UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Maria Luzia Silva de Carvalho

ELFA MONITORING SYSTEMS: UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PESSOAS IDOSAS POR MEIO DE SENSORES, UTILIZANDO INTERNET DAS COISAS

Mossoró - RN
2019

Maria Luzia Silva de Carvalho

ELFA MONITORING SYSTEMS: UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PESSOAS IDOSAS POR MEIO DE SENSORES, UTILIZANDO INTERNET DAS COISAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - associação ampla entre a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Profa. Dr. Carla Katarina de Monteiro Marques - UERN
Coorientador: Profa. Dr. Francisca Aparecida Prado Pinto - UFC

Mossoró - RN
2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Ce Carvalho, Maria Luzia Silva de.
ELFA MONITORING SYSTEMS: UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PESSOAS IDOSAS POR MEIO DE SENSORES, UTILIZANDO INTERNET DAS COISAS / Maria Luzia Silva de Carvalho. - 2019.
59 f. : il.

Orientadora: Carla Katarina de Monteiro Marques.
Coorientadora: Francisca Aparecida Prado Pinto.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, 2019.

1. Idosos. 2. Internet das Coisas. 3. Monitoramento. 4. Queda. 5. Sensores. I. Marques, Carla Katarina de Monteiro, orient. II. Pinto, Francisca Aparecida Prado, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC´s) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MARIA LUZIA SILVA DE CARVALHO

ELFA MONITORING SYSTEMS: UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PESSOAS IDOSAS POR MEIO DE SENSORES, UTILIZANDO INTERNET DAS COISAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

APROVADA EM: 16 / 09 / 2019

Carla Monteiro

CARLA KATARINA DE MONTEIRO MARQUES
Orientadora e Presidente

Francisca Aparecida Prado Pinto.

Dra. FRANCISCA APARECIDA PRADO PINTO
Secretaria da Educação do Estado do Ceará - SEDUC

Prof. Dr. ANDRÉ PEDRO FERNANDES NETO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

Prof. Dr. HENRIQUE JORGE AMORIM HOLANDA
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN

Clayton Maciel Costa

Prof. Dr. CLAYTON MACIEL COSTA
Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN

Dedico este trabalho especialmente a Deus, à minha mãe, Francisca Edna Silva de Carvalho, à minha irmã, Maria Leticia Silva de Carvalho, à minha tia, Maria das Graças Silva Ferreira, e à minha avó, Terezinha Sabino da Silva.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por se fazer presente em minha vida.

À minha família pela incentivo, confiança e dedicação, em especial minha mãe Francisca Edna, uma mulher vitoriosa, pois se hoje sou o que sou e cheguei até aqui, é porque espelhei-me na sua luta. Agradeço também à minha irmã Maria Leticia, uma menina altamente dedicada.

A meu namorado Igor Silva, por estar sempre ao meu lado e por se tornar tão importante na finalização deste trabalho.

Aos melhores amigos que a vida me presentou, Andrezza, Queiróz e Jefferson. Vocês foram essências para eu chegar onde estou, e fizeram isso tudo valer a pena. Obrigada também, por todos os momentos maravilhosos que passamos e que ainda passaremos juntos, guardo cada um no meu coração.

Aos meus amigos de curso, por se fazerem tão presentes em minha vida, sempre preocupados e presentes nesta trajetória de mestrado.

Um agradecimento especial à minha orientadora Carla Katarina, pelo excelente trabalho, pelo incentivo, motivação e principalmente pela sua paciência.

Agradeço muito à minha coorientadora Francisca Aparecida pelo incentivo, confiança, amizade e colaboração neste trabalho, pois graças ao seu empenho foi possível mais essa conquista.

A meu amigo Alessandro Pino, que foi de suma importância para que este trabalho fosse concluído.

Aos professores da banca por se fazerem presentes, pela revisão deste trabalho e pela orientação desta dissertação.

A minha amiga Andrea Khaline, suas palavras de incentivo, otimismo e orgulho não me deixaram desistir, desta dissertação. Agradeço também a Doutor Frederico Costa, pelo apoio, força e tranquilidade. Sem vocês a realização desse sonho não seria possível.

