



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I**

**NÚCLEO DE TECNOLOGIAS ESTRATÉGICAS EM SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM SAÚDE**

ARTHUR FELIPE THAMAY MEDEIROS

**SOLUÇÃO DE TECNOLOGIA MÓVEL, PARA O MONITORAMENTO DE
CRIANÇAS E IDOSOS, COM BASE EM UMA REDE DE SENSORES SEM FIO
(WBAN)**

Campina Grande – PB

2018

ARTHUR FELIPE THAMAY MEDEIROS

**SOLUÇÃO DE TECNOLOGIA MÓVEL, PARA O MONITORAMENTO DE
CRIANÇAS E IDOSOS, COM BASE EM UMA REDE DE SENSORES SEM FIO
(WBAN)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia em Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Misael Elias de
Morais

Campina Grande – PB

2018

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M488s Medeiros, Arthur Felipe Thamay.

Solução de tecnologia móvel, para o monitoramento de crianças e idosos, com base em uma rede de sensores sem fio (WBAN) [manuscrito] / Arthur Felipe Thamay Medeiros. - 2018.

124 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Profissional em Ciência e Tecnologia em Saúde) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa , 2018.

"Orientação : Prof. Dr. Misael Elias de Moraes , Departamento de Computação - CCT."

1. Monitoramento eletrônico . 2. Assistência - idoso e criança. 3. Aplicativos móveis. 4. WBAN. 5. Weartool. 6. Detecção de quedas. I. Título

21 ed. CDD 362

ARTHUR FELIPE THAMAY MEDEIROS

SOLUÇÃO DE TECNOLOGIA MÓVEL, PARA O MONITORAMENTO DE CRIANÇAS
E IDOSOS, COM BASE EM UMA REDE DE SENSORES SEM FIO (WBAN)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia em Saúde.

Aprovada em: 07/06/2018

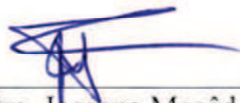
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Misael Elias de Moraes
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Frederico Moreira Bublitz
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Joseana Macêdo Fachine
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por ter sido meu guia em momentos difíceis, esteve sempre ao meu lado.

Ao NUTES, por me fazer um melhor profissional, contribuindo para o meu desenvolvimento em todas as esferas.

Ao meu orientador Misael Elias de Moraes, pela dedicação, paciência e orientação em todos os momentos.

À Professora Dra. Kátia Elizabete Galdino, coordenadora do curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia em Saúde, pelo seu apoio e busca pelo melhor para o nosso programa de mestrado.

A minha mãe Glaucia Thamay e ao meu pai Chagas Medeiros pelo apoio, confiança e formação pessoal.

Aos meus irmãos Thiago Thamay e Haylla Thamay pela força e auxílio nas horas necessárias.

Aos meus amigos/irmãos Thalles Gutemberg e Jefferson Felipe por sempre estarem presentes nas difíceis e prazerosas etapas acadêmicas.

À Física Alanne Alves pelo amor, companheirismo e auxílio.

A toda minha família Medeiros, em especial meu avô “Seu Chico” (*in memoriam*), pelo incentivo contínuo e estímulo ao estudo.

Aos meus amigos que fizeram parte dessa jornada, turma 2016 do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde, pelos momentos de estudo e confraternização.

A todos os meus professores que passaram por esta trajetória.

E a todos que não foram citados, mas de alguma maneira contribuíram para a concretização desse sonho. Agradeço!

“A única maneira de fazer um ótimo trabalho,
é amando aquilo que se faz”

(Steve Jobs)

RESUMO

Os avanços recentes na microeletrônica proporcionaram um desenvolvimento maciço das comunicações sem fio e, conseqüentemente, uma grande evolução de sensores voltados a aplicações médicas. Estes, aplicados à rede de área corporal sem fio (WBAN), aliada diretamente à rede de sensores sem fio (RSSF), tem sido estudados e implementados nos últimos anos, para monitoramento de crianças e idosos. Neste contexto, o objetivo da pesquisa é propor uma solução de tecnologia, o Weartool, que tem como foco um sistema que auxilia o responsável pelo monitoramento de idosos e crianças, apresentando, por meio de um aplicativo, eventuais quedas em idosos e distâncias excessivas da criança, bem como demais configurações referentes ao aplicativo e aos sensores utilizados. Sendo assim, o aplicativo do *smartphone* será notificado, auxiliando na tomada de decisão dos pais ou responsáveis. Portanto, com os testes preliminares feitos, pode-se concluir que o Weartool teve um resultado na detecção de quedas.

Palavras-chave: WBAN, Detecção de quedas, Sensores, Monitoramento, Weartool.

ABSTRACT

Recent advances in microelectronics have provided a new mass of wireless communications and, consequently, a major evolution of sensors for medical applications. These were submitted to a wireless body area network (WBAN), having been studied and implemented in recent years, for the monitoring of children and the elderly. In this context, the objective of the research is to propose a technology solution, the Weartool, which aims at an auxiliary system for monitoring the elderly and children, presenting, through an application, the falls in the elderly and the excessive processes of the Have to worry about the application and sensors used. Therefore, the smartphone application will be notified, assisting in the decision making of the parents or guardians. Therefore, with the use of preliminary tests, it can be concluded that weartool had a result in the detection of falls.

Key words: WBAN, Fall detection, Sensors, Monitoring, Weartool.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Camadas de rede.....	28
Figura 2 - Modelo de referência OSI aplicado a arquitetura Weartool	29
Figura 3 - Protocolo MAC e camada física	32
Figura 4 - Requisitos de energia e taxas de dados em WBAN.....	36
Figura 5 - Níveis de arquitetura WBAN.....	39
Figura 6 - Interferência WBAN.....	40
Figura 7 - Camadas do sistema operacional Android.....	43
Figura 8 - Arquitetura simplificada do dispositivo e seus embarcados.....	56
Figura 9 - Pinagem do MetaDetector	57
Figura 10 - Placa MetaDetector.....	58
Figura 11 - Protótipo Weartool	58
Figura 12 - Acelerômetro BMI160.....	59
Figura 13 - Acelerômetro 3 eixos.....	59
Figura 14 - Fotosensor LTR329	61
Figura 15 - Sensor de proximidade TSL2671	62
Figura 16 - Sensor de temperatura NCP15XH103F03RC	63
Figura 17 - Infograma de utilização genérica do sistema.....	64
Figura 18 - Disposição dos sensores em ambiente doméstico	64
Figura 19 - Tela inicial	65
Figura 20 - Busca de sensores disponíveis para conexão.....	66
Figura 21 - Tela Monitorar Queda	69
Figura 22 - Notificação de distância aproximada.....	73
Figura 23 - Temperatura ambiente	74
Figura 24 - Tela Configurações.....	75
Figura 25 - Vetor de força gravitacional	77
Figura 26 - Vetor de força	78

Figura 27 - Vetores coplanares.....	78
Figura 28 - Inclinação da aceleração triaxial.....	79
Figura 29 - Posição do sensor em relação ao vetor de gravidade.....	80
Figura 30 - Comportamento em repouso. Eixos lineares	81
Figura 31 - Queda para baixo	82
Figura 32 - Queda para baixo com salto.....	82
Figura 33 - Queda para o lado direito.....	83
Figura 34 - Queda para o lado esquerdo.....	83
Figura 35 - Queda ocorrida.....	84
Figura 36 - Notificação de queda ocorrida	85
Figura 37 - Distância máxima do sensor em relação ao smartphone	85
Figura 38 - Distância mínima do sensor em relação ao smartphone	86
Figura 39 - Temperatura ambiente	87
Figura 40 - Indicador da temperatura local	88
Figura 41 - Temperatura ambiente	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Aplicações WBAN.....	37
Quadro 2 - Exemplos de sinal biológico	38
Quadro 3 - Gerentes de aplicação	44
Quadro 4 - Permissões Android.....	45
Quadro 5 - Projetos e produtos existentes sobre WBAN (continua)	49
Quadro 6 - Projetos e produtos existentes sobre WBAN (continua)	50
Quadro 7 - Projetos e produtos existentes sobre WBAN (conclusão)	51
Quadro 8 - Funções dos pinos.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes e configurações <i>bluetooth</i>	30
Tabela 2 - Características das tecnologias sem fio utilizadas em WBAN.....	35
Tabela 3 - Especificações do acelerômetro BMI160.....	60
Tabela 4 - Especificações Fotosensor LTR329	60
Tabela 5 - Especificações Sensor de proximidade IR TSL2671	61
Tabela 6 - Especificações Sensor de temperaturaNCP15XH103F03RC.....	62
Tabela 7 - Especificação de ambientes e expoente n.....	87
Tabela 8 - Resultado dos testes feitos com idosos.....	89

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 - Circuito.....	56
Diagrama 2 - Caso de uso	67
Diagrama 3 - Diagrama de modelo de processos: Aplicativo Weartool	68
Diagrama 4 - Diagrama de modelo de processos: Algoritmo para detecção de quedas	70
Diagrama 5 - Diagrama de modelo de processos: Algoritmo do botão de alerta.....	72
Diagrama 6 - Diagrama de modelo de processos: Algoritmo para aferição de temperatura	74
Diagrama 7 - Diagrama de modelo de processos: Configurações do dispositivo	76

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Etapas do trabalho de pesquisa e desenvolvimento.....	53
-----------------------------------------------------------------------------	-----------

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AM - Aprendizado de máquina

AP - *Access Point*

API - *Application Programming Interface*

BAN - *Body Area Network*

BCU - *Body Control Unit*

BG - *Body Gateway*

BLE - *Bluetooth low energy*

BSN - *Body Sensor Network*

CCA - *Clear Canal Assessment*

CPU - *Central Processing Unit*

CSMA - *Carrier Sense Multiple Access*

DBM - *Decibel miliwatt*

DVM - *Dalvik Virtual Machine*

EEG - *Electroencephalogram*

EMG - *Electromyography*

FR - *Frequence Radio*

GSR - *Galvanic Skin Reflex*

IEEE - *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

IMU - *Inertial measurement unit*

IoT - *Internet of Things*

ISM - *Industrial, Scientific and Medical*

ISO - *International Organization for Standardization*

LE - *Low Energy*

LTS - *Long Term Support*

MOI - *Mecanismo de lesão*

MS - *Medical Server*

NBR - *Norma Brasileira*

NUTES - *Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde*

OSI - *Open System Interconnection*

OUI - *Organizationally Unique Identifier*

P2P - *Peer to peer*

PAN - *Personal Area Networks*

PD - *Personal device*

PDA - *Personal digital assistant*

PER - *Packet Error Rate*

PHY - *Camada física*

PPI - *Programmable Peripheral Interconnection*

PS - *Personal Server*

QoS - *Quality of Service*

RFID - *Radio-Frequency Identification*

ROS - *Reactive Oxygen Sensor*

RSSF - Rede de sensores sem fio

SAR - *Specific Absorption Rate*

SMS - *Short Message Service*

SoC - *System on Chip*

SpO2 - Saturação arterial de oxigênio

TBI - *Traumatism Brain Injury*

TCE - Traumatismo cranioencefálico

TDMA - *Time Division Multiple Access*

UEPB - Universidade Estadual da Paraíba

UWB - *Ultra-wide-band*

VM - *Virtual Machine*

WBAN - *Wireless Body Area Network*

LISTA DE SÍMBOLOS

™ - Marca Comercial

® - Marca Registrada

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	22
1.1 OBJETIVOS	25
1.1.1 Objetivo Geral.....	25
1.1.2 Objetivos Específicos	25
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO	25
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO NO CAMPO DA SAÚDE	26
2.2 CONTEXTUALIZAÇÃO NO CAMPO DA TECNOLOGIA	27
2.2.1 Protocolos e Camadas de Rede	27
2.2.1.1 Camada Física.....	28
6.2.1.1.1 <i>Bluetooth</i>	29
2.2.1.2 Camada de Enlace de dados.....	31
6.2.1.2.1 Protocolo MAC	31
2.2.1.3 IEEE 802.15.6.....	32
2.2.2 <i>Wireless Body Area Network (WBAN)</i>	37
2.2.3 <i>Internet of Things (IoT)</i>	40
2.2.4 <i>Smartphone</i> e Android	41
2.2.4.1 Arquitetura Android.....	42
2.2.4.1.1 Camada de aplicação	43
2.2.4.1.2 Estrutura de aplicação.....	43
2.2.4.1.3 Tempo de execução do Android.....	44
2.2.4.1.4 Bibliotecas	44
2.2.4.1.5 Kernel Linux.....	45
2.2.4.2 Permissões.....	45
2.2.5 <i>MbientLab</i>	46
2.2.6 Segurança	46
2.3 TRABALHOS CORRELATOS	47

2.4 RESUMO	53
3. METODOLOGIA	53
3.1 ETAPAS DO ESTUDO	54
3.1.1 Preparação e delimitação do problema.....	54
3.1.2 Revisão da pesquisa bibliográfica da área.....	54
3.1.3 Análise dos algoritmos e ferramentas necessárias para o desenvolvimento da aplicação.....	54
3.1.4 Homologação da aplicação e aplicação em casos reais.....	55
3.1.5 Análise dos resultados obtidos	55
3.2 PLATAFORMA PARA EMBARCADOS	55
3.3 MÓDULOS EMBARCADOS	58
3.3.1 Acelerômetro BMI160	58
3.3.2 Fotosensor LTR329.....	60
3.3.3 Sensor de proximidade IR TSL2671	61
3.3.4 Sensor de temperatura (Termistor) NCP15XH103F03RC.....	62
3.3.5 CPU ARM® Cortex™ M0 <i>Bluetooth</i> 4.0 nRF51822	63
3.4 FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO	64
3.5 SOFTWARE APLICATIVO	65
3.5.1 Monitorar Queda	69
3.5.2 Monitorar Distância.....	71
3.5.3 Temperatura Ambiente.....	73
3.5.4 Configurações.....	75
3.6 RESUMO	77
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS PRELIMINARES	77
4.1 RESUMO	89
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS	90
6. REFERÊNCIAS	91

APÊNDICE	107
ANEXOS	119

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da Ciência e Tecnologia (eletrônica e informática) no século XX contribuiu para uma acelerada evolução dos equipamentos médicos. Os avanços das tecnologias de comunicação sem fio, proporcionaram uma grande evolução de sensores voltados a aplicações médicas, abrindo o caminho para dezenas de dispositivos destinados a área da saúde aplicados para o monitoramento de pacientes.

Com isso, as redes de Sensores Sem Fio (RSSF) têm ganhado notoriedade em vários contextos de aplicações (militares, médicas e ambientais). São constituídas de um ou mais nós distribuídos, implementadas para coletar informações sobre parâmetros de interesse, usando os respectivos sensores (AMEEN; KWAK, 2011).

Kwak, Ullah e Ullah (2010) afirmam que as pesquisas na área de redes de sensores sem fio, levou o IEEE¹ a formar um grupo de trabalho especificamente para essa área tecnológica, o padrão IEEE 802.15.6, voltado especificamente para a Rede de Área Corporal sem Fio (WBAN²), visando proporcionar um protocolo internacional de baixa potência, de curto alcance e com alta qualidade de serviço (QoS³), dentro ou fora da área do corpo humano.

Conseqüentemente, os avanços recentes na microeletrônica, permitiram o desenvolvimento das WBAN (CHIN et al., 2012; LATRÉ, 2010; LO; GONZALEZ-VALENZUELA; LEUNG, 2013). Chang et al. (2015), em seus estudos, afirmam que as pesquisas na área estão aumentando gradativamente nos últimos anos. As aplicações das redes sem fio para à área do corpo (WBAN) para cuidados da saúde e monitoramento remoto, trouxeram uma revolução no campo da pesquisa médica. Numerosos sensores fisiológicos são integrados em uma arquitetura WBAN para monitorar quaisquer mudanças significativas nas condições de saúde normais. A principal característica das aplicações que utilizam WBAN, é melhorar a qualidade de vida do usuário (LATRÉ et al., 2010).

No entanto, o crescimento maciço de dispositivos sem fio e o impulso para interconectar esses dispositivos para formar uma Internet das coisas (IoT⁴) pode ser um

¹ IEEE - *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos);

² WBAN – *Wireless Area Body Network* (Rede de área corporal sem fio);

³ QoS - *Quality of Service* (Qualidade de serviço).

⁴ IoT – *Internet of Things* (Internet das Coisas).

desafio para os WBAN. Esse paradigma tecnológico pode ser definido como a comunicação entre dispositivos eletrônicos, ou seja, permite que sensores colem e troquem dados por meio de uma infraestrutura de rede existente (FORTINO; TRUNFIO, 2014).

Na área de negócios, o monitoramento remoto por meio de dispositivos embarcados, aumenta a eficiência, economizando tempo e, conseqüentemente, reduzindo gastos, dispensando um profissional à disposição em tempo integral. Uma de suas funcionalidades é a capacidade de enviar um alerta a qualquer hora do dia, com informações relevantes, como alerta de intrusão ou até mesmo o desligamento de um equipamento.

No segmento da saúde, como afirmam Sangari e Leo (2015), pode auxiliar no monitoramento dos sinais vitais do corpo humano, ou seja, monitora os parâmetros fisiológicos, independentemente do local onde a pessoa esteja, quer seja no hospital, em casa ou na rua. Em suas pesquisas, Motoyama (2012) afirma que estes sensores sem fio podem ser utilizados na área médica, afim de monitorar, ou até mesmo controlar os sentidos vitais de um corpo humano. Acredita-se que essa tecnologia seja uma das soluções mais promissoras para satisfazer a crescente demanda de serviços de cuidados da saúde, levando em consideração o estilo de vida de cada paciente (MOVASSAGHI, et al. 2014).

O crescente avanço na área de rede de computadores e o desenvolvimento de softwares eficientes possibilitaram a construção de sensores com uma variedade de funções embutidas e operando em rede (GIANNI, 2015). Estes sensores também podem ser vestíveis, ou seja, podem ser acoplados à roupa ou acessório de um indivíduo. A MbientLab (2016), empresa fabricante de dispositivos embarcados, produziu o MetaDetector, com o intuito de ser fixado em qualquer roupa ou tecido, para assim ser programado para interagir com os movimentos do usuário ou com o ambiente à sua volta.

Dados recentes divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostram que o crescimento populacional no Brasil vem aumentando gradativamente. Com isso, aliado diretamente à taxa de longevidade dos mesmos, o número de idosos vem crescendo na mesma perspectiva (IBGE, 2010), devido à média da expectativa de vida da população brasileira, que atualmente é mais de 75 anos. Pesquisa realizada pelo IBGE (IBGE, 2010) aponta que até 2060, a população idosa no

Brasil com mais de 65 anos chegará a mais de 19 milhões. Estudos feitos por Lai et al. (2010), constataram que o rápido crescimento da população idosa é uma preocupação global e, conseqüentemente, uma carga sobre os serviços de saúde.

Os acidentes são uma das maiores preocupações com crianças e, principalmente, com pessoas acima de 65 anos, que estão mais suscetíveis a quedas e fraturas. Sendo eles um grupo de risco quando são estudados os acidentes em ambientes domésticos. O Sistema Único de Saúde (SUS) aponta que 75% das lesões sofridas em idosos ocorrem em seus lares (SUS, 2017), sendo isso, umas das principais causas de atendimento em idosos, nas unidades de urgência. Mais especificamente, o mecanismo de lesão (MOI⁵) é um fator de risco importante, pois quando ocorre uma queda de cabeça, pode sofrer traumatismo crânio encefálico (TBI⁶), tornando uma grande preocupação aos pais e aos médicos pediatras (SAMUEL et al., 2015).

Estudo de Moreira et al. (2015), feito com idosos, a partir dos 60 anos, apresentou um número de notificações de fraturas de fêmur e suas conseqüências: número de internações; proporção de internações e taxa de internações, na cidade em João Pessoa - PB, nos anos de 2008 a 2012. O estudo apontou que 1.200 procedimentos cirurgicos de fraturas foram realizados pelo SUS, entre as quais 687 foram em idosos.

Dados como este são alarmantes, tendo em vista que idosos que tenham sofrido lesão traumática, têm em sua maioria perda de autonomia e aumento de dependência, com isso aumentando os cuidados dos familiares enquanto hospitalizados (LANDIM et al., 2015).

Thome, Miguet e Ambellouis (2008) afirmam que a detecção de quedas por meios de tecnologia *eHealth*⁷, está se tornando um campo emergente de pesquisa, pelo aumento gradativo de mortes e lesões causadas por estes acidentes.

Nesta perspectiva, foi proposto o desenvolvimento de um protótipo de um aplicativo para o monitoramento de crianças e idosos, chamado “Weartool”. O sistema é compatível com o sistema operacional para dispositivos móveis, Android⁸. Sua proposta é monitorar o movimento do idoso e da criança, afim de identificar quedas em idosos,

⁵ MOI – *Mechanism of Injury* (Mecanismo de lesão);

⁶ TBI - *Traumatic Brain Injury* (Traumatismo Crânio Encefálico)

⁷ *eHealth* – Termo utilizado para “Saúde digital”;

⁸ Android – Sistema operacional para dispositivos móveis.

possíveis locais que possam colocar em perigo a criança e monitorar a distância da criança.

Esta pesquisa é resultado do projeto: Redes WBAN para a saúde e o bem-estar e complementa outras pesquisas do Núcleo de Tecnologia Estratégicas em Saúde (NUTES).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GERAL

Desenvolver uma solução de tecnologia móvel, baseada em uma rede de sensores sem fio para o monitoramento de crianças e idosos, evitando que eventos adversos como quedas, colisões e situações correlatas, tomem dimensões drásticas.

1.1.2 ESPECÍFICOS

- Levantamento de todo embasamento teórico de tecnologias utilizadas para o monitoramento de crianças e idosos.
- Programar os sensores para executar as funções específicas.
- Desenvolver uma aplicação móvel para se comunicar com os sensores.
- Validar a aplicação.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

Este capítulo traz o referencial teórico dos principais trabalhos relacionados a lesões sofridas em idosos e suas consequências, relacionadas à área da saúde e as principais tecnologia utilizadas para a prevenção e predição de quedas. Com isso, servirá de embasamento para a pesquisa.

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO NO CAMPO DA SAÚDE

Uma lesão é descrita por alterações no tecido biológico, que pode ser causada por anormalidades no funcionamento natural da célula ou por aspectos físicos, como traumatismo mecânico, oriundo de choques, impactos ou transferência de movimento. Devido à redução da densidade óssea e elasticidade do tecido muscular/epitelial que ocorre gradativamente em idosos, a magnitude da força necessária para causar uma lesão decai proporcionalmente, e pequenos traumas já podem gerar consequências sérias como ferimentos, fraturas e lesões de órgãos internos.

Freitas et al. (2011) definem a queda como uma ação não intencional do corpo a um nível mais baixo em relação inicial, em que o mesmo é incapaz de voltar a sua posição inicial em tempo hábil, sendo assim comprometendo a sua estabilidade.

Maia et al. (2011) afirmam que queda em idoso é uma situação frequente com consideráveis consequências físicas, psicológicas e sociais. Uma das principais consequências decorrentes das quedas é a fratura, que acarreta ao idoso maior vulnerabilidade e novas situações, deixando o mesmo frágil e inseguro devido ao trauma ocorrido.

Uma queda ocorrida de cabeça pode causar uma Lesão Cerebral Traumática (TBI). Também conhecida como traumatismo crânio encefálico, é uma lesão em torno do couro cabeludo, do crânio e do encéfalo. Pode ocorrer hemorragia interna, perda de consciência por mais de uma hora, fraturas cranianas, dano ao tecido encefálico ou uma combinação destes fatores afetando alguns os aspectos da vida do indivíduo, como a personalidade (HUDDLESTON; FERGUSON, 2006). A fratura ocorre devido a uma súbita aceleração ou desaceleração ou por um impacto súbito, resultando em hemorragia interna, perda de consciência por mais de uma hora (CARLI; ORLIAGUET, 2004). Devido as lesões cerebrais não cicatrizarem como outras lesões, sua recuperação é de forma funcional (HUDDLESTON; FERGUSON, 2006).

Fratura do Fêmur Proximal (FFP) em idosos acarreta uma grande incapacidade funcional, prejudicando a qualidade de vida dos mesmos. Em estudos, Ariyoshi (2013) mostra que apenas 25% dos pacientes que sofreram FFP se recuperam totalmente e os demais podem apresentar sintomas decorrentes da fratura como dor, inchaço, dificuldade

para subir escadas e dificuldade de locomoção. No período de outubro de 2005 a outubro de 2006, totalizou 27.647 casos de FFP, segundo a pesquisa realizada.

Estudos de Huddleston e Ferguson (2006), tratam o traumatismo cranioencefálico (TCE) como uma lesão em torno do couro cabeludo, o crânio e o encéfalo, causado após uma lesão fechadas ou penetrantes às estruturas encefálicas, causando fraturas cranianas e dano ao tecido encefálico.

2.2 CONTEXTUALIZAÇÃO NO CAMPO DA TECNOLOGIA

Este capítulo apresenta as principais tecnologias de rede utilizadas para a transmissão de dados entre os sensores e o dispositivo, bem como os protocolos utilizados. Também é relatado os trabalhos mais pertinentes na área de monitoramento de pessoas, inclusive trabalhos semelhantes à pesquisa de detecção de quedas em idosos.

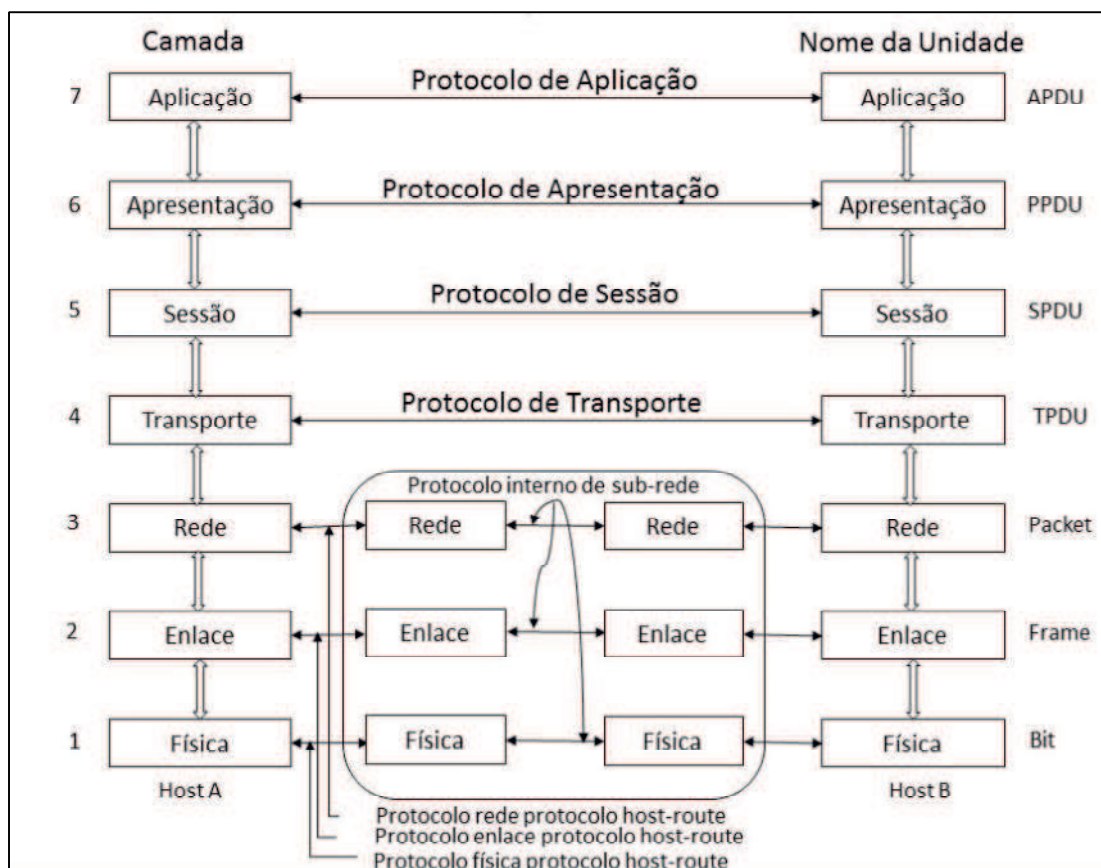
2.2.1 Protocolos e Camadas de rede

A camada de rede é responsável por controlar o fluxo operacional da rede. O Modelo de rede OSI⁹, baseado em uma proposta desenvolvida pela ISO¹⁰, criado em 1971 e revisto em 1995 (DAY, 1995), é um padrão para protocolos de comunicação, para então garantir a conexão entre sistemas computacionais (TANENBAUM; WETHERALL, 2011). O modelo é dividido em sete camadas (Figura 1): Camada física, Camada de enlace de dados, Camada de rede, Camada de transporte, Camada de sessão, Camada de apresentação e Camada de aplicação.

