

Nilton Nonato Garcia Júnior

Desenvolvimento de um cenário para coleta de variáveis cinéticas de pessoas idosas

Teresina – PI, Brasil

2018

Nilton Nonato Garcia Júnior

**Desenvolvimento de um cenário para coleta de
variáveis cinéticas de pessoas idosas**

Universidade Estadual do Piauí – UESPI

Orientador: Ms. Líliam Barroso Leal

Teresina – PI, Brasil

2018

Nilton Nonato Garcia Júnior

Desenvolvimento de um cenário para coleta de variáveis cinéticas de pessoas idosas/ Nilton Nonato Garcia Júnior. – Teresina – PI, Brasil, 2018-

Orientador: Ms. Líliam Barroso Leal

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Piauí – UESPI, 2018.

1. Dispositivo embarcado. 2. Oscilografia. 3. Pessoa idosa. 4. Fisioterapia. 5. *Hardware e Software*. I. Líliam Barroso Leal. II. Universidade Estadual do Piauí. III. Centro de Tecnologia e Urbanismo

Nilton Nonato Garcia Júnior

Desenvolvimento de um cenário para coleta de variáveis cinéticas de pessoas idosas

Esta monografia foi julgada e adequada para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação e, aprovada em sua forma final pelo Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual do Piauí – UESPI.

Ms. Líliam Barroso Leal
Orientador

Constantino Augusto Dias Neto

Lianna Mara Castro Duarte

Teresina – PI, Brasil
2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde física, mental e espiritual. Minha mãe pelo apoio e amor em todos os momentos. A Universidade Estadual do Piauí por proporcionar um ambiente de conhecimento e aprendizado. A minha namorada pelo carinho e compreensão. Minha orientadora pela atenção e dedicação.

RESUMO

O crescimento abrupto da demografia modifica as características da população e da morbi-mortalidade, em especial em países em desenvolvimento como o Brasil, essas características são mais acentuadas na população idosa (CARVALHO, 2008). Alves estima que até o final do século XXI o crescimento do público idoso brasileiro seja de aproximadamente 38,4% da população total do país (ALVES, 2014). O crescente número de idosos tem despertado a atenção para a perda da capacidade funcional e da independência devido as alterações fisiológicas que afetam a eficiência física e o declínio de vários órgãos (ALVES, 2014). Essas degradações da capacidade funcional e da independência, potencializam as quedas entre idosos, destacando-se uma problematização de saúde pública devido à alta frequência com que ocorrem, elevado o custo social e econômico (CARVALHO, 2008; REZENDE, 2012; DELLA ROZA et al., 2014; ALMEIDA et al., 2012; CRUZ et al., 2011). Em consequência do problema de saúde pública citado acima, adota-se como objetivo dessa pesquisa, realizar o desenvolvimento de um cenário para coleta de dados cinéticos gerados por meio de sensores de aceleração linear e angular, aplicado ao sensoriamento do equilíbrio em pessoas idosas. Com o intuito de concluir o objetivo proposto, a metodologia dessa pesquisa foi dividida em 3 etapas, foram elas: Aspectos éticos da pesquisa, construção do protótipo para coleta de dados e implementação de uma aplicação para o gerenciamento dos dispositivos embarcados. Após a conclusão dessas etapas, foram obtidos como resultados a construção do cenário para coleta de dados cinéticos e a análise de suas oscilografias.

ABSTRACT

The sharp growth of demography modifies the characteristics of the population and mortality, particularly in developing countries like Brazil, these characteristics are more pronounced in the elderly (Carvalho et all., 2008). Alves estimates that by the end of the Brazilian elderly population of the twenty-first century growth is approximately 38.4 % of the total population of the country (ALVES, 2014). The growing number of elderly has aroused attention to the loss of functional capacity and independence because of the physiological changes that affect the physical efficiency and the decline of various organs (ASLAN et all., 2008). These degradations of functional capacity and independence, leverage falls among the elderly, especially a public health problematic due to the high frequency of occurrence, high social and economic cost (CARVALHO et all, 2008; REZENDE et all, 2012; DELLAROZA et all, 2014; Almeida et all, 2012; CRUZ et all, 2012). As a result of the public health problem mentioned above is adopted the objective of this research, carry out the development of a scenario for kinetic data collection generated by linear and angular acceleration sensor, applied to the balance of the sensing in older people. In order to complete the proposed objective, the methodology of this research was divided into three steps, they were: ethical aspects of research, prototype building for data collection and implementation of an application for the management of embedded devices. After completing these steps, they were obtained as results the construction of the scene to collect kinetic data and the analysis of their oscillograms.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Arquitetura da Internet das Coisas segundo (HAKIRI et al., 2015)	16
Figura 2 – Diagrama de blocos Atmega328up	17
Figura 3 – Representação da arquitetura MQTT	19
Figura 4 – Circuito com sensor ADXL345	21
Figura 5 – Diagrama de blocos do acelerômetro ADXL345	21
Figura 6 – Circuito com um sensor L3G4200D	22
Figura 7 – BeagleBone Back	22
Figura 8 – Particle Photon	23
Figura 9 – Circuito miniaturizado com ARM Cortex M3 e Broadcom WiFi, Particle PØ.	23
Figura 10 – Arquitetura do cenário de coleta de dados	24
Figura 11 – Tela de login da aplicação web.	26
Figura 12 – Tela do menu principal da aplicação web.	27
Figura 13 – Tela de escolha de dispositivo.	27
Figura 14 – Tela nova coleta de dados, dados do paciente.	28
Figura 15 – Tela nova coleta de dados, dados do exame.	28
Figura 16 – PCB desenvolvida com o CAD <i>Eagle</i>	29
Figura 17 – Diagrama de blocos do dispositivo de coleta de dados	30
Figura 18 – PCB com a placa Particle Photon e cartão SD soldados	31
Figura 19 – PCB com a placa Particle Photon, cartão SD e GPS soldados	31
Figura 20 – Circuito acomodado em uma caixa de PLA feita em 3D, com tampa aberta.	32
Figura 21 – Dispositivo pronto para uso.	32
Figura 22 – Oscilografia Acelerômetro, exame TUG Teste.	34
Figura 23 – Oscilografia Giroscópio, exame TUG Teste.	35
Figura 24 – Oscilografia Acelerômetro, exame do Alcance Funcional.	36
Figura 25 – Oscilografia Giroscópio, exame do Alcance Funcional.	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OMS Organização Mundial da Saúde

SUS Sistema Único de Saúde

COP Comportamento da Oscilação Corporal

AVDs Atividades da Vida Diária

GPS *Global Positioning System*

SD *Secure Digital*

IoT *Internet of Things*

WSN *Wired Sensor Network*

M2M *Machine to Machine*

I2C *Inter-Integrated Circuit*

SPI *Serial Peripheral Interface*

RS232 *Recommended Standard 232*

GSM *Groupe Special Mobile*

GPRS *General Packet Radio Service*

CDMA *Code Division Multiple Access*

4G *Fourth Generation*

D2D *Device to Device*

D2S *Device to Server*

S2S *Server to Server*

MQTT *Message Queuing Telemetry Transport*

HTTP *Hypertext Transfer Protocol*

TCP *Transmission Control Protocol*

QoS0 *Quality of Service 0*

QoS1 *Quality of Service 1*

QoS2 Quality of Service 2

UDP User Datagram Protocol

LWT Last Will and Testament

CPU Central Processing Unit

EEPROM Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory

SRAM Static Random Access Memory

UESPI Universidade Estadual do Piauí

CNS Conselho Nacional de Saúde

WIFI Wireless Fidelity

RAM Random Access Memory

UARTs Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

WLAN Wireless Local Area Network

CAD Computer Aided Design

PCB Printed Circuit Board

FCC Federal Communications Commission

CE Conformité Européenne

IC Industrial Commission

3D three dimensions

PLA Poliácido láctico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Tema e problematização	12
1.2	Justificativa	13
1.3	Objetivos	14
1.3.1	Objetivo geral	14
1.3.2	Objetivo específico	14
1.4	Internet das coisas	15
1.5	Sistemas embarcados	16
2	MATERIAL	18
2.1	Protocolos de Comunicação	18
2.1.1	HTTP	18
2.1.2	MQTT	18
2.2	Linguagens de programação	20
2.2.1	DJANGO	20
2.3	Sensores	20
2.3.1	ADXL345	20
2.3.2	L3G4200D	21
2.4	Dispositivos embarcados	22
2.4.1	BeagleBone Black	22
2.4.2	Particle Photon	23
3	METODOLOGIA	24
3.1	Aspectos éticos	24
3.2	Implementação do cenário de coleta de dados	24
3.2.1	Avaliador	25
3.2.2	Notebook, Iphone e Android	25
3.2.3	Access Point	25
3.2.4	Servidor	25
3.2.5	Base de Dados	25
3.2.6	Pacientes	26
3.2.7	Dispositivos	26
3.3	Desenvolvimento da aplicação do avaliador	26
3.4	Construção do protótipo de coleta de dados	29
3.4.1	Arquitetura do dispositivo de coleta de dados	29

4	RESULTADOS	33
4.1	Consumo de Energia	33
4.2	Protocolo de comunicação	33
4.3	Acelerômetro, Giroscópio e GPS	33
4.4	Oscilografia	34
5	CONCLUSÕES	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tema e problematização

De acordo com (CARVALHO, 2008), o encadeamento da transição da demografia pode ser considerada uma realidade que modifica as características da população e da morbimortalidade, resultando, entre outras coisas, o envelhecimento populacional, alcançando tanto os países em desenvolvimento quanto os desenvolvidos . De acordo com (REZENDE, 2012) nas últimas décadas, verificou-se um claro envelhecimento da população mundial, e especialmente no Brasil houve uma redução da taxa da capacidade reprodutiva simultaneamente à expansão da longevidade. Segundo (KÜCHEMANN, 2012) assim como (CARVALHO, 2008) citam a transição demográfica, afirmando que esse fenômeno se eleva rapidamente e de forma abrupta, estimando que em 2020 o Brasil será a sexta maior concentração de idosos do mundo.

Estudos estimam uma projeção que no ano de 2030, devido ao declínio do número médio de filhos, a quantidade absoluta de crianças de 0 a 4 anos deve regredir, representando 6% da população total. A população idosa deve chegar a 41,6 milhões de pessoas, representando 18,7% da população brasileira. No ano de 2060, a população brasileira reduzirá seu volume encolhendo a base da pirâmide ainda mais. O número de crianças de 0 a 4 anos deve cair para 4,7% da população total e a população idosa deve representar 32,9% da população brasileira. No ano 2100, haverá uma pequena redução da população idosa com relação à quantidade em 2060, entretanto seu peso relativo se elevará para 38,4% da população total. Ou seja, aproximadamente 4 entre 10 brasileiros terá 60 anos ou mais, no final do século XXI (ALVES, 2014).