Aos amigos Ademar França, Salatiel Dantas, Ramiro Júnior, Everton Jales e Nicholas André, por me incentivarem neste trabalho e por se fazerem presentes quando mais precisei.

À CAPES, pelo apoio financeiro que viabilizou a realização deste trabalho. Enfim, agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram com a minha formação e finalização deste trabalho.

″A persistência é o caminho do êxito″

Charles Chaplin

RESUMO

Há um aumento grande na proporção de idosos no mundo, e uma das principais necessidades de pessoas idosas é possuir um estilo de vida independente. Mas na velhice, as pessoas se tornam propensas a diferentes acidentes, como: quedas, queimaduras, choques, ou ainda esquecimento ao realizar determinadas atividades como, por exemplo, tomar medicamentos, desligar aparelhos eletrônicos após utilizá-los, desligar torneiras, entre outras tarefas. Muitas pesquisas estão sendo realizadas, a fim de desenvolver um sistema para monitorar as atividades de uma pessoa idosa que vive com familiares ou sozinha, para que a ajuda possa ser fornecida antes que aconteça um problema grave. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de monitoramento e reconhecimento de queda de pessoas idosas em ambientes internos e externos, chamado Elfa Monitoring Systems, fazendo uso de um circuito eletrônico com acelerômetro integrado, e utilizando a tecnologia *Internet of Things* (Internet das Coisas), afim de receber e transmitir sinais de alertas à parentes e/ou médicos.

Palavras-chave: Idosos. Internet das Coisas. Monitoramento. Queda. Sensores.

ABSTRACT

There is a great growth in the proportion of aged people in the world, and one of their main necessities is having an independent lifestyle. However, in the old age, people tend to be more liable to accicents, such as falls, burns, electric shoks, or even forgetting to do certain chores as taking medicine, turning off electronic equipment after using them, turning off taps, among others. Many researches are being done aiming the development of a system for monitoring the activities of an aged person who lives with relatives or by itself, so that help can be given before the situation becomes severer. In this context, the objective of this work is the dvelopment of a system for monitoring and acknowlegeing falls of and aged people in both internal and external environments, called Elfa Monitoring Systems, making use of an electronic circuit with integrated accelerometer and using Internet of Things in order to recieve and transmit alert signals to relatives and/or doctors.

Key-words: Old People. Internet of Things. Monitoring. Fall. Sensors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Visão Geral de um sistema de monitoramento remoto da saúde humana 16
Figura 2 – Distribuição da população por sexo e grupo de idade em 2010 20
Figura 3 – Distribuição da população por sexo e grupo de idade em 2017 21
Figura 4 – Arquitetura dos dispositivos da IoT 27
Figura 5 – Blocos Básicos de Construção da IoT 29
Figura 6 – Arquitetura ELFA Monitoring Systems 35
Figura 7 – Idoso utilizando o dispositivo de monitoramento de queda 36
Figura 8 – Estágios de uma queda 36
Figura 9 – Arquitetura do Projeto, criada no Fritzing 38
Figura 10 – Projeto Final do Cinto 39
Figura 11 – Tela Principal do Software IDE do Arduino 40
Figura 12 – Monitor Serial do IDE Arduino 40
Figura 13 – Conexão entre a *Lilypad* e o Acelerômetro 41
Figura 14 – Valores X, Y e Z sendo exibidos na tela da IDE do Arduino 43
Figura 15 – Visão Geral: Posição em Pé 44
Figura 16 – Visão Geral: Queda de Frente 44
Figura 17 – Visão Geral: Queda de Costa 45
Figura 18 – Visão Geral: Queda Lado Esquerdo 45
Figura 19 – Visão Geral: Queda Lado Direito 46
Figura 20 – Bluetooth HC-05 47
Figura 21 – Resultados sendo exibidos na tela do aplicativo 49
Figura 22 – Gráfico de Acertos e Erros Médios 50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo entre os trabalhos apresentados 34
Tabela 2 – Comandos AT utilizados para configuração do módulo *Bluetooth* . . 47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TI	Tecnologia da Informação
IoT	Internet of Things
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
1.1 Contextualização e Motivação 15
1.2 Problemática 16
1.3 Objetivos 17
1.3.1 Geral 17
1.3.2 Específicos 17
1.4 Organização da Dissertação 18