⁹ OSI - *Open System Interconnection* (Interconexão de sistemas abertos);

¹⁰ ISO - *International Standards Organization* (Organização Internacional de Padrões).

Figura 1 – Camadas de rede.



Fonte: Adaptado de Tanenbaum (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

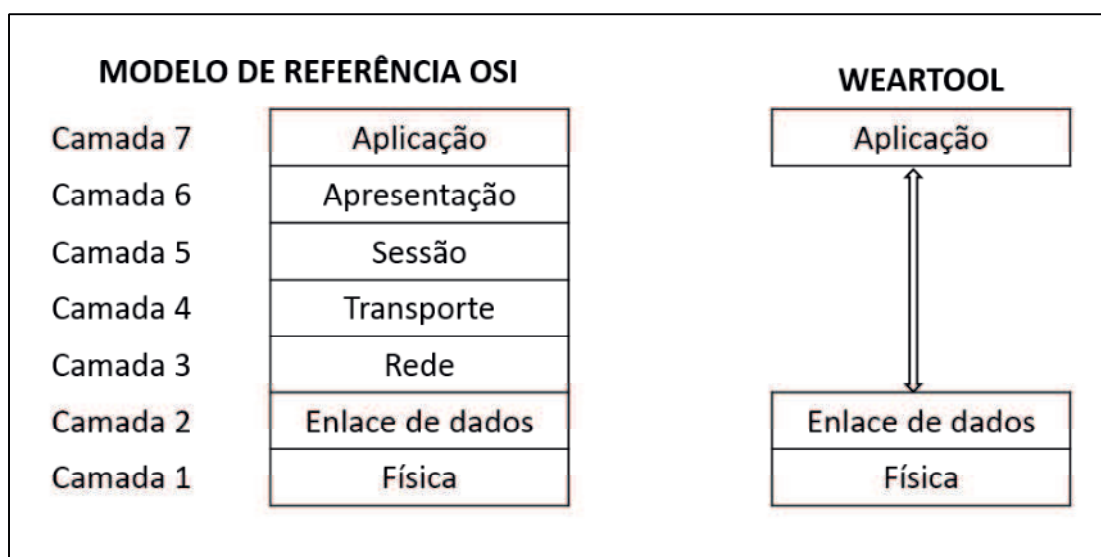
2.2.1.1 Camada Física

A camada física é responsável pela transmissão de dados por um canal de comunicação. São exemplos: Cabos, conectores, HUB, modem, ou seja, todo hardware envolvido. Com isso, a camada deve garantir que, quando um lado enviar um bit 1, o outro lado o receberá como um bit 1, não como um bit 0 (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

A Camada Física, abordada nesta dissertação, descreve a tecnologia de transmissão dos dados, o hardware em que os dispositivos estão embarcados e seu SoC¹¹, com o meio de transmissão *bluetooth*. Acima da camada 7 está a funcionalidade do aplicativo. Em termos gerais, é o controle ou a interface de operação de um configurador (BERGE, 2002). Este modelo pode ser visualizado na Figura 2.

¹¹ SoC – *System on a chip*

Figura 2 - Modelo de referência OSI aplicado a arquitetura Weartool.



Fonte: Adaptado de Tanebaum (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

O padrão de protocolos IEEE 802.15.6 (WBAN) definiu o novo controle de acesso físico (PHY¹²) e médio (MAC¹³) para WBAN que fornecem baixa complexidade, baixo custo, alta confiabilidade, baixa potência e curto alcance de transmissão sem fio (MOVASSAGHI, et al. 2014). A camada PHY do IEEE 802.15.6 é responsável pelas seguintes tarefas: ativação e desativação do rádio transceptor, verificar se o canal está livre para transmissão (CCA¹⁴) e transmissão e recepção de dados.

2.2.1.1.1 *Bluetooth*

Segundo Muller (2001), a tecnologia *Bluetooth* é um protocolo para comunicação de dados sem fio, por rádio frequência (FR¹⁵), de curto alcance, para substituir a transmissão via cabos.

Nos sensores sem fio, é amplamente utilizado para troca de dados pois garante rapidez e segurança, entre equipamentos que possuam a mesma tecnologia. Esta, por sua vez, vem evoluindo desde sua concepção, para atender às demandas do mercado. Algumas das características dessa tecnologia são a alta velocidade, podendo chegar até 1

¹² PHY – Camada física;

¹³ MAC - *Media Access Control* (Controle de acesso médio)

¹⁴ CCA – *Clear Canal Assessment* (Limpar canal avaliação).

¹⁵ FR – *Frequency Radio* (Rádio frequência);

MB por segundo; baixo consumo de bateria, aumentando ainda mais quando o dispositivo estiver ocioso e a alta segurança, com o novo protocolo de criptografia de 128 bits, frequência de 2,4GHz.

As especificações desta tecnologia apresentam três classes de dispositivos e suas configurações, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Classes e configurações *bluetooth*.

CLASSE	POTENCIA MÁXIMA DE TRANSMISSÃO (mW)	POTENCIA MÁXIMA DE TRANSMISSÃO (dBm)	Alcance (m)
1	100	20	100
2	2,5	4	10
3	1	0	0,1

Fonte: Adaptador de Muller (2001).

O *Bluetooth* opera na banda ISM¹⁶, livre de licença. Esta tecnologia foi concebida para operar em ambientes com elevadas fontes de interferência, pois utiliza técnicas de espalhamento espectral. Uma boa infraestrutura pode minimizar a interferência gerada. A disponibilidade global faz uma ótima opção para os dispositivos WBAN nos quais a mobilidade é essencial.

Permite redes pessoais ad hoc sem fio, conhecidas como PAN¹⁷, na qual atualmente deriva-se para BAN e WBAN. Estas redes são dinâmicas e transparentes, em que o usuário pode se associar ou desvincular-se rapidamente.

Bluetooth Low Energy (BLE¹⁸) *Physical Layer* (PHY), versão 4.0 é uma das tecnologias mais utilizadas, iniciando sua comercialização a partir do ano de 2010 (*Bluetooth*, 2017). Para satisfazer as exigentes necessidades energéticas da WBAN, o BLE possui uma vantagem modesta em termos de consumo e potência de transmissões de dados. Atualmente, esta tecnologia se encontra na versão 5.0.

Em alguns estudos, como o de Soares (2015) e Almaula (2008), o *bluetooth* foi utilizado para medir a distância aproximada entre dispositivos emparelhados, usando a

¹⁶ ISM – *Industrial, Scientific and Medical* (Industrial, científica e Medica);

¹⁷ PAN - *Personal Area Networks* (Rede de área pessoal);

¹⁸ BLE – *Bluetooth low energy* (Bluetooth de baixo consumo).

intensidade de sinal (RSSI¹⁹) e o nível de potência recebido para o cálculo da distância entre os nós.

A principal vantagem, tendo em vista sua vasta utilização, é devido a maioria das plataformas móveis do mercado utilizarem a tecnologia e, conseqüentemente, possuem a funcionalidade LE, sendo assim aumentando a compatibilidade com aplicações do mercado.

2.2.1.2 Camada de Enlace de dados

A camada de enlace de dados é responsável por converter o fluxo de dados sem formatação, fornecido pela camada física, em um fluxo de quadros a ser utilizado pelas camadas superiores. Os protocolos que atuam nesta camada, oferecem recursos de controle para retransmissão de pacotes com falhas ou perdidos (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

2.2.1.2.1 Protocolo MAC

O controle de acesso ao meio é o que define o uso de um endereço MAC em cada dispositivo de rede. Assim, cada placa possui um endereço único gravado em seu hardware.

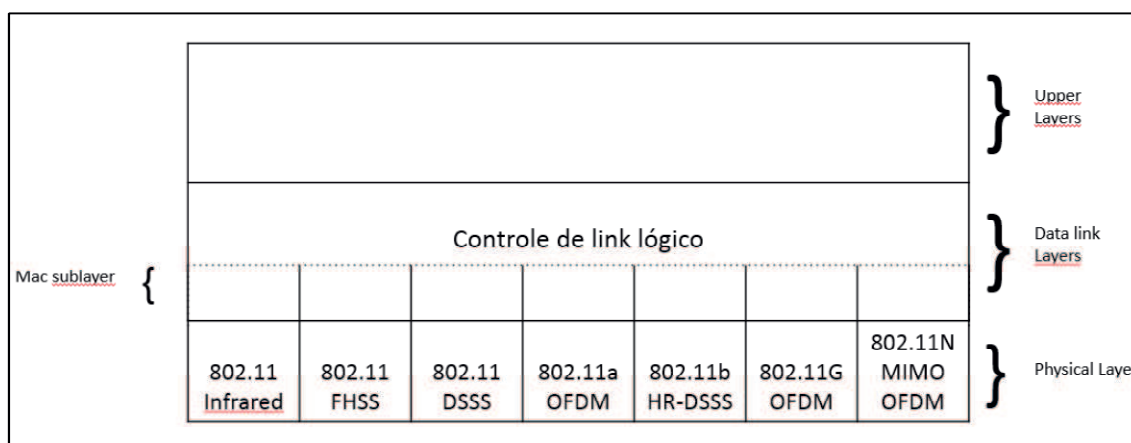
Os Endereços MAC são representados por números em hexadecimal, em que cada algarismo equivale a um número de quatro bits. Desta forma, um byte é representado por dois algarismos. O IEEE padronizou o protocolo MAC como um conjunto de 12 algarismos em hexadecimal, agrupados em pares, em que os três primeiros pares de dígitos é o endereço, que indica o fabricante do dispositivo de rede e os três últimos são controlados pelo fabricante (TELECO, 2018). Conseqüentemente, cada dispositivo de rede produzido, recebe um número diferente, chamado de OUI²⁰ (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

¹⁹ RSSI - *Received signal strength indication* (Indicação de força de sinal recebida)

²⁰ OUI - *Organizationally Unique Identifier* (Identificador Único Organizacional).

Protocolos MAC para WSN²¹ podem ser classificados em duas categorias: CSMA²² e TDMA²³. Protocolos MAC baseados em contenção CSMA, como S-MAC (YE; HEIDEMANN; ESTRIN, 2002), T-MAC (VAN DAM; LANGENDOEN, 2003), B-MAC (POLASTRE; HILL; CULLER, 2004) e WiseMAC (EL-HOIYDI; DECOTIGNIE, 2004), não são eficientes em termos energéticos para as WBAN, uma vez que a maioria das aplicações em WBAN, necessita de uma largura de banda periódicas constantes. Protocolos MAC baseados sem contenção TDMA, como PACT (PEI; CHIEN, 2001) e LEACH (HEINZELMAN; CHANDRAKASAN; BALAKRISHNAN, 2002), tentam organizar o WSN como um ou mais nós, para assim evitar colisões. Uma das características principais do protocolo LEACH é sua eficiência energética, sendo assim, contemplando os requisitos do padrão IEEE 802.15.6.

Figura 3 - Protocolo MAC e camada física.



Fonte: Adaptado de Tanenbaum (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

2.2.1.3 IEEE 802.15.6

O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) é uma organização internacional, sem fins lucrativos, dedicada ao avanço educacional e técnico da engenharia elétrica, eletrônica, telecomunicações, engenharia computacional e disciplinas correlatas. Uma de suas missões é desenvolver padrões técnicos, dentre os

²¹ WSN – *Wireless Sensor Network* (Rede de sensor sem fio)

²² CSMA - *Carrier Sense Multiple Access* (Acesso múltiplo com detecção de portadora)

²³ TDMA - *Time Division Multiple Access* (Acesso múltiplo por divisão de tempo)

quais podemos citar os IEEE 802, que é um conjunto de protocolos usados no acesso à rede (IEEE, 2017).

O *IEEE Standards Association*, desenvolveu um novo protocolo de comunicação sem fio, o IEEE 802.15.6, para a padronização da WBAN, promovendo a interoperabilidade entre todos os dispositivos que utilizam esta tecnologia (KWAK et al., 2009). Este protocolo é voltado para os dispositivos de comunicação sem fio, de baixa potência e de curto alcance, para oferecer níveis de qualidade de serviço (QoS) e segurança, necessários para dados médicos pessoais. Com isso, tornando extremamente confiável dentro ou fora da área do corpo humano.

Alguns dos principais requisitos do protocolo IEEE 802.15.6 estão listados abaixo (ULLAH et al., 2010; SMITH et al., 2013; KHAN et al., 2010):

- Os links WBAN devem suportar taxas de bits na faixa de 10 Kbps a 10 Mbps.
- A taxa de erro de pacote (PER²⁴) deve ser inferior a 10%.
- Cada WBAN deve ser capaz de suportar 256 nós.
- Os nós devem prover uma comunicação confiável, mesmo se a pessoa estiver em movimento.
- A latência deve ser menor que 125ms²⁵ em aplicações médicas e menor que 250ms em aplicações não médicas.
- WBAN dentro e fora do corpo, devem ser capazes de trabalhar simultaneamente dentro da mesma área de abrangência.
- Até 10 WBAN distribuídos aleatoriamente deve ser suportado pela camada física em uma área de 6m³.
- Todos os dispositivos devem ser capazes de transmitir a 0,1 mW (-10 dBm) e a transmissão máxima irradiada deve ser inferior a 1 mW (0 dBm). Isso cumpre com a Taxa de Absorção Específica (SAR²⁶) que é de 1.6 W/Kg, segundo a Comissão Federal de Comunicações.
- Os WBAN devem ser capazes de operar em um ambiente heterogêneo onde redes de diferentes padrões estão sendo propagadas e utilizadas.
- WBAN devem incorporar recursos de gerenciamento de QoS.

²⁴ PER - *Packet Error Rate* (Taxa de erro de pacote);

²⁵ Milissegundos.

²⁶ SAR - *Specific Absorption Rate* (Taxa de Absorção Específica);

- Mecanismos de economia de energia devem ser incorporados, para permitir que as WBAN operem em um ambiente que necessite restrição de energia.
- Somente um receptor pode existir em um WBAN e seu número de nós variam de 0 a $nMaxBANSize$ ²⁷ (PATEL; WANG, 2010).

Cao et al. (2009), destacou as tecnologias de rádio, que atualmente são utilizadas nos dispositivos embarcados, adequadas para WBAN. A Tabela 2 apresenta da seguinte forma: UWB²⁸, ZigBee IEEE 802.15.4, *Bluetooth*, *Bluetooth Low Energy*²⁹, Z-Wave¹², Zarlink¹³, RFID, Rubee¹⁴, ANT¹⁵ e Sensium¹⁶. A tecnologia de rádio adequada para WBAN pode ser decidida com base na especificação de requisitos de uma aplicação.

²⁷ $nMaxBANSize$ – Número máximo de Sensores.

²⁸ UWB - *Ultra-wide-band* (Banda ultra larga).

²⁹ *Bluetooth Low Energy* – Bluetooth de baixo consumo.

Tabela 2 - Características das tecnologias sem fio utilizadas em WBAN.

Tecnologia	Frequência	Taxa de dados	Cobertura	Modulação	Topologia
<i>Bluetooth</i> v.1.0 802.15.1	2.4 GHz ISM	780 Kbps	10-150 m (somente no corpo)	GFSK	Star
<i>Bluetooth</i> v.2.0	2.4 GHz ISM	3 Mbps	10-100 m (somente no corpo)	GFSK, PSK,8DPQS K, $\pi/4$ DQPSK	Star
<i>Bluetooth</i> v.3.0	2.4 GHz ISM and 5 GHz	3-24 Mbps	10 m (somente no corpo)	GFSK	Star
<i>Bluetooth</i> v.4.0	2.4 GHz ISM	1 Mbps	10 m (somente no corpo)	GFSK	Star
ZigBee (IEEE 802.15.4)	868 MHz, 915 MHz, 2.4 GHz ISM	20,40,250 Kbps	10-100 m (somente no corpo)	O-QPSK, BPSK (+ ASK)	Star, mesh, cluster- tree
Ultra Wideband (UWB)	3.1-10.6 GHz	110-480 Mbps	5-10 m (somente no corpo)	OFDM, DSUWB, BPSK, QPSK	Star
RFID (ISSO/IEC 18000-6)	860 to 960 MHz	10 to 100 Kbps	1 to 100 m	FSK, PSK, ASK	Peer-to- peer
Near Field Communicat ion (NFC)	13.56 MHz	106,212,424 Kbps (1 Mbps planned for future)	Up to 20 cm	ASK	Peer-to- peer
Sensium	868 MHz,915 MHz 402- 405MHz,433 MHz	50 Kbps	1-5 m (somente no corpo)	BFSK	Star
Zarlink (ZL70101)	405MHz,433 -434 MHz	200-800 Kbps	2 m (somente no corpo)	2FSK,4FSK	Peer-to- peer
RuBee (IEEE 1902.1)	131 KHz	9.6 Kbps	30 m	ASK, BPSK, BMC	Peer-to- peer
Z-Wave	900 MHz ISM	9.6 Kbps	30 m	BFSK, FSK	Mesh
ANT	2.4 GHz ISM	1 Mbps	30 m (somente no corpo)	GFSK	Star, mesh, peer to peer, tree

Fonte: Adaptado de Fonte: Movassaghi et al. (2014).

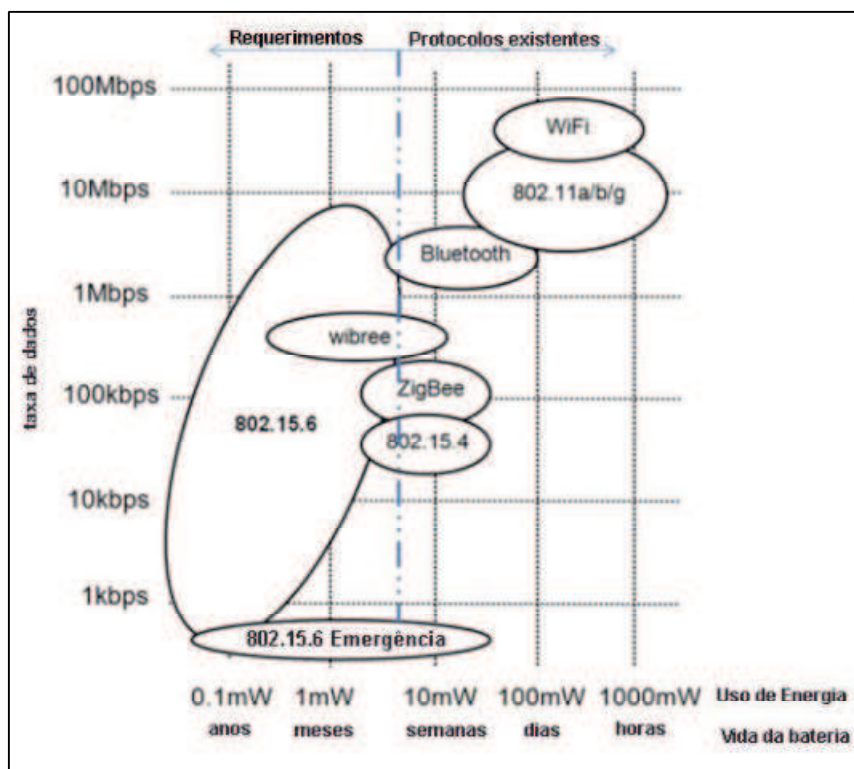
O IEEE 802.15.6 propôs outra classificação para nós em WBAN (IEEE, 2012):

- Nó implantável - Este tipo de nó é implantado no corpo humano, logo abaixo da pele ou dentro do tecido corporal.
- Nó da superfície do corpo - Este tipo de nó é colocado sobre a superfície do corpo humano ou a 2 centímetros de distância.
- Nó externo - Este tipo de nó não está diretamente em contato com o corpo humano, ou seja, está alocado ao redor do corpo.

Uma das características citadas, forma as taxas de dados e consumo energético, sendo este, uma de suas principais restrições. A Figura 4 é apresentada uma comparação entre o consumo e a taxas de transmissão de dados, em comparação a outras tecnologias sem fio. Com isto, é visto que as tecnologias atuais atendem aos requisitos de velocidade do IEEE 802.15.6, que variam de 1 Kbps a 10 Mbps (MARINKOVIC et al., 2009). Porém em termos de consumo de energia, podem chegar a mais de 10mW.

Assim, diferentes ambientes operacionais e as características de diferentes aplicações WBAN, requerem uma escolha adequada da tecnologia de transmissão sem fio que é usada (MOVASSAGHI; ARAB; ABOLHASAN, 2012).

Figura 4 - Requisitos de energia e taxas de dados em WBAN.



Fonte: Fonte: Movassaghi et al. (2014).

2.2.2 *Wireless Body Area Network (WBAN)*

Uma RSSF pode ser definida como, uma quantidade de sensores (nó), distribuídos sobre um local ou área geográfica, com finalidade de monitorar grandezas e fenômenos físicos, tais como: temperatura, umidade, luminosidade, atividades sísmicas, etc.

Algumas das principais características das RSSF é sua restrição na capacidade de processamento, quantidade reduzida de memória, fornecimento de energia limitado, devido a bateria ser sua única fonte de alimentação (SOUSA, 2009).

Dessa forma, uma RSSF aplicada ao monitoramento da saúde e comportamento dos pacientes é conhecida como rede de área do corpo sem fio (WBAN). Essa por sua vez, é uma rede de dispositivos, em sua maioria embarcados, com uma característica peculiar, pode ser vestível ou implantável (SALAYMA et al., 2018). Esta rede de sensores pode ser utilizada no corpo humano para aferir atributos fisiológicos, como temperatura, pressão sanguínea, batimentos cardíacos. Uma rede de área do corpo (BAN³⁰), também denominada de rede de sensores corporais (BSN³¹) e quando utilizada sem fio, WBAN. O IEEE (2012) classifica suas principais aplicações, de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 - Aplicações WBAN.

Aplicações WBAN	Médico	WBAN vestíveis	Avaliando a Fadiga do Soldado e a preparação em Batalha
			Acompanhamento do treinamento profissional e amador em esportes
			Estadia de sono
		WBAN implantável	Asma
			Monitoramento da saúde
			Doenças cardiovasculares
	Controle remoto de dispositivos médicos	Detecção de câncer	
		Ambiente assistido	
		Monitoramento do Paciente	
	Não médico	Sistemas de telemedicina	
		Streaming ³² em tempo real	
		Aplicações de entretenimento	
			Emergência (não médica)

Fonte: Movassaghi et al. (2014).

Os sensores em uma WBAN respondem a um estímulo físico, fornecendo uma resposta em forma de dados. Esses sensores podem ser fisiológicos, ambientais ou

³⁰ BAN – *Body Area Network* (Rede de área corporal);

³¹ BSN – *Body Sensor Network* (Rede de sensores corporais).

³² *Streaming* – Tecnologia de transmissão contínua de mídia;

biocinéticos (LATRÉ et al., 2010; HANSON et al., 2009). Estes podem ser usados como relógio de pulso, celular ou fone de ouvido, permitindo o monitoramento sem fio de uma pessoa em qualquer lugar, a qualquer hora. São exemplos de sensores: EMG, EEG, ECG, temperatura, umidade, sangue pressão, glicemia, oxímetro de pulso (SpO2), sensor de gás CO₂, termistor, espirômetro, pletismografia, sensor de DNA, biossensor magnético, Ultrassônico, Movimento (Giroscópio / Acelerômetro).

Sendo assim, as informações coletadas dos sensores são enviadas para um dispositivo pessoal (PD³³). O PD então, informa o usuário por meio de um gateway externo ou um display / LED no dispositivo (MOVASSAGHI et al., 2014). LATRÉ et al., (2010) classifica estes dispositivos em *Gateway* do corpo (BG³⁴), Unidade de controle do corpo (BCU³⁵) ou Assistente digital pessoal (PDA³⁶). O Quadro 2, mostra alguns exemplos de sinais biológicos.

Quadro 2 - Exemplos de sinal biológico.

Sinais Biológicos
Monitor de temperatura
Pressão sanguínea
Sensores mecânicos de movimento
Monitor respiratório
Saturação de oxigênio periférico (SpO2) - Oxímetro de pulso
Monitor de frequência cardíaca
Eletrocardiograma (ECG)
Sensor de pH
Sensor de glicose
Encefalografia eletromagnética (EEG)
Eletromiografia (EMG) muscular

Fonte: Movassaghi et al. (2014).

Movassaghi et al. (2014) classificou as WBAN em três níveis, levando em consideração sua arquitetura de comunicação: Nível 1 Intra-BAN, Nível 2 Inter-BAN e Nível 3 Além-BAN.

³³ PD - *Personal device* (Dispositivo pessoal);

³⁴ BG - *Body Gateway* (Gateway do corpo);

³⁵ BCU - *Body Control Unit* (Unidade de controle do corpo);

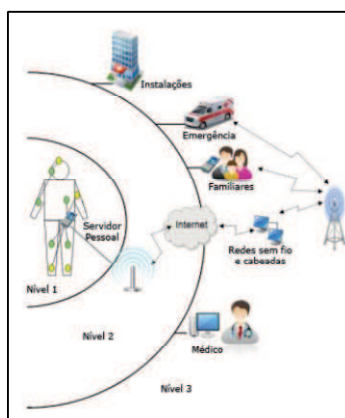
³⁶ PDA - *Personal digital assistant* (Assistente digital pessoal).

Nível 1: Comunicação Intra-WBAN – Representa a comunicação dos nós, dentro e/ou ao redor do corpo humano, com uma distância máxima de 2 metros. Na Figura 5 é ilustrada a comunicação WBAN e suas múltiplas camadas. No nível 1, os sensores são usados para encaminhar sinais de corpo para um dispositivo pessoal ou um servidor pessoal (PS³⁷). Os dados fisiológicos processados são transmitidos para um ponto de acesso no nível 2.

Nível 2: Comunicação Inter-WBAN - Esta comunicação está entre o PS e um ou mais pontos de acesso (AP³⁸). Os AP podem ser considerados como parte da infraestrutura, ou até mesmo serem colocados estrategicamente em um ambiente, para lidar com situações de emergência. A comunicação de nível 2 interconecta WBAN com várias redes, que podem facilmente ser acessadas na vida diária, bem como em redes de celulares.