O crescente número de idosos tem despertado a atenção para a perda da capacidade funcional e da independência devido as alterações fisiológicas que afetam a capacidade física e o declínio funcional dos vários órgãos e sistemas. Não existe um padrão de envelhecimento, sendo próprio de cada indivíduo, independente da idade cronológica, em que o processo fisiológico é um evento complexo relacionado às condições biológicas e socioculturais (D ZCEBE HO, 2008). Esse processo, fica evidente com o passar do anos quando o grau de oscilação do corpo aumenta, mesmo em posturas simples, como na posição ereta, fazendo com que indivíduos idosos oscilem mais do que adultos jovens (PARREIRA et al., 2013).

Essas mudanças fisiológicas associadas ao processo de envelhecimento, especialmente aquelas ligadas ao equilíbrio, começam em torno dos 45 anos e afetam o sistema sensorial (visual, vestibular e somatossensorial) e os atributos físicos (flexibilidade, força, equilíbrio e coordenação) (L KLEINPAUL JF, 2009). Conforme (MATSUMOTO et al., 2016) fatores

como a síndrome locomotiva, amplamente reconhecida em pessoas mais velhas associada à disfunção locomotora tem ligação à problemas como, doenças que afetam densidade da massa óssea, massa muscular, força, alinhamento postural anormal e distúrbios ao andar .

Segundo ([MATSUMOTO et al., 2016](#)) o sedentarismo, favorece o aumento do risco de quedas, uma vez que afeta potencialmente a musculatura, reduzindo a independência em atividades básicas e o convívio social. Segundo ele, a atividade física é uma das ações determinantes minimizadoras dos efeitos do envelhecimento. Todos esses fatores, potencializam as quedas entre idosos, destacando uma configuração problemática de saúde pública devido à alta frequência com que ocorrem, à morbidade e mortalidade advindas desse evento, ao elevado custo social e econômico decorrentes das lesões provocadas, e por serem eventos passíveis de prevenção com estudos apontando que aproximadamente entre 28% e 35% dos idosos maiores de 65 anos caem uma vez por ano, e que de 32% a 42% dos idosos acima de 70 anos passam pela mesma situação ([CARVALHO, 2008; REZENDE, 2012; DELLAROZA et al., 2014; ALMEIDA et al., 2012; CRUZ et al., 2011](#)) o que faz a queda ser considerada a segunda causa de morte por lesões accidentais e não accidentais ([FHON et al., 2013](#)).

Visto o problema do risco de quedas em pessoas idosas, essa pesquisa fez contribuições para a área da fisioterapia desenvolvendo tecnologias para ambientes hospitalares. Através de um conjunto de ferramentas desenvolvidas, foi possível coletar dados de sensores cinéticos e renderizar oscilografias, proporcionando ao profissional da fisioterapia uma análise mais técnica de possíveis distúrbios do equilíbrio humano.

1.2 Justificativa

É considerado idoso de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Estatuto do idoso, pessoas com idades maiores que 60 anos (residentes em países em desenvolvimento) e 65 anos ou mais em países desenvolvidos. Esse grupo, merece destaque por fatores, como adoção de um estilo de vida sedentário e uma alimentação desbalanceada resultando em um aumento do número de pessoas que vivem em condições crônicas e necessitando um manejo clínico adequado ([REZENDE, 2012](#)).

Somado o envelhecimento da população a uma realidade sedentária e alimentar do público idoso, destaca-se a merecida atenção a alta frequência de quedas configurando um problema de saúde pública, destacando-se a morbidade e mortalidade providas desse evento que potencializa o elevado custo social e econômico atribuído a lesões ou morte da pessoa idosa, provocando além disso, a perda da autonomia e da qualidade de vida, criando a necessidade de cuidados especiais e na adaptação da rotina em razão da reabilitação e recuperação, justificando os elevados custos com medicamentos e proporcionando um grande desafio para os gestores do Sistema Único de Saúde (SUS) ([CARVALHO, 2008;](#)

ALVES, 2014)

Dado a gravidade das consequências relacionadas as quedas potencializadoras de fraturas, lesões teciduais, declínio físico e mental, aumento do risco de novas quedas e redução da qualidade de vida, além da depressão e baixa estima geradas pela dependência familiar, justifica-se o desenvolvimento de soluções tecnológicas com o objetivo de identificar os fatores de risco, planejar estratégias de prevenção, reorganização ambiental e de reabilitação funcional (ALMEIDA et al., 2012; CRUZ et al., 2011), tendo como resultados esperados a implementação de um cenário de coleta dados, visando o desenvolvimento de tecnologias aplicadas ao sensoriamento de variáveis cinéticas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral desse trabalho é o desenvolvimento de uma solução tecnológica focada no sensoriamento de variáveis cinéticas composta por soluções de *software e hardware* com o intuito de analisar variáveis relacionadas ao equilíbrio corporal de pessoas idosas. As variáveis monitoradas permitirão identificar o comportamento da oscilação corporal do centro de pressão (COP).

1.3.2 Objetivo específico

Como objetivo específico dessa pesquisa podemos destacar:

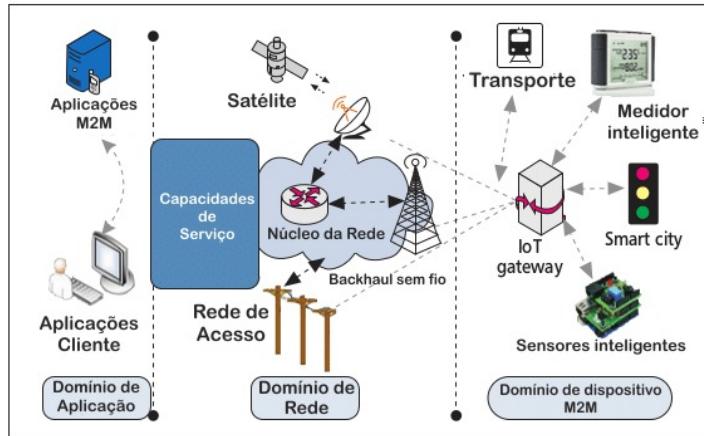
- Prototipação de dispositivos embarcados:
 - Monitoramento global por satélite (GPS);
 - Aquisição de dados de sensores cinéticos, como giroscópio e acelerômetro;
 - Implementação de interface sonora para sinalização de eventos;
 - Comunicação Wi-Fi;
 - Armazenamento em cartão SD.
- Implementação de um cenário para coleta de dados:
 - Implementação de uma rede local com servidor de aplicação;
 - Manuseio de aplicações de comunicação IoT;
 - Desenvolvimento de uma aplicações web.

1.4 Internet das coisas

Não há um termo concreto e único que defina a Internet das Coisas (IoT) podendo ser citado por diversos nomes como *ubiquitous computing*, *industrial internet*, *web of things*, *connected environments*, *pervasive internet*, *wireless sensor networks*, *future internet*, *physical computing*, *sensor web*, *smart data*, *web 3.0*, *Object Naming System*. Entretanto, o conceito base de internet das coisas refere-se a inserção de objetos inteligentes em uma rede computacional, proporcionando uma capacidade de comunicação com outros dispositivos à internet e viabilizando o controle e a interação remotamente de *smart objects*. No presente momento, não somente computadores clássicos estão conectados à internet, como também um vasto grupo de equipamentos, como eletrodomésticos, automóveis, celulares e entre outros dispositivos. Diversos pesquisadores embasam e focam o desenvolvimento de aplicações e tecnologias no conceito de IoT. Podendo citar ([WEISER, 1995](#)) que escreveu um marco sobre esse tema chamado de *The Computer for the 21st century*, sendo o primeiro a abordar o termo computação ubíqua. Suas aplicações são diversas, segundo ([MANCINI, 2017](#)) agrupa as aplicações da internet das coisas em bens de consumo como *smartphones* e *smart house*, *eHealth* como bioeletrônica e cuidados com a saúde, transporte inteligente como condições de tráfego e controle inteligente de rotas, distribuição de energia como monitoramento e gerenciamento de subestações, casas inteligentes como economia de energia e controle inteligente de equipamentos residenciais, distribuição e logística como *Smart e-commerce* e rastreabilidade, segurança pública como rastreamento de cargas perigosas, indústria e manufatura como economia de energia e controle de poluentes, gestão da agricultura e dos recursos naturais como gerenciamento de qualidade, monitoramento ambiental e *smart cities* como monitoramento estrutural, energia, transporte, estacionamento e gestão de resíduos . Sua arquitetura é composta por uma camada de sensoriamento *Wired Sensor Network* (WSN) para aquisição de dados de sensores com terminais *Machine-to-machine* (M2M) configurando a integração dos sensores com a internet através de diversos protocolos variando de acordo com a aplicação como o I2C, SPI, RS232 entre outros. Sobe essa camada encontra-se a de rede formada por diferentes redes de acesso conectando por meio de diversas tecnologias implementadas em cima desde redes cabeadas até conexões sem fio como GSM, GPRS, CDMA e 4G. Por fim, sua camada final conhecida como camada de aplicação os dados são recebidos das camadas anteriores e armazenadas em bases de dados, transformando de sua forma bruta para informações que agregue valor ao usuário.

A Figura 1, segundo ([HAKIRI et al., 2015](#)) representa as principais camadas da Internet das coisas dividindo-a em três principais camadas, Domínio de dispositivos M2M, Domínio de Rede e Domínio de Aplicação.

Figura 1 – Arquitetura da Internet das Coisas segundo (HAKIRI et al., 2015)



1.5 Sistemas embarcados

Um sistema embarcado é um conjunto de tecnologias com características eletrônicas que engloba um *hardware* e *software* desenvolvidos para controlar funções específicas, que na maioria das vezes, o usuário final não sabe da sua existência interna, podendo ser adicionado componentes mecânicos ao seu conjunto global. Tem características peculiares como, uma menor capacidade de *hardware* e/ou funcionalidades de *software* do que um computador comum, uma vez que foi idealizado para ser aplicado em soluções exclusivas (MÁRQUEZ-SÁNCHEZ et al., 2015).