2 REFERENCIAL TEÓRICO 19
2.1 A população idosa brasileira na sociedade atual 19
2.1.1 Evolução da população idosa brasileira 19
2.1.2 A evolução do envelhecimento populacional 21
2.2 Acidentes domésticos na terceira idade 22
2.2.1 Acidentes domésticos sofridos pela população idosa 22
2.2.2 Causas dos acidentes 23
2.3 Internet das Coisas 24
2.3.1 Funcionamento da Internet das Coisas 25
2.3.2 Arquitetura dos dispositivos da IoT 27
2.3.3 Blocos Básicos de Construção da IoT 28

3 TRABALHOS RELACIONADOS 31

4 METODOLOGIA 35
4.1 Proposta 35

5 ELFA MONITORING SYSTEMS 38
5.1 Arquitetura do Sistema 38
5.2 Instalação do LilyPad e da IDE Arduino 39
5.3 Conexão do LilyPad com o Acelerômetro 41
5.4 Calibração do Acelerômetro 41
5.5 Testes e Simulação de Quedas 43
5.6 LilyPad e Módulo Bluetooth HC-05 46
5.7 Implementação Final do Cinto 47

6 VALIDAÇÃO E RESULTADOS 49

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 51

7.1 **Contribuições** **51**
7.2 **Trabalhos Futuros** **52**

REFERÊNCIAS **53**

8 **APÊNDICE A** **55**

9 **APÊNDICE B** **57**

1 INTRODUÇÃO

Em vários países em desenvolvimento, incluindo o Brasil, o aumento da população idosa vem ocorrendo de forma muito rápida, sem a correspondente modificação nas condições de vida (SAMPAIO, 2004). O processo de envelhecimento compreende um aumento expressivo da população idosa no Brasil e no mundo todo, considerando-se um fenômeno desafiador em todas as esferas da sociedade, especialmente no setor saúde, a nível federal, estadual e municipal. Com o envelhecimento, os problemas de saúde e o uso de serviços de saúde tendem a aumentar. A crescente disponibilidade de tecnologias para reduzir a morbidade e a mortalidade também pode preservar a funcionalidade e a qualidade de vida de idosos. As sociedades em envelhecimento terão de depender cada vez mais de sistemas de monitoramento de saúde, seja para monitoramento de sinais vitais, de movimentos ou de quedas. Esses sistemas são úteis para monitorar e proteger a saúde dos idosos on-line.

O processo de envelhecimento altera o equilíbrio entre saúde e doença, devido ocorrer um aumento na fragilidade de alguns idosos, assim como na vulnerabilidade física e funcional. Segundo (SANTANA et al., 2014), os idosos frágeis apresentam-se susceptíveis a terem doenças crônicas que limitam suas atividades cotidianas, apresentam alterações biológicas e diminuição da capacidade imunológica, assim como limitações vasculares, neurológicas e sensoriais. Os médicos recomendam rotinas de exercícios que permitem aos idosos melhorar a qualidade de vida e superar tais doenças. O objetivo principal deste trabalho é que os idosos sejam monitorados e assim os familiares e/ou médicos possam identificar qual o seu estado, ou seja, se sofreu alguma queda ou não. Para que esse monitoramento seja realizado e acompanhado em tempo real, foi utilizado o conceito de Internet of Things (Internet das Coisas), que pode ser cada vez mais aplicada em sistemas no setor de saúde, buscando por exemplo, melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Há momentos em que idosos passam parte ou todo o dia sozinhos dentro de residências ou ambientes específicos. Consequentemente, os responsáveis por essas pessoas enfrentam dificuldades em saber o estado do idoso em determinados momentos em que eles não estão por perto. Em função desses problemas e do potencial que os computadores possuem em auxiliar o cuidado ao idoso, nesse trabalho pretende-se desenvolver um dispositivo onde é possível identificar os acidentes de quedas em idosos e com isso ter um controle da situação do estado físico deles, quando estão em ambientes internos e externos.

