, que caso caia na primeira condição, o Arduíno ligará o LED conectado na porta 9 e enviará pela serial os valores dos três ângulos calculados do acelerômetro. Caso caia na segunda condição o Bluetooth para de remetes os dados e apaga o LED. A função *delay()* faz com que o Arduíno espere 2 segundos até começar um novo loop. Isso é necessário, pois o micro controlador do Arduíno faz vários loops consecutivos e poderia ocasionar um erro na aplicação que está recebendo os dados do Bluetooth, como foi testado.

6.3.2.2 Desenvolvimento na ide Delphi

A IDE Delphi possibilita o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis. No *Multi-Device Application* é possível com apenas um código fazer rodar em todos os sistemas operacionais móveis como o Android, IOS e Windows Phone. O próprio Delphi disponibiliza no projeto permissões da aplicação para utilizar de funcionalidades do dispositivo, como a permissão de utilizar do Bluetooth do aparelho. O projeto teve de utilizar dessa permissão, como mostra a figura 11.

Figura 11 – Apresentação das permissões do Bluetooth para aplicação



Fonte: Do autor.

Após montar a interface do dispositivo e complementar utilizando os componentes *TBluetooth* e *TTimer*, foi dado início a programação. Os componentes têm classes que contêm métodos e propriedades que podem ser chamadas no projeto. Isso foi feito com o componente *TBluetooth*, para poder achar os dispositivos já pareados no celular, poder conectar a eles e enviar e receber dados.

O método *PairedDevices()* consulta o adaptador do aparelho para identificar dispositivos remotos já pareados e retornando-os. Com ele é possível retornar os dispositivos em um *ComboBox* e obter o nome dos dispositivo remoto que será conectado.

Para a conexão é feito uma *Socket* presente também no componente *TBluetooth*. Esta implementação pode ser vista na figura 12, verificando a existência de dispositivos já pareados. Com isso uma variável pode receber o retorno da criação do *Socket* feita na função *CreateClientSocket(StringToGUID (UUID), false)*, sendo que a função recebe dois parâmetros. O primeiro faz a conversão da *string* *UUID* para um identificador único universal, que no caso do *Bluetooth* ele identifica como um serviço de porta serial, enquanto o segundo parâmetro aceita um boolean para identificar questões de segurança entre as conexões dos dispositivos. No caso, atribuindo o parâmetro para *false*, identifica uma conexão sem atribuições de segurança, deixando a comunicação de dados mais rápida. A variável *FSocket* chama o método *Connect()* para poder terminar a conexão entre os dispositivos e a função retorna um valor boolean da variável *FSocket*.

Figura 12 – Código da criação de um Socket.

```

-   if lDevice <> nil then
-   begin
-       FSocket := lDevice.CreateClientSocket(StringToGUID(UUID), False);
-       if FSocket <> nil then
-       begin
150      FSocket.Connect;
-          Result := FSocket.Connected;
-       end;
-   end;
-   end;

```

Fonte: Do autor.

Com essa função é possível fazer a conexão entre o módulo HC-05 e o dispositivo móvel com Android. Para receber e enviar dados é necessário iniciar o *TTimer* por botão. Esse componente é implementado pelo evento *OnTimer*, onde é executado várias vezes em um intervalo de segundos mutável, escolhido pelo programador. O intervalo escolhido foi o padrão, de um segundo, pois não interferiu nas realizações das atividades do Timer. A figura 13 mostra a implementação do componente para envio e recebimento de dados.