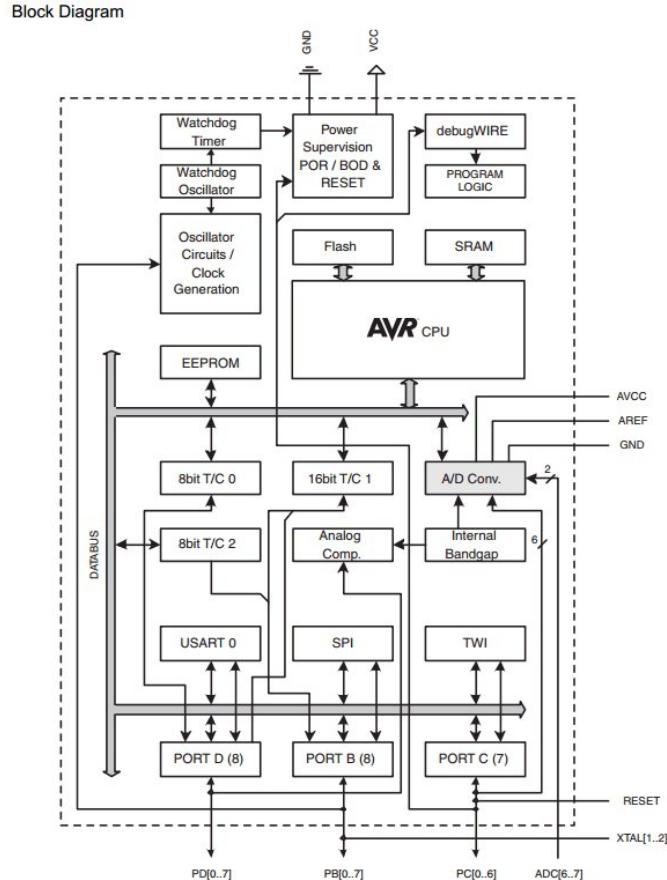
O trabalho de (NOERGAARD, 2012) enfatiza que a maioria dos dispositivos embarcados são construídos com microcontroladores ao invés de microprocessadores, pois em um único chip são encontrados os componentes necessários para seu funcionamento, desde periféricos de GPI, memórias, *clock* e CPU.

As características de um sistema embarcado podem ser listados segundo (FRIEDRICH, 2009) como (BUTTAZZO, 2006) como:

- Limitação de recursos: Limitados em espaço, energia e peso;
- Comportamento dinâmico: Interagem e compartilham com dispositivos ou eventos do ambiente externo seus recursos e executam rotinas computacionais dentro das suas limitações;
- Compatibilidade: Proporcionam uma vasta compatibilidade com processadores;
- Confiabilidade: Usados em aplicações críticas;
- Estabilidade: Operam em condições anormais evitando interrupções;
- Segurança: Implementação de mecanismos de bloqueio de alterações em informações internas;

- Privacidade: Isola informações internas;
- Escalabilidade: Possibilita expansão.

Figura 2 – Diagrama de blocos Atmega328up



A Figura 2 apresenta um diagrama de blocos do Atmega328up, explanando o arranjo dos componentes internos de um dos mais conhecidos microcontroladores da família Atmel. Nessa figura são mostrados os blocos da CPU ligada por um barramento de 8 bits de dados aos periféricos de EEPROM, FLASH, SRAM e interfaces de comunicação, além de um *clock* interno.

2 MATERIAL

2.1 Protocolos de Comunicação

Algumas das principais formas de integração de dispositivos em uma rede são: Comunicação *Device to Device* (D2D), *Device to Server* (D2S) e *Server to Server* (S2S) são uma das principais formas de integração de dispositivos em uma rede. Entre os protocolos mais utilizados no cenário de internet das coisas podemos citar o *Messaging Queuing Telemetry Transport* (MQTT) que engloba tanto D2S como D2D, além do *Hyper Text Transfer Protocol* (HTTP) para comunicação entre dispositivos e servidores a internet podendo ser D2S / D2D / S2S (Saidu et all., 2015).

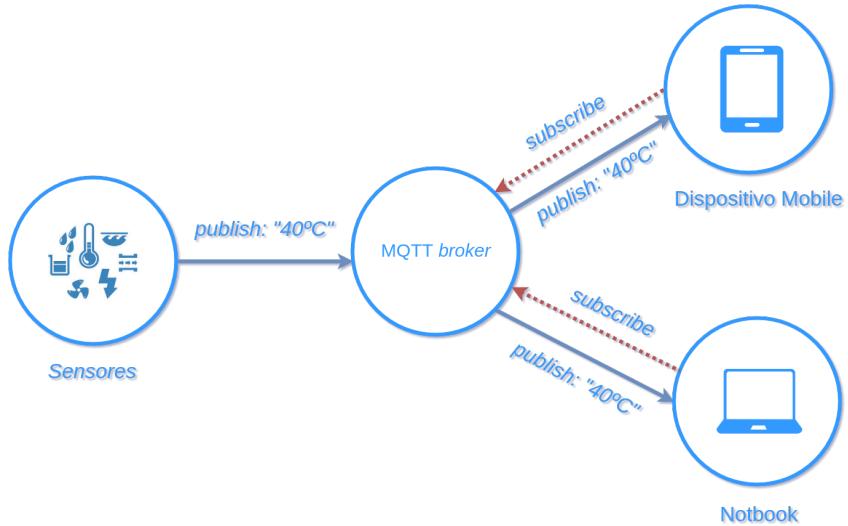
2.1.1 HTTP

A rede de internet é construída para uma comunicação através do protocolo HTTP. Imagens e textos são enviados todos os dia por essa interface primária de maneira rápida, fácil e estável de um servidor para outro, uma vez que assegura a integridade dos dados transmitidos por sua implementação ser fundamentada no protocolo TCP. Através de um bloco de dados com formato específico, as transações do HTTP são compostas por um comando *request* de um cliente para um servidor e um comando *response* do servidor para o cliente (ATMOKO; RIANTINI; HASIN, 2017).

2.1.2 MQTT

Inventado pelo Dr. Andy Stanford-Clarck e Arlen Nipper o MQTT é um protocolo projetado para conexões de máquinas IoT M2M em redes de baixa largura de banda, alta latência ou não confiáveis. Implementado com uma proposta de ser leve, com apenas 2 *bytes* de cabeçalho, baixo consumo energético e uma lista de 14 sinais de controle, CONNECT, CONNACK, PUBLISH, PUBACK, PUBREC, PUBREL, PUBCOMP, SUBSCRIBE, SUBACK, UNSUBSCRIBE, UNSUBACK, PINGREQ, PINGRESP, DISCONNECT, baseia-se no princípio de publicação/assinatura de mensagens em tópicos (ATMOKO; RIANTINI; HASIN, 2017) . Por exemplo, em uma rede, um dispositivo cliente MQTT portando um sensor de temperatura deverá realizar o envio dos dados através de um tópico previamente já inscrito sensor/temperatura, permitindo que outros dispositivos na mesma rede, possam se inscrever e publicar os dados do seu sensor, ilustrado com mais detalhes na Figura 3.

Figura 3 – Representação da arquitetura MQTT



Para uma comunicação entre os clientes MQTT é necessário a utilização de um *broker*, que desempenha a função de um intermediário no processo de comunicação. Dispositivos que desejam publicar informações o fazem através desse servidor, enviando-lhe os dados que possuem através de tópicos com o comando PUBLISH. Em relação à qualidade de serviço (QoS), o MQTT implementa 3 tipos de graus de confiança de entrega de mensagens:

- QoS0, no máximo uma vez. Não existe confirmação da entrega da mensagem e quem envia não tem a obrigação de armazenar para um futuro reenvio. Assemelha-se com o UDP.
- QoS1, pelo menos uma vez. Esse nível implementa uma confirmação da mensagem, porém acaba enviando várias vezes a mesma mensagem.
- QoS2, exatamente uma vez. Garante que a mensagem seja recebida uma vez através de confirmações de recebimento e confirmações de confirmações de recebimentos. É a opção mais próxima do TCP.

Além da qualidade de serviço, o MQTT implementa o *Last Will and Testament* (LWT) que tem a finalidade de ser uma mensagem enviada como um aviso ao *broker* caso o nó perca a sua conexão com a rede. Se não houver o restabelecimento da conexão, o *broker* tem o papel de enviar essa mensagem para todos os nós, informando que o determinado nó encontra-se desconectado (MQTT.org, 2018).

2.2 Linguagens de programação

Segundo (NEGRI; POSSAMAI, 2013), relata que a capacidade limitada dos primeiros computadores e o elevado esforço mental paralelo ao crescente risco de falhas, fez com que o mercado logo percebesse a necessidade de uma alternativa automatizada de geração de código *Assembly*, proporcionando um maior nível de abstração e tornando a programação com o surgimento de novas linguagens menos complexas. A busca desta abstração proporcionou o surgimento de novas linguagens como Java, C, C++ e C#.

2.2.1 DJANGO

Segundo a documentação, Django é um *framework* de desenvolvimento de aplicações web desde o seu conceito até o lançamento com agilidade. Essa agilidade é possível graças ao cuidado que o Django tem com a maior parte do trabalho de desenvolvimento, fazendo com que o usuário se concentre em escrever seu aplicativo sem reinventar a roda. Além de ser gratuito e código aberto, essa ferramenta inclui dezenas de funcionalidades para lidar com tarefas comuns para o desenvolvimento *web*, desde cuidados com autenticação de usuários, administração de conteúdo, mapas do site e *feeds RSS*.¹

2.3 Sensores

Sensores são dispositivos sensíveis à variações do ambiente. Esses dispositivos podem ser divididos em dois grupos, são eles: sensores analógicos e sensores digitais. Os sensores analógicos, assumem qualquer valor de sinal entre um limite superior e inferior de tensão de operação. Diferente do analógico, os sensores digitais assumem apenas dois valores de saída, zero ou um dentro da sua faixa de operação.²

2.3.1 ADXL345

O sensor ADXL345 Figura 4, é um acelerômetro de pequeno porte com três eixos e alta resolução de 13 bits. Adequado para dispositivos móveis, este sensor adquire a aceleração estática da gravidade em aplicações de detecção de inclinação, aceleração dinâmica em medições de deslocamento ou choques³. Dispositivos *mobile* utilizam esse tipo de sensor para detectar a posição do aparelho em modo paisagem ou retrato. Um acelerômetro pode ser utilizado para detectar movimento, assim como o Nintendo Wii pode-se simular uma partida de tênis, graças a um acelerômetro no seu controle. Além dessas funcionalidades, um acelerômetro pode ser utilizado como detector de queda livre, embarcado em *notebooks* para o desligamento do disco rígido rapidamente.