Nível 3: Comunicação Além-WBAN – Este tipo de comunicação é para uso em áreas metropolitanas. Tanto um gateway, quanto um PDA, podem ser usados para conectar o nível 2 e o nível 3, com uso da internet para o Servidor médico (MS³⁹) (LATRÉ et al., 2010). Em essência, em um ambiente médico, um banco de dados é um dos componentes mais importantes do nível 3, que possibilita ao médico, acessar o histórico e perfil do paciente (CHEN et al., 2010). Assim, médicos ou pacientes podem ser notificados de um estado de emergência através da Internet ou até mesmo um serviço de mensagens (SMS⁴⁰).

Figura 5 – Níveis de arquitetura WBAN.



Fonte: Fonte: Movassaghi et al. (2014).

³⁷ PS - *Personal Server* (Servidor pessoal);

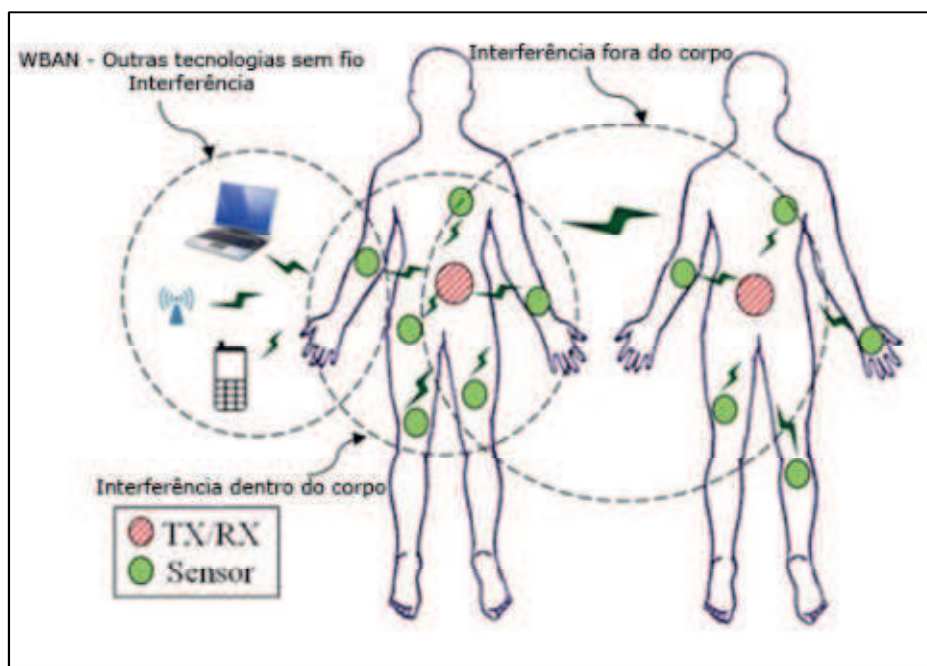
³⁸ AP – *Access Point* (Ponto de acesso).

³⁹ MS – *Medical Server* (Servidor médico);

⁴⁰ SMS - *Short Message Service* (Serviço de mensagens curtas).

Outra questão a ser levada em consideração, quando se trata em transmissão de dados sem fio, é a interferência. Chen et al. (2005); Conway e Scanlon (2007); Gallo et al. (2011); Hall et al. (2007); Jensen e Rahmat-samii (1995); Okoniewski e Stuchly (1996); Pellegrini et al. (2013); Ryckaert et al. (2004) e Wang, Chen e Parini (2004), constataram que a proximidade do corpo humano degrada consideravelmente o desempenho da propagação das ondas de rádio. Rehman et al. (2010), concluíram que o corpo humano causa uma perda de cerca de 10 a 15 dB. Uma vez que, uma WBAN poderá estar próximo a outras WBAN, é necessário averiguar a interferência inter-WBAN. O IEEE (2012) requer que o sistema funcione adequadamente dentro de uma faixa de transmissão de até 3 metros quando há 10 WBAN próximas. Em diferentes tipos de rádio, a interferência em WBAN é exemplificada na Figura 6.

Figura 6 – Interferência WBAN



Fonte: Fonte: Movassaghi et al. (2014).

2.2.3 *Internet of Things (IoT)*

A internet das coisas (IoT) é um paradigma tecnológico que ganha atenção de vastos campos de pesquisa nos últimos anos. Seu conceito principal é conectar dispositivos através da Internet, por meio de protocolos específicos. Com isto, a IoT proporciona uma ampla visão onde uma rede de coisas inteligentes, identificadas

unicamente com dispositivos como sensores conectados, em qualquer lugar, em qualquer dispositivo, trabalhando em conjunto para fornecer uma variedade de serviços sob demanda aos clientes (FORTINO; TRUNFIO, 2014, LEE; LEE, 2015).

Para as aplicações de cuidados de saúde, conectados pela IoT, a rede de área do corpo sem fio (WBAN) está ganhando popularidade à medida que os dispositivos vestíveis aparecem no mercado (FORTINO; TRUNFIO, 2014, LEE; LEE, 2015). Sensores específicos também podem ser equipados dentro de ambientes para monitorar a saúde e o bem-estar de pacientes, ou até mesmo serem vestíveis, garantindo também que o tratamento adequado está sendo administrado corretamente (ISTEPANIAN et al., 2011).

Existem limitações para implantação de sensores IoT, como o consumo de bateria e comunicação. Este último, havendo a necessidade de infraestrutura de comunicação sem fio especializada, como gateways de Internet, ZigBee, *Bluetooth* ou até mesmo pontos de acesso para o alcance do sinal, permitindo uma boa cobertura (FORTINO; TRUNFIO, 2014).

2.2.4 *Smartphone* e Android

Os *smartphones* tornaram-se uma parte essencial da vida cotidiana. Com o passar do tempo, o número de usuários de *smartphones* está aumentando. As pessoas estão usando esses dispositivos não apenas como um celular, mas como uma ferramenta gerencial e organizacional para suas vidas diárias (BARRERA et al., 2010).

Android é um sistema operacional (SO), projetado para *smartphones*, tablets, TV, carro e relógio de pulso. Baseado no núcleo Linux versão LTS⁴¹, desenvolvido inicialmente pela Android Inc. no ano 2000. A partir do ano de 2005, o SO foi comprado e está sendo desenvolvido pela empresa de tecnologia Google (SUFATRIO et al., 2015).

O Android oferece segurança no Kernel do Linux no nível do sistema operacional e permite uma comunicação segura entre aplicativos que funcionam em processos diferentes. Segundo Lane (2012), é um sistema operacional, onde cada aplicativo é executado dentro de uma identidade distinta.

⁴¹ LTS - *Long Term Support* (Suporte de longo prazo)

Em resumo, o sistema operacional Android, utiliza um mecanismo de isolamento de usuários, tornando um sistema operacional multiusuário. Basicamente, o propósito é para proteger os recursos de usuários de outros usuários. O sistema Android atribui cada aplicativo, com uma ID única para cada usuário e o executa como um processo separado de outros usuários (SATO; CHIBA; GOTO, 2013).

Um aplicativo móvel, comumente conhecido como "app", é um tipo de software projetado para ser executado em um dispositivo móvel como um *smartphone* ou tablete (LANE, 2012). A linguagem oficial de desenvolvimento é Java e a IDE Android Studio. Os aplicativos Android estão escritos na linguagem Java. Estes são compilados para o arquivo do pacote Android “.apk”, para assim, serem instalados no SO (KAUR; SHARMA, 2014).

Assim, o sistema operacional Android estabelece os aplicativos em mecanismo de *sandbox*, separando os programas em execução, garantindo segurança entre aplicativos e sistema (KELEC; VUKOVIC, 2015; MANN; STAROSTIN, 2012). Desta forma, as aplicações não podem interagir entre si e têm acesso limitado ao sistema operacional. Mann e Starostin (2012) afirmam que o Android se baseia na abordagem UNIX clássica em que os processos e as permissões de arquivos são separadas de forma limpa entre si.

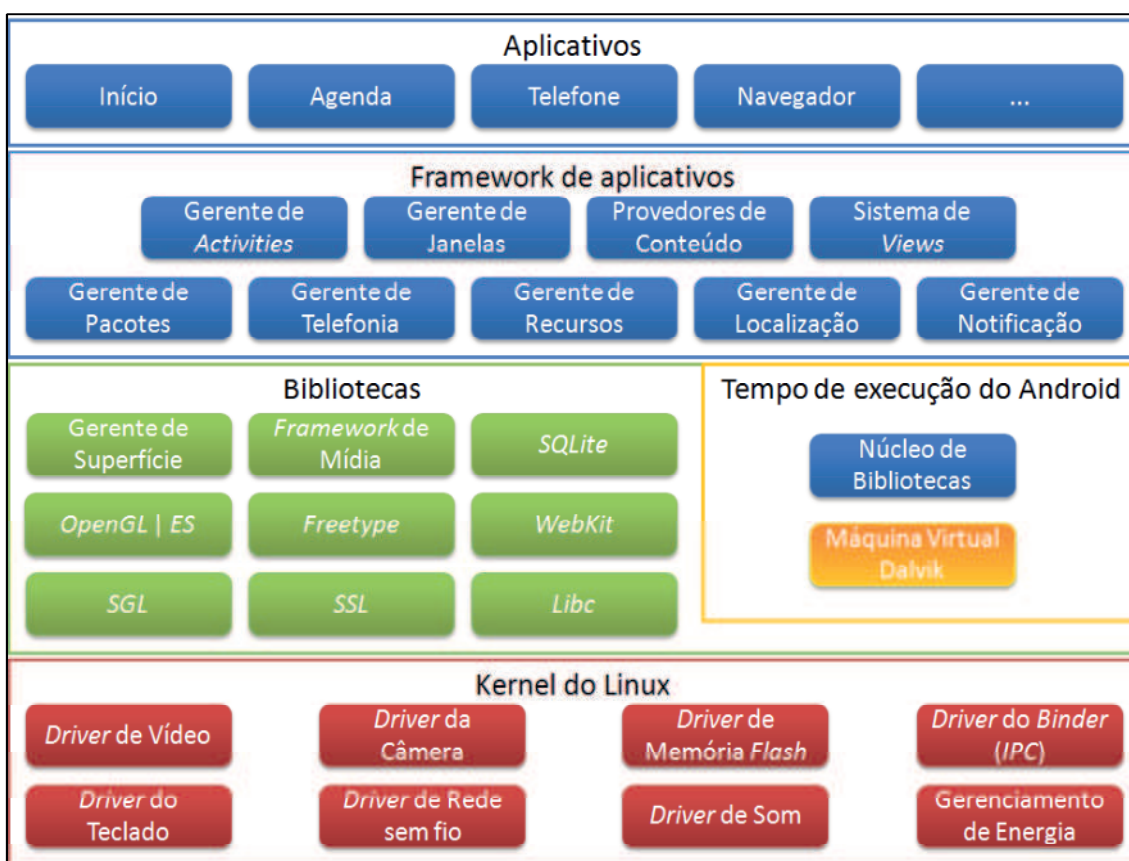
Pesquisas (HIGA, 2017) apontam que 95,5% dos *smartphones* vendidos no Brasil vem com o SO Android. Em 2015, esse número era de 5,9% para Windows Phone e 3,5% para iOS. Por ser um sistema *open source*⁴², está disponível para equipamentos de diversos fabricantes como: Acer, Asus, Alcatel, Lenovo, LG, Motorola, Nexus, Samsung, Sony. Sendo assim, abrangendo um maior número de *smartphones* do mercado. Kaur e Sharma (2014) concluíram que, em comparação com os outros sistemas operacionais para dispositivo móveis, o Android é considerado o melhor.

2.2.4.1 Arquitetura Android

Kaur e Sharma (2014) apresentam a arquitetura do Android dividido em quatro camadas, que são mostradas na Figura 7.

⁴² *Open source* – Código aberto.

Figura 7 – Camadas do sistema operacional Android.



Fonte: Adaptado de Kaur e Sharma (2014) e <http://docplayer.com.br/docs-images/18/753208/images/21-0.png>.

2.2.4.1.1 Camada de aplicação

É a super camada da arquitetura do Android. Esta por sua vez, é usada para instalação dos aplicativos. A maioria dos aplicativos são nativos, como o google mapas, câmera, navegador, sms, contatos, calendários; em que o usuário final é responsável pela operação (KIRANDEEP; GARG, 2013).

2.2.4.1.2 Estrutura de aplicação

Oferece diferentes pacotes de aplicativos de serviço. Esta camada inclui classes e serviços necessários para desenvolvimento dos aplicativos. Os desenvolvedores podem usar novamente e ampliar os componentes que já estão presentes na API. Os gerenciadores presentes nesta camada permitem que o aplicativo acesse os dados. Estes estão descritos no Quadro 3:

Quadro 3 – Gerentes de aplicação.

GERENTE	DESCRIÇÃO
Atividades	Controla e administra adequadamente todos as atividades e lida com o ciclo de vida de aplicações
Recursos	Acesso a recursos sem código, como gráficos.
Notificações	Permite que todos os aplicativos mostrem alertas personalizados.
Localização	Quando o usuário entra ou sai de uma localização geográfica, desencadeia alertas.
Pacotes	Recupera o dado sobre pacotes instalados no dispositivo.
Telefonia	As configurações de conexão de rede e todas as informações sobre serviços no dispositivo são manipulados pelo gerente de telefonia.
Janelas	Utilizado para criar visualizações e layouts.
Provedor de conteúdo	Habilita dados de acesso a aplicativos de outras aplicações, ou seja, compartilhamento de dados.

Fonte: Adaptador de Kaur e Sharma (2014).

6.2.4.1.3 Tempo de execução do Android

O tempo de execução do Android é responsável por executar todos os aplicativos. O Android possui sua máquina virtual, a DVM⁴³. Esta VM⁴⁴ é usada para executar os aplicativos Android. Esta máquina virtual executa arquivos no formato “.dex”, permitindo que os usuários executem múltiplos aplicativos ao mesmo tempo (KIRANDEEP; GARG, 2013).

6.2.4.1.4 Bibliotecas

As bibliotecas do Android estão escritas em C e C++ e não podem ser acessadas diretamente, podendo somente ser acessadas por meio de frameworks (KIRANDEEP; GARG, 2013). São exemplos de bibliotecas: Timber, Butterknife, Calligraphy, UltimateRecyclerView, Retrofit, GSON, Picasso/Glide, Realm, Drone, Dagger, RxJava/RxAndroid e Retrolambda.

⁴³ DVM - *Dalvik Virtual Machine* (Dalvik Máquina Virtual).

⁴⁴ VM - *Virtual Machine* (Máquina virtual)

2.2.4.1.5 Kernel Linux

Esta camada é o núcleo da arquitetura do Android. Proporciona estabilidade ao sistema operacional para plataforma móvel e oferece serviços como gerenciamento de memória, gerenciamento de energia e segurança. Ajuda na ligação de software ou hardware para melhor comunicação, ou seja, fornece comunicação entre software e hardware (KIRANDEEP; GARG, 2013).

2.2.4.2 Permissões

As permissões de aplicativos para Android, fornecem um modelo de segurança, que impõe restrições para um aplicativo acessar dados privados do usuário. No nível das APIs⁴⁵, conjunto de rotinas e padrões de programação para acesso a um aplicativo, precisa solicitar permissões para acessar diferentes recursos no dispositivo do usuário (STACH, 2013). No desenvolvimento da aplicação, é necessário informar no *AndroidManifest.xml*, o conjunto de permissões para acessar a API (KIM et al., 2012).

Quando o aplicativo requer acesso a determinados recursos como: localização, *bluetooth*, memória externa ou internet; ao iniciar seu processo de instalação, o Android alerta para o usuário que este aplicativo necessita de algumas permissões. Se usuário nega essas permissões o aplicativo não é instalado (LI et al., 2014).

Quadro 4 – Permissões Android.

Grupo de permissões	Permissões
<i>Calendar</i>	<i>Read, write</i>
<i>Camera</i>	<i>Camera</i>
<i>Contacts</i>	<i>Read, write, get account</i>
<i>Location</i>	<i>Access fine location, access coarse, location</i>
<i>Microphone</i>	<i>Record audio</i>
<i>Phone</i>	<i>Read phone state, call, read call, log, write call log, add voice mail, Use_SIP, Process outgoing calls</i>
<i>Sensors</i>	<i>Body sensors</i>
<i>SMS</i>	<i>Send, receive, read, receive wap, push, receive MMS</i>
<i>Storage</i>	<i>Read, write</i>

Fonte: <https://developer.android.com/guide/topics/security/permissions.html>.

⁴⁵ API - *Application Programming Interface* (Interface de Programação de Aplicativos)

2.2.5 MbientLab

A Mbientlab (MBIENTLAB, 2016) é uma empresa que oferece soluções de sensores sem fio *bluetooth* de baixo consumo. Segundo Chen, Li e Zhang (2014), um nó sensor pode ser formado por um rádio transmissor, uma bateria e um processador. Estes sensores são ideais para aplicações em eHealth, fitness, comerciais, industriais, educacionais e portáteis. Eles são voltados para prototipagem, pesquisa e desenvolvimento de produtos e incluem medição de frequência cardíaca, temperatura e resposta galvânica da pele.

Os embarcados utilizam alguns sensores: Luz ambiente, Temperatura, Barômetro, Umidade, Acelerômetro, Giroscópio, Magnetômetro. Para o sensor acelerômetro, em que haja à necessidade do conhecimento de sua posição exata, utiliza-se a IMU⁴⁶. É um dispositivo que mede e relata a força específica e a taxa angular em um corpo. É implementado utilizando um ou mais acelerômetros para detecção de aceleração linear e um ou mais giroscópios para medição da taxa de rotação (TESSENDORF et al., 2011).

2.2.6 Segurança

Healy, Newe e Lewis (2009); Li, Qin e Liang (2010); Burgner e Wahsheh (2011); Modares, Salleh e Moravejosharieh (2011), afirmam que a segurança nas redes de sensores sem fio requer muita atenção. Em um WBAN voltado para aplicações médicas, a implementação prática e a integração de mecanismos de segurança são necessárias para garantir o funcionamento (SALEEM, 2009). A confiabilidade das informações é imprescindível, já que essas informações irão trafegar por um meio sem fio até chegarem ao seu destino (LÓPEZ; PINO, 2011). Esses mecanismos são conhecidos como três pilares da segurança da informação:

- Disponibilidade dos dados: Implica que a informação, ou seja, os dados possam ser obtidos na hora que for necessário acessá-los (KUMAR et al., 2015). O acesso não autorizado de dados do usuário, pode causar perda da reputação da empresa e perda financeira, tanto para o cliente, quanto para a empresa, acarretando em consequências legais (XIAO; XIAO, 2013; JENSEN et al., 2009).

⁴⁶ IMU - *Inertial measurement unit* (Unidade de medição inercial).

- Integridade dos dados: É um conceito diretamente relacionado a preservação, consistência e confiabilidade das informações (LIYANAGE; YLIANTTILA; GURTOV, 2015). Implica que qualquer violação, como dados alterados, dados perdidos ou comprometidos devem ser detectados (KUMAR et al., 2015). Os dados devem ser armazenados, sem que haja interferência externa para corrompê-los, comprometê-los ou danificá-los (LIYANAGE; YLIANTTILA; GURTOV, 2015).
- Confidencialidade dos dados: Implica que o acesso não autorizado de dados sensíveis a usuários deve ser detectado, ou seja, a informação não deve ser acessada por pessoas que não estejam autorizadas (KUMAR et al., 2015). Este conceito está diretamente relacionado com a privacidade dos dados, em que se relaciona às ações tomadas para assegurar que informações confidenciais não sejam roubadas, por meio de ataques digitais (LIYANAGE; YLIANTTILA; GURTOV, 2015).

Em uma rede de área corporal, com uma arquitetura *smartphone* Android via *bluetooth*, devido ao seu uso generalizado na comunicação do telefone celular, existem numerosas ameaças (DUNNING, 2010). Com isto, o projeto de comunicação entre WBAN e o *smartphone*, requer um projeto de engenharia de software bem definido, como sugestão, utilizando criptografia e autenticação, com rigorosos testes.

2.3 TRABALHOS CORRELATOS

Foi feita uma revisão bibliográfica dos projetos e produtos que utilizam a tecnologia WBAN, para aplicação médica e/ou bem-estar. Foi utilizada a base de dados *IEEE Explore* e *ACM*, para pesquisar os projetos, com as seguintes palavras chaves: “WBAN”, “*Bluetooth*”, “*WBAN Bluetooth*”, “*Body Area Network*”, “*Medical*”. O motor de pesquisa Google foi utilizado para buscar os produtos.

Para melhor visualização e simplificação dos projetos e produtos existentes sobre redes de áreas do corpo sem fio, foi dividido nos quadros 5, 6 e 7. Em resumo, os quadros 6 e 7 são uma continuação dos dados apresentados no Quadro 5.

Os dados estão separados da seguinte forma:

- Projeto: Apresenta o nome do projeto juntamente com sua referência.

- Aplicação: Mostra para qual finalidade o produto foi desenvolvido.
- Intra-BAN: O meio de comunicação entre o sensor e o gateway ao redor do corpo.
- Inter-BAN: A comunicação entre os pontos de acesso.
- Além-BAN: A comunicação com o gateway externo.
- Sensores: Os sensores acoplados no embarcado.

Foram relatados trabalhos desde 2002 até os dias atuais. Os mesmos estão dispostos nos quadros em ordem cronológica.

Quadro 5 - Projetos e produtos existentes sobre WBAN (continua).

Projeto	Aplicação	Intra-BAN	Inter-BAN	Além-BAN
LifeMinder (OUCHI; SUZUKI; DOI, 2002)	Autoatendimento diário em tempo real	<i>Bluetooth</i>	<i>Bluetooth</i>	Internet
CodeBlue (SHNAYDER et al., 2005)	Cuidados médicos	Com fio	ZigBee/Mesh	N/A
AYUSHMAN (VENKATASUBRAMANIAN et al., 2005)	Monitoramento da saúde	ZigBee	802.11	Internet
Sensorized Elderly Care Home (HORI et al., 2005)	Monitoramento de idoso	<i>Wireless</i>	N/A	N/A
WHMS (MILENKOVÍČ; OTTO; JOVANOV, 2006)	Cuidados da saúde	Com fio	WiFi	N/A
HUMAN++ (GYSELINCKX et al., 2006)	Esporte, Entretenimento, Assistência medica assistida	UWB	N/A	N/A
BASUMA (FALCK et al., 2006)	Monitoramento da saúde	UWB	N/A	N/A
ASNET (SHELTAMI; MAHMOUD; ABU-AMARA, 2006)	Monitoramento remoto da saúde	Wired or <i>Wireless</i> Interface (WiFi)	WiFi/Ethernet	Internet/GSM
MobiHealth (JONES et al., 2007)	Monitoramento Ambulatório do Paciente	Manualmente	<i>ZigBee/Bluetooth</i>	GPRS/UMTS

Fonte: Adaptado de Movassaghi et al. (2014) e elaborado pelo autor.

⁴⁷ GSR - *Galvanic Skin Reflex* (Reflexo de pele galvânica)

⁴⁸ EMG - *Electromyography* (Eletromiografia)

⁴⁹ EEG - *Electroencephalogram* (Eletroencefalograma)

⁵⁰ ROS - *Reactive Oxygen Sensor* (Sensor de oxigênio reativo)

Quadro 6 - Projetos e produtos existentes sobre WBAN (continua).

Projeto	Aplicação	Intra-BAN	Inter-BAN	Além-BAN
AID-N (GAO et al., 2007)	Triagem eletrônica	Mesh/ZigBee	WiFi/Internet/ <i>Networks</i>	Celular
MAHS (KANG; IM; KIM, 2007)	Cuidados da saúde	<i>Bluetooth</i>	<i>Wireless Network</i>	Internet
Self-Managed Cell (KEOH et al., 2007)	Monitoramento do idoso	<i>Bluetooth</i>	WiFi	Celular
[s.I] (WALUYO et al., 2007)	Monitoramento do idoso	ZigBee	WiFi	WiFi
SMART (CURTIS et al., 2008)	Monitoramento da saúde na sala de espera	Com fio	802.11.b	N/A
CareNet (JIANG et al., 2008)	Cuidados da saúde a distancia	N/A	ZigBee	Internet/Multi-hop 802.11
WiMoCA (FARELLA et al., 2008)	Esporte/Deteção de gestos	Topologia em estrela e protocolo MAC	<i>Bluetooth</i>	WiFi/Internet/ Celular/ <i>Bluetooth</i>
MIMOSA (JANTUNEN et al., 2008)	Inteligência Ambiental	RFID/ <i>Bluetooth</i> / Wibree	UMTS/GPRS	Internet
[s.I] (SHARMA et al., 2011)	Cuidados da saúde	<i>Bluetooth</i>	N/A	N/A
[s.I] (MORÓN et al., 2011)	Cuidados da saúde e gestão de doenças crônicas	<i>Bluetooth</i>	GPRS/UMTS, WiFi	Internet
[s.I] (WAGNER et al., 2012)	Cuidados da saúde	<i>Bluetooth</i>	ZigBee	UMTS
BodySense (DEVITA et al., 2014)	Cuidados da saúde móvel	<i>Bluetooth</i>	N/A	N/A

Fonte: Adaptado de Movassaghi et al. (2014) e elaborado pelo autor.

⁵¹ SpO₂ - Saturação arterial de oxigênio

⁵² RFID - *Radio-Frequency Identification* (Identificação por radiofrequência)

Quadro 7 - Projetos e produtos existentes sobre WBAN (conclusão).

Projeto	Aplicação	Intra-BAN	Inter-BAN	Além-BAN
MyHealthAssistant (SEEGER; VAN LAERHOVEN; BUCHMANN, 2015)	Fitness e monitoramento de idosos	<i>Bluetooth</i>	WiFi	Internet
[s.I] (WAHANE; INGOLE, 2016)	Sistema de monitoramento da arritmia cardíaca	<i>Bluetooth</i>	WiFi	Internet
[s.I] (SINGH; JAIN, 2016)	Sistema de monitoramento da pressão arterial	<i>Bluetooth</i>	WiFi	Internet
[s.I] (WU et al., 2017)	Sistema autônomo WBAN	<i>Bluetooth</i>	WiFi	Internet
IBBT IM3 ⁵³	Serviços de cuidados e telemedicina	N/A	N/A	Internet
MITHril19 ⁵⁴	Cuidados da saúde	Com fio	WiFi	N/A
UbiMon (NG, 2004)	Cuidados da saúde	ZigBee	WiFi/GPRS	WiFi/GPRS
LifeGUARD ⁵⁵	Monitoramento da saúde para astronautas	Com fio	<i>Bluetooth</i> /Internet	<i>Bluetooth</i> /Internet
HealthService24 ⁵⁶	Cuidados da saúde móvel	Wired	UMTS/GPRS	UMTS/GPRS/ Internet
ShimmerSensing ⁵⁷	Monitoramento da saúde	<i>Bluetooth</i>	Internet	Internet

Fonte: Adaptado de Movassaghi et al. (2014) e elaborado pelo autor.