A queda é definida como um deslocamento não intencional do corpo para um nível inferior à posição de início, com incapacidade de correção em tempo hábil, deter-

minado por circunstâncias multifatoriais que comprometem a estabilidade (PEREIRA et al., 2001).

Para se obter uma redução na taxa de morbidade e mortalidade, taxa de custo hospitalares, entre outras atividades, é de grande importância a prevenção de queda em pessoas idosas.

Vale ressaltar que de acordo com (BRASIL, 2006) cerca de 30% da população idosa cai a cada ano e essa taxa aumenta para 40% entre os idosos com mais de 80 anos e 50% entre os que residem em asilos para idosos. As mulheres tendem a cair mais que os homens até os 75 anos de idade, a partir dessa idade as frequências se igualam. Entre os que caem, cerca de 2,5% requerem hospitalização e desses, apenas metade sobrevivem após um ano.

Neste trabalho é apresentado um sistema para o monitoramento de quedas de pessoas idosas. A arquitetura do dispositivo envolve sensores que coletam os movimentos do idoso 24 horas por dia e enviam dados para o sistema. Os sensores colocados no corpo do idoso geram dados em tempo real e os seus valores são monitorados por um sistema computacional que os interpreta e dependendo da situação do paciente o sistema irá lançar um alerta para familiares e/ou médicos. Para controlar esse monitoramento, foi desenvolvido um cinto para o idoso, o mesmo fica acoplado na cintura do idoso e captura os eixos X, Y e Z do idoso, e com esses dados coletados, é possível monitorar o estado em que se encontra o idoso, se está em pé ou se houver alguma queda com o mesmo.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO

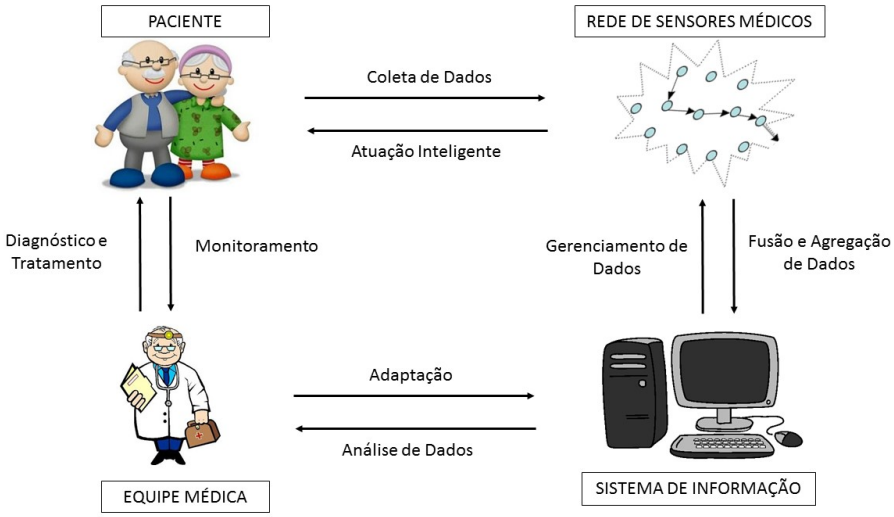
O mundo está enfrentando um crescimento excessivo da população idosa, devido ao aumento da expectativa de vida. As pessoas idosas tendem a passar a maior parte de seu tempo em casa, isso devido à dificuldade de locomoção. Com isso existe um interesse na pesquisa de meios para garantir a adaptação, segurança e saúde de pessoas idosas em casa. As quedas são um dos principais riscos para as pessoas idosas que vivem sozinhas em casa, em muitas das vezes causando danos irrecuperáveis a sua integridade física. O risco é ainda maior quando o idoso não deseja pedir ajuda.

Um dos fatores que pode prejudicar ainda mais o idoso ao sofrer uma queda é o tempo de atendimento após a ocorrência da mesma, é extremamente importante tanto para impossibilitar sequelas, como na recuperação do paciente, além de evitar que o paciente chegue a óbito.

Na Figura 1, é ilustrado um modelo comum para um sistema de monitoramento remoto da saúde humana, onde o paciente, equipe médica, rede de sensores e sistema de informação são elementos envolvidos em atividades tais como coleta de dados, fusão

e agregação de dados, análise de dados, entre outras.