Figura 13 – Código implementado para o Timer

```

- procedure TForm1.TimerBluetoothTimer(Sender: TObject);
- var
97   nomeTeste: string;
-
- begin
100  if (FSocket <> nil) and (FSocket.Connected) then
-   begin
-       FSocket.SendData(TEncoding.UTF8.GetBytes('A'));
-       sleep(1000);
-       DadoRecebido := FSocket.ReceiveData;
-       if Length(DadoRecebido) > 0 then
-       begin
-           DadoRecebido := DadoRecebido + FSocket.ReceiveData;
-           Memo1.Lines.Clear;
-           Memo1.Lines.Add(DateTimeToStr(Now));
110          nomeTeste := TEncoding.UTF8.GetString(DadoRecebido);
-           Memo1.Lines.Add(nomeTeste);
-       end;
-       Application.ProcessMessages;
-   end;
-   DadoRecebido := nil;
- end;

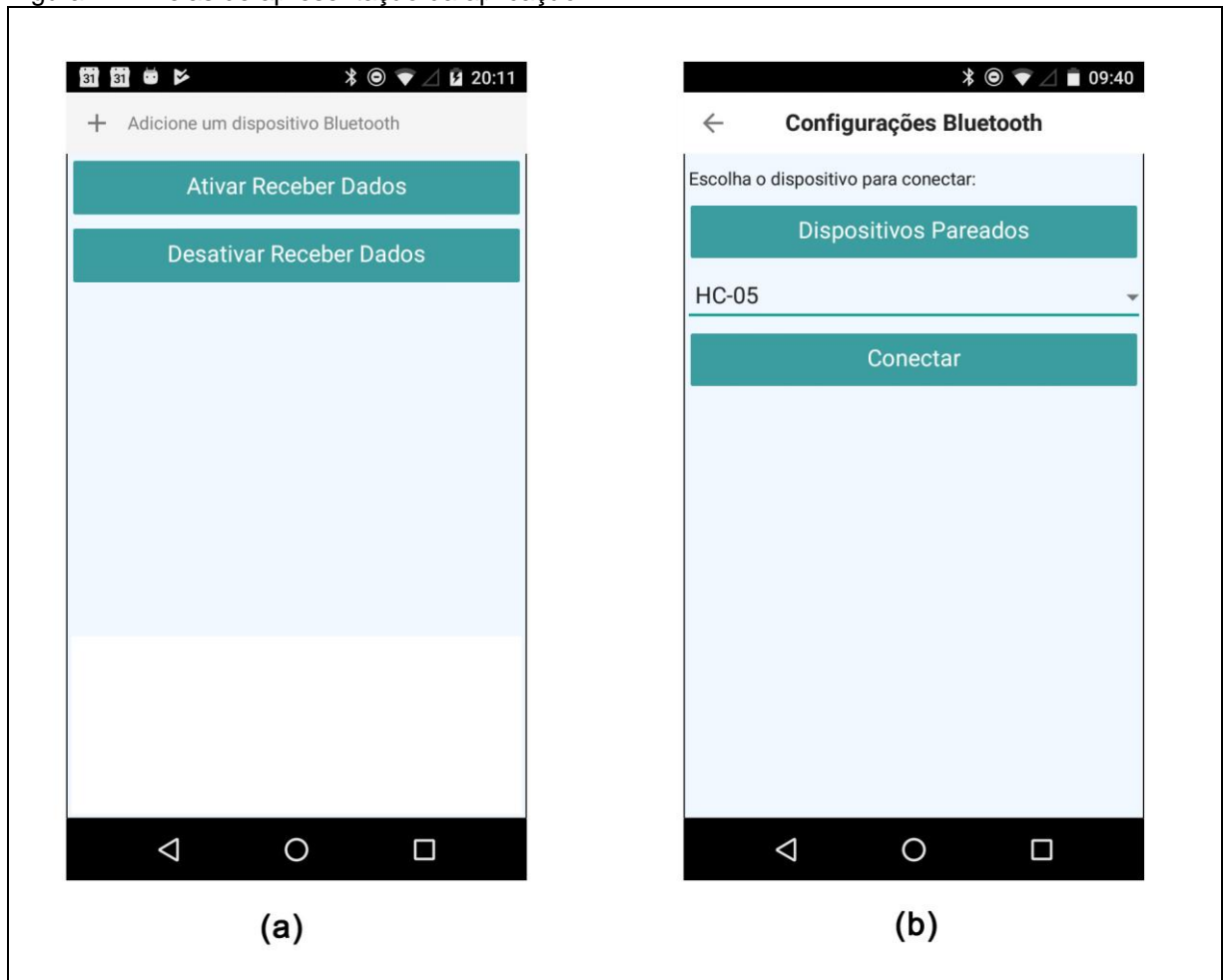
```

Fonte: Do autor.

O envio de dados é feito pelo método *SendData()*, passando por parâmetro um string transformada e enviada em bytes para o módulo. O mesmo ocorre quando recebe os dados, os dados são recebidos pelo método *ReceiveData()* e para ser mostrado para usuário, os dados são convertidos de bytes para *string*.

A interface utilizada para os testes de conexão e recebimento dos dados pode ser vista na figura 14 a e b.

Figura 14 – Telas de apresentação da aplicação

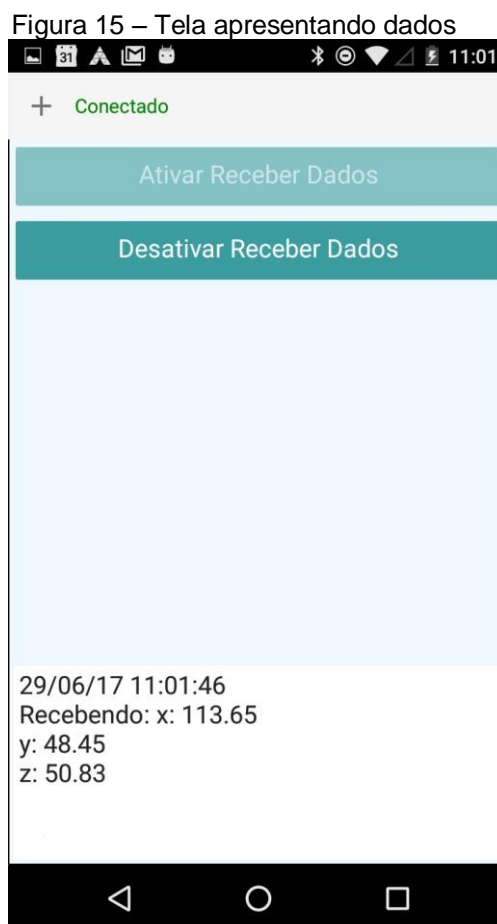


Fonte: Do autor.

A aplicação se inicia com a conexão do Bluetooth, isso pode ser feita pressionando o botão identificado com um “+” na tela, como visto na imagem 15 a. Na figura 14 b apresenta a tela já preenchida com os dados a serem utilizados. O botão Dispositivos Parados povoa o ComboBox para a seleção de dispositivos Bluetooths disponível, após selecionado é possível conectar utilizando o botão

Conectar. Feito isso utiliza-se o botão de voltar, para apresentar a tela mostrada na figura 15 a.

Na figura 15 pode-se analisar os dados sempre apresentados em forma de tempo real e os dados de cada eixo X, Y, X apresentados em ângulo. Nota-se também a mudança do status do dispositivo na parte superior da aplicação. O botão Ativar Receber Dados inicializa o Timer da aplicação para enviar, receber e apresentar os dados em tela. Enquanto o Desativar Receber Dados inibe o Timer, parando a comunicação com o Bluetooth.



Fonte: Do Autor.

6.4 RESULTADOS OBTIDOS

Em um primeiro momento foi encontrada bastante dificuldade em estudar e implementar as ferramentas, já que a mesma não era de muito conhecimento por parte do desenvolvedor. Diante disso estudos das ferramentas foram feitas, através de pesquisas e testes durante a implementação do protótipo.