¹ <https://docs.djangoproject.com/en/2.0/>

² <http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4—sensores-v2.0.pdf>

³ <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Accelerometer/ADXL345.pdf>

Figura 4 – Circuito com sensor ADXL345

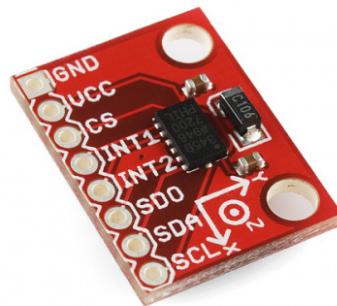
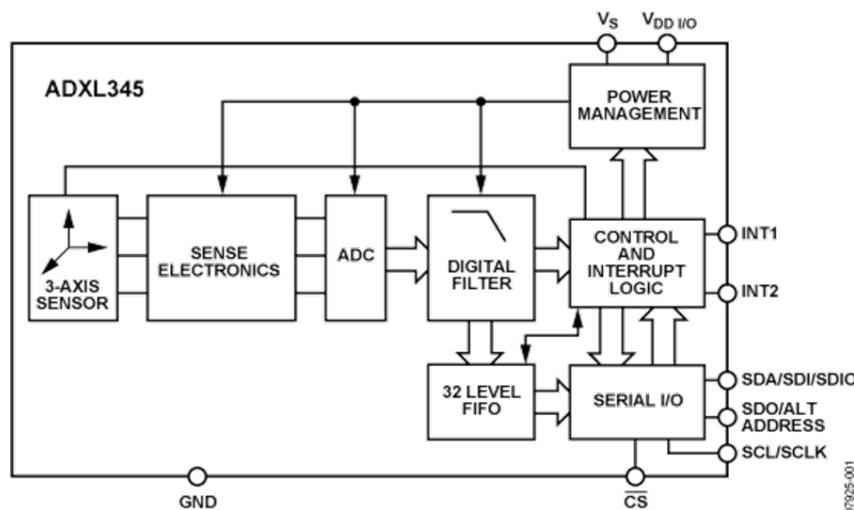


Figura 5 – Diagrama de blocos do acelerômetro ADXL345



Na Figura 5 apresenta através de um diagrama de blocos a estrutura interna do sensor ADXL345. Por meio de um circuito de comunicação serial é fornecido ao microcontrolador o sinal digitalizado, filtrado e acumulado em uma fila de 32 posições⁴

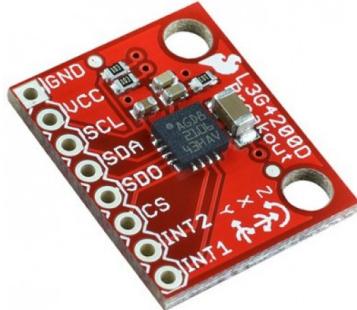
2.3.2 L3G4200D

Utilizados no passado para navegação espacial, controle de mísseis, orientação subaquática e orientação de vôo, os giroscópios são sensores providos de três eixos que adquirem a velocidade angular, quão rápido algo está girando em torno de um eixo. Diferente de um giroscópio, o acelerômetro pode não fornecer informações suficientes para saber exatamente como um objeto está orientado, uma vez que é afetado pelo efeito da gravidade, sendo um ótimo complemento um para o outro⁵

⁴ <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Accelerometer/ADXL345.pdf>

⁵ https://www.elecrow.com/download/L3G4200_AN3393.pdf

Figura 6 – Circuito com um sensor L3G4200D



A Figura 6 mostra um giroscópio L3G4200D de três eixos com taxa angular e interface I2C e SPI. Com uma escala completa de 250/500/2000 dps é capaz de medir taxas com uma largura de banda selecionável pelo usuário⁶

2.4 Dispositivos embarcados

2.4.1 BeagleBone Black

Figura 7 – BeagleBone Back



Lançado nos Estados Unidos em 2008 pela comunidade *open source BeagleBoard.org*, a placa BeagleBone Black é uma plataforma de desenvolvimento rápido destinado à prototipação e implementação de tecnologias IoT. Essa placa é caracterizada como um mini computador embarcado com um processador Sitara XAM3359AZCZ 1GHz de *clock*, memória RAM de 512MB, EEPROM de 32KB, memória MMC de 4Gb.

⁶ <http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4—sensores-v2.0.pdf>

Para o uso de uma variedade de sensores, e interfaces de comunicação com outros dispositivos, foi implantado 92 pinos de expansão denominado pelo seu *datasheet* como P8 e P9, que são utilizados de maneira geral desde barramentos para memórias, barramentos de periféricos I2C e SPI, UARTs, PWM e ADC ⁷.

2.4.2 Particle Photon

Figura 8 – Particle Photon



Desenvolvida pelo Particle.io, o Photon Figura 8 é um kit de desenvolvimento de *hardware Internet of Things*. Com a combinação de um poderoso microcontrolador ARM Cortex M3 a um chip Broadcom Wi-Fi em um único módulo miniaturizado conhecido como P0, faz do Particle Photon uma ótima escolha no quesito velocidade e tamanho. Sua forma física é encontrada com pinos de conexão conhecidos como *headers* que podem ser conectados diretamente à uma PCB externa, e sem pinos de conexão com bordas arredondadas que possibilita ser soldada em uma PCB com ilhas de cobre.

Figura 9 – Circuito miniaturizado com ARM Cortex M3 e Broadcom WiFi, Particle PØ.



A Figura 9 mostra as especificações técnicas do módulo Particle PØ composto de um chip Broadcom BCM43362 Wi-Fi 802.11b/g/n, STM32F205RGY6 120Mhz ARM Cortex M3, 1MB flash, 128KB RAM, *On-board* RGB *status* LED, 18 *Mixed-signal* GPIO e periféricos avançados, *design open source*, sistema operacional tempo real (FreeRTOS), Soft AP *setup* com certificado FCC, CE e IC ⁸

⁷ <https://beagleboard.org/>

⁸ <https://docs.particle.io/guide/getting-started/intro/photon/>

3 METODOLOGIA

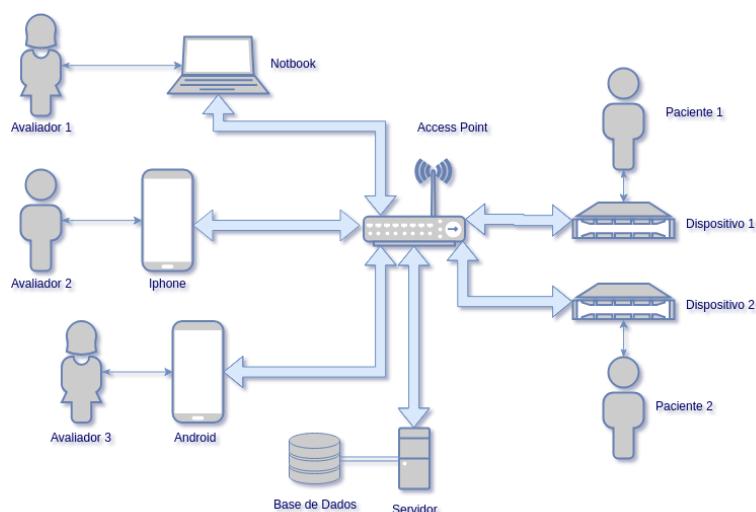
A metodologia a ser empregada neste projeto está dividida em 3 etapas, conforme detalhamento a seguir:

3.1 Aspectos éticos

O projeto foi submetido à avaliação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Piauí-UESPI (CAAE: 54718116.3.0000.5209) e após aprovação e montagem do sistema de monitoramento os idosos voluntários serão informados sobre os procedimentos da pesquisa, para que possa assinar, espontaneamente, um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Entre os riscos da pesquisa: constrangimento da pessoa idosa por não conseguir realizar determinadas tarefas solicitadas durante os testes bem como o de vazamento das informações, mas para que isto não ocorra, a ficha, os questionários e os dados coletados serão armazenados pelos pesquisadores de forma segura. Benefícios: este trabalho poderá contribuir para o desenvolvimento de um produto no intuito de monitorar o risco de queda em idosos, promovendo assim um maior cuidado em saúde do idoso, podendo ser usado para prevenção de quedas nessa população. Os idosos avaliados que apresentarem risco de queda elevado serão encaminhados para tratamento fisioterapêutico. A pesquisa obedecerá aos critérios éticos com base na Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde – CNS.

3.2 Implementação do cenário de coleta de dados

Figura 10 – Arquitetura do cenário de coleta de dados



Foram implementadas soluções tecnológicas para coleta de variáveis cinéticas em pessoas idosas no Hospital Getúlio Vargas (HGV). O cenário é composto de uma rede de área local LAN, um servidor Django mais um servidor MQTT para aplicação do avaliador e comunicação dos dispositivos de coleta de dados.

Seu desenvolvimento foi dividido em duas partes, são elas:

- Implementação da aplicação do avaliador;
- Implementação do protótipo de coleta de dados;

O cenário de coleta de dados é um conjunto de todas as tecnologias, ferramentas e dispositivos que foram implementadas e desenvolvidos e utilizadas(os) no HGV. A Figura 10 explana os principais componentes da arquitetura desse projeto:

3.2.1 Avaliador

No contexto do cenário de coleta de dados, o avaliador é o profissional da fisioterapia que tem a função de auxiliar o paciente na execução dos exames. Além de orientar os pacientes, o avaliador é o usuário do sistema responsável pelo cadastro e operações do dispositivo de coleta de dados.

3.2.2 Notebook, Iphone e Android

Notebook, Iphone e Android são dispositivos móveis utilizados pelos avaliadores para a manipular a aplicação web.

3.2.3 Access Point

Equipamento de rede sem fio local (WLAN) que faz conexões entre dispositivos que na maioria das vezes é móvel. Nesse trabalho, o *access point* é utilizado para interligar em uma mesma rede o servidor, os dispositivos móveis e os dispositivos de coleta de dados.

3.2.4 Servidor

Um servidor é um algorítimos de computação centralizada por rede. Nesse trabalho são utilizados um servidor de aplicação Django mais um servidor de comunicação de telemetria de mensagens MQTT.

3.2.5 Base de Dados

A base de dados é um conjunto de registros da aplicação, paciente, exames, coletas e dispositivos.