⁵³ <https://www.ibbt.be/en/projects/im3>

⁵⁴ <http://www.media.mit.edu/wearables/mithril>

⁵⁵ <https://www.nasa.gov/centers/ames/research/technology-onepaggers/life-guard.html>

⁵⁶ <http://www.healthservice24.com>

⁵⁷ <http://www.shimmersensing.com/>

Várias soluções foram propostas para detectar a queda em idosos. Hori et al. (2005) propuseram uma solução, utilizando sensores ultrassônicos. Estes sensores incluem um botão para que as pessoas idosas pressionem, assim gerando um alarme sempre que ocorrer um acidente, notificando simultaneamente o hospital. Mas a confiabilidade desta solução depende da capacidade da pessoa idosa de pressionar o botão de alarme. Se a pessoa perder consciência, esta solução é inútil.

Os projetos LifeMinder (OUCHI; SUZUKI; DOI, 2002), Ayushman (VENKATASUBRAMANIAN et al., 2005), WiMoCA (FARELLA et al., 2008), MyHealthAssistant (SEEGER; VAN LAERHOVEN; BUCHMANN, 2015), WiMoCA (FARELLA et al., 2008), os desenvolvidos por Waluyo et al. (2007) e Wu et al. (2017) utilizam acelerômetro para monitorar o comportamento do ser humano e outros sensores para compor as funcionalidades do protótipo, como: ECG, temperatura, frequência cardíaca e pressão. O projeto de Waluyo é um Middleware, específico para o monitoramento do idoso em seu ambiente domiciliar. Sendo este, não abrangendo o quesito de mobilidade exigido pelo protocolo IEEE 802.15.6.

O projeto HealthServiCe24 não está mais ativo. O Projeto Mithrill utiliza sensores para serem acoplado em uma roupa, como exemplo um casaco. A desvantagem em sua utilização é que os sensores são grandes, tornando incomodo seu uso diário, atrapalhando a mobilidade do usuário.

Os produtos da marca Shimmer Sensing, são de alta qualidade, e disponibilizam uma API específica para o desenvolvimento de projetos de software utilizando os dispositivos fabricados pela própria empresa. Porém são de alto custo, levando em consideração o exemplo do produto *Shimmer3 IMU Unit*, que custa € 359,00 , segundo dados da Uol (2018), sendo este equivalente a R\$ 1.436,00 .

Outro produto com proposta de monitoramento a saúde é o LifeGUARD, porém o mesmo é direcionado para astronautas, com principal função de garantir sua segurança durante o voo espacial e atividades extra veiculares e monitorar sua fisiologia durante as rotinas de exercícios.

Todos os projetos e produtos citados tem uma característica em comum, são na língua inglesa e não são comercializados no Brasil. Tal característica pode trazer dificuldades na utilização em nosso país, devido não ser a língua nativa.

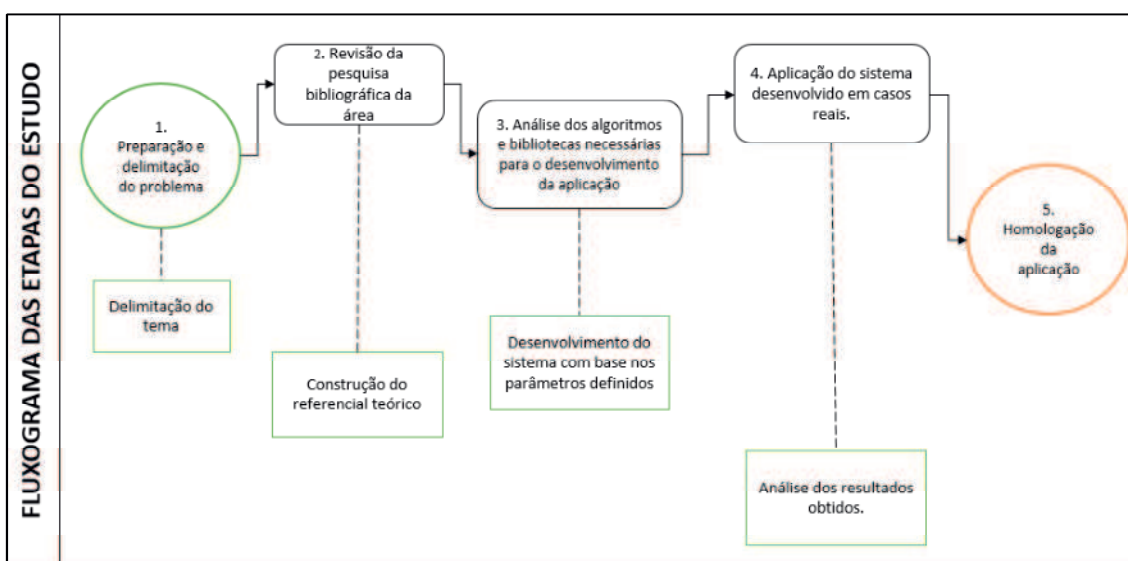
2.4 RESUMO

Neste capítulo foi abordado tópicos relevantes sobre RSSF e suas tecnologias de rede utilizadas para a transmissão de dados, bem como os protocolos utilizados. Foi relatado os trabalhos mais pertinentes na área de monitoramento de pessoas, inclusive trabalhos semelhantes à pesquisa de detecção de quedas em idosos. Também foram relatados os principais trabalhos relacionados a lesões sofridas em idosos e suas consequências, relacionadas à área da saúde.

3. METODOLOGIA

O estudo é do tipo observacional, longitudinal e analítico por meio da análise de queda em idosos. A pesquisa foi realizada na Universidade Estadual da Paraíba, pelo programa de pós-graduação de ciência e tecnologia em saúde do NUTES, bem como os testes iniciais. Posteriormente, os testes preliminares foram realizados na praça Calçadão, com idosos, após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual da Paraíba, onde todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Fluxograma 1 - Etapas do trabalho de pesquisa e desenvolvimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1 ETAPAS DO ESTUDO

3.1.1 Preparação e delimitação do problema

Foi efetuado um levantamento de atividades cotidianas indicativas de risco para idosos e crianças de 0 a 6 anos, bem como casos ocorridos que levaram a lesões significativas ou estado grave, em consequência do trauma sofrido.

Nos casos relacionados a crianças, foi observado que, em geral, há um momento de distração e/ou negligência por parte dos responsáveis. Com o idoso, as quedas também podem ter origem por estes fatores, mas também pela ausência de equipamentos segurança na residência que facilitem sua locomoção ou obstáculos de difícil desvio.

Com isso, foi avaliado o desenvolvimento de uma tecnologia móvel e de baixo custo para auxiliar no monitoramento dos mesmos.

3.1.2 Revisão da pesquisa bibliográfica da área

A revisão na literatura foi realizada com o intuito de compreender as tecnologias WBAN que vêm sendo estudadas e implementadas atualmente.

Foram analisados trabalhos correlacionados, utilizando sensores sem fio e tecnologia móvel, com a finalidade de monitorar o movimento e o comportamento de uma pessoa, para assim, conseguir subsídios suficientes para a solução a ser desenvolvida.

3.1.3 Análise dos algoritmos e ferramentas necessárias para o desenvolvimento da aplicação

Algoritmos e técnicas de desenvolvimento de software foram utilizados para o desenvolvimento ágil, ou seja, visando rapidez e uma codificação limpa e segura.

Para cumprir o conceito e prática de mobilidade, foram utilizadas ferramentas de desenvolvimento para dispositivo móveis, visando a compatibilidade do aplicativo com a maioria dos *smartphones* existentes no mercado.

Foi definido o hardware a ser utilizado, bem como os sensores, para a aferição e medição das grandezas. Com relação ao software, foi definido que a solução mais cômoda e dinâmica seria a utilização de um dispositivo móvel para a comunicação com os

sensores. Neste caso, foi definido o desenvolvimento de um aplicativo para os dispositivos Android, pois sua compatibilidade será com a maioria dos *smartphones*.

3.1.4 Homologação da aplicação e aplicação em casos reais

Após o término do aplicativo, o mesmo foi utilizado em casos reais, com idosos e crianças em suas vidas cotidianas, para assim, ser analisado sua eficiência quanto à prevenção e à sinalização de possíveis eventos.

3.1.5 Análise dos resultados obtidos

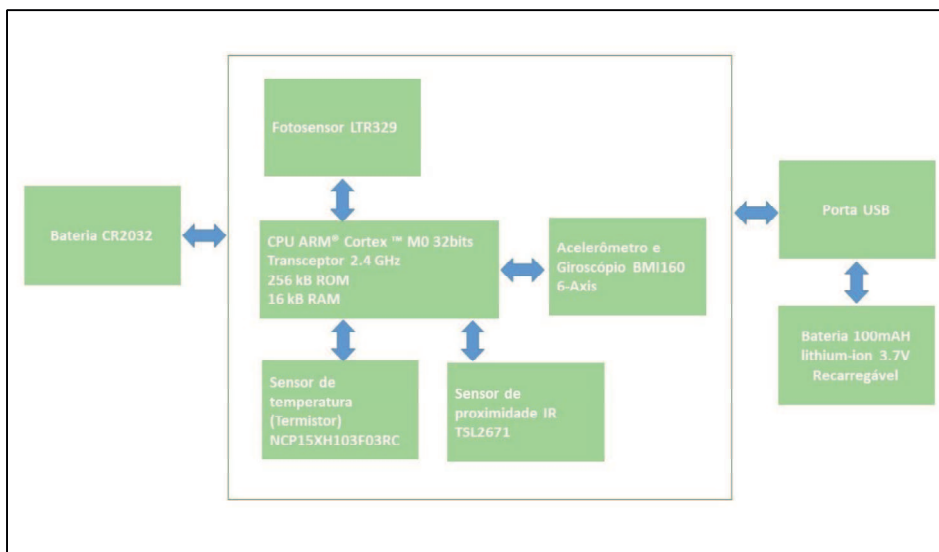
Durante a utilização do aplicativo em casos reais, foi colhido dados referente ao comportamento do idoso e da criança, os quais foram analisados, para assim comprovar a eficácia do protótipo desenvolvido.

3.2 PLATAFORMA PARA EMBARCADOS

A MetaWear é uma plataforma de desenvolvimento completa de aplicações para dispositivos móveis. Possui a CPU ARM® Cortex™ M0 Bluetooth 4.0 nRF51822, um SoC de baixa potência e baixo consumo, ideal para comunicação com *smartphones*. O sensor MetaDetector é alimentado por uma pequena bateria de lítio RC2032 com tensão de 3V, e utiliza os seguintes sensores: Acelerômetro BMI160, Fotosensor LTR329, Sensor de proximidade IR TSL2671 e Sensor de temperatura (Termistor) NCP15XH103F03RC.

Na Figura 8 é apresentada a arquitetura simplificada do dispositivo MetaWear e seus sensores embarcados.

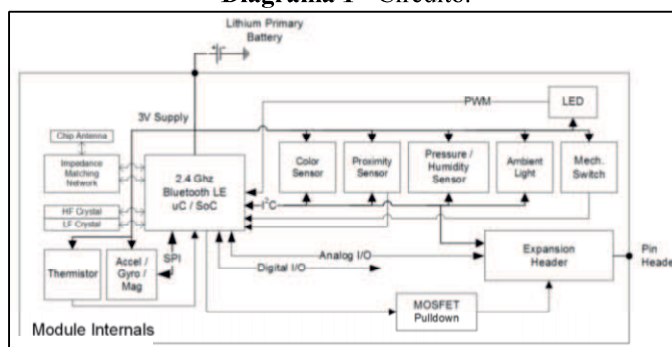
Figura 8 – Arquitetura simplificada do dispositivo e seus embarcados.



Fonte: <https://mbientlab.com/>.

O Diagrama 1 apresenta o esquema eletrônico do circuito, onde observa-se que o SoC faz o controle dos sensores embarcados. O LED utiliza a modulação em PWM⁵⁸ para controlar a tensão que alimenta os três led RGB. Já o acelerômetro utiliza o barramento SPI⁵⁹ para uma comunicação serial síncrona, proporcionando uma alta velocidade de comunicação *full-duplex*⁶⁰ entre o SoC e o sensor. O SoC também utiliza transistor MOSFET⁶¹ *Pulldown* para controlar os pinos de entrada dos barramentos de expansão, sendo este muito utilizado em circuitos digitais. A emissão da onda de rádio é feita em LF⁶² de 2,4 GHz. Todo o circuito é alimentado por uma tensão que varia de 1v a 3v.

Diagrama 1 - Circuito.



Fonte: <https://mbientlab.com/>.

⁵⁸ PWM - Pulse Width Modulation (Modulação de Largura de Pulso).

⁵⁹ SPI - Serial Peripheral Interface (Interface Periférica Serial).

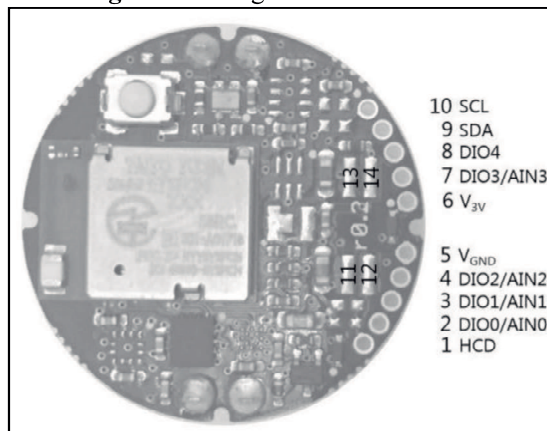
⁶⁰ Full-duplex – Transmissão de dados simultaneamente.

⁶¹ MOSFET - Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (transistor de efeito de campo metal óxido semiconductor)

⁶² LF – Low Frequency (Baixa frequência)

A Figura 9 mostra os pinos de entrada e saída do dispositivo. Abaixo segue o Quadro 8 com a definição e descrição de cada pino.

Figura 9 - Pinagem do MetaDetector



Fonte: <https://mbientlab.com/>

Quadro 8 - Funções dos pinos.

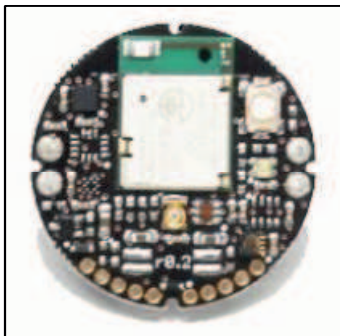
Pino	Nome	Função	Descrição
Fonte de energia			
5	VGND	Power	Conexão terra.
6	V3V	Power	Conexão bateria +3V.
Periféricos			
1	HCD	Driver de alta corrente	Periféricos de alta corrente.
2	DIO0 AIN0	Digital I/O Analog I/O	Entrada e saída digital e analógica.
3	DIO1 AIN1	Digital I/O Analog I/O	Entrada e saída digital e analógica.
4	DIO2 AIN2	Digital I/O Analog I/O	Entrada e saída digital e analógica.
7	DIO3 AIN3	Digital I/O Analog I/O	Entrada e saída digital e analógica.
8	DIO4	Digital I/O	Entrada e saída digital.
9	SDA	I2C Data	I2C linha de dados.
10	SCL	I2C Clock	I2C contador.
Cabeçalho de depuração SWD			
11	V3V	Power	Fornecimento do sistema para o depurador.
12	VGND	Power	Conexão terra do sistema para o depurador.
13	SWDIO/nRES ET	Debug	SWD linha de E / S do depurador e reinicialização do sistema.
14	SWDCLK	Debug	SWD linha de tempo do depurador.

Fonte: <https://mbientlab.com/>

3.3 MÓDULOS EMBARCADOS

Na Figura 10, é apresentada a placa MetaDetector, com os sensores embarcados. Na Figura 11 apresenta o protótipo final, em que a placa está acoplada a uma *case*, para assim ser utilizada.

Figura 10 - Placa MetaDetector.



Fonte: <https://mbientlab.com/>.

Figura 11 – Protótipo Weartool.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.1 Acelerômetro BMI160

Um acelerômetro serve para medir a aceleração de um corpo em relação à gravidade, ou seja, a variação da velocidade em relação ao tempo (NARASIMHAN, LI, MIAO, 2015). Todo deslocamento de massa implica em uma velocidade, uma direção e um sentido. Na maior parte das vezes, dado um referencial qualquer, haverá movimentos que não são paralelos a nenhum dos eixos, logo sua direção será um vetor com 3 componentes (Figura 13), em cada direção do espaço.

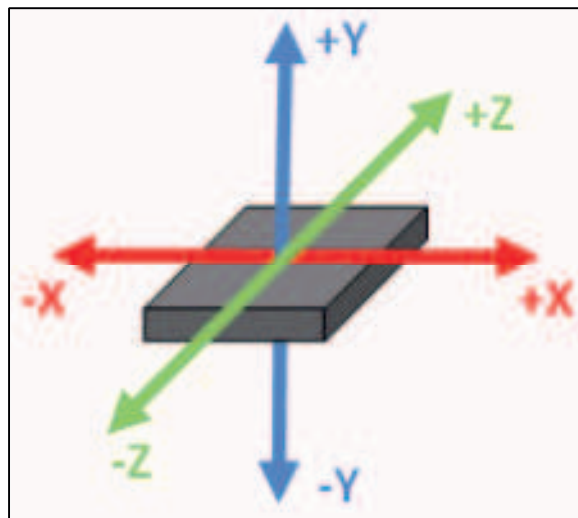
O acelerômetro BMI160 consegue detectar variação de velocidade nos 3 eixos, ou seja, em qualquer direção, informando a variação da velocidade de forma independente em cada direção.

Figura 12 - Acelerômetro BMI160.



Fonte: <https://mbientlab.com/>.

Figura 13 - Acelerômetro 3 eixos.



Fonte: <https://mbientlab.com/>

Tabela 3 - Especificações do acelerômetro BMI160

Espec.	Descrição	Min.	Typ.	Max.	Unid.
	Faixa de medição	±2		±16	G
	Resolução	128		1024	Counts/g
f _{Data}	Frequência de amostragem de dados	7,8		1000	Hz
L _{12.5}	Corrente de taxa de dados baixa Corrente		6,5		µA
L ₁₀₀	Corrente de taxa de dados média		66		µA
L ₁₀₀	Corrente de taxa de dados alta (1000 Hz)		130		µA
I _{STANDBY}	Corrente de espera		2,1		µA

Fonte: <https://mbientlab.com/>

3.3.2 Fotosensor LTR329

O Fotosensor LTR329 utiliza um fotodiodo de resposta linear e um conversor analógico/digital. O fotodiodo é um dispositivo semicondutor que converte a luz em corrente elétrica e o conversor recebe esse sinal elétrico analógico e converte para sinal digital para que o microcontrolador principal processe essas informações.

Uma característica desses sensores de luz, é que eles podem ser refinados para imitar a sensibilidade do olho humano, sendo sensíveis apenas à frequência de luz visível, ignorando as faixas de radiação ultravioleta e infravermelha.

Na Tabela 4 são destacadas algumas das especificações elétricas e de operação do Fotosensor.

Tabela 4 - Especificações Fotosensor LTR329

Espec.	Descrição	Min.	Typ.	Max.	Unid.
	Faixa de medição	0.01		64k	lux
	Resolução		16		Bit
f _{Data}	Frequência de amostragem de dados	0.5		20	Hz
I _{PEAK}	Corrente ativa de pico.			220	µA
I _{STANDBY}	Corrente de espera			5	µA

Fonte: <https://mbientlab.com/>.

Figura 14 - Fotosensor LTR329

Fonte: <https://mbientlab.com/>

3.3.3 Sensor de proximidade IR TSL2671

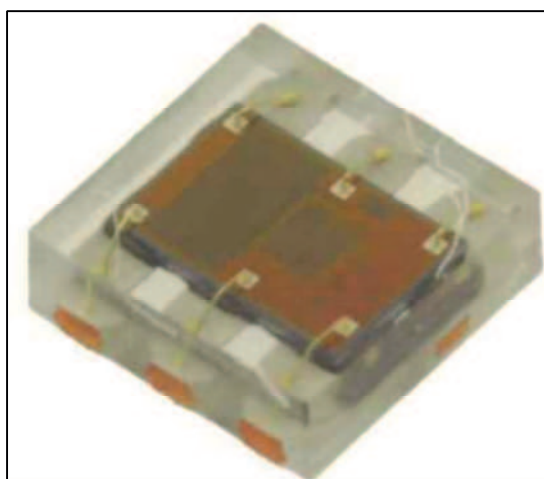
O sensor de proximidade TSL2671 detecta a proximidade à matéria sólida (MBIENTLAB, 2016). O circuito permite que ele opere em ambientes com pouca luz solar. O sensor também permite a operação em aplicações de detecção de curta distância. Como exemplo, pode-se citar os telefones celulares, que opera por trás de um vidro escuro.

O TSL2671 também utiliza um fotodiodo para respostas ao estímulo da luz. Ele também utiliza um conversor de sinal analógico para digital.

Tabela 5 - Especificações Sensor de proximidade IR TSL2671.

Espec.	Descrição	Min.	Typ.	Max.	Unid.
I_{PEAK}	Corrente ativa de pico		175	250	μA
$I_{STANDBY}$	Corrente de espera		2.5	4	μA
I_{LED}	Corrente do led	12.5	12.5	100	mA
t_{PULSE}	Tempo de pulso do led		7.2	220	Us
ϕ	Semiângulo do feixe de luz		± 17		$^{\circ}$
λ_{PEAK}	Comprimento de onda do pico		860		Nm
	Distância de operação			18	In

Fonte: <https://mbientlab.com/>.

Figura 15 - Sensor de proximidade TSL2671.

Fonte: <https://mbientlab.com/>.

3.3.4 Sensor de temperatura (Termistor) NCP15XH103F03RC

O sensor de temperatura NCP15XH103F03RC é um dispositivo eletrônico microcontrolado, utilizado para fazer a leitura da temperatura dos ambientes em que o mesmo estiver instalado.

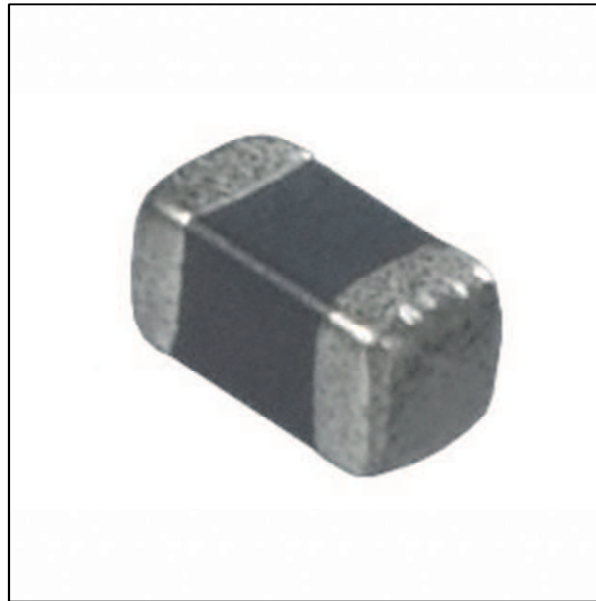
Para fazer a leitura da temperatura, o seu sinal de resposta mantém uma proporcionalidade em razão da temperatura onde é colocado. Na Tabela 6 são destacados algumas das especificações elétricas e de operação.

Tabela 6 - Especificações Sensor de temperatura NCP15XH103F03RC.

Espec.	Descrição	Min.	Typ.	Max.	Unid.
T _{RANGE}	Faixa de temperatura	-25		75	°C
T _{ACC}	Precisão de temperatura	-4		+4	°C
T _{RES}	Resolução de temperatura		0.25		°C
T _{THM_ANGE}	Faixa do Termistor	-25		75	°C
T _{THM_ACC}	Precisão do Termistor	-1		+1	°C
T _{THM_RES}	Resolução do Termistor		0.125		°C

Fonte: <https://mbientlab.com/>.

Figura 16 - Sensor de temperatura NCP15XH103F03RC.



Fonte: <https://mbientlab.com/>

3.3.5 CPU ARM® Cortex™ M0 *Bluetooth* 4.0 nRF51822

O chip (SoC) nRF51822 desenvolvido pela Nordic, oferece uma arquitetura multiprotocolo adequado para aplicações sem fio *bluetooth* de baixa energia e 2,4GHz de frequência. Utiliza a CPU ARM® Cortex™ M0 de 32 bits com 256 kB de memória flash de armazenamento e 16 kB de RAM. Para a alimentação, o NRF51822 requer uma única fonte com faixa de 1,8 à 3,6 V.

O nRF51822 incorpora uma ampla seleção de periféricos analógicos e digitais que podem interagir sem intervenção da CPU através do sistema Interligação Periférica Programável (PPI⁶³).

⁶³ PPI - *Programmable Peripheral Interconnection* (Interligação Periférica Programável)

3.4 FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO

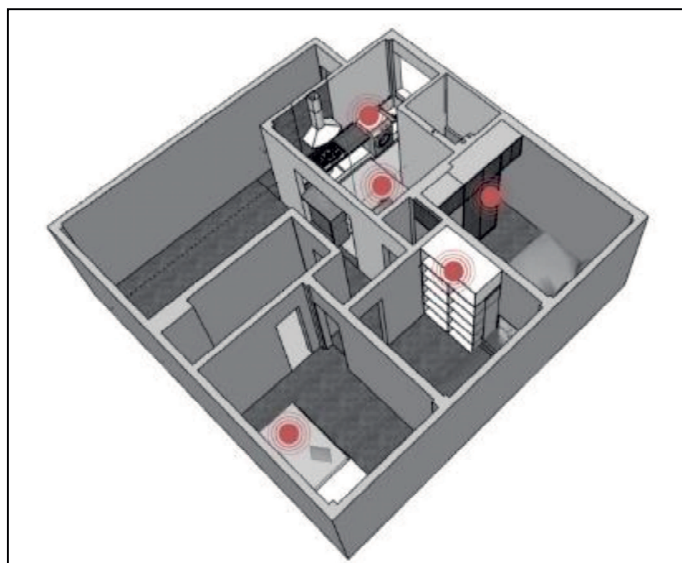
O Infograma da Figura 17, demonstra a utilização dos sensores acoplados à roupa de uma criança e/ou idoso, transmitindo os dados sem fio para o *smartphone*. Na Figura 18, é demonstrada a utilização dos sensores acoplados no ambiente.

Figura 17 - Infograma de utilização genérica do sistema.



Fonte: <https://br.freepik.com/>. Elaborado pelo autor.

Figura 18 - Disposição dos sensores em ambiente doméstico.



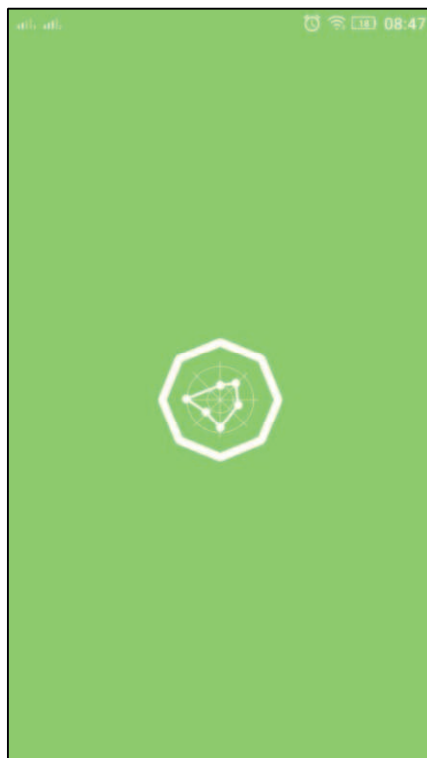
Fonte: Gilmar P. In: 3dwarehouse.sketchup.com.