A conexão com o Bluetooth foi acertada após várias tentativas diante do uso incorreto de alguns métodos. Passado isso a conexão pode ser efetuada entre os dispositivos. Para envio e recebimento de dados teve um grande contra tempo de pesquisas e mais testes. Esse só pode ser resolvido quando foi verificado que no circuito do Arduíno apresentava dois resistores entre a ligação do Bluetooth nas entradas RX e TX. Esses resistores seriam necessários para baixar a tensão recebida pelo módulo, porém estavam atrapalhando a comunicação de dados entre módulo e placa. Problema foi resolvido retirando estes dois resistores e o ligando diretamente na tensão disposta pela placa de prototipagem.

Sendo assim é possível que a aplicação, pela programação feita, consiga mostrar os dados em tempo real de um em um segundo. O mesmo tempo utilizado pelo serial do Arduíno. A aplicação mostrou comportamento favorável diante dos dados apresentados, já que o processamento entre micro controlador do Arduíno e do sistema operacional Android são diferentes. Enquanto primeiro segue rodando apenas algumas instruções em sequência, o segundo faz várias atividades ao mesmo tempo, o que requer mais atenção para o processamento correto de dados. A forma de receber os dados e tratá-las tem um foco muito importante para a aplicação, devido a não ter problemas de travar a aplicação e o próprio sistema operacional abortá-la.

O estudo abrangeu todas as áreas citadas da Ciência da Computação, sendo elas, área de hardware e software, além de outras áreas como a matemática. Todo o trabalho feito e concluído mostrou resultados satisfatórios em nível acadêmico. Foi possível analisar a construção e relação entre os dispositivos utilizados e como é feita a comunicação entre eles. Para o protótipo poder ser utilizado para a área de fisioterapia requer um investimento maior e de maior tempo, pois requer precisões e equipamentos mais requintados e que sejam autônomos, sem a utilização de fios para conexão.

7 CONCLUSÃO

Dos estudos feitos, foi visto que a utilização de redes sem fio Bluetooth estão voltando ao foco para desenvolvimento de aplicações, principalmente as voltadas para a Internet Das Coisas. Cada vez mais dados estão sendo enviados e recebidos a todo o momento e o Bluetooth começa a entrar no mercado de novo, mostrando uma nova visão de como conectar aparelhos ao redor do mundo. A utilização de um deles no projeto mostra que é um aparelho eficiente para a comunicação de dados. A implementação do Bluetooth Low Energy garante um consumo menor da bateria do aparelho, podendo fazer a aplicação que o utiliza interagir por mais tempo com o usuário. O Arduíno apresentou ser uma boa ferramenta para utilização de prototipagem e também para desenvolver uma implementação mais robusta. A integração entre os módulos e placa Arduíno pode ser feita por causa das minuciosas características que a placa apresenta, sendo uma delas, o microprocessador. Este garante um processamento rápido de acordo com as necessidades de obtenção de dados de segundos em segundos.

O trabalho abrangeu todos os recursos citados, utilizando a integração de hardwares e softwares, agregando um forte aprendizado para a acadêmica. Algumas dificuldades foram identificadas a ponto de prorrogar algumas etapas até o encontro de uma solução apropriada que requisitou tempo e estudo. Sendo elas, da parte fundamental do trabalho, a conexão entre o módulo Bluetooth e o dispositivo móvel e o envio e recebimento de dados. A partir disso, foi possível realizar outras etapas propostas.

Este trabalho pode ser utilizado como base para trabalhos futuros, implementando a parte de fisioterapia de uma forma mais aprofundada e talvez desenvolver um produto que seja capaz de fazer todos os requisitos que uma análise fisioterápica necessita.

Durante a fase de testes foi visto que apenas um acelerômetro não garante a exatidão dos dados apresentados, sendo recomendado a utilização também de um giroscópio, o qual pode ser encontrada na mesma placa de um sensor acelerômetro, para poder apresentar medidas mais precisas de tempo e espaço. O tempo para desenvolvimento de uma aplicação mais robusta foi limitado, de acordo com todas as atividades a serem executadas, entre estudos, desenvolvimento, testes. Por esta

razão o objetivo específico da letra “e” não foi implementado e como sugestão para trabalhos futuros, seguindo como base este trabalho, caracteriza-se:

- a) identificar uma precisão maior de dados e associá-los a área de fisioterapia;
- b) aprimorar a aplicação desenvolvendo as imagens em movimento;
- c) implementar um banco de dados para armazenar os dados angulares e cadastrais de um usuário.