3.2.6 Pacientes

Principal componente do projeto. Ele é o responsável em realizar os exames e fornecer através do dispositivo de coleta os valores das variáveis cinéticas do seu centro de massa.

3.2.7 Dispositivos

Os dispositivos são protótipos desenvolvidos com o intuito de aquisitar dados de sensores em pontos estratégicos nos pacientes.

3.3 Desenvolvimento da aplicação do avaliador

Através do *framework* Django, foi desenvolvido uma aplicação web para o usuário. Dividida em módulos, essa aplicação tem a função de auxiliar o avaliador no gerenciamento dos dados dos pacientes e organização das coletas de cada exame.

Figura 11 – Tela de login da aplicação web.



Na Figura 11, pode ser observado a tela de login da aplicação. Nela o avaliador através do link *cadastre-se* poderá criar uma nova conta de acesso, gerando uma nova sessão à aplicação após seu usuário e senha serem validados com o botão entrar. Após o avaliador realizar o login, uma nova sessão é criada e uma tela de menu é exibida com seu nome no topo, acompanhado por / - - simbolizando que não existe nenhum dispositivo associado a sua sessão, Figura 12.

Figura 12 – Tela do menu principal da aplicação web.

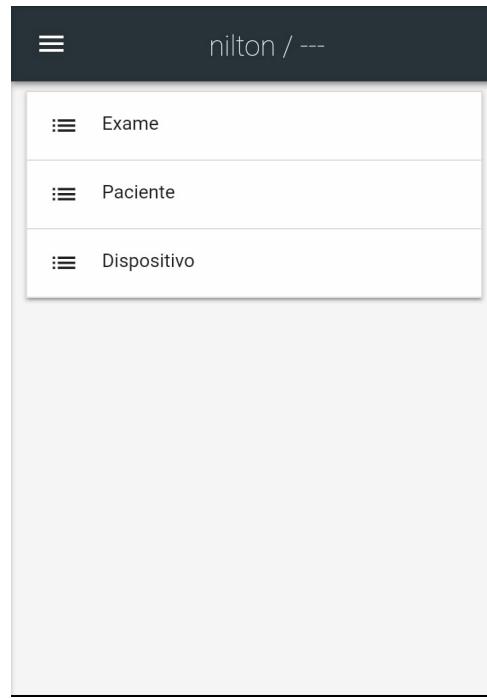


Figura 13 – Tela de escolha de dispositivo.



No menu principal e na opção **Dispositivo**, o avaliador poderá selecionar em uma lista um dispositivo que não esteja associada a alguma conta. Feito isso, o avaliador terá vinculado um dispositivo ao seu perfil podendo dar início a uma futura coleta de dados, Figura 13.

Figura 14 – Tela nova coleta de dados, dados do paciente.

The screenshot shows the 'Nova Coleta' application interface. At the top, there is a search bar labeled 'BUSCAR: Nome ou CPF' with the text 'nilton' entered. Below it is a section labeled 'Buscar Exame' with the text 'Exame_A'. A large button labeled 'Dados do Paciente' is centered. Under this button, there is a section for 'Nome completo' with the text 'nilton'. Below that is a section for 'CPF' with the text '11111111111'. The entire interface has a clean, modern design with a dark header and light body.

Figura 15 – Tela nova coleta de dados, dados do exame.

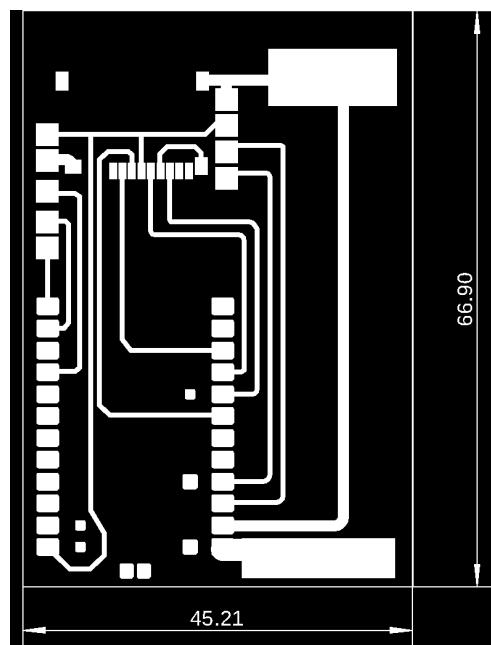
The screenshot shows the 'Nova Coleta' application interface. At the top, there is a search bar labeled 'BUSCAR: Nome ou CPF' with the text 'nilton' entered. Below it is a section labeled 'Buscar Exame' with the text 'Exame_A'. A large button labeled 'Dados do Exame' is centered. Under this button, there is a section for 'Tipo Exame' with the text 'Exame A'. Below that is a section for 'TUG TESTE *' with the following description:
levantar-se de uma cadeira, sem ajuda dos braços, andar a uma distância de três metros, dar a volta e retornar.
a) menos de 20 segundos para realização, correspondendo a baixo risco para quedas
b) de 20 a 29 segundos, a médio risco para quedas
c) 30 segundos ou mais, a alto risco para quedas.
At the bottom right, there is a teal-colored button labeled 'INICIAR COLETA'.

As Figuras 14 e 15 mostram os dados do paciente e do exame que será executado. Com mais detalhes na Figura 15, a aplicação sugere uma descrição do exame selecionado, auxiliando o avaliador a orientar o paciente. Após clicar em iniciar coleta, a aplicação

através do protocolo MQTT, envia uma mensagem para o dispositivo associado ao avaliador, informando que inicie uma nova coleta de dados. Finalizado a coleta, os dados salvos no cartão SD do dispositivo são enviados para o servidor BeagleBone Black e armazenados no banco de dados da aplicação.

3.4 Construção do protótipo de coleta de dados

Figura 16 – PCB desenvolvida com o CAD *Eagle*.

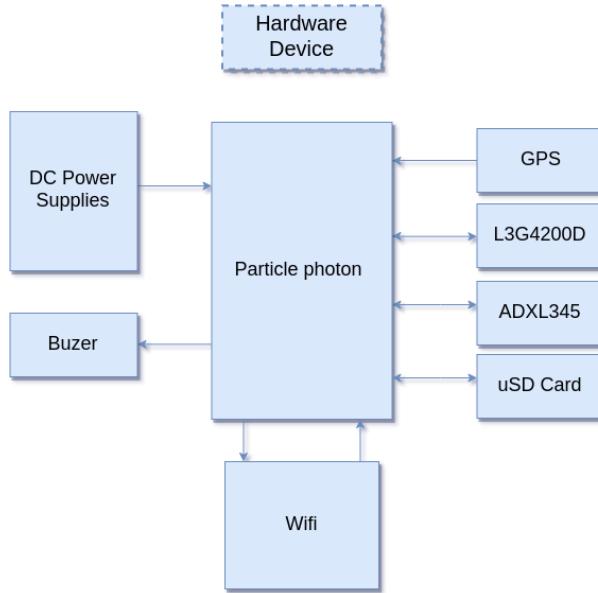


Para a construção do protótipo de coleta de dados, foi projetado uma PCB com o programa de desenvolvimento de circuitos Eagle CAD, demonstrada na Figura 16. Alimentado por uma bateria de 3.7v 3000 mAh e com aproximadamente 45x66 mm de dimensão, esse circuito é composto por ilhas de cobre destinadas à conexão de uma placa Particle Photon, que através do protocolo SPI, estabelece uma comunicação com um cartão SD utilizado na amostragem dos dados. Além do cartão SD, foram destinadas conexões para um *buzzer*, um GPS e um sensor GY-80 que contém um sensor acelerômetro ADXL345 e um sensor giroscópio L3G4200D.

3.4.1 Arquitetura do dispositivo de coleta de dados

A arquitetura do dispositivo de coleta de dados é composta por uma placa principal conhecida como Particle Photon. Assim como uma placa mãe de um computador convencional, essa placa tem a finalidade de fornecer interconexões entre todos os periféricos do circuito através de protocolos de comunicação, sendo os principais o I2C, SPI e UART.

Figura 17 – Diagrama de blocos do dispositivo de coleta de dados



No contexto geral dessa arquitetura, todos os periféricos são gerenciados por um sistema operacional embarcado de tempo real FreeRTOS. Esse SO, através de um *firmware* aquisita, processa e manipula os periféricos, desde a coleta dos dados dos sensores cinéticos e sua amostragem no cartão micro SD, até o envio de sinais sonoros pelo *buzzer* para o avaliador que opera o dispositivo no momento de uma coleta de dados.

A taxa de amostragem dos dados dos sensores é uma variável de extrema importância quando se trabalha com sinais. Particularmente na área das telecomunicações e processamento de sinais, destaca-se o teorema da amostragem de Nyquist. Esse teorema, fala que um sinal analógico limitado por banda pode ser perfeitamente recuperado a partir de uma sequência finita de amostras, se e somente se, a taxa de amostragem for maior que 2 vez a frequência do sinal amostrado, Figura 17.

Respeitando esse teorema, a taxa de amostragem dos sinais dos sensores cinéticos desse dispositivo, foi melhor adotado para operar na frequência de 120Hz, uma vez que segundo estudos com trabalhos que foram desenvolvidos dispositivos de coletas de dados semelhantes ao proposto, adotaram taxas de amostragens menores ou igual a 60Hz, que nos leva a inferir que a frequência de oscilação do centro de massa do corpo humano idoso não ultrapasse a frequência de 30Hz, podendo ser vistos em trabalhos de Takada (Takada, 2015) e (MATSUMOTO et al., 2016).