3.5 SOFTWARE APLICATIVO

O Android foi escolhido pelo seu kit de desenvolvimento baseado em Java, Android SDK, excelente documentação, bibliotecas e a possibilidade de desenvolver em várias plataformas, como Linux, Mac Os e Windows (ANDROID, 2017).

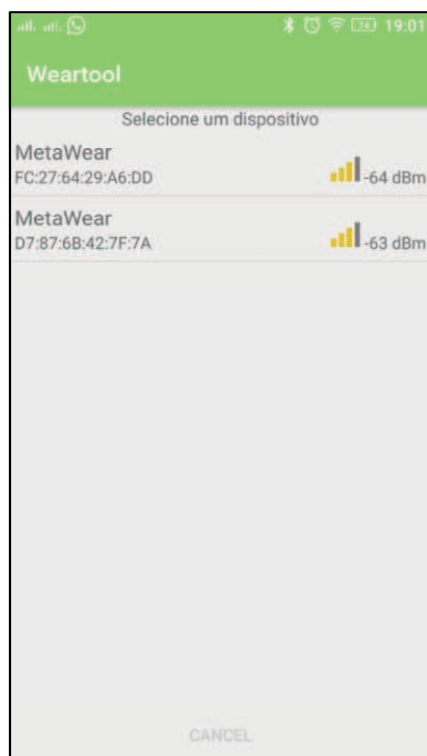
O aplicativo “WEARTOOL” fará todo o controle dos sensores, onde os mesmos enviam informações referentes à movimentação da criança e do idoso, temperatura ambiente, localização aproximada e outras funções pertinentes à configuração do aplicativo e dos sensores. Na Figura 19 é apresentada a tela inicial do aplicativo e na Figura 20 mostra a busca dos sensores ativos disponíveis para conexão.

Figura 19 - Tela inicial.



Fonte: Aplicativo Weartool.

Figura 20 – Busca de sensores disponíveis para conexão.



Fonte: Aplicativo Weartool.

Na arquitetura do sistema, o *smartphone* deve gerir não somente a aquisição de dados dos sensores, mas também sincronização e fornecer uma interface gráfica ao usuário (GUI⁶⁴), entre outras tarefas.

Às aplicações Android são divididas em Activity e/ou Fragment. Estas por sua vez, é uma unidade de interação do usuário ou uma unidade de execução que fornece partes reutilizáveis e intercambiáveis do fluxo de componentes da interface usuário, em aplicativos Android (KAUR; SHARMA, 2014).

Em essência, o aplicativo é responsável por detectar o *Gateway Bluetooth* e estabelecer uma comunicação full-duplex, incluindo descoberta de dispositivo, emparelhamento, comunicação e oferecer o envio das informações capturadas através da Internet, em tempo real. A aplicação apresenta análise numérica e representação gráfica dos dados fisiológicos capturados. Para isto, são utilizadas bibliotecas disponíveis pela própria MbitLab.

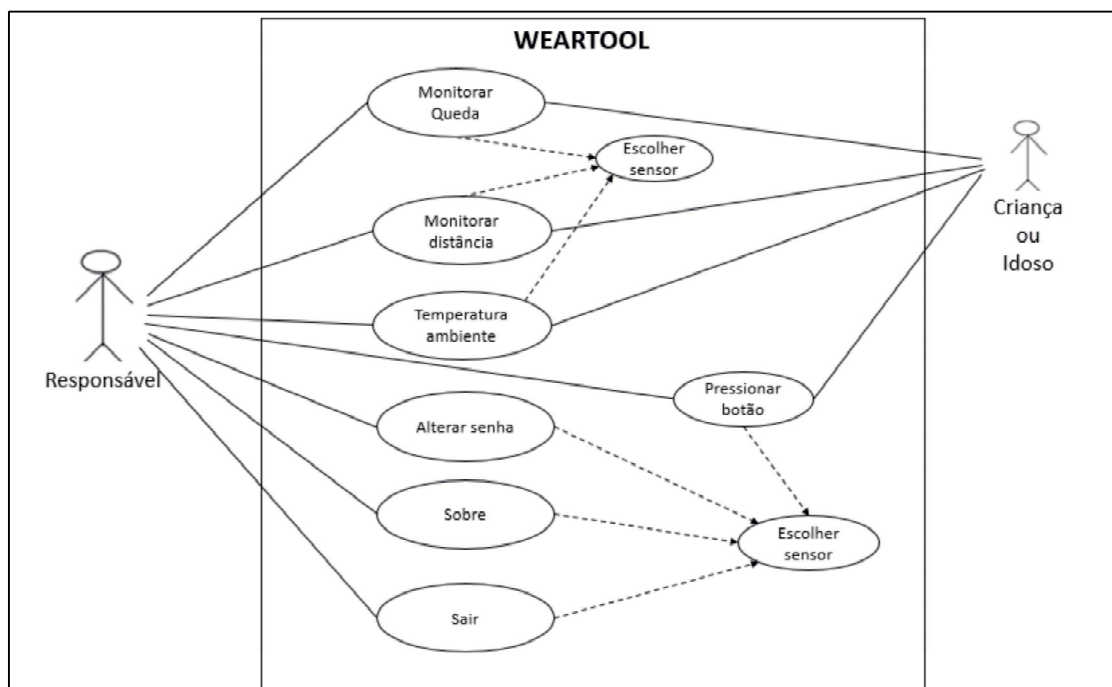
⁶⁴ GUI - *Graphical user interface* (Interface gráfica do utilizador).

O aplicativo também é responsável por apresentar uma GUI, cujo design representa os dados capturados de forma compreensível. A GUI tem, portanto, quatro modos principais: Configuração, Monitorar Queda, Monitorar Distância e Temperatura Ambiente.

Os diagramas 2 e 3, criados no software Heflo (HEFLO, 2018), sendo este último em notação BPMN⁶⁵ 2.0, regido pela norma ISO/IEC 19510:2013 (ISO/IEC, 2013; BPM CBOOK, 2013), mostram através do caso de uso e modelo de processos, como é a utilização dos sensores conectados ao aplicativo. Esta norma visa padronizar um modelo de processo de negócios e notação, para que seja prontamente compreensível por todos os usuários.

O responsável pela criança ou idoso, efetuará o monitoramento de queda e distância, por meio de notificações geradas no *smartphone* e também pode ser verificada a temperatura ambiente em tempo real. O sensor ficará acoplado à roupa, onde a criança, caso sinta uma situação de perigo, poderá pressionar o botão do sensor, para que seja emitida uma notificação. As funções do aplicativo estão descritas a seguir.

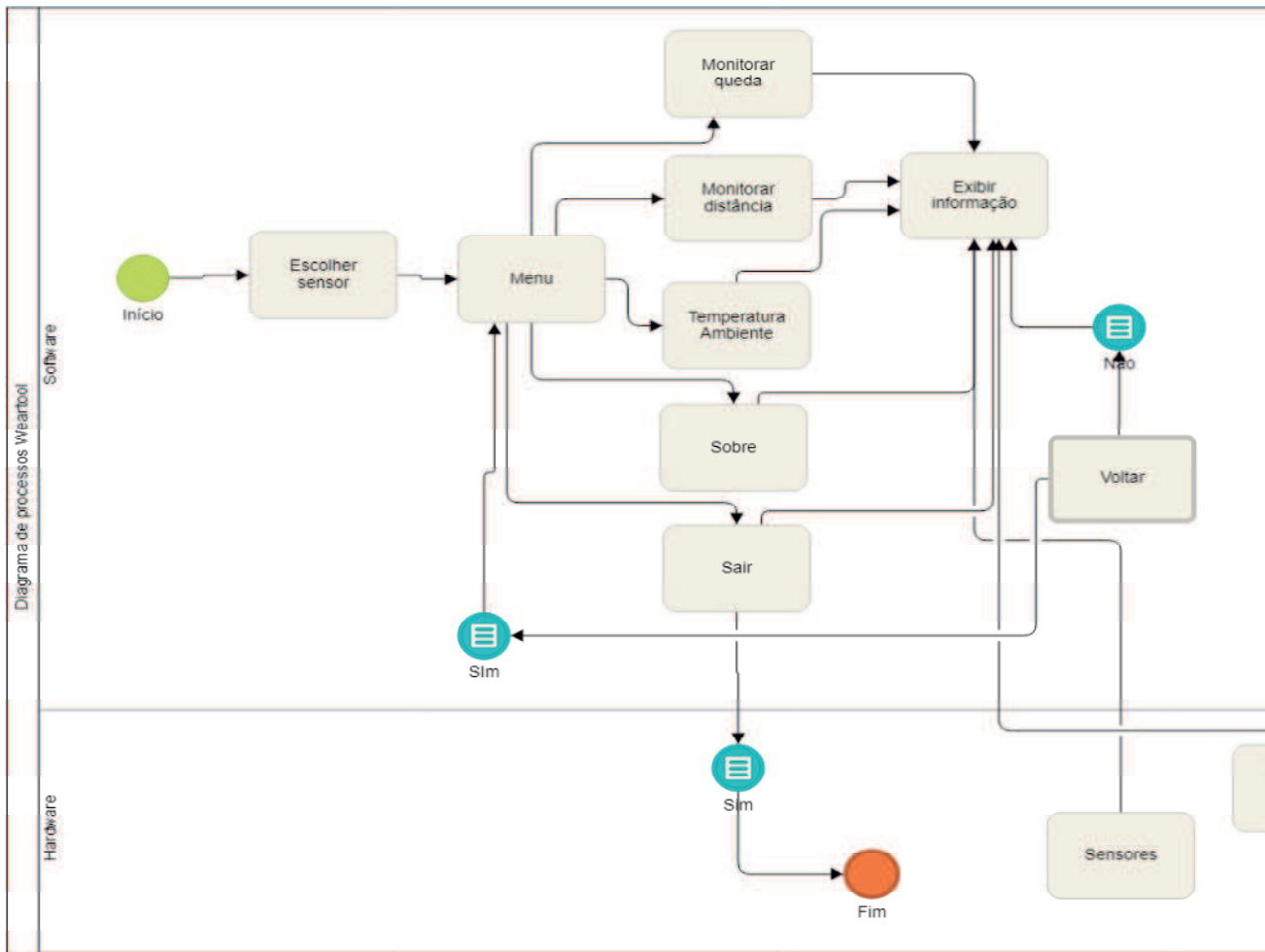
Diagrama 2 - Caso de uso



Fonte: Elaborado pelo autor.

⁶⁵ BPMN - Business Process Model and Notation (Modelo de processo de negócios e notação).

Diagrama 3 – Diagrama de modelo de processos: Aplicativo Weartool.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5.1 Monitorar Queda

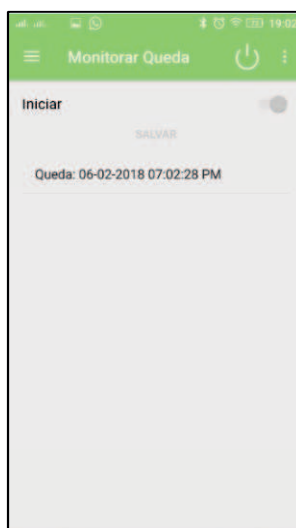
Quando ocorrer uma queda de fato, o aplicativo imediatamente enviará uma notificação, conforme Figura 21. O monitoramento de quedas, irá avaliar o comportamento do idoso, e o app irá decidir em quais situações é emitido uma notificação.

Isso é feito por meio do sensor acelerômetro, em que a orientação dos segmentos do corpo humano é mensurada por uma unidade de medição inercial (IMU).

O método para detecção de quedas, que se encontra no Apêndice A deste documento, utiliza a interface *AsyncOperation*, da API *MbientLab* versão 2.8.6. Esta interface obriga que a classe que a implemente funcione como uma *Wrapper*, para fazer conversões em variáveis primitivas e também encapsular tipos primitivos para serem trabalhados como objetos. Ela opera em segundo plano para notificar assincronamente o usuário quando for solicitado.

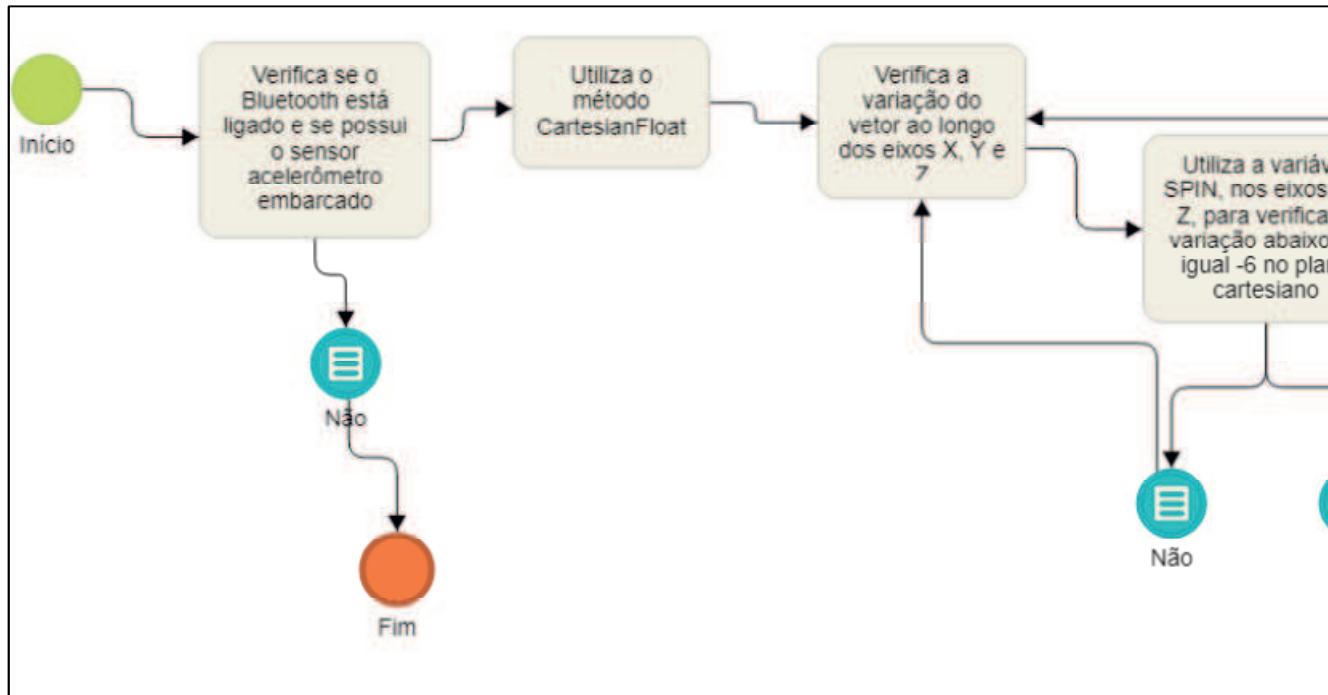
Com isso, verifica se o dispositivo está conectado e se possui o sensor de acelerômetro embarcado. Caso não tenha, retorna a mensagem informando, caso sim, inicia a verificação da variação dos vetores ao longo dos eixos X, Y e Z, do plano cartesiano. Caso haja alguma variação de -6 nos eixos Y e Z, é gerada uma notificação por meio do método *generateNotificationFall*, que se encontra no Apêndice D deste documento. O Diagrama 4 de modelo de processos, mostra o fluxo de funcionamento do algoritmo de detecção de quedas.

Figura 21 – Tela Monitorar Queda.



Fonte: Aplicativo Weartool.

Diagrama 4 – Diagrama de modelo de processos: Algoritmo para detecção de quedas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5.2 Monitorar Distância

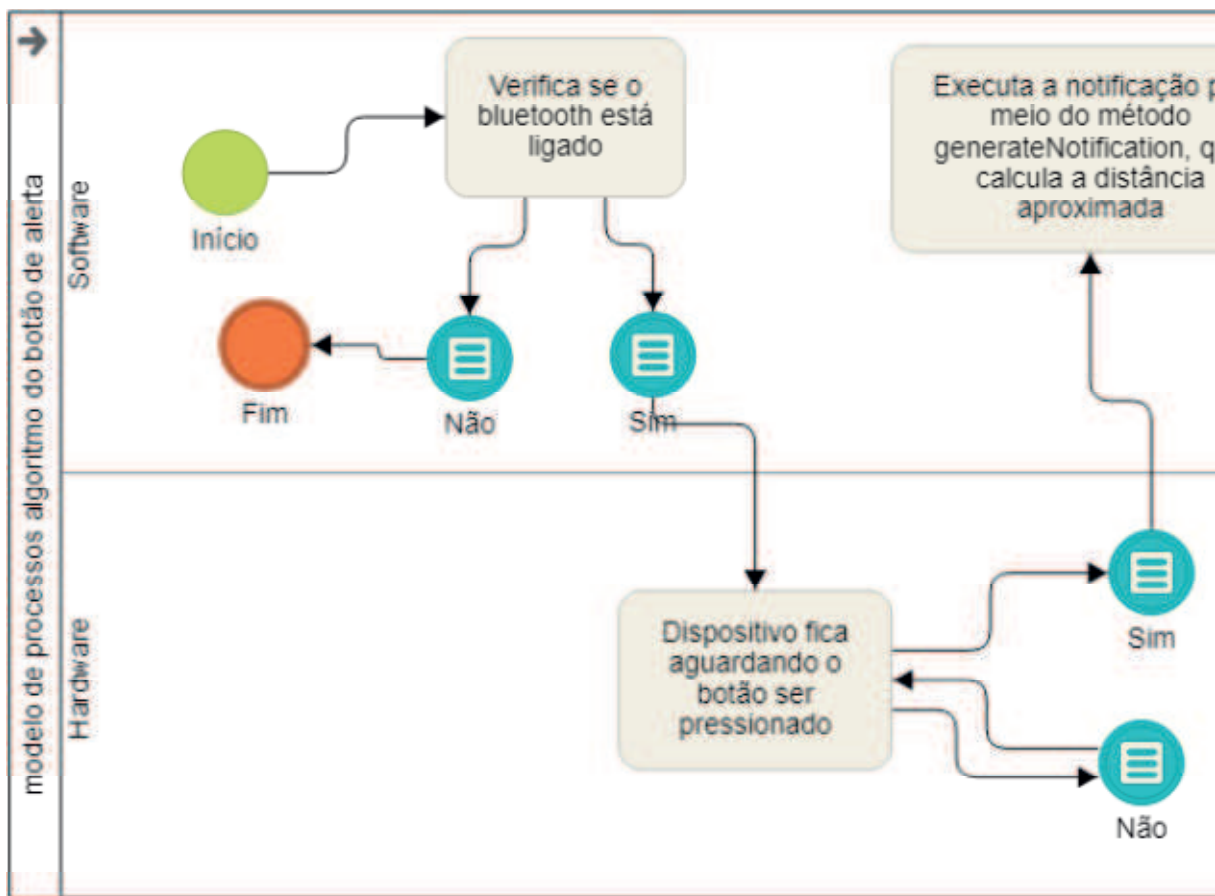
A funcionalidade de monitorar distância é feita por meio do *bluetooth*, retornando a distância aproximada entre o sensor e o *smartphone*.

Outra funcionalidade é o botão de monitoramento. Esse botão fica acoplado ao sensor, onde a criança, ao sentir necessidade, irá pressionar o botão, gerando uma notificação no aplicativo, conforme Figura 22, alertando os responsáveis que a criança está necessitando ser localizada.

O método para receber o alerta do botão, encontra-se no Apêndice B deste documento. Utiliza a interface *Switch*, da API *MbientLab* versão 2.8.6, controla a ação da chave tátil do dispositivo. A interface implementa os métodos da outra interface *MetaWearBoard*. Esta, por sua vez, é responsável por verificar se o dispositivo e os firmwares atuais são suportados e se o mesmo está conectado. Caso sim, verifica se o BLE esta ativo. Se o mesmo estiver ativo, o dispositivo é conectado e ficará aguardando que o botão seja pressionado. Quando for pressionado, o método *generateNotification* é executado.

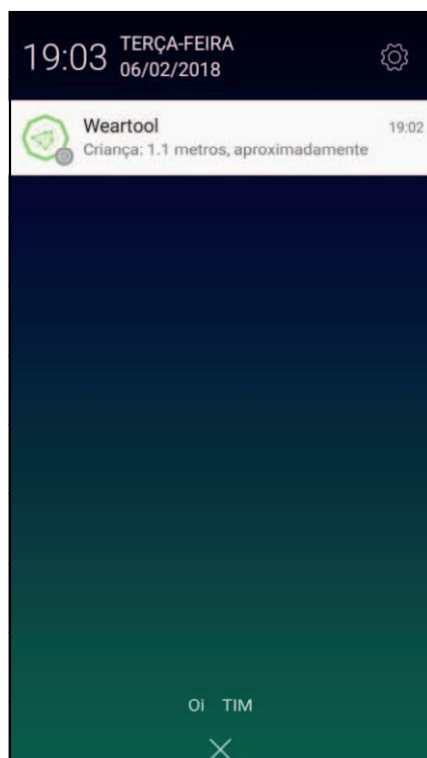
O método para calcular a distância *resultDistance()*, encontra-se no Apêndice C deste documento. Também implementa a interface *MetaWearBoard*. Inicialmente, cria uma nova instância da interface *AsyncOperation*, para executar a classe abstrata *CompletionHandler*, que processa o resultado da operação, que criou esse objeto, em segundo plano. Operação esta que retorna o resultado do método *sucess*. Este método, por sua vez, executa a função *Math.pow()*, que retorna o valor de uma expressão base elevada a um expoente especificada. É calcula na base dez a potência resultante da subtração da potência do transmissor (*txPower*) pela intensidade de sinal recebido (*RSSI*), dividido por dez e multiplicado por dois. Após isto, é retornado a distância, ou seja, em número fracionário. O diagrama 5 de modelo de processos, mostra o fluxo de funcionamento do algoritmo do botão de alerta, juntamente com o retorno da distância aproximada.

Diagrama 5 – Diagrama de modelo de processos: Algoritmo do botão de alerta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 22 – Notificação de distância aproximada.



Fonte: Aplicativo Weartool.

3.5.3 Temperatura ambiente

A funcionalidade de aferição de temperatura ambiente, ou seja, temperatura local, serve para a verificar a temperatura onde o sensor estará alocado, servindo para casos em que uma temperatura constante tenha que ser aferida e mantida, para o conforto e bem estar da criança ou idoso.

Neste caso, o sensor ficará disposto no ambiente em que é feita a aferição.

O método para aferição da temperatura ambiente, que se encontra no Apêndice F deste documento, utiliza a interface *RouteManage*, da API *MbientLab* versão 2.8.6. Esta interface gerencia a rota de dados a serem transmitidos entre o dispositivo e *smartphone*. Após verificar se o *bluetooth* está ligado, o método *process* é executado, para verificar se a temperatura está maior ou igual a 0, por meio da variável “celsius”. Caso sim, ele retorna a temperatura em escala de medição em graus celsius.

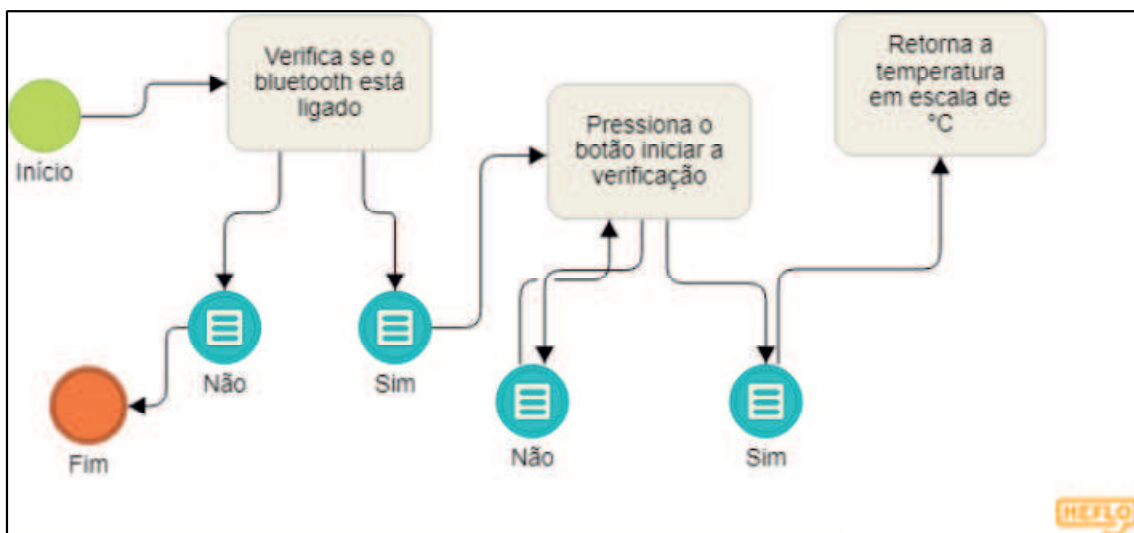
O Diagrama 6 de modelo de processos, mostra o fluxo de funcionamento do algoritmo para aferição de temperatura.

Figura 23 – Temperatura ambiente.



Fonte: Aplicativo Weartool.

Diagrama 6 – Diagrama de modelo de processos: Algoritmo para aferição de temperatura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5.4 Configurações

Na tela de configurações do aplicativo (Figura 24) tem-se informações referentes ao sensor: Fabricante, Modelo, Número de série, Firmware, Hardware e MAC. Estas informações são verificadas por meio do método *readDeviceInformation*, da interface *MetaWearBoard*, disponível na API versão 2.8.6 do fabricante. Este retorna o objeto com as informações do dispositivo que estará disponível quando a leitura for concluída.

Tem-se a opção de atualizar o firmware do sensor, verificar o led do sensor, onde está disponível nas cores vermelho, verde e Azul. Pode-se também verificar o RSSI, ou seja, a força do sinal recebido em relação ao sensor ao aplicativo. É possível verificar o nível da bateria do sensor. Estas funções são feitas no método *onViewCreated*. Este é chamado em um *Fragment*, depois do método *onCreateView* montar todo o fragmento, ou seja, após construir os objetos que serão exibidos. Com isto, as subclasses têm a chance de se inicializar quando souberem que sua hierarquia de visualizações foi completamente criada. Estas classes são nativas da API Android, sendo necessário implementá-los, ao criar um fragmento.

Os métodos que compõem as configurações do dispositivo, encontram-se no Apêndice G deste documento.