REFERÊNCIAS

- ANDROID DEVELOPERS. Develop. API Guides. **Location and Sensors**. 2017. Disponível em: <https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html> Acesso em: 17/05/2017.
- _____. **Develop**. 2017; Disponível em: < <https://developer.android.com/develop/index.html> > Acesso em> 17 maio 2017.
- ARDUINO. **Arduino Products**. 2016. Site do fabricante. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Products>>. Acesso em: 19/10/2016.
- _____. **Arduino UNO**. 2016. Disponível em: < <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>. Acesso em: 19/10/2016.
- _____. Learning. **What is Arduino?**. 2016. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>> Acesso em: 25 nov. 2016
- BANZI, Massimo. **Getting Started with Arduino**. 2. ed. San Francisco: Maker Media, 2011. 128 p.
- BANKS, Danny. **Microengineering, MEMS, and Interfacing: A practical Guide**. Florida: CRC Press. 2006. 328 p.
- BLUETOOTH. **What is Bluetooth**. 2017. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology>> Acesso em: 17/05/2017.
- BONOMI, Alberto Giovanni. **Physical Activity Recognition using a Wearable Accelerometer: New perspectives for energy expenditure assessment and health promotion**. Tese (Doutorado) – Universidade de Pers Maastricht, Eindhoven, 2010.
- BURNETTE, Ed. **Hello Android: Introducing Google's Mobile Development Platform**. Estados Unidos: PragmaticBookshelf. 2008. 247 p.
- CAVALCANTE, Fernando Zuher Mohamad Said. **Reconhecimento de movimentos humanos para imitação e controle de um robô humanoide**. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, São Carlos.
- COLLINS, Lauren. ELLIS, Scott R. **Mobile Devices: Tools and Technologies**. Florida: CRC Press. 2015, 312 p.
- De La ROCHA, Fábio Rodrigues. E-Nurse Monitoramento Eletrônico da Saúde de Crianças. **Computer on the Beach**, p. 189 - 198, 2015.
- DEITEL, Paul. DEITEL, Harvey. DEILTEL, Abbey. **Android para programadores: Uma abordagem baseada em aplicativos**. Tradução de: João Eduardo Nóbrega Tortello. 2. ed. Porto Alegre: Bookman. 2015. 316 p.

- FARNELL. Datasheet. 2017. Disponível em: <<https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>> Acesso em: 19 maio 2017.
- FLIPFLOP. **Wireless**. 2017. Disponível em: < <http://www.filipeflop.com/pd-b4742-modulo-bluetooth-rs232-hc-05.html?ct=&p=1&s=1>> Acesso em: 31/05/2017
- FRADEN, Jacob. **Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications**. 3. ed. Nova Iorque: Springer, 2004. 608 p.
- GARTNER. Newsroom. Gartner Says Worldwide Mobile Connections Will Reach 5.6 Billion in 2011 as Mobile Data Services Revenue Totals \$314.7 Billion. 2011. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/1759714>> Acesso em: 2 nov. 2016.
- GIBB, Alicia. **Building Open Source Hardware: DIY Manufacturing for Hackers and Makers**. Indiana: Addison-Wesley. 2014. 368 p.
- GYLLENSTEN, Illapha Cuba. **Physical Activity Recognition in Daily Life using a Triaxial Accelerometer**. 2010. 65 f. Tese (Mestre em Engenharia Biomédica). Royal Instituto de Tecnologia. Suécia.
- HALL, Alisson L. **Method For The Acquisition Of Arm Movement Data Using Accelerometers**. 2005. 52 f. Dissertação (Grau de Bacharel em Ciência da Engenharia Mecânica). Instituto de Tecnologia de Massachusetts. Massachusetts.
- HASHIMI, Sayed; KOMATINENI, Satya; MACLEAN, Dave. **Pro Android 2**. [S. l.]: Apress, 2010.
- IDC. Smartphone OS Market Share. Products + Services. 2016. Disponível em: < <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>> Acesso em: 17 nov. 2016
- ILYAS, Mohammed; AHSON, Syed. **Smartphones: Research Report**. Chicago: IEC, 2006. 245 p.
- JIPPING, Michael J. **Smartphone Operating System Concepts with Symbian OS: A Tutorial Guide**. Inglaterra: JohnWiley & Sons, 2007. 313 p.
- KAMMER, David et al. **Bluetooth Application Developer's Guide: The Short Range Interconnect Solution**. Massachusetts: Syngress, 2002. 561 p.
- KELLY, James Floyd; TIMMIS, Harold. **Arduino Adventures: Escape from Gemini Station**. Nova Iorque: Apress, 2013. 332 p.
- KO, JeongGil et al. **Wireless Sensor Networks for Healthcare**. Disponível em<<http://cra.org/ccc/wp-content/uploads/sites/2/2015/08/Ko-2010-Wireless-Sensor-Networks-for-Healthcare.pdf>> Acesso em: 02 set. 2016.

LAI, Daniel Tze Huei. et al. **Healthcare Sensor Networks: Challenges Toward Practical Implementation**. Florida: CRC Press, 2012. 462 p.

McGRATH, Michael J. SCANAILL, Clíodhna Ní. **Sensor Technologies: Healthcare, Wellness and Environmental Applications**. Nova Iorque: Apress, 2013. 336 p.

McROBERTS, Michael. **Arduíno Básico**. São Paulo: Novatec, 2011. 456 p.

MEIXNER, Hans. Sensor in Micro- and NanoTechnology. In: GÖPEL, Wolfgang. . **Sensors a Comprehensive Survey: Micro- and Nanosensor Tchnology/Trends in Sensor Markets**. Weinheim: VCH, 2008. Vol. 8. p.1-21.

MOTOROLA. **Moto G (2 Geração)**. 2017 Disponível em: <<https://motorola-global-portal-pt.custhelp.com/app/home/device/motorola/moto-g-2-ordf-geracao>> Acesso em: 31/05/2017

NILSSON, Rolf; SALTZSTEIN, Bill. **Bluetooth Low Energy vs. Classic Bluetooth: Chose the Best Wireless Technology For Your Application**, 2012. Disponível em: <<http://www.medicalelectronicsdesign.com/article/bluetooth-low-energy-vs-classic-bluetooth-choose-best-wireless-technology-your-application>> Acesso em: 19/05/2017

NOSRATI, Masoud; KARIMI, Ronak. HASANVAND, Hojat Allah. Mobile Computing: Principles, Devices and Operating Systems. **World Applied Programming**, Irã, jul. 2012. Disponível em <<http://waprogramming.com/index.php?action=journal&page=showpaper&jid=1&iid=12&pid=106>> Acesso em: 1 nov. 2016.