Figura 18 – PCB com a placa Particle Photon e cartão SD soldados

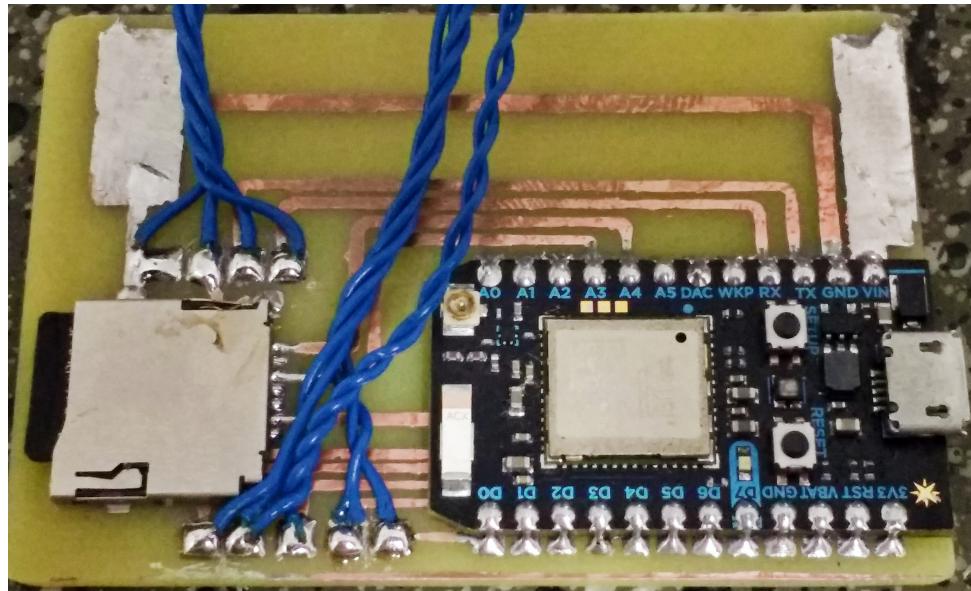
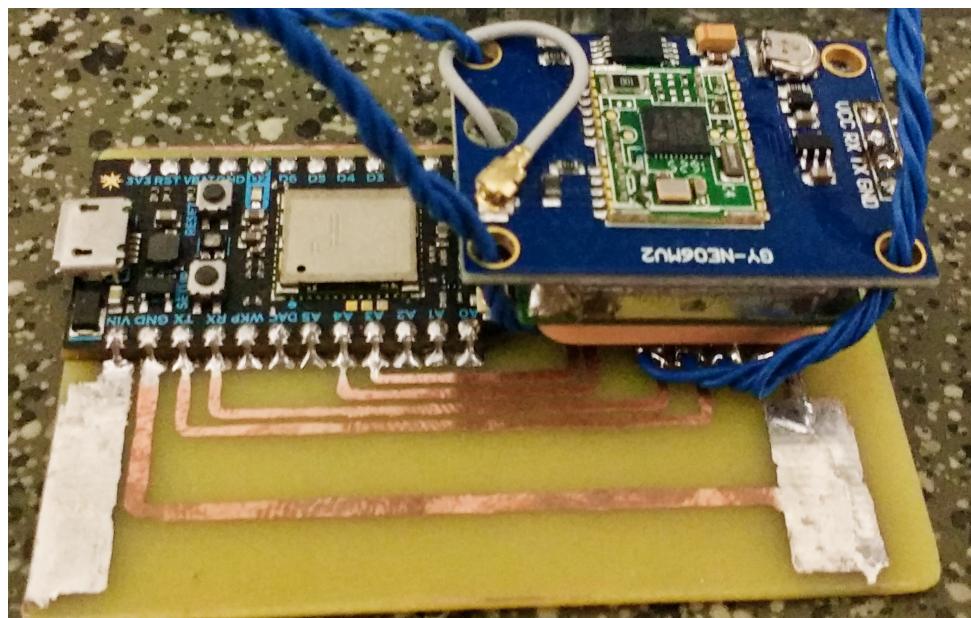


Figura 19 – PCB com a placa Particle Photon, cartão SD e GPS soldados

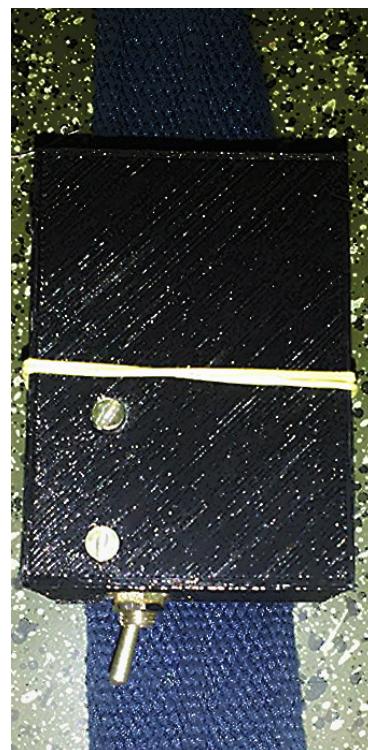


As Figuras 18 e 19 realçam as etapas de construção do protótipo, passando desde a soldagem do cartão de memória e os fios para conexão dos outros periféricos do sistema, salientando na Figura 19 a inserção do GPS no circuito .

Figura 20 – Circuito acomodado em uma caixa de PLA feita em 3D, com tampa aberta.



Figura 21 – Dispositivo pronto para uso.



Na figura 20, pode ser visto do lado esquerdo parafusado à tampa os sensores cinéticos, logo mais a direita está acomodada a bateria de lítio que alimenta o circuito abaixo com *buzzer* e GPS. E por fim, na figura 21, o dispositivo com a sua tampa fechada.

4 RESULTADOS

Após a conclusão da implementação da aplicação do avaliador e a construção do dispositivo de coleta de dados, são explanados as oscilografias dos eixos dos sensores de acelerômetro e giroscópio, aplicados em exames específicos para análise de equilíbrio. Além disso, nas seções abaixo são mostrados e discutidos os resultados obtidos com o uso do cenário de coleta de dados.

4.1 Consumo de Energia

A fonte de alimentação do dispositivo embarcado, é composta de um a célula de lítio de 3.7v por 3000 mAh. Nessa cenário de testes, apresentou uma autonomia de aproximadamente 4 horas de uso constante com uma média de potência de consumo em 150 mAh na transferência dos dados do cartão pelo rádio WI-FI ao servidor de aplicação, e em modo de espera, com aproximadamente 100 mAh.

4.2 Protocolo de comunicação

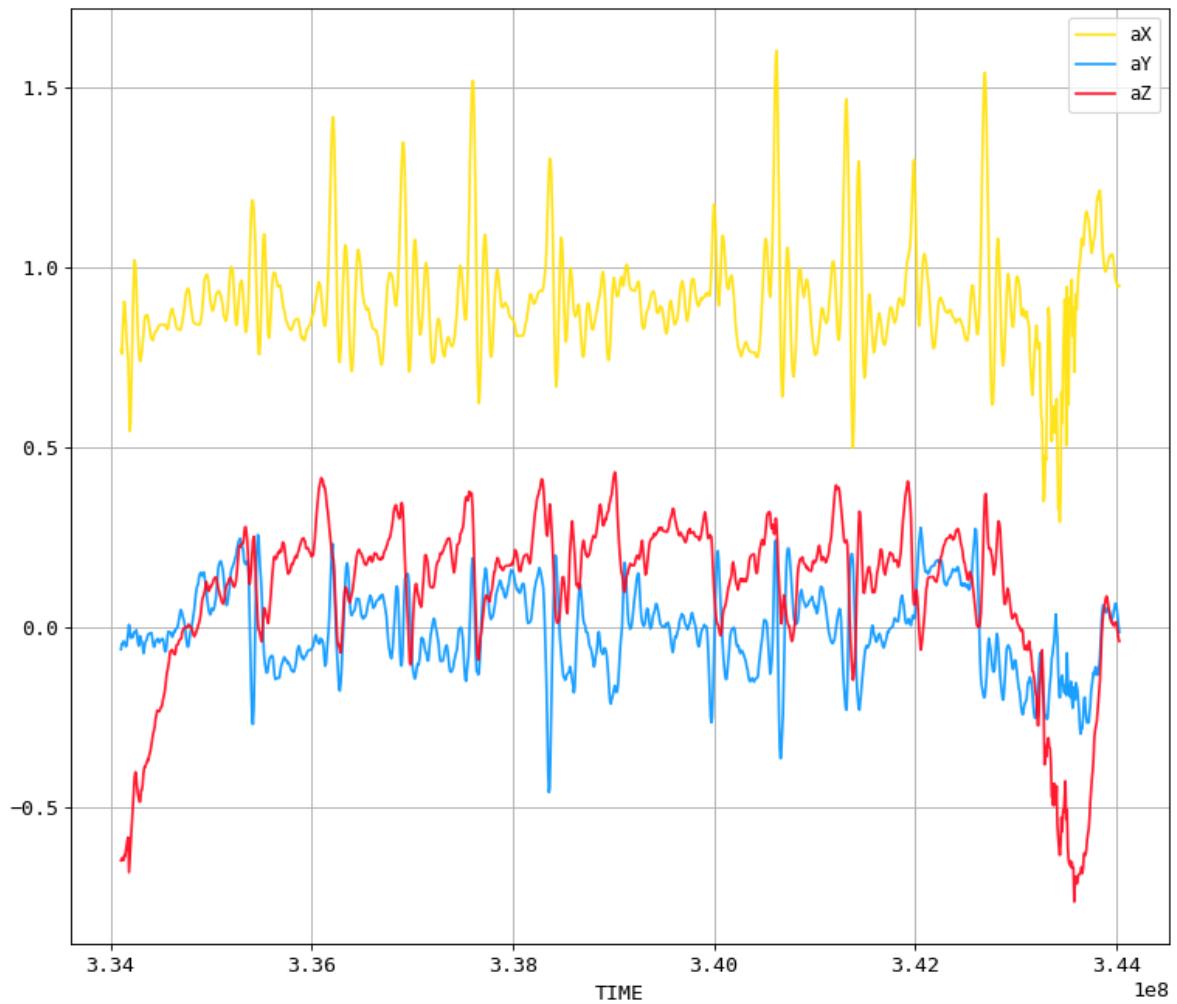
O protocolo de comunicação empregado na transferência de dados desse trabalho foi o MQTT. Esse protocolo se comportou de forma estável por sua leveza e simplicidade de comunicação entre os dispositivos, ressaltando uma baixa perca de pacotes e latência da rede. Entretanto, devido a comunicação entre o dispositivo com o servidor de aplicação ser feita por uma rede sem fio, esta apresenta uma maior vulnerabilidade à falhas e lentidão em casos que a rede encontra-se com um fluxo muito grande de pacotes. É importante destacar que a eficiência da rede depende de diversos fatores, e a implementação de um *firmware* instável é um dos principais gargalos dessa eficiência, que pode gerar sobrecargas e perca de dados valiosos para o estudo.

4.3 Acelerômetro, Giroscópio e GPS

Os sensores acelerômetro e giroscópio mostraram-se funcional no quesito consumo energético, ambos com menos de 1 mAh, permitindo aquisitar a aceleração linear e a velocidade angular. Entretanto, em exames com baixa oscilação esses sensores apresentaram ruídos característicos, previstos pelo próprio fabricante devido sua alta sensibilidade. O GPS se comportou de forma esperada, informando sua latitude e longitude, contudo, seu ponto negativo apresentou-se como o consumo entorno de 50 mAh e sua baixa precisão por ser um GPS civil.