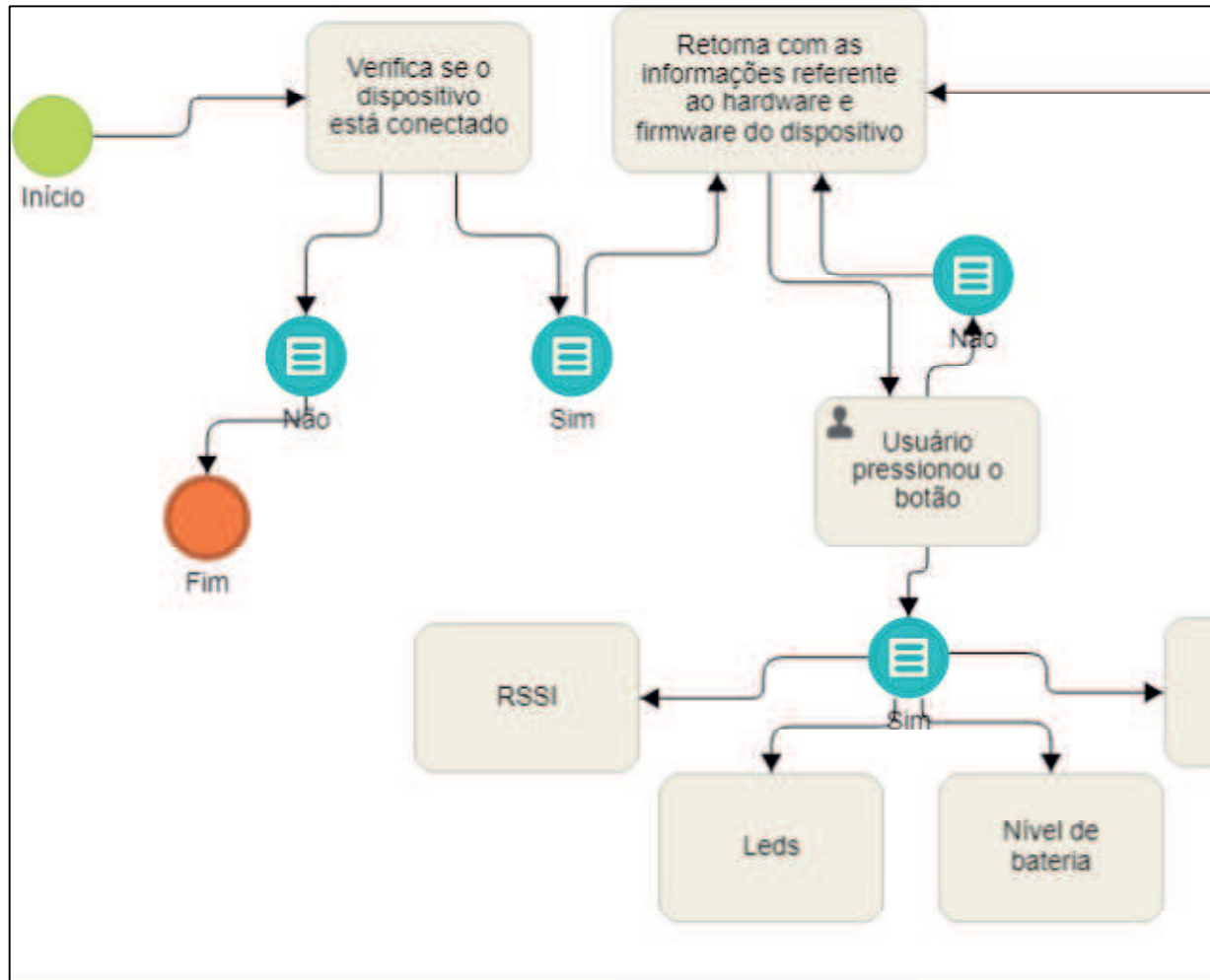
O Diagrama 7 de modelo de processos, mostra o fluxo de funcionamento das configurações do dispositivo, no aplicativo.

Figura 24 – Tela Configurações.



Fonte: Aplicativo Weartool.

Diagrama 7 – Diagrama de modelo de processos: Configurações do dispositivo.



Fonte: Elaborado pelo autor

3.6 RESUMO

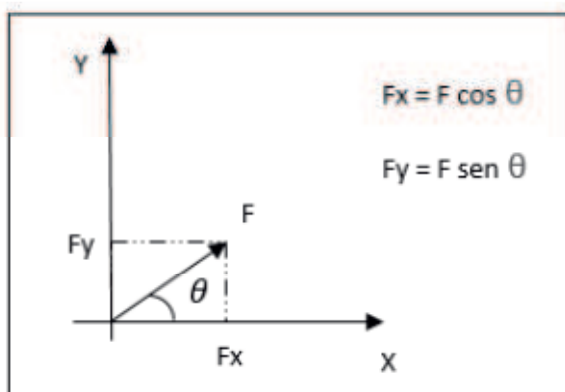
Neste capítulo, foram expostos os problemas norteadores desta pesquisa, os quais sustentam todo o embasamento metodológico. Foram descritos detalhadamente as etapas do estudo e em seguida, todo o funcionamento do protótipo, bem como as funcionalidades do aplicativo foram apresentados e exemplificados.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS PRELIMINARES

Os testes iniciais foram feitos projetando o sensor, simulando uma queda. Foram feitas projeções para frente, esquerda, direita e para baixo.

Genericamente, para um sistema de coordenadas bidimensional, um vetor de força que não esteja disposto em um dos eixos x e y, pode ser decomposto em notação de escala como apresentando na Figura 25, em que F_x e F_y são as projeções espaciais do vetor F .

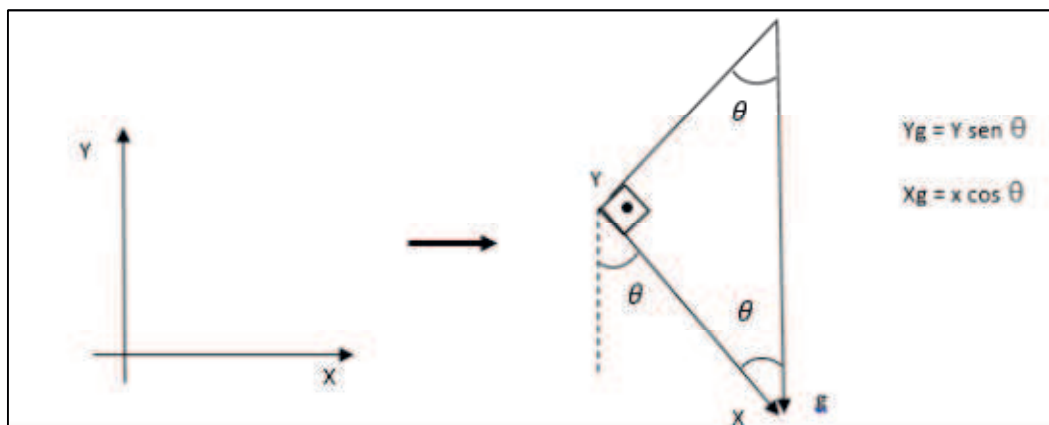
Figura 25 – Vetor de força gravitacional.



Fonte: Os autores.

Analogamente, em uma possível rotação de eixos, em relação ao eixo gravitacional de referência, tem-se a projeção de X e Y em g.

Figura 26 – Vetor de força.



Fonte: Os autores.

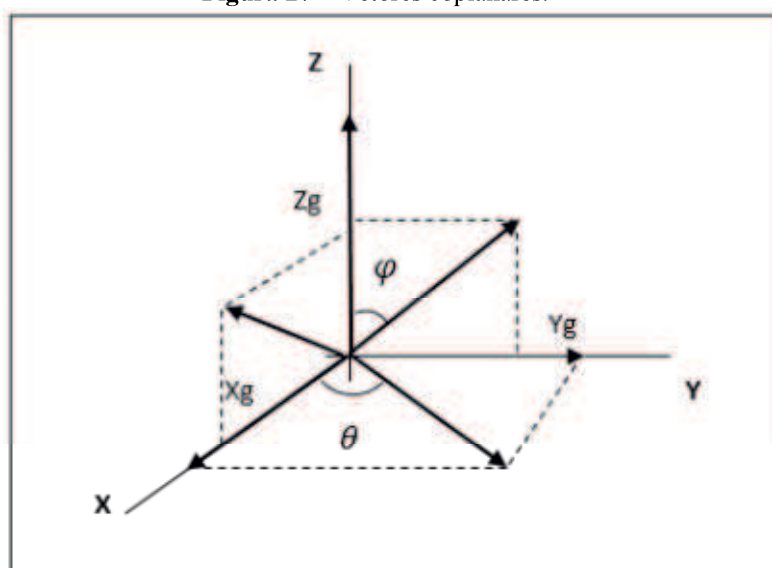
O ângulo que especifica a direção da força resultante é dado pela relação trigonométrica. Se considerarmos X e Y como vetores unitários, tem-se que:

$$(1) \frac{Y_g}{X_g} = \frac{\text{sen}\theta}{\text{cos}\theta} \rightarrow \frac{Y_g}{X_g} = \text{tg}\theta$$

$$(2) \theta = \text{arctg} \left(\frac{Y_g}{X_g} \right)$$

Para calcular a inclinação do ângulo em um sistema triaxial, é necessário identificar as resultantes dos vetores coplanares (X_eY , X_eZ , Y_eZ), conforme exemplifica a Figura 27.

Figura 27 – Vetores coplanares.



Fonte: Os autores.

Matematicamente, de acordo com estudo de Lai et al. (2010), a resultante dos vetores coplanares é dada por:

$$(3) X_g = \sqrt{Xg^2 + Zg^2}$$

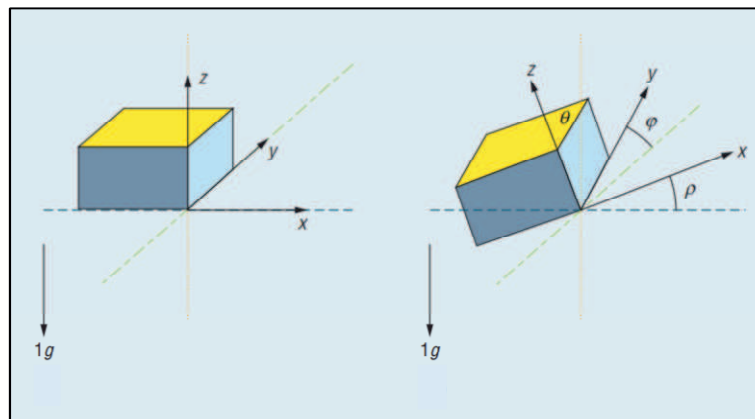
$$(4) Y_g = \sqrt{Yg^2 + Xg^2}$$

$$(5) Z_g = \sqrt{Zg^2 + Yg^2}$$

De acordo com a Figura 28, substituindo as equações 3, 4 e 5 em 2 e aplicando as 3D, pode-se ver que:

$$(6) \rho = \arctan\left(\frac{x_g}{\sqrt{y_g^2 + z_g^2}}\right) \quad (7) \varphi = \arctan\left(\frac{y_g}{\sqrt{x_g^2 + z_g^2}}\right) \quad (8) \theta = \arctan\left(\frac{\sqrt{y_g^2 + x_g^2}}{z_g}\right)$$

Figura 28 – Inclinação da aceleração triaxial.

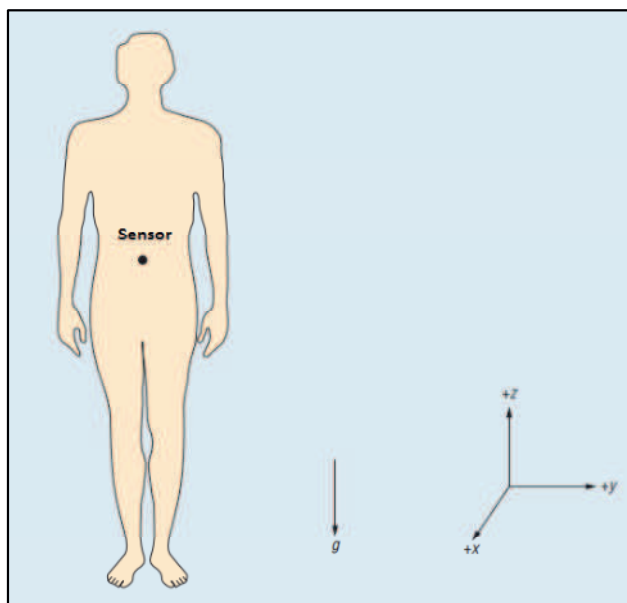


Fonte: Adaptado de Lai et al. (2010).

A inclinação da aceleração triaxial demonstrado na Figura 28, em a, os eixos x e y são perpendiculares para aceleração da gravidade, ao longo do eixo z, então X_g e Y_g são 0. Em b, a aceleração é uma função dos ângulos de inclinação ρ , φ e θ dos eixos X, Y e Z em relação ao nível do solo.

Neste estudo, foi acoplado o sensor ao ponto central do corpo de algumas pessoas idosas, ou seja, em sua cintura, conforme a Figura 29.

Figura 29 – Posição do sensor em relação ao vetor de gravidade.



Fonte: Adaptado de Lai et al. (2010).

Nos gráficos de acelerômetro para queda em idosos, espera-se que haja uma variação da aceleração na forma de pico, pois esta é muito maior do que a aceleração derivada de uma pessoa andando, seguido de uma diminuição que tende a zero, onde após a queda, a tendência é que o idoso fique alguns instantes no chão (repouso, $a = 0 \text{ m/s}^2$).

Num acelerômetro em 3 dimensões, as curvas de X, Y e Z devem obedecer um grau de sincronia, uma vez que o corpo de um idoso não é um objeto de massa ideal, que pode ser desprezado num movimento rotacional/vibracional. Independentemente do tipo de queda, há variações nos 3 eixos. Logo, onde puder ser observado a maior harmonia de variação dos 3 eixos, é onde está a maior possibilidade do registro de queda.

Fisicamente, quando se trata de gravidade, o eixo y é tomado como referência para aceleração, mas se o idoso cai, a variação aceleração tem que ser necessariamente mais intensa no eixo da gravidade. Nos gráficos preliminares, os eixos y e z comportam-se como eixos de gravidade, pois a variação mais intensa (pico).

N Figura 30 é apresentado o comportamento em repouso do idoso, apresentando uma linearidade entre os eixos x, y e z. Este gráfico pode ser tomado como referência na identificação do movimento.

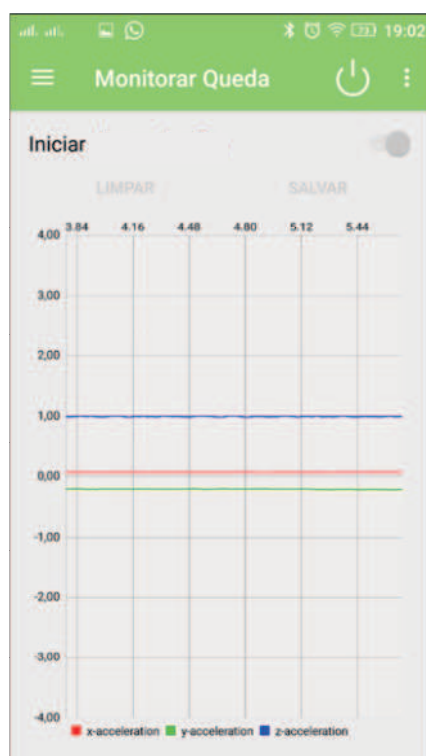
Na Figura 31 é apresentada a queda para baixo, sendo observado que do início do gráfico até o intervalo de 13,73 s, há pequenas variações de aceleração, quando o idoso

estava em movimento aleatório (caminhada). Em seguida, de 13.73 s a aproximadamente 14 s, há uma variação desse movimento, é o que antecede/causa a queda.

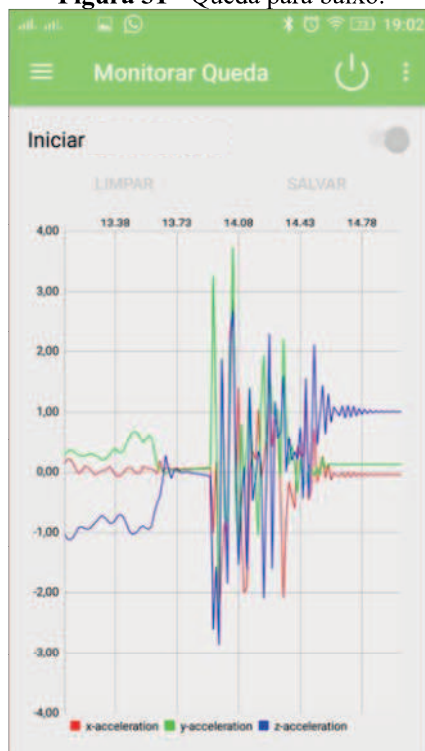
De 14 s a 14,43 s, há uma grande variação nos eixos x, y e z seguido de uma tendência ao repouso (de 14.5s em diante). Estes pontos centrais do gráfico onde há a maior variação de aceleração nos 3 eixos, configuram a queda.

Na Figura 32, o teste foi realizado supondo a situação em que o idoso está em movimento aleatório e dá um salto vertical, caindo após o pulo. Observa-se nesse gráfico que até o instante 48,58 s há uma variação muito maior em z que em x e y, apontando que nesse sistema, o eixo z comporta-se como eixo de gravidade. Em seguida, há um movimento de pré-queda, uma variação nos 3 eixos (de 49 s a 49,5 s aproximadamente) e um repouso, mostrando o movimento de queda, análogo ao anterior.

Figura 30 - Comportamento em repouso. Eixos lineares.



Fonte: Aplicativo Weartool.

Figura 31 - Queda para baixo.

Fonte: Aplicativo Weartool.

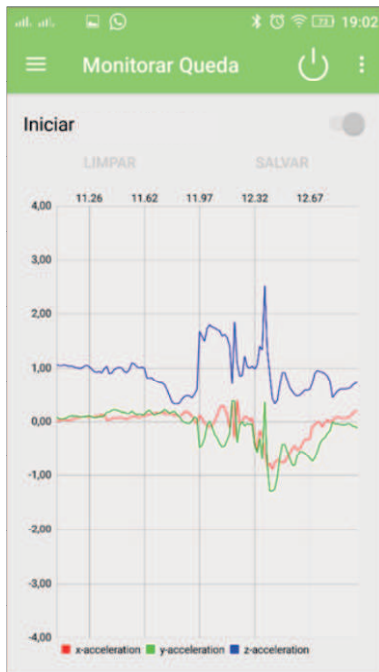
Figura 32 - Queda para baixo com salto.

Fonte: Aplicativo Weartool.

Na Figura 33, o teste foi realizado supondo a situação em que o idoso está em movimento aleatório e cai para o lado direito, em que é observado no início do gráfico até o intervalo de 11,97 e 29,22 s pequenas variações de aceleração, quando o idoso estava em movimento aleatório (caminhada). Observa-se nesse gráfico que até o instante

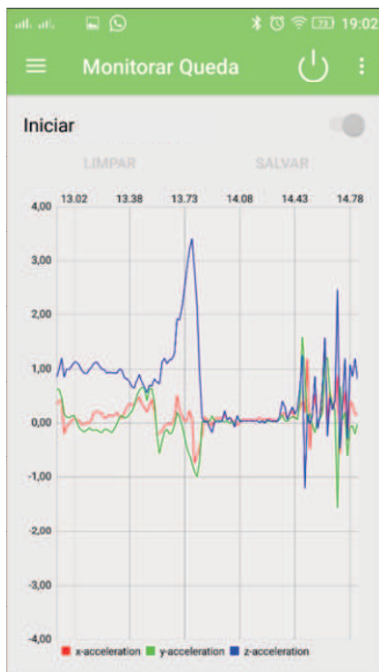
12,35 s e 29,57 s há uma variação muito maior em z que em x e y, apontando que nesse sistema, o eixo z comporta-se como eixo de gravidade. Sendo este a queda de fato ocorrido.

Figura 33 - Queda para o lado direito.



Fonte: Aplicativo Weartool.

Figura 34 - Queda para o lado esquerdo.



Fonte: Aplicativo Weartool.

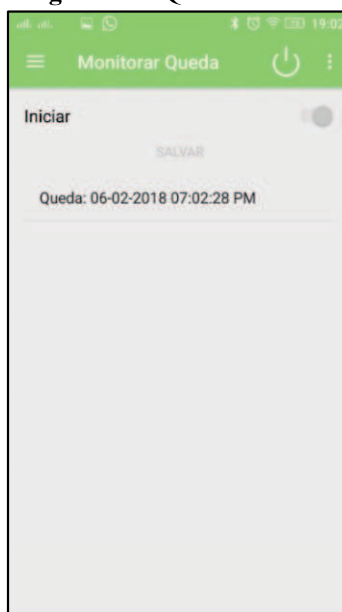
Na Figura 34 mostra a queda ocorrida para o lado esquerdo após o idoso estar em movimento aleatório. É observado que do início do gráfico até o intervalo de 13,73 s, há pequenas variações de aceleração, quando o idoso estava em movimento aleatório (caminhada) até atingir uma variação muito maior em z, do que em x e y, apontando que nesse sistema, o eixo z comporta-se como eixo de gravidade. Em seguida, de 14,43 s a aproximadamente 14,68 s, há uma variação desse movimento, onde ocorreu o contato com o solo, representando a queda.

Com base nas análises feitas por meios dos gráficos, observando os movimentos e conseqüentemente as quedas, obtivemos os eixos de gravidade (g), para assim compor o algoritmo de queda, conforme codificação do algoritmo de detecção de queda, no Apêndice A deste documento. Com uma definição exata da queda, até o intervalo de -0,6 nos eixos de gravidade y e z, podem ser reconhecidas por meio da variação do gráfico, da classe “CartesianFloat”, da API disponibilizada pela MblentLab.

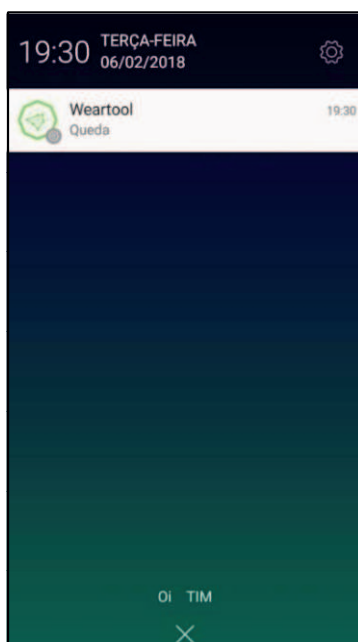
Após o algoritmo detectar a queda, uma notificação é gerada, conforme codificação do algoritmo de notificação de queda, no Apêndice D deste documento.

Após a recepção do dado, informando a queda, o aplicativo mostra ao usuário, por meio de uma interface intuitiva, a queda ocorrida com a respectiva data e hora ocorrida, conforme a Figura 35. Na Figura 36 mostra a notificação emitida no *smartphone*.

Figura 35 – Queda ocorrida.

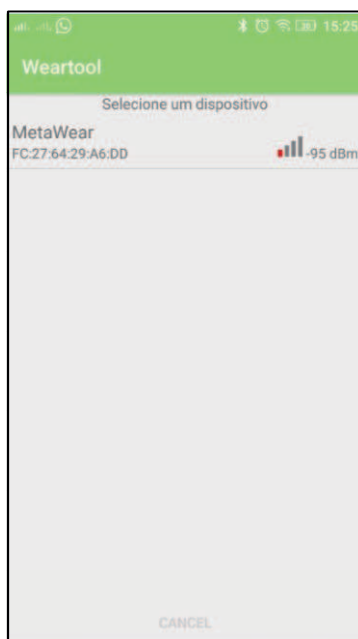


Fonte: Aplicativo Weartool.

Figura 36 - Notificação de queda ocorrida.

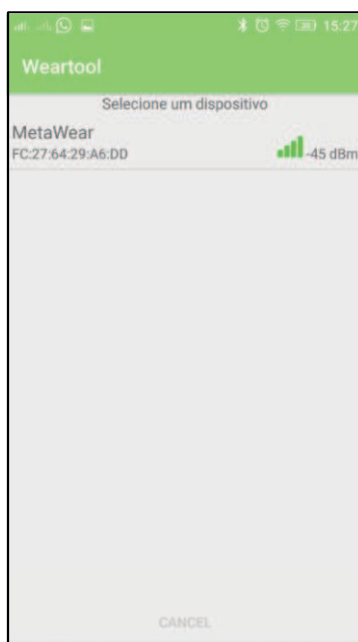
Fonte: Aplicativo Weartool.

Com relação ao monitoramento da distância da criança, foram feitos testes do alcance de sinal, tendo uma eficiência até 50 m em campo livre e 15 m com barreira, sendo assim cobrindo áreas relativamente consideráveis para o monitoramento. Na Figura 37 é representada uma distância máxima aproximada de 50m e na Figura 38 é representada uma distância mínima aproximada de 1m.

Figura 37 - Distância máxima do sensor em relação ao *smartphone*.

Fonte: Aplicativo Weartool.

Figura 38 - Distância mínima do sensor em relação ao *smartphone*.



Fonte: Aplicativo Weartool.

Para calcular a distância e, conseqüentemente, ser emitida a notificação, foi feito um cálculo da intensidade de sinal (RSSI) e o nível de potência recebido. No Apêndice B deste documento é possível encontrar a codificação do algoritmo para o cálculo da distância aproximada, retornando à aproximação em metros. Para isto, foi utilizado o método *resultDistance()*, que retornará a distância em double, ou seja, em número fracionário. Inicialmente, para a estimativa de distância é feito a leitura baseada na intensidade de sinal recebido (RSSI) sobre a potência do transmissor (txPower). A função *Math.pow()* foi utilizada pois retorna a base elevada ao expoente “power”.

A fórmula utilizada para o cálculo da força de sinal é expressa por:

$$\text{RSSI (dBm)}^{66} = A - 10 n \log(d)$$

Onde:

RSSI (dBm) - Representa o valor da intensidade do sinal que chega;

A - Referência de RSSI para 1 metro;

n - Corresponde ao ambiente;

d - Representa a distância entre os objetos (nós) que estão se comunicando.

A razão n pode variar, pois a propagação do sinal é afetada por qualquer coisa que cause interferência nas ondas de transmissão, ou seja, a potência do sinal recebido decai

⁶⁶ dBm - *decibel mil watts*

logaritmicamente com a distância. Segundo Dong e Dargie (2012), para o valor de n é necessário verificar o ambiente no qual será analisado. Os valores típicos são:

Tabela 7 - Especificação de ambientes e expoente n .

Ambiente	Expoente n em alguns ambientes
Espaço livre	2
Área urbana	2,7 a 3,5
<i>Indoor</i> em corredores	1,6 a 1,8
<i>Indoor</i> pouco obstruído	2,2 a 2,7
Indoor obstrução média	2,8 a 3,5
Ambientes abertos semi-livre	3 a 4
<i>Indoor</i> com muita obstrução	4 a 6

Fonte: Dong e Dargie (2012).

Para a distância final é utilizada a seguinte fórmula observa-se: $d = 10((TxPower - RSSI) / (10 n))$

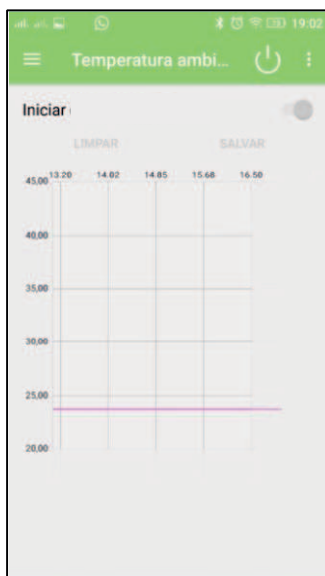
Considerando que os testes foram feitos em locais abertos, se utilizamos a função, codificada em Java, “`Math.pow(10d, ((double) txPower - result) / (10 * 2)/100)`”, em “`result`” é o retorno do valor atual de RSSI, encontrado na superclasse *MetaWearBoard* da API, para um valor de -59 para RSSI e 1 para txPower, tem-se o seguinte resultado em metros:

$$d = 10^{((1 - 56) / (10 * 2)/100)}$$

$$d = 10^{(-0,0275)}$$

$$d = 1,07$$

Figura 39 - Temperatura ambiente.