OHRT, Julian; TURAU, Volker. Cross-Platform Development Tools for Smartphone Applications. **Computer**. Universidade de Tecnologia de Hamburgo, vol. 45, n. 9, p. 72-79, set. 2012.

PARATELLA, Daniel Nunes. **A utilização do vídeo-game Nintendo Wii na Reabilitação de Paciente com Acidente Vascular Encefálico (AVE)**. 71 f. TCC (Bacharel no Curso de Fisioterapia) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

POLIZEL, Artur; WADA, Eduardo; ALVES, Renan. **Redes de sensores sem fio aplicadas à fisioterapia**. 78 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

RUBOW, Erik. Open Source Hardware. 2008. Disponível em: <http://cseweb.ucsd.edu/classes/fa08/cse237a/topicresearch/erubow_tr_report.pdf> Acesso em: 2 nov. 2016.

SANTOS, Antônio Fernando Moura et. al. Aplicação de acelerômetros de baixo custo em sistemas automatizados de medição. 20º POSMEC, 2010, Uberlândia. **Anais da 20º POSMEC**. Minas Gerais: UFU, 2010. Disponível em: <<http://www.posgrad.mecanica.ufu.br/posmec/20/>> Acesso em: 17/05/2017.

SILBERSCHATZ, Abraham; GALVIN, Peter Baer; GAGNE, Greg. **Sistemas Operacionais com Java**. Tradução de: Daniel Vieira. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus. 2004, 628 p.

SILVA, Fernando Ginez da. **Reconhecimento de movimentos humanos utilizando um acelerômetro e inteligência artificial**. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SMITH, Alan G. **Introduction to Arduino: A piece of cake!**. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2011. 170 p.

SOARES, Renato; BORGES, Marcos. Robótica: aprendizado em informática de forma lúdica. In: XXXI CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 31., 2011, Natal. **Anais...** Limeira: Universidade Estadual de Campinas, -, p. 2.

TELECO, Smartphones no Brasil. Smartphones. 2016. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/smartphone.asp>> Acesso em: 17 nov. 2016.

TOLEDO, Jan; DEUS, Gilcimar. **Desenvolvimento em Smartphones – Aplicativos Nativos e Web**. 2012 Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás. Disponível em:

<<http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/7mostra/Artigos/AGRARIAS%20EXATAS%20E%20DA%20TERRA/Desenvolvimento%20em%20Smartphones%20-%20Aplicativos%20Nativos%20e%20Web.pdf>> Acesso em: 12 maio 2016.

TORVMARK, K. Three flavors of Bluetooth, which one to choose? EDN Magazine, 2014.

TRIETLEY, Harry L. **Transducers in Mechanical and Electronic Design**. Nova Iorque: CRC Press, 1986. 384 p.

U.S. Department of Health and Human Services Food and Drug Administration. **Mobile Medical Applications**. 2015. Disponível em:

<<http://www.fda.gov/downloads/MedicalDevices/.../UCM263366.pdf>> Acesso em: 25 nov. 2016

VELOSO, Fernando. **Sistema de medição dos deslocamentos da rótula para diagnóstico**. 84 f. Dissertação (Mestrado em Design e Desenvolvimento do Produto) – Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, Portugal.

VENTOLA, C. Lee. **Mobile Devices and Apps for Health Care Professionals: Use and Benefits**. P&T. v. 39. Maio 2014. Disponível em:

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4029126>> Acesso em: 1 nov. 2016.

WILSON, Jon. **Sensor Technology Handbook**. UK: Elsevier, 2005. 703 p.

WITTMANN, Frieder et. al. Self-direct arm therapy at home after stroke with a sensor-based virtual reality training system. **Jornal of NeuroEngineering and Rehabilitation**. Suíça, ago. 2016. Disponível em:

<<https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-016-0182-1>>

Acesso em: 25 nov. 2016

WOYKE, Elizabeth. **The Smartphone: Anatomy of an industry**. Nova Iorque: New Press. 2014, 293 p.

YOO, Jin-Hong. The Meaning of Information Technology (IT) Mobile Devices to Me, the Infectious Disease Physician. **Infect Chemother**, Seoul, jun. 2013, Special Article. Disponível em:

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3780950/pdf/ic-45-244.pdf>> Acesso em: 1 nov. 2016.

APENDICÊ(S)

APÊNDICE A – ARTIGO CIENTÍFICO

DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO PARA ANÁLISE DE DADOS ADVINDOS DE SENSORES ACELERÔMETROS

Isadora Farias Lummertz¹, Sergio Coral¹

¹Curso de Ciência da Computação – Unidade Acadêmica de Ciências, Engenharias e Tecnologias (UnaCET) – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) - Av. Universitária, 1105 – Bairro Universitário – Criciúma – SC - Brasil

iflummertz@hotmail.com, sergiocoral@unesc.net

Abstract. Nowadays the technology has make necessary for the most social áreas and new projects coming from technology field. A lot of areas need especial attention for development of technologies that will help some stage of treatment. Some of these areas with déficit it's physiotherapy. Using various parts of computing, like hardware and software, there is possibility to start a tool for theaid of physiotherapeutic treatments. These hardware are envolved Arduino prototyping platform, Bluetooth HC-05 module and MMA7361 module for funcionalities implementation of data captation and angle transformation, besides using the module to send data for an mobile device application. The mobile devices application have become more popular because of the mobility of being able to take data and applications to anywhere.