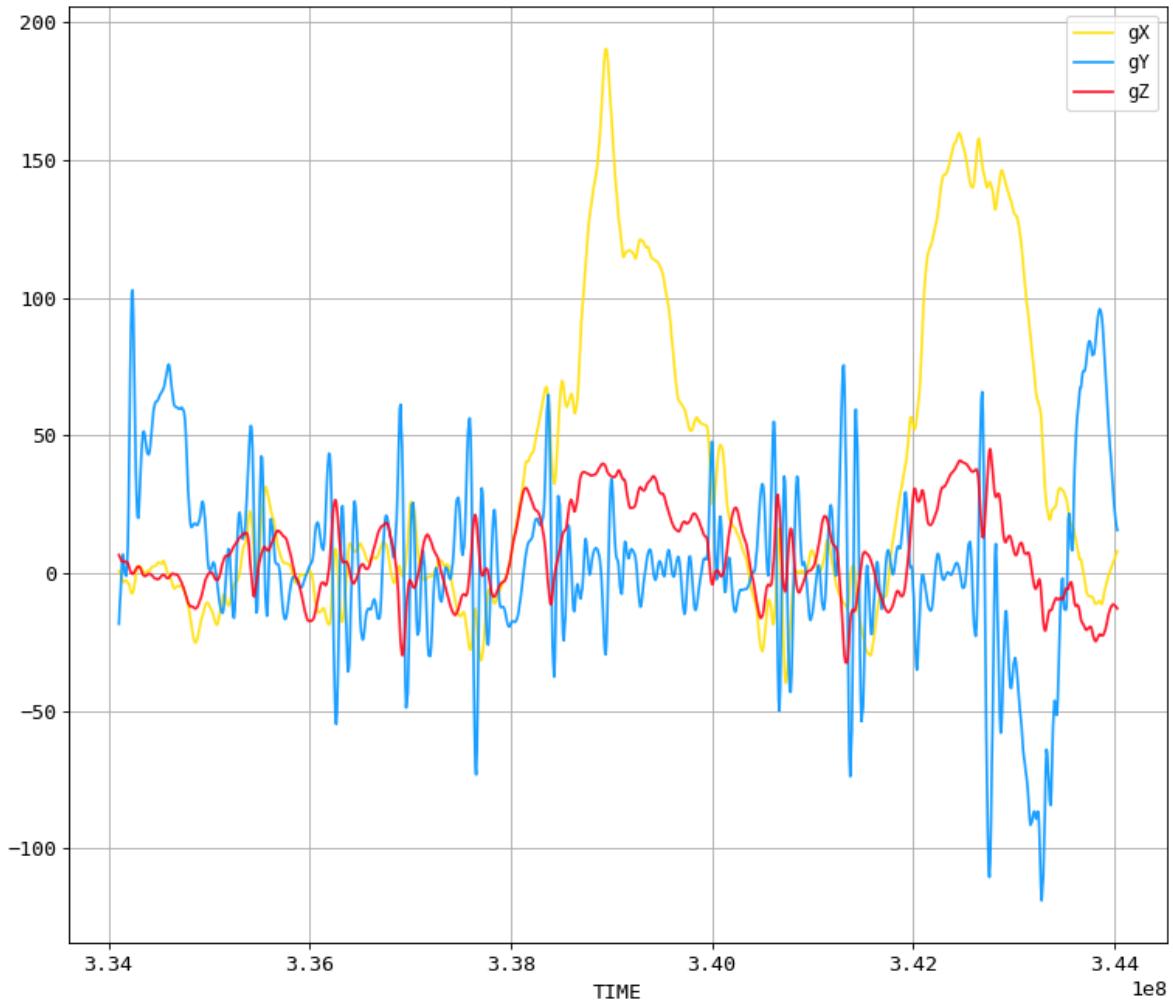
4.4 Oscilografia

Figura 22 – Oscilografia Acelerômetro, exame TUG Teste.



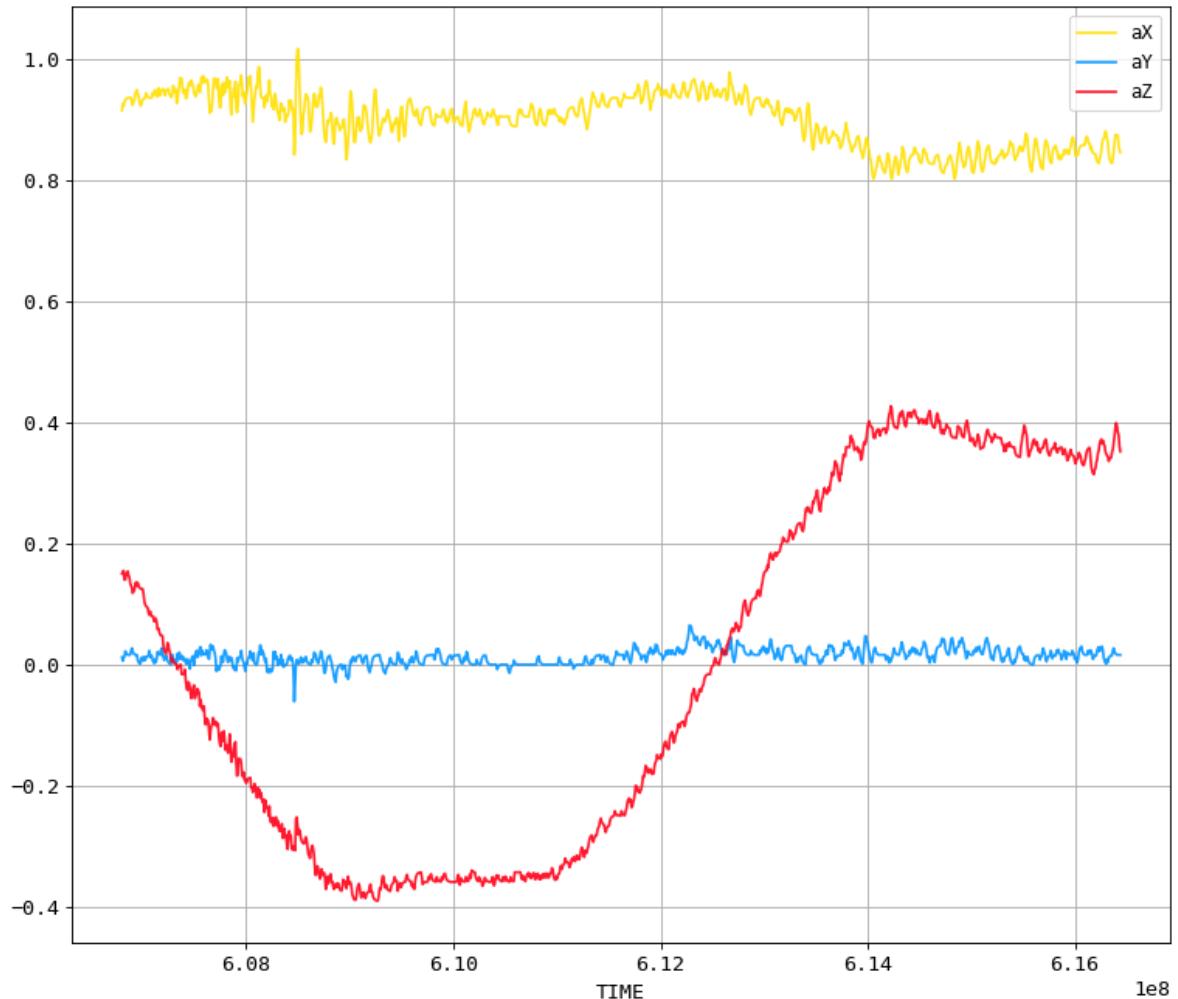
A figura 22 é uma oscilografia do exame TUG Teste com acelerômetro. Nesse exame, o paciente levanta-se de uma cadeira sem ajuda dos braços e anda a uma distância de três metros, faz uma volta, caminha e senta novamente na cadeira. No eixo Z, observa-se o início em que o paciente levanta-se da cadeira representando a subida do gráfico vermelho. Em seguida, o eixo Z se adéqua a forma de um sinal que tende ao dente de serra quadrática, representando os passos do paciente. No final do exame, é observada a descida do sinal quando paciente senta-se à cadeira, com uma subida representando o alinhamento postural do paciente. O eixo X tem a assinatura de subir e descer com picos característicos do pé ao solo. O eixo Y, caracteriza-se pela assinatura do movimento lateral do centro de massa do paciente ao andar.

Figura 23 – Oscilografia Giroscópio, exame TUG Teste.