Fonte: Aplicativo Weartool.

Na Figura 39, é apresentado a temperatura do local onde o sensor está alocado. É possível ver a linearidade do gráfico, pois o teste foi feito em um ambiente climatizado, com temperatura exata de 23°C, conforme Figura 40, para assim constatar a eficiência do sensor de temperatura utilizado.

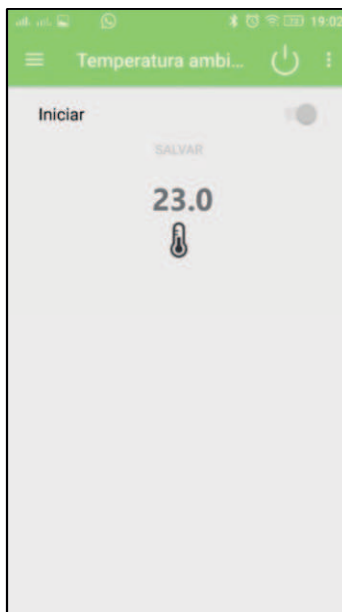
Figura 40 - Indicador da temperatura local.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 41, mostra a temperatura ambiente, por meio de uma interface intuitiva, para facilitar a visualização rápida dos dados exibidos.

Figura 41 - Temperatura ambiente.



Fonte: Aplicativo Weartool.

Todos os eventos capturados de queda e temperatura, podem ser enviados por e-mail ou por meio de redes sociais, instaladas no *smartphone*. Seguindo o conceito de IoT, enviando a informação por meio da internet.

Para a realização de testes com idosos voluntários, o projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual da Paraíba, atendendo a resolução do N°. 466/12 do Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde. Com N°. Protocolo 84285418.4.0000.5187. Posteriormente os testes foram feitos na cidade de Campina Grande, em uma famosa praça da cidade chamada de Calçadão, na rua Cardoso Vieira, no bairro Centro. Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A coleta de dados foi realizada no local, por meio dos sensores sem fio, não acarretando risco ou desconforto ao voluntário.

Foi utilizada uma amostra de dez voluntários, idosos entre 60 a 85 anos. Para isto, foram analisadas quatro situações cotidianas: em pé, sentado, caminhando e queda.

A tabela 8 apresenta os resultados preliminares dos testes feitos com idosos, envolvendo tarefas cotidianas.

Tabela 8 - Resultado dos testes feitos com idosos.

Tarefas	Tarefas realizadas	Total correta	Total incorreta	Precisão (%)
Em pé	10	10	0	100
Sentado	10	10	0	100
Caminhando	15	12	3	79,92
Queda	N/A	N/A	N/A	N/A
Total	35	32	3	93,30

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nos testes realizados, não ocorreu nenhuma queda de fato, o que não implica negativamente a eficácia da detecção de quedas. Nas outras tarefas observadas, pode-se testar situações em que poderiam ser gerados alarmes falsos, o que não ocorreu.

4.1 RESUMO

Neste capítulo, foram apresentados e discutidos os resultados preliminares desta pesquisa. Como previsto e detalhado no roteiro experimental, foram feitos testes para identificar diversos padrões de quedas para subsidiar o desenvolvimento do algoritmo,

para assim compor as funcionalidades do aplicativo. Os testes preliminares, atestaram a eficácia dos sensores e do dispositivo embarcado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Este projeto apresenta como resultado, um protótipo com o objetivo de monitorar o comportamento de idosos e crianças, por meio de microsensores conectados via *bluetooth* a um aplicativo.

O resultado experimental mostra que o dispositivo é compacto, relativamente de baixo custo e de fácil utilização. Suas principais características físicas é o seu pequeno tamanho, peso leve e baixo consumo de energia.

Inicialmente, foram feitos alguns testes com o sensor, simulando quedas ocorridas para frente, esquerda, direita e para baixo. Para isso, foi projetado o sensor, simulando tal evento. Posteriormente, foram feitos testes reais com idosos, onde foi analisado suas rotinas diárias.

Diferentes padrões de queda foram caracterizados e modelados utilizando os sensores acelerômetro de 3 eixos, com base na unidade de medição inercial (IMU), em que os sinais obtidos dos movimentos foram processados e analisados por um SoC.

Analisando os dados por meio dos gráficos obtidos das eventuais quedas, pode-se ver a variação do gráfico nos eixos x, y e z. Com isto avalia-se que as quedas como nível intermediário as que ficaram entre -6 no eixo y e z de gravidade, e graves a gravíssimos as que estão acima dessa faixa. Nos casos reais, foi obtida uma precisão de movimentos de 93,30%

Com relação ao monitoramento da distância da criança, foram feitos testes do alcance de sinal, tendo uma eficiência até 50 metros em campo livre e 15 metros com barreira, sendo assim cobrindo áreas relativamente consideráveis para o monitoramento. O retorno da localização aproximada, foi calculada por meio de uma função específica.

A verificação da temperatura ambiente também foi constatada pois, os testes foram feitos em ambientes climatizados, constatando a eficácia do sensor.

Portanto, pode-se afirmar que o “Weartool”, diferirá dos produtos comerciais pelos seguintes argumentos: baixo custo, facilidade de utilização (pois utiliza critérios de

usabilidade devido suas informações serem em português do Brasil), baixo consumo de bateria, por ser compatível com a maioria dos *smartphones* do mercado brasileiro, pelo sensor não ser invasivo, não atrapalhar as atividades diárias e por monitorar tanto o idoso quanto a criança, abrangendo assim sua área de atuação.

Levando em consideração a relevância social e tecnológica deste projeto, como trabalhos futuros pode-se citar a possibilidade de criar algoritmos que automatizem mais as funcionalidades do aplicativo, dispensando parcialmente ou totalmente a presença dos cuidadores. Também pode-se melhorar a interface final do protótipo, transformando em um produto final, para assim ser comercializado. Sendo assim, é necessário um tempo maior de pós-graduação para realizar os devidos trabalhos.

6. REFERÊNCIAS

ALMAULA, Varun. Bluetooth Triangulator. [s.l.], Califórnia, p.1-5, 2008.

AMEEN, Moshaddique Al; KWAK, Kyung-sup. Social Issues in Wireless Sensor Networks with Healthcare Perspective. **The International Arab Journal Of Information Technology**, Jordânia, v. 8, n. 1, p.52-58, jan. 2011.

ANDROID. **Developers**. Disponível em: <<https://developer.android.com/index.html>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

ARIYOSHI, Anne France. **Características epidemiológicas das fraturas do fêmur proximal tratadas na Santa Casa de Misericórdia de Batatais - SP**. 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde na Comunidade, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2013.

BARRERA, David et al. A methodology for empirical analysis of permission-based security models and its application to android. **Proceedings Of The 17th Acm Conference On Computer And Communications Security - Ccs '10**, [s.l.], p.73-84, 2010. ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/1866307.1866317>.

BERGE, Jonas. **Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation, and Maintenance**. [s.l.]: Isa – The Instrumentation, Systems And Automation Society, 2002. 468 p.

BLUETOOTH. **Bluetooth Low Energy**. Disponível em:
<<https://www.bluetooth.com/>>. Acesso em: 19 maio 2017.

BPM CBOOK. **Guia para o gerenciamento de processos de negócio corpo comum de conhecimento – ABPM BPM CBOOK v3.0**. 1 ed. [s.i.]: ABPM, 2013. 543 p.

BURGNER, Daniel E.; WAHSHEH, Luay A. Security of Wireless Sensor Networks. **2011 Eighth International Conference On Information Technology: New Generations**, [s.l.], p.315-320, abr. 2011. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/itng.2011.62>.

CAO, Huasong et al. Enabling technologies for wireless body area networks: A survey and outlook. **Ieee Communications Magazine**, [s.l.], v. 47, n. 12, p.84-93, dez. 2009. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
<http://dx.doi.org/10.1109/mcom.2009.5350373>.

CARLI, Pierre; ORLIAGUET, Gilles. Severe traumatic brain injury in children. **The Lancet**, [s.l.], v. 363, n. 9409, p.584-585, fev. 2004. Elsevier BV.
[http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(04\)15626-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(04)15626-2).

CHANG, Tengfei et al. Adaptive synchronization in multi-hop TSCH networks. **Computer Networks**, [s.l.], v. 76, p.165-176, jan. 2015. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2014.11.003>.

CHEN, Meng; LI, Zhi; ZHANG, Guanglie. A cooperative software-hardware approach for wireless body area network implementation. **The 4th Annual Ieee International Conference On Cyber Technology In Automation, Control And Intelligent**, [s.l.], p.214-218, jun. 2014. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/cyber.2014.6917463>.

CHEN, Min et al. Body Area Networks: A Survey. **Mobile Networks And Applications**, [s.l.], v. 16, n. 2, p.171-193, 18 ago. 2010. Springer Nature.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11036-010-0260-8>.

CHEN, Zhi Ning et al. Small Planar UWB Antennas in Proximity of Human Head. **2005 Ieee International Conference On Ultra-wideband**, [s.l.], p.286-289, 2005. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icu.2005.1570000>.

CHIN, Craig A. et al. Advances and challenges of wireless body area networks for healthcare applications. **2012 International Conference On Computing, Networking And Communications (icnc)**, [s.l.], p.99-103, jan. 2012. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icnc.2012.6167576>.

CONWAY, Gareth A.; SCANLON, William G.. Low-Profile Patch Antennas for Over-Body-Surface Communication at 2.45 GHz. **2007 International Workshop On Antenna Technology: Small and Smart Antennas Metamaterials and Applications**, [s.l.], p.416-419, mar. 2007. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/iwat.2007.370163>.

CURTIS, D. W. et al. SMART--An Integrated Wireless System for Monitoring Unattended Patients. **Journal Of The American Medical Informatics Association**, [s.l.], v. 15, n. 1, p.44-53, 1 jan. 2008. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1197/jamia.m2016>.

DAY, John. The (un)revised OSI reference model. **Acm Sigcomm Computer Communication Review**, [s.l.], v. 25, n. 5, p.39-55, 1 out. 1995. Association for Computing Machinery (ACM). <http://dx.doi.org/10.1145/216701.216704>.

DEVITA, G. et al. A 5mW multi-standard Bluetooth LE/IEEE 802.15.6 SoC for WBAN applications. **Esscirc 2014 - 40th European Solid State Circuits Conference (esscirc)**, [s.l.], p.283-286, set. 2014. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/esscirc.2014.6942077>.

DONG, Qian; DARGIE, Walteneagus. Evaluation of the reliability of RSSI for indoor localization. **2012 International Conference On Wireless Communications In Underground And Confined Areas**, [s.l.], p.1-6, ago. 2012. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icwcuca.2012.6402492>.

DUNNING, J.p.. Taming the Blue Beast: A Survey of Bluetooth Based Threats. **Ieee Security & Privacy Magazine**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.20-27, mar. 2010. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/msp.2010.3>.

EL-HOIYDI, A.; DECOTIGNIE, J.-d.. WiseMAC: an ultra low power MAC protocol for the downlink of infrastructure wireless sensor networks. **Proceedings. Iscc 2004. Ninth International Symposium On Computers And Communications (iecc Cat. No.04th8769)**, [s.l.], p.244-251, 2004. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/iscc.2004.1358412>.

FARELLA, Elisabetta et al. Interfacing human and computer with wireless body area sensor networks: the WiMoCA solution. **Multimedia Tools And Applications**, [s.l.], v. 38, n. 3, p.337-363, 30 jan. 2008. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-007-0189-5>.

FORTINO, Giancarlo; TRUNFIO, Paolo. **Internet of Things Based on Smart Objects: Technology, Middleware and Applications**. Switzerland: Springer Science & Business Media, 2014. 198 p.

FREITAS, Ronaldo de et al. Cuidado de enfermagem para prevenção de quedas em idosos: proposta para ação. **Revista Brasileira de Enfermagem: REBEN**, Brasilia, p.478-485, jun. 2011.

GALLO, Michele et al. Simulation and Measurement of Dynamic On-Body Communication Channels. **Ieee Transactions On Antennas And Propagation**, [s.l.], v. 59, n. 2, p.623-630, fev. 2011. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tap.2010.2093498>.

GAO, Tia et al. The Advanced Health and Disaster Aid Network: A Light-Weight Wireless Medical System for Triage. **Ieee Transactions On Biomedical Circuits And Systems**, [s.l.], v. 1, n. 3, p.203-216, set. 2007. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tbcas.2007.910901>.

GIANNI, D. F. **Controle de acesso ao meio (MAC) baseado em polling hierárquico para rede corporal de sensor sem fio**. Campo Limpo Paulista, SP: FACCAMP, 2015.

HALL, P.s. et al. Antennas and propagation for on-body communication systems. **Ieee Antennas And Propagation Magazine**, [s.l.], v. 49, n. 3, p.41-58, jun. 2007. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

<http://dx.doi.org/10.1109/map.2007.4293935>.

HANSON, M.a. et al. Body Area Sensor Networks: Challenges and Opportunities. **Computer**, [s.l.], v. 42, n. 1, p.58-65, jan. 2009. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/mc.2009.5>.

HEALY, Michael; NEWE, Thomas; LEWIS, Elfed. Security for wireless sensor networks: A review. **2009 Ieee Sensors Applications Symposium**, [s.l.], p.1-6, fev. 2009. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/sas.2009.4801782>.

HEINZELMAN, W.b.; CHANDRAKASAN, A.p.; BALAKRISHNAN, H.. An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks. **Ieee Transactions On Wireless Communications**, [s.l.], v. 1, n. 4, p.660-670, out. 2002. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

<http://dx.doi.org/10.1109/twc.2002.804190>.

HEFLO. [s.l.]. Disponível em: <<https://www.heflo.com/>>. Acesso em: 09 maio 2018.

HIGA, Paulo. **95,5% dos smartphones vendidos no Brasil são Androids**. 2017. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/203749/android-ios-market-share-brasil-3t-2016/>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

HORI, T. et al. Sensor network for supporting elderly care home. **Proceedings Of Ieee Sensors, 2004.**, [s.l.], p.575-578, 2005. IEEE.

<http://dx.doi.org/10.1109/icsens.2004.1426230>.

HUDDLESTON, Sandra Smith; FERGUSON, Sondra G.. **Emergências Clínicas: Abordagens, Intervenções e Auto-Avaliação**. Florianópolis: Guanabara Koogan, 2006.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em:

<<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 ago. 2017.

IEEE. **HISTORY OF IEEE**. 2017. Disponível em: <

https://www.ieee.org/about/ieee_history.html/>. Acesso em: 20 dez. 2017.

IEEE. **802.15.6**: IEEE Standard for Local and metropolitan area networks - Part 15.6: Wireless Body Area Networks. New York, 2012.

ISO/IEC. **19510:2013**: Information technology - Object Management Group Business Process Model and Notation. [s.i]: [s.i], 2013. 507 p.

ISTEPANIAN, R. S. H. et al. The potential of Internet of m-health Things “m-IoT” for non-invasive glucose level sensing. **2011 Annual International Conference Of The Ieee Engineering In Medicine And Biology Society**, [s.l.], p.5264-5266, ago. 2011.

IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/iembs.2011.6091302>.

JANTUNEN, Iiro et al. Smart sensor architecture for mobile-terminal-centric ambient intelligence. **Sensors And Actuators A: Physical**, [s.l.], v. 142, n. 1, p.352-360, mar. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sna.2007.04.014>.

JENSEN, M.a.; RAHMAT-SAMII, Y.. EM interaction of handset antennas and a human in personal communications. **Proceedings Of The Ieee**, [s.l.], v. 83, n. 1, p.7-17, 1995. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

<http://dx.doi.org/10.1109/5.362755>.

JENSEN, Meiko et al. On Technical Security Issues in Cloud Computing. **2009 Ieee International Conference On Cloud Computing**, [s.l.], p.109-116, 2009. IEEE.

<http://dx.doi.org/10.1109/cloud.2009.60>.

JONES, Val et al. Mobihealth: Mobile Services for Health Professionals. **M-health**, [s.l.], p.237-246, 2007. Springer US. http://dx.doi.org/10.1007/0-387-26559-7_17.

KANG, Eunyong; IM, Yongsoon; KIM, Ungmo. Remote Control Multi-Agent System for u-Healthcare Service. **Agent And Multi-agent Systems: Technologies and**

Applications, [s.l.], p.636-644, 2007. Springer Berlin Heidelberg.
http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-72830-6_66.

KAUR, Parmjit; SHARMA, Sumit. Google Android a mobile platform: A review. **2014 Recent Advances In Engineering And Computational Sciences (raecs)**, [s.l.], p.1-5, mar. 2014. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/raecs.2014.6799598>.

KELEC, Aleksandar D.; VUKOVIC, Dijana R.. Privacy threats on Android devices — Big brother is watching you. **2015 23rd Telecommunications Forum Telfor (telfor)**, [s.l.], p.1-6, nov. 2015. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/telfor.2015.7377617>.
 KEOH, Sye Loong et al. Self-Managed Cell: A Middleware for Managing Body-Sensor Networks. **2007 Fourth Annual International Conference On Mobile And Ubiquitous Systems: Networking & Services (MobiQuitous)**, [s.l.], p.1-5, 2007. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/mobiq.2007.4451009>.

KHAN, Jamil Yusuf et al. Wireless Body Area Network (WBAN) Design Techniques and Performance Evaluation. **Journal Of Medical Systems**, [s.l.], v. 36, n. 3, p.1441-1457, 16 out. 2010. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10916-010-9605-x>.

KIM, Jinyung et al. SCANDAL: Static Analyzer for Detecting Privacy Leaks in Android Applications. Seoul, p.1-10, 2012.

KIRANDEEP; GARG, Anu. Implementing Security on Android Application. **The International Journal Of Engineering And Science**, [s.l.], v. 5, p.56-59, 2013.

KUMAR, Malay et al. Data outsourcing: A threat to confidentiality, integrity, and availability. **2015 International Conference On Green Computing And Internet Of Things (icgciot)**, [s.l.], p.1496-1501, out. 2015. IEEE.
<http://dx.doi.org/10.1109/icgciot.2015.7380703>.

KWAK, Kyung Sup et al. A study on proposed IEEE 802.15 WBAN MAC protocols. **2009 9th International Symposium On Communications And Information Technology**, [s.l.], p.834-840, set. 2009. IEEE.
<http://dx.doi.org/10.1109/iscit.2009.5341126>.

KWAK, Kyung Sup; ULLAH, Sana; ULLAH, Niamat. An overview of IEEE 802.15.6 standard. **2010 3rd International Symposium On Applied Sciences In Biomedical And Communication Technologies (isabel 2010)**, [s.l.], p.1-6, nov. 2010. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/isabel.2010.5702867>.

JIANG, Shanshan et al. CareNet: An Integrated Wireless Sensor Networking Environment for Remote Healthcare. **Proceedings Of The 3rd International Ict Conference On Body Area Networks**, [s.l.], p.1-3, 2008. ICST. <http://dx.doi.org/10.4108/icst.bodynets2008.2965>.

LAI, Chin-feng et al. Adaptive Body Posture Analysis for Elderly-Falling Detection with Multisensors. **Ieee Intelligent Systems**, [s.l.], v. 25, n. 2, p.20-30, mar. 2010. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/mis.2010.39>.

LANDIM, Ana Caroline Fonseca et al. Assistência de enfermagem a idosos com traumas ósseos: uma revisão integrativa. **Revista de Pesquisa: Cuidado é Fundamental Online**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.2083-2103, mar. 2015.

LANE, Michael. DOES THE ANDROID PERMISSION SYSTEM PROVIDE ADEQUATE INFORMATION PRIVACY PROTECTION FOR END-USERS OF MOBILE APPS? **10th Australian Information Security Management Conference**, Australia, p.67-74, 2012.

LATRÉ, Benoît et al. A survey on wireless body area networks. **Wireless Networks**, [s.l.], v. 17, n. 1, p.1-18, 11 nov. 2010. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11276-010-0252-4>.

LEE, In; LEE, Kyoochun. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. **Business Horizons**, [s.l.], v. 58, n. 4, p.431-440, jul. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008>.

LI, Li et al. I know what leaked in your pocket: uncovering privacy leaks on Android Apps with Static Taint Analysis. **[s.l.]**, [s.l.], p.1-12, 2014.

LI, Yan-xiao; QIN, Lian; LIANG, Qian. Research on Wireless Sensor Network Security. **2010 International Conference On Computational Intelligence And Security**, [s.l.], p.493-496, dez. 2010. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/cis.2010.113>.

LIYANAGE, Madhusanka; YLIANTTILA, Mika; GURTOV, Andrei. Secure Hierarchical VPLS Architecture for Provider Provisioned Networks. **Ieee Access**, [s.l.], v. 3, p.967-984, 2015. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/access.2015.2447014>.

LO, Geoffrey; GONZALEZ-VALENZUELA, Sergio; LEUNG, Victor C. M.. Wireless Body Area Network Node Localization Using Small-Scale Spatial Information. **Ieee Journal Of Biomedical And Health Informatics**, [s.l.], v. 17, n. 3, p.715-726, maio 2013. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/jbhi.2012.2237178>.

LÓPEZ, J. A. C.; PINO, F. Modelo para la evaluación en seguridad informática a productos de software, basado en el estándar ISO/IEC 15408 Common Criteria. **Revista S&t**, Cali, v. 19, n. 9, p.69-92, 2011.

MAIA, Bruna Carla et al. Consequências das quedas em idosos vivendo na comunidade. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, [s.l.], v. 14, n. 2, p.381-393, jun. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1809-98232011000200017>.

MANN, Christopher; STAROSTIN, Artem. A framework for static detection of privacy leaks in android applications. **Proceedings Of The 27th Annual Acm Symposium On Applied Computing - Sac '12**, [s.l.], p.1-6, 2012. ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/2245276.2232009>.

MARINKOVIC, Stevan Jovica et al. Energy-Efficient Low Duty Cycle MAC Protocol for Wireless Body Area Networks. **Ieee Transactions On Information Technology In Biomedicine**, [s.l.], v. 13, n. 6, p.915-925, nov. 2009. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/titb.2009.2033591>.

MBIENTLAB. **MBIENTLAB**. 2016. Disponível em: <<https://mbientlab.com/>>. Acesso em: 05 nov. 2016.

MODARES, Hero; SALLEH, Rosli; MORAVEJOSHARIEH, Amirhossein. Overview of Security Issues in Wireless Sensor Networks. **2011 Third International Conference On Computational Intelligence, Modelling & Simulation**, [s.l.], p.308-311, set. 2011. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/cimsim.2011.62>.

MOREIRA, Sérgio Augusto Paredes et al. Notifications of femur fractures in an elderly northeastern capital: in the years 2008 to 2012 Notificações de fraturas do fêmur em idosos de uma capital nordestina. **Revista de Pesquisa: Cuidado é Fundamental Online**, [s.l.], v. 7, n. 5, p.182-189, 30 dez. 2015. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro UNIRIO. <http://dx.doi.org/10.9789/2175-5361.2015.v7i5.182-188>.

MORÓN, M. J. et al. Development and Evaluation of a Python Telecare System Based on a Bluetooth Body Area Network. **Eurasip Journal On Wireless Communications And Networking**, [s.l.], v. 2011, p.1-10, 2011. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1155/2011/629526>.

MOTOYAMA, Shusaburo. Flexible polling-based scheduling with QoS capability for Wireless Body Sensor Network. **37th Annual Ieee Conference On Local Computer Networks -- Workshops**, [s.l.], p.745-752, out. 2012. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/lcnw.2012.6424059>.

MOVASSAGHI, Samaneh et al. Wireless Body Area Networks: A Survey. **Ieee Communications Surveys & Tutorials**, [s.l.], v. 16, n. 3, p.1658-1686, 2014. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/surv.2013.121313.00064>.

MULLER, Nathan J.. **Bluetooth Demystified**. New York: Mcgraw-hill, 2001.

NARASIMHAN, V; LI, H; JIANMIN, M. Micromachined high-g accelerometers: a review. **Journal Of Micromechanics And Microengineering**, [s.l.], v. 25, n. 3,

p.033001-033019, 18 fev. 2015. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/0960-1317/25/3/033001>.

NG, Jason W.p.. Ubiquitous Monitoring Environment for Wearable and Implantable Sensors (UbiMon). **The International Conference On Ubiquitous Computing (ubicomp)**, Nottingham, p.1-2, 2004.

OKONIEWSKI, M.; STUCHLY, M.a.. A study of the handset antenna and human body interaction. **Ieee Transactions On Microwave Theory And Techniques**, [s.l.], v. 44, n. 10, p.1855-1864, 1996. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/22.539944>.

OUCHI, K.; SUZUKI, T.; DOI, M.. LifeMinder: a wearable healthcare support system using user's context. **Proceedings 22nd International Conference On Distributed Computing Systems Workshops**, [s.l.], p.1-2, 2002. IEEE Comput. Soc. <http://dx.doi.org/10.1109/icdcsw.2002.1030864>.

PATEL, Maulin; WANG, Jianfeng. Applications, challenges, and prospective in emerging body area networking technologies. **Ieee Wireless Communications**, [s.l.], v. 17, n. 1, p.80-88, fev. 2010. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/mwc.2010.5416354>.

PEI, Guangyu; CHIEN, C.. Low power TDMA in large wireless sensor networks. **2001 Milcom Proceedings Communications For Network-centric Operations: Creating the Information Force (Cat. No.01CH37277)**, [s.l.], p.347-351, 2001. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/milcom.2001.985817>.

PELLEGRINI, A. et al. Antennas and Propagation for Body-Centric Wireless Communications at Millimeter-Wave Frequencies: A Review [Wireless Corner]. **Ieee Antennas And Propagation Magazine**, [s.l.], v. 55, n. 4, p.262-287, ago. 2013. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/map.2013.6645205>.

POLASTRE, Joseph; HILL, Jason; CULLER, David. Versatile low power media access for wireless sensor networks. **Proceedings Of The 2nd International Conference On Embedded Networked Sensor Systems - Sensys '04**, [s.l.], p.95-107, 2004. ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/1031495.1031508>.

REHMAN, M. Ur et al. Investigation of on-body Bluetooth transmission. **Iet Microwaves, Antennas & Propagation**, [s.l.], v. 4, n. 7, p.871-880, 2010. Institution of Engineering and Technology (IET). <http://dx.doi.org/10.1049/iet-map.2008.0339>.

RYCKAERT, J. et al. Channel model for wireless communication around human body. **Electronics Letters**, [s.l.], v. 40, n. 9, p.543-544, 2004. Institution of Engineering and Technology (IET). <http://dx.doi.org/10.1049/el:20040386>.

SALAYMA, M et al. "Wireless Body Area Network (WBAN): A survey on reliability, fault tolerance, and technologies coexistence," ACM Computing Surveys, accepted to appear in vol. 50, no 1, March 2018.

SALEEM. On the Security Issues in Wireless Body Area Networks. **International Journal Of Digital Content Technology And Its Applications**, [s.l.], v. 3, n. 3, p.178-184, 2009. AICIT. <http://dx.doi.org/10.4156/jdcta.vol3.issue3.22>.

SAMUEL, Nir et al. Falls in young children with minor head injury: A prospective analysis of injury mechanisms. **Brain Injury**, [s.l.], v. 29, n. 7-8, p.946-950, 8 maio 2015. Informa Healthcare. <http://dx.doi.org/10.3109/02699052.2015.1017005>.