Resumo. A tecnologia nos dias atuais se faz necessária para a maioria das áreas sociais e principalmente novos projetos advindos da área tecnológica. Muitas áreas ainda necessitam de atenção especial para o desenvolvimento de alguma tecnologia que auxilie na execução de alguma etapa. Uma dessas áreas com déficit, é a de fisioterapia. Com a utilização de várias partes da Computação, de hardwares e softwares, há possibilidade de dar início a uma ferramenta para o auxílio de tratamentos fisioterápicos. Desses hardwares, são utilizados a plataforma de prototipagem Arduino, módulo Bluetooth HC-05 e do módulo MMA7361 para poder implementar funcionalidades de captação de dados e transformação destes em ângulos, para uma aplicação em dispositivo móvel. As aplicações em dispositivos móveis se tornaram mais populares pelo fato de ter a mobilidade e levar esses dados e aplicações para qualquer lugar.

1. Introdução

Nos dias de hoje onde a tecnologia é predominante, não se pode negar a importância que faz na vida dos seres humanos. Uma das maiores qualidades da tecnologia é a de abranger diversas áreas, dentre elas a área da saúde. Quando desenvolvidos sistemas para tratamentos dessas áreas, abrange várias partes também da computação. Sendo elas de hardware e software.

Hardwares que se integram e dependentes de um software que administrará as ações adquiridas desses softwares. No caso dos sensores acelerômetros que captam os estímulos da força da gravidade e expressão resultados que tem se serem analisados, convertidos e manipulados por um sistema. Sistema conhecido como aplicação para dispositivos móveis, que analisa os dados advindos desses sensores.

2. Sensores

Após o início da computação, os sensores começaram a ser integrados para obterem mais informações e comunicá-los com outros dispositivos, ampliando assim a aplicação desses equipamentos. O sensor é um dispositivo que recebe estímulos físicos do meio em que está e responde a eles em forma de sinal elétrico. Quando transformados em sinais eletrônicos, é possível, canalizar, amplificar e modificá-los para assim obter o melhor resultado para cada caso (FRADEN, 2004).

Os sensores foram uma das tecnologias estudadas e desenvolvidas de extrema importância para a maioria dos produtos, já que há de todos os tipos, como: sensores de percepção de ondas sonoras, ótico, térmicos, químicos e bioquímicos, magnéticos, aeroespaciais, automotivos, para a medicina e qualidade de vida (MEIXNER, 2008, tradução nossa).

Com os avanços tecnológicos tornou-se possível ter no mercado hoje pequenos sensores advindos da tecnologia de *Microelectromechanical System* (MEMS) que transmitem os dados via *wireless* para os computadores, integram micro controladores e armazenamento de dados sem perdas. Por serem pequenos não interferem no tamanho quando utilizados para desenvolvimento de equipamentos e de movimentação, que contém uma aceleração a ser produzida, sensores que produzem aceleração levam o nome de: sensores acelerômetros (HALL, 2005, tradução nossa).

2.1 Acelerômetros

A estrutura desses sensores é formada por partes fixas na extremidade e uma parte móvel no centro, que é capaz de medir as forças inerciais, vibrações, choques, força da gravidade, pois a massa contida na estrutura das vigas do sensor é que são transferidas de um lado para o outro analisando em que sentido ou ângulo o sensor está se movendo (TRIETLEY, 1986, tradução nossa). O tipo de material da massa central móvel nos sensores acelerômetros é que definem uma maior ou menor sensibilidade. Os sensores aplicam as leis de Newton, que a força aplicada sobre a massa resulta em uma aceleração (WILSON, 2005, tradução nossa).

Esses sensores podem ser encontrados no mercado em módulos, como o MMA7361 e são utilizados frequentemente em sistemas embarcados. No *datasheet* do produto é possível verificar a descrição do módulo, características, diagrama de circuito, configuração dos pinos identificando quais são os de saída analógica e entrada de energia.

2.2 Bluetooth

A tecnologia Bluetooth voltou ao foco desde o lançamento da especificação do Bluetooth *Low Energy*, que garante melhor desempenho e menor consumo da bateria do dispositivo. Contém características *wireless* e de fácil utilização. Além de serem encontrados em vários equipamentos, como *smartphones*, *tablets*, computadores, monitores cardíacos, também são encontrados no mercado em forma de módulos, como o HC-05 que podem ser utilizados para desenvolvimento de sistemas, protótipos e embarcados (De La ROCHA, 2015)

3. Plataforma Arduíno

Conhecida como uma plataforma de desenvolvimento de micro controladores, contém códigos e diagramas de circuito, que são processados pela próprio Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) do Arduíno. O código e o projeto podem ser incrementados a partir de outros componentes, inicializados na IDE e conectados na placa Arduíno (McROBERTS, 2011).

A placa Arduino UNO, é a ideal para pequenos e médios projetos de prototipação, pois contém os pinos necessários, como pinos analógicos,, digitais, de tensão, usb, fonte externa e botão de reset. O microcontrolador ATmega328P é o responsável pelo funcionamento da placa com alta performance e uma memória não volátil (FARNELL, 2017).

4. Desenvolvimento de aplicação para análise de dados advindos dos sensores acelerômetros

Após os estudos e levantamento bibliográfico das ferramentas de IDEs, placas de prototipagem e módulos sensores e Bluetooth, foi possível verificar quais eram as melhores para este trabalho. A aplicação foi desenvolvida na IDE Delphi Berlin para o Sistema Operacional Android que recebe os dados do sensor acelerômetro MMA7361 por meio do Bluetooth HC-05 em operação na placa Arduino UNO.

5. Desenvolvimento do circuito e software no Arduino

O objetivo de se ter usado o módulo acelerômetro MMA7361, foi pelo fato de já vir com configuração de fábrica, como cada saída se comporta. O comportamento de cada pino depende do movimento feito no módulo. Este movimento implicará um resultado, que implica em uma variação de tensão em cada um dos eixos do acelerômetro, sendo eles o eixo X, Y e Z. A precisão dos resultados de saída desse sensor é dado pela voltagem de alimentação dos pinos. O módulo é iniciado com 5V, porém alterado para 3.3V na hora da leitura dos dados nas portas analógicas do Arduino, fazendo com aumente a sensibilidade do sensor nos eixos, correlacionando com uma maior precisão na saída.