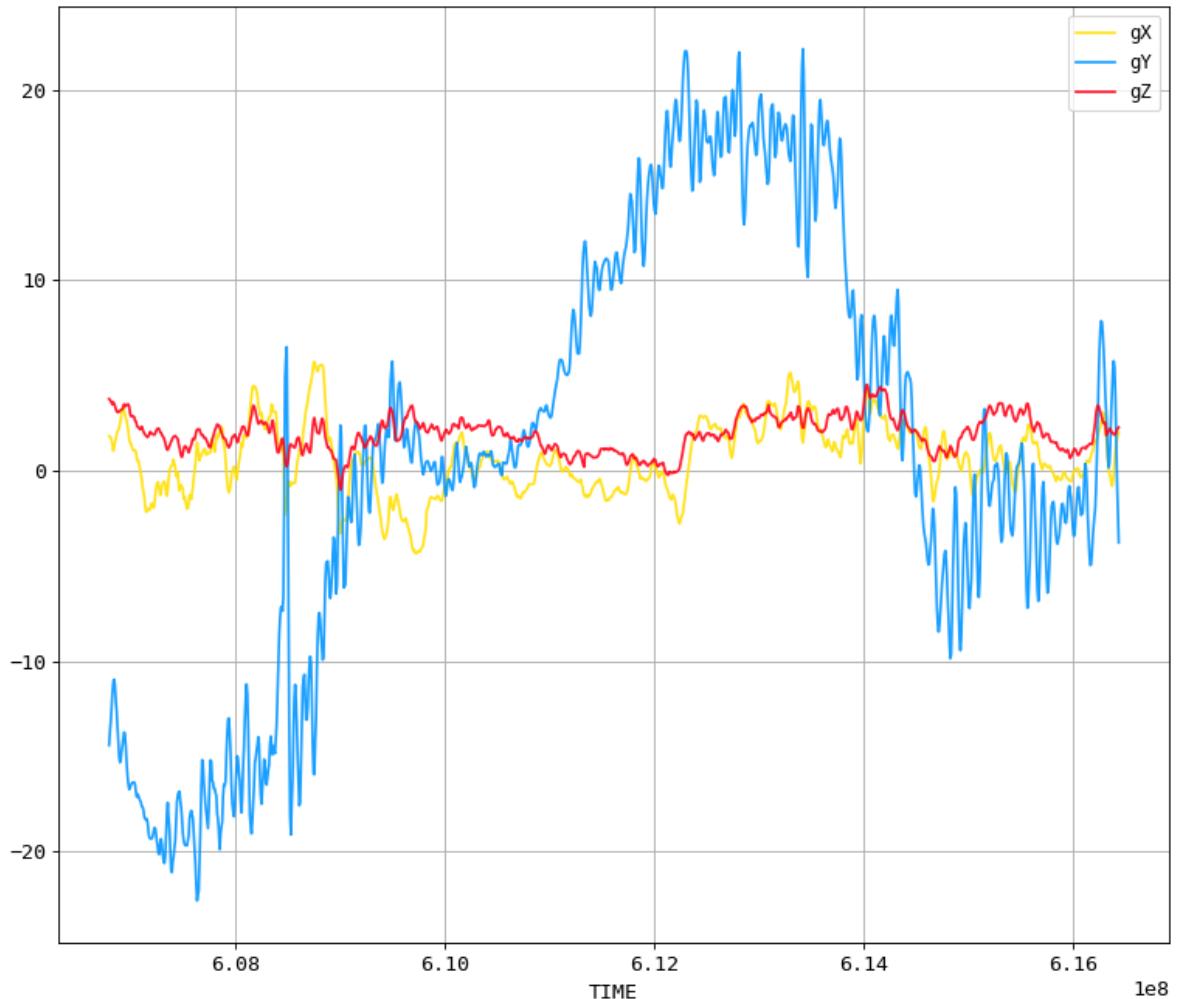
A figura 23 é uma oscilografia do exame TUG Teste com giroscópio. Nesse exame, o eixo X destaca-se por obter uma curva mais acentuada das demais. Essa curva é a representação da velocidade angular do eixo X no momento em que o paciente faz a volta para ir em direção à cadeira, visto no primeiro pico, e o momento em que vira novamente para sentar, observado no segundo pico em amarelo. O eixo Z, representa a velocidade angular do movimento pendular posterior e inferior da marcha. Já o Eixo Y, representa a velocidade angular do movimento de rotação do quadril durante a caminhada.

Figura 24 – Oscilografia Acelerômetro, exame do Alcance Funcional.



A figura 24 representa a oscilografia do exame do alcance funcional com acelerômetro. Nesse exame, o avaliador orienta o paciente a se posicionar em uma posição ortostática com seus membros inferiores levemente abduzidos, coluna mais ereta possível, olhar focado ao horizonte, braços em extensão a 90 graus e hemicorpo direito próximo à parada. A partir dessa posição, solicitava-se ao paciente esticar-se o máximo possível para frente, e é nesse movimento que o eixo Z reduz seu valor até a máxima excursão do braço do paciente. Após a máxima excursão, o paciente volta para sua posição normal, representado pela subida do eixo Z e correção da postura no final do gráfico. Um pequeno deslocamento é observado no eixo X, indicando o movimento desse eixo na curvatura da coluna vertebral. Já o eixo Y, não apresenta variações do seu valor, mantendo-se praticamente constante, uma vez que o paciente não pode fazer movimentos laterais.

Figura 25 – Oscilografia Giroscópio, exame do Alcance Funcional.



A figura 25 é uma oscilografia do exame alcance funcional com giroscópio. Nesse exame, observa-se a velocidade angular dos eixos com maiores destaques. Chama-se a atenção para a velocidade do eixo Y, apontando uma alta frequência que caracteriza um sinal ruidoso. Entretanto, em virtude das características do exame, esse sinal pode ser explicado pelo esforço do paciente em manter o equilíbrio do seu centro de massa. Devido a baixa aceleração e movimento dos eixos X e Z, não foram destacados notórias oscilações.

5 CONCLUSÕES

Esse trabalho teve como proposta a implementação de um cenário de coleta de dados de variáveis cinéticas em um hospital local. Durante o seu desenvolvimento, foi possível utilizar ferramentas de implementação em nível de *software e hardware*. Cada etapa construída e escolhas foram necessárias para o perfeito funcionamento do projeto.

Os sensores ADLX345 e L3G4200D foram inseridos no projeto em uma única PCB em virtude do tamanho que seria ocupado caso fosse adotado em PCBs diferentes. Seu tamanho minimalista e conexão I2C possibilitou uma instalação mais agradável esteticamente com redução de fios.

O uso de ferramentas *open source* refletiu em um desenvolvimento mais acelerado por haver uma forte comunidade que visa o compartilhamento e ajuda na construção de tecnologias. A utilização de um Linux embarcado é uma solução adequada por estar fortemente relacionado a estabilidade, velocidade e capacidade de modificações pelo desenvolvedor, proporcionando a adição de novas funcionalidade ao sistema operacional.

Após a conclusão desse trabalho, pode-se afirmar que foi possível atingir os objetivos propostos, agregando conhecimento e experiências na área da fisioterapia.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. T. de et al. Análise de fatores extrínsecos e intrínsecos que predispõem a quedas em idosos. *Revista da Associação Médica Brasileira*, Elsevier, v. 58, n. 4, p. 427–433, 2012. Citado 3 vezes nas páginas [5](#), [13](#) e [14](#).
- ALVES, J. E. D. Transição demográfica, transição da estrutura etária e envelhecimento. *Revista Portal de Divulgação*, n. 40, 2014. Citado 4 vezes nas páginas [5](#), [12](#), [13](#) e [14](#).
- ATMOKO, R.; RIANTINI, R.; HASIN, M. Iot real time data acquisition using mqtt protocol. In: IOP PUBLISHING. *Journal of Physics: Conference Series*. [S.l.], 2017. v. 853, n. 1, p. 012003. Citado na página [18](#).
- BUTTAZZO, G. Research trends in real-time computing for embedded systems. *ACM SIGBED Review*, ACM, v. 3, n. 3, p. 1–10, 2006. Citado na página [16](#).
- CARVALHO, M. P. d. e. a. Quedas e fatores associados em idosos institucionalizados no município de pelotas (rs, brasil). Rio de Janeiro, v. 16, p. 2945–2952, june 2008. Citado 4 vezes nas páginas [5](#), [12](#), [13](#) e [14](#).
- CRUZ, D. T. d. et al. Prevalência de quedas e fatores associados em idosos. *Revista de saúde pública*, SciELO Public Health, v. 46, p. 138–146, 2011. Citado 3 vezes nas páginas [5](#), [13](#) e [14](#).
- D ZCEBE HO, T. F. T. S. T. S. A. A. M. T. B. A. What influences physical activity among elders? arch of gerontol geriatr. v. 46, p. 79–88, 2008. Citado na página [12](#).
- DELLAROZA, M. S. G. et al. Associação entre dor crônica e autorrelato de quedas: estudo populacional? sabe. *Cadernos de Saúde Pública*, SciELO Public Health, v. 30, p. 522–532, 2014. Citado 2 vezes nas páginas [5](#) e [13](#).
- FHON, J. R. S. et al. Prevalência de quedas de idosos em situação de fragilidade. *Revista de Saúde Pública*, SciELO Public Health, v. 47, p. 266–273, 2013. Citado na página [13](#).
- FRIEDRICH, L. F. A survey on operating system support for embedded systems properties. In: *Anais do Workshop de Sistemas Operacionais, VI (julio 2009)*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 2393–2404. Citado na página [16](#).
- HAKIRI, A. et al. Publish/subscribe-enabled software defined networking for efficient and scalable iot communications. *IEEE communications magazine*, IEEE, v. 53, n. 9, p. 48–54, 2015. Citado 3 vezes nas páginas [7](#), [15](#) e [16](#).
- KÜCHEMANN, B. A. Envelhecimento populacional, cuidado e cidadania: velhos dilemas e novos desafios. *Sociedade e Estado*, SciELO Brasil, v. 27, n. 1, p. 165–180, 2012. Citado na página [12](#).
- L KLEINPAUL JF, M. C. S. S. M. Equilíbrio corporal e exercícios físicos: uma revisão sistemática. v. 15, p. 713–22, 2009. Citado na página [12](#).
- MANCINI, M. Internet das coisas: História, conceitos, aplicações e desafios. *PMI Capítulo São Paulo, São Paulo*, p. 4–5, 2017. Citado na página [15](#).

MÁRQUEZ-SÁNCHEZ, C. et al. A review of embedded systems used in wmr for the trajectory tracking task. In: IEEE. *Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering (ICMEAE), 2015 International Conference on.* [S.l.], 2015. p. 145–150. Citado na página [16](#).

MATSUMOTO, H. et al. Gait variability analysed using an accelerometer is associated with locomotive syndrome among the general elderly population: The gaina study. *Journal of Orthopaedic Science*, Elsevier, v. 21, n. 3, p. 354–360, 2016. Citado 3 vezes nas páginas [12](#), [13](#) e [30](#).

NEGRI, T.; POSSAMAI, R. C. O conceito de tempo nas linguagens de programação. *REAVI-Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí*, v. 2, n. 2, p. 24–37, 2013. Citado na página [20](#).

NOERGAARD, T. *Embedded systems architecture: a comprehensive guide for engineers and programmers.* [S.l.]: Newnes, 2012. Citado na página [16](#).

PARREIRA, R. B. et al. Effect of trunk extensor fatigue on the postural balance of elderly and young adults during unipodal task. *European journal of applied physiology*, Springer, v. 113, n. 8, p. 1989–1996, 2013. Citado na página [12](#).

REZENDE, C. d. P. e. a. Queda entre idosos no brasil e sua relação com o uso de medicamentos: revisão sistemática. Rio de Janeiro, v. 28, p. 2223–35, Dec 2012. Citado 3 vezes nas páginas [5](#), [12](#) e [13](#).

WEISER, M. The computer for the 21st century: specialized elements of hardware and software, connected by wires, radio waves and infrared, will be so ubiquitous that no one will notice their presence. In: *Readings in Human–Computer Interaction.* [S.l.]: Elsevier, 1995. p. 933–940. Citado na página [15](#).

.+