SANGARI, A. Siva; LEO, J. Martin. Polynomial based light weight security in wireless body area network. **2015 Ieee 9th International Conference On Intelligent Systems And Control (isco)**, [s.l.], p.1-5, jan. 2015. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/isco.2015.7282331>.

SATO, Ryo; CHIBA, Daiki; GOTO, Shigeki. Detecting Android Malware by Analyzing Manifest Files. **Proceedings Of The Asia-pacific Advanced Network**, [s.l.], v. 36, p.23-32, 23 dez. 2013. Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network. <http://dx.doi.org/10.7125/apan.36.4>.

SEEGER, Christian; VAN LAERHOVEN, Kristof; BUCHMANN, Alejandro. MyHealthAssistant: An Event-driven Middleware for Multiple Medical Applications on a Smartphone-Mediated Body Sensor Network. **Ieee Journal Of Biomedical And Health Informatics**, [s.l.], v. 19, n. 2, p.752-760, mar. 2015. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/jbhi.2014.2326604>.

SHARMA, Sanjay et al. Wireless Body Area Network for health monitoring. **2011 4th International Conference On Biomedical Engineering And Informatics (bmei)**, [s.l.], p.2183-2186, out. 2011. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/bmei.2011.6098710>.

SHNAYDER, Victor et al. Sensor Networks for Medical Care. **[s.I]**, [s.l.], p.1-14, 2005.

SINGH, Mandeep; JAIN, Neelu. Performance and Evaluation of Smartphone based Wireless Blood Pressure Monitoring System using Bluetooth. **Ieee Sensors Journal**, [s.l.], p.1-7, 2016. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/jsen.2016.2597289>.

SMITH, David B. et al. Propagation Models for Body-Area Networks: A Survey and New Outlook. **Ieee Antennas And Propagation Magazine**, [s.l.], v. 55, n. 5, p.97-117, out. 2013. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/map.2013.6735479>.

SOARES, Fábio Miguel Ramos. **Localização baseada em medidas de distância para sistemas interiores de larga escala**. 2015. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Lisboa, 2015.

SOUSA, Marcelo Portela. **Diversidade Cooperativa Adaptativa Aplicada a Redes de Sensores sem Fio**. 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Computação, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

STACH, Christoph. How to Assure Privacy on Android Phones and Devices? **2013 Ieee 14th International Conference On Mobile Data Management**, [s.l.], p.1-6, jun. 2013. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/mdm.2013.54>.

SUFATRIO et al. Securing Android. **Acm Computing Surveys**, [s.l.], v. 47, n. 4, p.1-45, 11 maio 2015. Association for Computing Machinery (ACM). <http://dx.doi.org/10.1145/2733306>.

SUS. **Sistema Único de Saúde**. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

TANENBAUM, Andrew Stuart; WETHERALL, David. **Redes de Computadores**. 5. ed. Amsterdam: Prentice Hall, 2011. 640 p.

TELECO. **Redes Wi-fi I**: Redes de computadores. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwifimanaus1/pagina_2.asp>. Acesso em: 05 jan. 2018.

TESSENDORF, Bernd et al. An IMU-based sensor network to continuously monitor rowing technique on the water. **2011 Seventh International Conference On Intelligent Sensors, Sensor Networks And Information Processing**, [s.l.], p.1-6, dez. 2011. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/issnip.2011.6146535>.

THOME, N.; MIGUET, S.; AMBELLOUIS, S.. A Real-Time, Multiview Fall Detection System: A LHMM-Based Approach. **Ieee Transactions On Circuits And Systems For Video Technology**, [s.l.], v. 18, n. 11, p.1522-1532, nov. 2008. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tcsvt.2008.2005606>.

ULLAH, Sana et al. A Comprehensive Survey of Wireless Body Area Networks. **Journal Of Medical Systems**, [s.l.], v. 36, n. 3, p.1065-1094, 19 ago. 2010. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10916-010-9571-3>.

UOL. **Câmbio**. 2018. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/euro-uniao-europeia/>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

VAN DAM, Tijs; LANGENDOEN, Koen. An adaptive energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks. **Proceedings Of The First International Conference On Embedded Networked Sensor Systems - Sensys '03**, [s.l.], p.171-180, 2003. ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/958491.958512>.

VENKATASUBRAMANIAN, K. et al. Ayushman: A Wireless Sensor Network Based Health Monitoring Infrastructure and Testbed. **Distributed Computing In Sensor Systems**, [s.l.], p.406-407, 2005. Springer Berlin Heidelberg. http://dx.doi.org/10.1007/11502593_39.

WAGNER, Matthias et al. Android Based Body Area Network for the Evaluation of Medical Parameters. **10th International Workshop On Intelligent Solutions In Embedded Systems**, [s.l.], p.33-38, 2012.

WAHANE, Varsha; INGOLE, P. V. An Android based wireless ECG monitoring system for cardiac arrhythmia. **2016 Ieee Healthcare Innovation Point-of-care Technologies Conference (hi-poct)**, [s.l.], p.183-187, nov. 2016. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/hic.2016.7797727>.

WALUYO, Agustinus Borgy et al. Middleware for Wireless Medical Body Area Network. **2007 Ieee Biomedical Circuits And Systems Conference**, [s.l.], p.183-186, nov. 2007. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/biocas.2007.4463339>.

WANG, Z.; CHEN, X.; PARINI, C.g.. Effects of the ground and the human body on the performance of a handset antenna. **Iee Proceedings - Microwaves, Antennas And Propagation**, [s.l.], v. 151, n. 2, p.131-134, 2004. Institution of Engineering and Technology (IET). <http://dx.doi.org/10.1049/ip-map:20040362>.

WU, Taiyang et al. An Autonomous Wireless Body Area Network Implementation Towards IoT Connected Healthcare Applications. **Ieee Access**, [s.l.], v. 5, p.11413-11422, 2017. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/access.2017.2716344>.

XIAO, Zhifeng; XIAO, Yang. Security and Privacy in Cloud Computing. **Ieee Communications Surveys & Tutorials**, [s.l.], v. 15, n. 2, p.843-859, 2013. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
<http://dx.doi.org/10.1109/surv.2012.060912.00182>.

YE, Wei; HEIDEMANN, J.; ESTRIN, D.. An energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks. **Proceedings.twenty-first Annual Joint Conference Of The Ieee Computer And Communications Societies**, [s.l.], p.1567-1576, 2002. IEEE.
<http://dx.doi.org/10.1109/infcom.2002.1019408>.

APÊNDICE

Apêndice A – Codificação do algoritmo de detecção de quedas

```

1 public final AsyncOperation.CompletionHandler<RouteManager>
2     dataStreamManager = new AsyncOperation.CompletionHandler<RouteManager>()
3 {
4
5     @Override
6     public void success(RouteManager result)
7     {
8
9         streamRouteManager= result;
10        result.subscribe(streamKey, new RouteManager.MessageHandler()
11        {
12
13            @Override
14            public void process(Message message)
15            {
16
17                final CartesianFloat spin = message.getData(CartesianFloat.class);
18
19                LineData data = chart.getData();
20
21                data.addXValue(String.format
22                    (Locale.US, "%.2f", sampleCount * samplePeriod));
23                data.addEntry(new Entry(spin.x(), sampleCount), 0);
24                data.addEntry(new Entry(spin.y(), sampleCount), 1);
25                data.addEntry(new Entry(spin.z(), sampleCount), 2);
26
27                sampleCount++;
28
29                if(spin.y() <= -0.6)
30                {
31                    ((NavigationActivity) getActivity()).
32                        generateNotificationFall();
33                    notificationAlert();
34                }
35                if(spin.z() <= -0.6)
36                {
37                    ((NavigationActivity) getActivity()).

```

```
38         generateNotificationFall();
39         notificationAlert();
40     }
41
42 }
43
44 });
45 }
46 };
```

Apêndice B - Codificação do algoritmo para cálculo de distância

```
1 public Double resultDistance()
2 {
3
4     mwBoard.readRssi().onComplete
5         (new AsyncOperation.CompletionHandler<Integer>()
6     {
7
8         @Override
9         public void success(Integer result) {
10
11             Double resultDistance =
12                 Math.pow(10d, ((double) txPower - result) / (10 * 2)/100);
13
14             resultDistanceFormat =
15                 Double.valueOf(String.format(Locale.US, "%.2f", resultDistance));
16         }
17
18     });
19
20     return resultDistanceFormat;
21 }
```

Apêndice C - Codificação do algoritmo do botão de alerta

```
1     public void setupFragment(final View v) {
2     try {
3         Switch switchModule = mwBoard.getModule(Switch.class);
4         switchModule.routeData().fromSensor().stream(SWITCH_STREAM).commit()
5             .onComplete(new AsyncOperation.CompletionHandler<RouteManager>() {
6                 @Override
7                 public void success(RouteManager result) {
8                     result.subscribe(SWITCH_STREAM, new RouteManager.MessageHandler() {
9                         @Override
10                        public void process(Message msg) {
11                            ((NavigationActivity) getActivity()).generateNotification();
12                        }
13                    });
14                });
15            }
16        });
17    } catch (UnsupportedModuleException ignored) {
18    }
19
20 }
```

Apêndice D - Codificação do algoritmo de notificação de queda

```

1 public void generateNotificationFall()
2 {
3     NotificationManager nm = (NotificationManager)
4         getSystemService(NOTIFICATION_SERVICE);
5     PendingIntent p = PendingIntent.getActivity
6         (this, 0, new Intent(this, HomeFragment.class), 0);
7     NotificationCompat.Builder builder = new NotificationCompat.Builder
8         (this);
9
10    builder.setTicker("Weartool");
11    builder.setContentTitle("Weartool");
12    builder.setContentText("Queda");
13    builder.setSmallIcon(R.mipmap.ic_launcher);
14    builder.setLargeIcon(BitmapFactory.decodeResource
15        (getResources(), R.mipmap.ic_launcher));
16    builder.setContentIntent(p);
17
18    NotificationCompat.InboxStyle style =
19        new NotificationCompat.InboxStyle();
20    String[] desc = new String[]{"Queda"};
21    for (int i = 0; i < desc.length; i++)
22    {
23        style.addLine(desc[i]);
24    }
25    builder.setStyle(style);
26
27    Notification notificacao = builder.build();
28    notificacao.vibrate = new long[]{150, 300, 150, 600};
29    notificacao.flags = Notification.FLAG_AUTO_CANCEL;
30    nm.notify(R.mipmap.ic_launcher, notificacao);
31
32    try
33    {
34        Uri som = RingtoneManager.getDefaultUri
35            (RingtoneManager.TYPE_NOTIFICATION);
36        Ringtone toque = RingtoneManager.getRingtone(this, som);
37        toque.play();
38    }
39    catch (Exception e)
40    {
41    }
42 }
43
44 }
45 }

```


Apêndice E - Codificação do algoritmo de notificação de distância

```
1 public void generateNotification()
2 {
3     NotificationManager nm = (NotificationManager)
4         getSystemService(NOTIFICATION_SERVICE);
5     PendingIntent p = PendingIntent.getActivity
6         (this, 0, new Intent(this, HomeFragment.class), 0);
7     NotificationCompat.Builder builder = new NotificationCompat.Builder
8         (this);
9
10    builder.setTicker("Weartool");
11    builder.setContentTitle("Weartool");
12    builder.setContentText("Criança: "
13        +resultDistancia()
14        +" metros, aproximadamente");
15    builder.setSmallIcon(R.mipmap.ic_launcher);
16    builder.setLargeIcon(BitmapFactory.decodeResource
17        (getResources(), R.mipmap.ic_launcher));
18    builder.setContentIntent(p);
19
20    NotificationCompat.InboxStyle style =
21        new NotificationCompat.InboxStyle();
22    String[] descs = new String[]{"Criança próximo"};
23    for (int i = 0; i < descs.length; i++)
24    {
25        style.addLine(descs[i]);
26    }
27    builder.setStyle(style);
28
29    Notification notificacao = builder.build();
30    notificacao.vibrate = new long[]{150, 300, 150, 600};
31    notificacao.flags = Notification.FLAG_AUTO_CANCEL;
32    nm.notify(R.mipmap.ic_launcher, notificacao);
33
34    try
35    {
36        Uri som = RingtoneManager.getDefaultUri
37            (RingtoneManager.TYPE_NOTIFICATION);
```

```
38     Ringtone toque = RingtoneManager.getRingtone(this, som);
39     toque.play();
40 }
41 catch (Exception e)
42 {
43
44 }
45
46 }
```

Apêndice F - Codificação do algoritmo de aferição de temperatura

```
1 private final RouteManager.MessageHandler tempMsgHandler=  
2     new RouteManager.MessageHandler()  
3 {  
4  
5     @Override  
6     public void process(Message message)  
7     {  
8         final Float celsius = message.getData(Float.class);  
9  
10        LineData data = chart.getData();  
11  
12        if (startTime == -1)  
13        {  
14            data.addXValue("0");  
15            startTime = System.currentTimeMillis();  
16  
17        } else  
18        {  
19            data.addXValue(String.format(Locale.US, "%.2f",  
20                sampleCount * samplingPeriod));  
21  
22        }  
23  
24        data.addEntry(new Entry(celsius, sampleCount), 0);  
25  
26        sampleCount++;  
27        textViewTemperature.setText(celsius.toString());  
28  
29    }  
30 };
```

Apêndice G - Codificação do algoritmo de configuração do dispositivo

```

1 public void onViewCreated(final View view, Bundle savedInstanceState)
2 {
3     super.onViewCreated(view, savedInstanceState);
4
5     view.findViewById(R.id.led_red_on).
6         setOnClickListener(new View.OnClickListener()
7     {
8         @Override
9         public void onClick(View view) {
10            configureChannel(ledModule.
11                configureColorChannel(Led.ColorChannel.RED));
12            ledModule.play(true);
13        }
14    });
15    view.findViewById(R.id.led_green_on).
16        setOnClickListener(new View.OnClickListener()
17    {
18        @Override
19        public void onClick(View view) {
20            configureChannel(ledModule.
21                configureColorChannel(Led.ColorChannel.GREEN));
22            ledModule.play(true);
23        }
24    });
25    view.findViewById(R.id.led_blue_on).
26        setOnClickListener(new View.OnClickListener()
27    {
28        @Override
29        public void onClick(View view) {
30            configureChannel(ledModule.
31                configureColorChannel(Led.ColorChannel.BLUE));
32            ledModule.play(true);
33        }
34    });
35    view.findViewById(R.id.led_stop).
36        setOnClickListener(new View.OnClickListener()
37    {
38        @Override
39        public void onClick(View view) {
40            ledModule.stop(true);
41        }
42    });
43
44    view.findViewById(R.id.board_rssi_text).
45        setOnClickListener(new View.OnClickListener()
46    {
47        @Override
48        public void onClick(View v) {

```

```

49         mwBoard.readRssi().
50             onComplete(new AsyncOperation.
51                 CompletionHandler<Integer>()
52                     {
53                         @Override
54                         public void success(Integer result) {
55                             ((TextView) view.findViewById(R.id.board_rssi_value)).
56                                 setText(String.format(Locale.US, "%d dBm", result));
57                         }
58                     });
59     }
60 });
61
62 view.findViewById(R.id.board_battery_level_text).
63     setOnClickListener(new View.OnClickListener()
64     {
65         @Override
66         public void onClick(View v) {
67             mwBoard.readBatteryLevel().
68                 onComplete(new AsyncOperation.CompletionHandler<Byte>()
69                     {
70                         @Override
71                         public void success(Byte result) {
72                             ((TextView) view.
73                                 findViewById(R.id.board_battery_level_value)).
74                                 setText(String.format(Locale.US, "%d", result));
75                         }
76                     });
77                 @Override
78                 public void failure(Throwable error)
79                 {
80                     ((TextView) view.
81                         findViewById(R.id.board_battery_level_value)).
82                         setText(R.string.label_sodium);
83                 }
84             });
85     }
86 });
87 view.findViewById(R.id.update_firmware).
88     setOnClickListener(new View.OnClickListener()
89     {
90         @Override
91         public void onClick(View view)
92         {
93             if (mwBoard.inMetaBootMode())
94             {
95                 fragBus.initiateDfu(null);
96             } else {
97                 mwBoard.checkForFirmwareUpdate().onComplete(new AsyncOperation.
98                     CompletionHandler<Boolean>()
99                     {

```

```



100         @Override
101         public void success(Boolean result)
102         {
103             AlertDialog.Builder builder =
104                 new AlertDialog.Builder(getActivity());
105             setupDfuDialog(builder, !result ?
106                 R.string.message_dfu_latest :
107                 R.string.message_dfu_accept);
108             builder.show();
109         }
110
111         @Override
112         public void failure(Throwable error)
113         {
114             Snackbar.make(getActivity().
115                 findViewById(R.id.drawer_layout),
116                 error.getLocalizedMessage(),
117                 Snackbar.LENGTH_LONG).show();
118         }
119     });
120 }
121 }
122 });
123 }
124
125 public void setupFragment(final View v)
126 {
127     mwBoard.readDeviceInformation().
128         onComplete(new AsyncOperation.
129             CompletionHandler<MetaWearBoard.DeviceInformation>()
130             {
131                 @Override
132                 public void success(MetaWearBoard.DeviceInformation result)
133                 {
134                     ((TextView) v.findViewById(R.id.manufacturer_value)).
135                         setText(result.manufacturer());
136                     ((TextView) v.findViewById(R.id.model_number_value)).
137                         setText(result.modelNumber());
138                     ((TextView) v.findViewById(R.id.serial_number_value)).
139                         setText(result.serialNumber());
140                     ((TextView) v.findViewById(R.id.firmware_revision_value)).
141                         setText(result.firmwareRevision());
142                     ((TextView) v.findViewById(R.id.hardware_revision_value)).
143                         setText(result.hardwareRevision());
144                     ((TextView) v.findViewById(R.id.device_mac_address_value)).
145                         setText(mwBoard.getMacAddress());
146                 }
147             });
148 }

```

ANEXOS

Anexo 1 – Comprovante de aprovação Plataforma Brasil.

Saúde

 principal
  sair


ARTHUR FELIPE THAMAY MEDEIROS - Pesquisador | V5.2
 Sua sessão expira em: 39min 02


Cadastros

DETALHAR PROJETO DE PESQUISA


DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: REDES WBAN PARA SAÚDE E BEM-ESTAR.
Pesquisador Responsável: ARTHUR FELIPE THAMAY MEDEIROS
Área Temática:
Versão: 1
CAAE: 84285418.4.0000.5187
Submetido em: 31/01/2018
Instituição Proponente: Universidade Estadual da Paraíba - UEPB
Situação da Versão do Projeto: Aprovado
Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável
Patrocinador Principal: Universidade Estadual da Paraíba - UEPB




Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_1070684


LISTA DE PESQUISADORES DO PROJETO

CPF/Documento *	Nome *	Atribuição	E-mail *	Curriculo	Tipo de Análise *	Ação
057.653.044-19	ARTHUR FELIPE THAMAY MEDEIROS	Contato Científico, Contato Público, Pesquisador principal	felipethamay@hotmail.com	Lattes CV	PROPONENTE	


LISTA DE COMITÊS DE ÉTICA DO PROJETO

Comitê de Ética *	Tipo de Vínculo *	Ação
5187 - Universidade Estadual da Paraíba - Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa / UEPB - PRPGP	COORDENADOR	

LISTA DE INSTITUIÇÕES DO PROJETO

CNPJ da Instituição *	Razão Social *	Tipo de Instituição *	Comitê de Ética *	Ação
12.671.814/0001-37	Universidade Estadual da Paraíba - UEPB	PROPONENTE	5187 - Universidade Estadual da Paraíba - Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa / UEPB - PRPGP	

LISTA DE PROJETOS RELACIONADOS

Tipo *	CAAE *	Versão *	Pesquisador Responsável *	Comitê de Ética *	Instituição *	Origem *	Última Avaliação *	Situação *	Ação
P	84285418.4.0000.5187	1	ARTHUR FELIPE THAMAY MEDEIROS	5187 - Universidade Estadual da Paraíba - Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa / UEPB - PRPGP	Universidade Estadual da Paraíba - UEPB	PO	PO	Aprovado	

LEGENDA:

(*) Tipo
 P = Projeto de Centro Coordenador Pp = Projeto de Centro Participante Pc = Projeto de Centro Coparticipante

(*) Formação do CAAE

Ano de submissão do Projeto					Tipo do centro			Código do Comitê que está analisando o projeto								
n	n	n	n	n	a	a	.d.v.	t	x	x	x	.	i	i	i	i
Sequencial para todos os Projetos submetidos para apreciação					Dígito verificador			Sequencial quando estudo possui Centro(s) Participante(s) e/ou Coparticipante(s)								

(*) Origem / Última Avaliação

PO = Projeto Original de Centro Coordenador	POp = Projeto Original de Centro Participante	POc = Projeto Original de Centro Coparticipante
E = Emenda de Centro Coordenador	Ep = Emenda de Centro Participante	Ec = Emenda de Centro Coparticipante
N = Notificação de Centro Coordenador	Np = Notificação de Centro Participante	Nc = Notificação de Centro Coparticipante

[Voltar](#)

Anexo 2 – Declaração de concordância com o projeto de pesquisa.**DECLARAÇÃO DE CONCORDÂNCIA COM PROJETO DE PESQUISA**

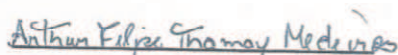
Título da Pesquisa: Redes WBAN para a saúde e o bem-estar - Desenvolvimento de aplicações, implementação, segurança, eficiência energética e transmissão

Eu, **MISAEEL ELIAS DE MORAIS**, Coordenador Geral do Núcleo de Tecnologia Estratégicas em Saúde (NUTES), Professor Doutor da Universidade Estadual da Paraíba portador do RG: 123248 SSP-RN declaro que estou ciente do referido Projeto de Pesquisa e comprometo-me em acompanhar seu desenvolvimento no sentido de que se possam cumprir integralmente as diretrizes da Resolução Nº. 466/12 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde/Comissão Nacional de Ética em Pesquisa, que dispõe sobre Ética em Pesquisa que envolve Seres Humanos.

Campina grande, 17 de outubro de 2017



Misael Elias de Moraes
Orientador



Arthur Felipe Thamay Medeiros
Orientador

Anexo 3 – Termo de autorização institucional para uso e coleta de dados em arquivos.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA
CNPJ: 12.671.814/0001-37
Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande-PB, CEP
58429-500

TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL PARA USO E COLETA DE DADOS EM ARQUIVOS

Estamos cientes da intenção da realização do projeto intitulado "REDES WBAN PARA SAUDE E BEM-ESTAR", desenvolvido pelo(a) Prof (a) do Curso de **COMPUTAÇÃO** da Universidade Estadual da Paraíba, com a participação do(a) orientando(a) **ARTHUR FELIPE THAMAY MEDEIROS** A coleta de dados será do tipo documental e acontecerá Na Instituição **UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA** A referida pesquisa será para **COLETA DE DADOS PELOS SENSORES SEM FIO**. Após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual da Paraíba, toda a documentação relativa a este trabalho deverá ser entregue em duas vias (sendo uma em CD e outra em papel) a esta instituição sediadora da pesquisa que também arquivará por cinco anos de acordo com a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde.

CAMPINA GRANDE, 29/01/2018



Misael Elias de Moraes

Orientador

UEPB

Anexo 4 – Termo de Compromisso do pesquisador responsável em cumprir os termos da resolução 466/12 do CNS/MS

TERMO DE COMPROMISSO DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL EM CUMPRIR OS TERMOS DA RESOLUÇÃO 466/12 DO CNS/MS

Pesquisa: Redes WBAN para a saúde e o bem-estar - Desenvolvimento de aplicações, implementação, segurança, eficiência energética e transmissão

Eu, Misael Elias de Moraes, Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde, da Universidade Estadual da Paraíba, portador do RG: 123248 SSP-RN e CPF: 038.304.834-91 comprometo-me em cumprir integralmente as diretrizes da Resolução Nº. 466/12 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde/Comissão Nacional de Ética em Pesquisa, que dispõe sobre Ética em Pesquisa que envolve Seres Humanos.

Estou ciente das penalidades que poderei sofrer caso infrinja qualquer um dos itens da referida resolução.

Por ser verdade, assino o presente compromisso.

Campina grande, 17 de outubro de 2017

Arthur Felipe Thamay Medeiros

Arthur Felipe Thamay Medeiros

Pesquisador responsável

Misael Elias de Moraes

Misael Elias de Moraes

Orientador

Anexo 5 – Termo de consentimento livre e esclarecido-TCLE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO-TCLE

Pelo presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido eu, **ARTHUR FELIPE THAMAY MEDEIROS**, em pleno exercício dos meus direitos me disponho a participar da Pesquisa **"REDES WBAN PARA SAUDE E BEM-ESTAR"**.

Declaro ser esclarecido e estar de acordo com os seguintes pontos:

O trabalho **SOLUÇÃO EM TECNOLOGIA MÓVEL PARA O MONITORAMENTO DE CRIANÇAS E IDOSOS COM BASE EM UMA REDE DE SENSORES SEM FIO (WBAN)**, terá como objetivo geral: **DESENVOLVER UMA SOLUÇÃO DE TECNOLOGIA MÓVEL, BASEADA EM UMA REDE DE SENSORES SEM FIO PARA O MONITORAMENTO DE CRIANÇAS E IDOSOS, EVITANDO SITUAÇÕES ADVERSAS COMO QUEDAS, COLISÕES, AFOGAMENTOS E SITUAÇÕES CORRELATAS, SE TORNEM EM DIMENSÕES MAIS DRÁSTICAS.**

Ao voluntário só caberá a autorização para **COLETA DE DADOS VIA SENSORES SEM FIO** e não haverá nenhum risco ou desconforto ao voluntário.

- Ao pesquisador caberá o desenvolvimento da pesquisa de forma confidencial; entretanto, quando necessário for, poderá revelar os resultados ao médico, indivíduo e/ou familiares, cumprindo as exigências da Resolução Nº. 466/12 do Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde.
- O voluntário poderá se recusar a participar, ou retirar seu consentimento a qualquer momento da realização do trabalho ora proposto, não havendo qualquer penalização ou prejuízo para o mesmo.
- Será garantido o sigilo dos resultados obtidos neste trabalho, assegurando assim a privacidade dos participantes em manter tais resultados em caráter confidencial.
- Não haverá qualquer despesa ou ônus financeiro aos participantes voluntários deste projeto científico e não haverá qualquer procedimento que possa incorrer em danos físicos ou financeiros ao voluntário e, portanto, não haveria necessidade de indenização por parte da equipe científica e/ou da Instituição responsável.
- Qualquer dúvida ou solicitação de esclarecimentos, o participante poderá contatar a equipe científica no número (083) **98844.2529** com **ARTHUR FELIPE THAMAY MEDEIROS**.
- Ao final da pesquisa, se for do meu interesse, terei livre acesso ao conteúdo da mesma, podendo discutir os dados, com o pesquisador, vale salientar que este documento será impresso em duas vias e uma delas ficará em minha posse.
- Desta forma, uma vez tendo lido e entendido tais esclarecimentos e, por estar de pleno acordo com o teor do mesmo, dato e assino este termo de consentimento livre e esclarecido.

Arthur Felipe Thomaz Medeiros

Assinatura do pesquisador responsável

Assinatura do Participante

Assinatura Dactiloscópica do participante da pesquisa
(OBS: utilizado apenas nos casos em que não seja
possível a coleta da assinatura do participante da
pesquisa).