O módulo Bluetooth também permite a ligação dos seus pinos ao Arduino, sendo utilizado apenas os quatro pinos dos seis existentes. Os quatro pinos correspondentes são: pino VCC, é padrão como sendo de carga de energia. O mesmo será alimentado pelo pino de 5V do Arduino. O pino GND, conhecido como terra será ligado ao GND do Arduino. As duas outras entradas do Bluetooth, farão a comunicação entre os dados recebidos e enviados do Bluetooth, são o RX e o TX. RX efetuará a recepção dos dados, enquanto o TX emitirá dados, todos quando submetidos a programação de envio e recebimento. O Arduino permite receber estes pinos em qualquer outra entrada digital, desde que feita a programação dos mesmo. Porém as entradas 0 e 1 do Arduino estão destinadas exatamente para se comportar como o RX e TX, que são entradas seriais. Ou seja, o módulo HC-05 envia e transmite dados via serial, utilizando o serial do Arduino para fazer esta comunicação.

Após a análise dos requisitos e funcionalidades de cada pino no Arduino e os módulos utilizados, foi possível fazer a montagem final do circuito, mostrado na figura 1. O circuito também contém um LED. Quando dados são recebidos pelo Bluetooth este LED será aceso e quando a comunicação cessar o LED apagará.

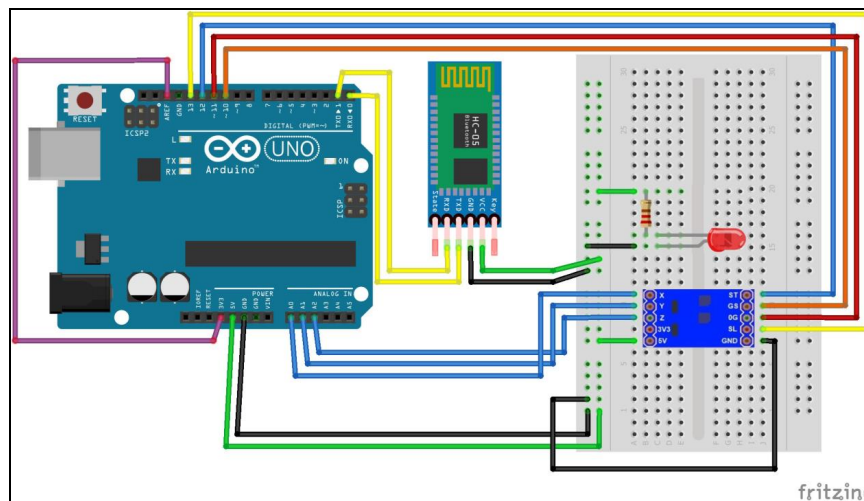


Figura 1. Circuito com Arduino e componentes

Para o hardware compreender a execução de cada um dos componentes é necessário utilizar da programação na IDE do Arduino. O programa conhecido como skretch fica armazenado na memória da placa e executado pelo microcontrolador. Para o sensor acelerômetro foi utilizado a biblioteca *AcceleroMMA7361.h* que contém métodos para auxiliar nas configurações necessárias do acelerômetro, como: de inicialização, alimentação, sensibilidade, calibração, obtenção dos dados no eixo X, Y e Z. A tensão dos eixos foi convertida em força da gravidade pelas funções `getXAccel()`, `getYAccel()` e `getZAccel()`.

A formação do ângulo é representado pelo cálculo matemático, convertido para linguagem do Arduino:

$$angle_x = \text{acos}(x/m) * (180/3.14)$$

$$angle_y = \text{acos}(y/m) * (180/3.14)$$

$$angle_z = \text{acos}(z/m) * (180/3.14)$$

Utilizou-se da função do arco cosseno para poder calcular o ângulo de X. O dividendo m é o comprimento do vetor de força e é calculado a partir da raiz quadrada da soma das variáveis x, y e z multiplicadas por elas mesmas. O resultado da função do arco tangente resulta em um ângulo em radianos, por isso é necessário transformá-lo este resultado em graus. Por isso a multiplicação por 180 dividido 3.14.

O skretch também faz a leitura da serial do Arduino, verificando se esta está livre para receber ou remeter dados. Caso há confirmação o módulo Bluetooth pode fazer a rotina. Para o envio dos dados ao dispositivo móvel, o Bluetooth contém duas condições, onde a primeira recebe o dado que ativa o led e o envio dos dados em tempo real à aplicação e outra que apaga o led e cessa o envio dos dados.

6. Desenvolvimento da aplicação

A IDE Delphi, no *Multi-Device Application*, disponibiliza no projeto permissões da aplicação para utilizar de funcionalidades do dispositivo, como a permissão de utilizar do Bluetooth do aparelho. para implementar os métodos do Bluetooth foi utilizado o componente TBluetooth do próprio Delphi que contém classes de objetos com métodos e propriedades que auxiliam na implementação da aplicação.

Para a conexão é feito uma Socket presente também no componente TBluetooth. Esta implementação verifica a existência de dispositivos já pareados. Com isso uma variável pode receber o retorno da criação do Socket feita na função *CreateClientSocket(StringToGUID (UUID), false)*, sendo que a função recebe dois parâmetros. O primeiro faz a conversão da *string* UUID para um identificador único universal, que no caso do Bluetooth ele identifica como um serviço de porta serial, enquanto o segundo parâmetro aceita um boolean para identificar questões de segurança entre as conexões dos dispositivos. No caso, atribuindo o parâmetro para *false*, identifica uma conexão sem atribuições de seguranças, deixando a comunicação de dados mais rápida. A variável *FSocket* chama o método *Connect()* para poder terminar a conexão entre os dispositivos e a função retorna um valor boolean da variável *FSocket*. Feito isso, a conexão entre o dispositivo móvel e o módulo HC-05 foi criada e com essa função é possível fazer o envio e recebimento de dados.

Para que os dados sejam mostrados em tempo real, foi necessário utilizar de outro componente chamado TTimer, que é inicializado quando clicado o botão de "Ativar Recer Dados". Esse componente é implementado pelo evento *OnTimer*, onde é executado várias vezes em um intervalo de segundos mutável, escolhido pelo programador. É nele que é feito o envio e recebimento dos dados do sensor acelerômetro pelo HC-05. O envio de dados é feito pelo método *SendData()* do Socket, passando por parâmetro um string transformada e enviada em bytes para o módulo. O mesmo ocorre quando recebe os dados, os dados são recebidos pelo método *ReceiveData()* e para ser mostrado para usuário, os dados são convertidos de bytes para *string*.

A aplicação é composta de duas telas. Sendo a segunda para escolha e conexão com o Bluetooth. Na figura 2 pode-se analisar os dados sempre apresentados em forma de tempo real e os dados de cada eixo X, Y, X apresentados em ângulo. Nota-se também a mudança do status do dispositivo na parte superior da aplicação. O botão Ativar Receber Dados inicializa o Timer da aplicação para enviar, receber e apresentar os dados em tela. Enquanto o Desativar Receber Dados inibe o Timer, parando a comunicação com o Bluetooth.



Figura 2. Tela apresentando dados

7. Resultados Obtidos

A conexão com o Bluetooth foi acertada após várias tentativas diante do uso incorreto de alguns métodos. Passado isso a conexão pode ser efetuada entre os dispositivos. Para envio e recebimento de dados teve um grande contra tempo de pesquisas e mais testes. Esse só pode ser resolvido quando foi verificado que no circuito do Arduino apresentava dois resistores entre a ligação do Bluetooth nas entradas RX e TX. Esses resistores seriam necessários para baixar a tensão recebida pelo módulo, porém estavam atrapalhando a comunicação de dados entre módulo e placa. Problema foi resolvido retirando estes dois resistores e o ligando diretamente na tensão disposta pela placa de prototipagem.

A aplicação mostrou comportamento favorável diante dos dados apresentados, já que o processamento entre micro controlador do Arduino e do sistema operacional Android são diferentes. Enquanto primeiro segue rodando apenas algumas instruções em sequência, o segundo faz várias atividades ao mesmo tempo, o que requer mais atenção para o processamento correto de dados, na forma de recebê-los para que o sistema operacional não aborte a aplicação.

O estudo abrangeu todas as áreas citadas da Ciência da Computação, sendo elas, área de hardware e software, além de outras áreas como a matemática. Todo o trabalho feito e concluído mostrou resultados satisfatórios em nível acadêmico. Foi possível analisar a construção e relação entre os dispositivos utilizados e como é feita a comunicação entre eles. Para o protótipo poder ser utilizado para a área de fisioterapia requer um investimento maior e de maior tempo, pois requer precisões e equipamentos mais requintados e que sejam autônomos, sem a utilização de fios para conexão.

8. Conclusão

A utilização de um módulo Bluetooth no projeto mostra que é um aparelho eficiente para a comunicação de dados. Além de ser uma ferramenta que está voltando ao foco para o desenvolvimento de aplicações que requerem comunicação *wireless*. A integração entre os módulos e placa Arduíno pode ser feita por causa das minuciosas características que a placa apresenta, sendo uma delas, o microprocessador. Este garante um processamento rápido de acordo com as necessidades de obtenção de dados de segundos em segundos.

Durante a fase de testes foi visto que apenas um acelerômetro não garante a exatidão dos dados apresentados, sendo recomendado a utilização também de um giroscópio, para obtenção de medidas mais precisas de tempo e espaço. Porém todos os recursos citados no trabalho foram utilizados e integrados entre o hardware e software. Este trabalho pode ser utilizado como base para trabalhos futuros, implementando a parte de fisioterapia.

Referências

- De La ROCHA, Fábio Rodrigues. E-Nurse Monitoramento Eletrônico da Saúde de Crianças. **Computer on the Beach**, p. 189 - 198, 2015.
- FARNELL. Datasheet. 2017. Disponível em: <<https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>> Acesso em: 19 maio 2017.
- FRADEN, Jacob. **Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications**. 3. ed. Nova Iorque: Springer, 2004. 608 p.
- HALL, Alisson L. **Method For The Acquisition Of Arm Movement Data Using Accelerometers**. 2005. 52 f. Dissertação (Grau de Bacharel em Ciência da Engenharia Mecânica). Instituto de Tecnologia de Massachusetts. Massachusetts.
- McROBERTS, Michael. **Arduíno Básico**. São Paulo: Novatec, 2011. 456 p.
- MEIXNER, Hans. Sensor in Micro- and NanoTechnology. In: GÖPEL, Wolfgang. . **Sensors a Comprehensive Survey: Micro- and Nanosensor Tchnology/Trends in Sensor Markets**. Weinheim: VCH, 2008. Vol. 8. p.1-21.
- TRIETLEY, Harry L. **Transducers in Mechanical and Eletronic Design**. Nova Iorque: CRC Press, 1986. 384 p.
- WILSON, Jon. **Sensor Technology Handbook**. UK: Elsevier, 2005. 703 p.