Figura 1 – Visão Geral de um sistema de monitoramento remoto da saúde humana



Fonte: (Adaptado de Lee, 2008)

Logo, sistemas de monitoramento de idosos proporcionam controle da saúde dos mesmos, que na maioria das vezes não desejam abrir mão de sua independência e desejam garantir sua autonomia sem perder a segurança, e ao mesmo tempo proporcionar tranquilidade a seus familiares.

Este trabalho está centrado em um dispositivo de monitoração ininterrupta, e permite que os dados dos idosos monitorados estejam à disposição dos médicos ou dos responsáveis pelos mesmos, possibilitando uma melhor análise do estado real, com a possibilidade de imediata intervenção, evitando possíveis problemas futuros. Vale ressaltar que o dispositivo construído se trata de um cinto que fica acoplado na cintura do Idoso, e com isso, a monitoração do idoso é realizada de forma mais rápida e eficiente.

1.2 PROBLEMÁTICA

Em vista do que vem sendo abordado neste capítulo, o monitoramento dos movimentos de pessoas idosas dentro ou fora do hospital é uma tarefa bastante complexa. Porém, realizar o monitoramento fora do hospital pode ser uma tarefa mais complicada, visto que a pessoa responsável por monitorar o idoso precise se ausentar do ambiente onde o mesmo se encontra, e deixe o idoso sem assistência, podendo o mesmo vir a sofrer algum acidente que o deixe sem condições de pedir socorro. (PEREIRA et al., 2001) define queda como um deslocamento não intencional do corpo

para um nível inferior à posição inicial, com incapacidade de correção em tempo hábil. Geralmente fatores como ambientes, fisiológicos, psicossociais, biomédicos, entre outros, comprometem a estabilidade do indivíduo.

Conforme estes cenários, a monitoração por meio de uma rede de dispositivos, colocados no paciente pode ser uma solução. Outro item que pode facilitar esse monitoramento é utilizar a tecnologia IoT. Esta tecnologia propõe cada vez mais a integração de dispositivos capazes de se conectar à Internet, fornecendo informações sobre o estado de saúde dos pacientes em tempo real aos médicos, bem como aos cuidadores e/ou familiares que ajudam. O objetivo deste trabalho é desenvolver um protótipo de um cinto, composto por sensores capazes de monitorar os movimentos de pessoas idosas, e com isso detectar posições de quedas.

O aplicativo irá ser executado em diversos dispositivos computacionais, a fim de que possibilite sua execução em diversos locais. Através de um aplicativo para *smartphones*, os idosos poderão ser monitorados em situações de riscos através do dispositivo acoplado.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

Esta dissertação tem como objetivo realizar o monitoramento de pessoas idosas através de um aplicativo não intrusivo de monitoramento de quedas, sendo capaz de detectar em qual posição o idoso sofreu a queda, exemplo, queda de: frente, costa, lado direito ou lado esquerdo.

1.3.2 Específicos

Para a construção da proposta será realizada a especificação dos objetos, será modelado e implementado um sistema de monitoramento de quedas, a fim de obter informações do idoso corretamente e caso ocorra alguma situação de risco será enviada uma mensagem de alerta para as pessoas cadastradas.

- Realizar um levantamento nos assuntos que serão utilizados como subsídios para a composição deste trabalho: informações básicas sobre o tema envelhecimento populacional, sistemas de monitoramento para pessoas idosas e aplicações Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things* (IoT)) a cerca de uma perspectiva teórica e prática;

- Desenvolver uma representação do projeto contendo as especificações e funcionalidades;

- Implementar um dispositivo de monitoramento para pessoas idosas, que possa enviar mensagens de alertas para os familiares e/ou médicos e/ou cuidadores, dentre outros.
- Construir um protótipo do projeto permitindo que as informações do sistema sejam acessadas através de dispositivos móveis e *smarthphones*;e
- Validar em um ambiente real e avaliar a eficácia do trabalho proposto.

1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está estruturado em (8) oito capítulos. Este capítulo descreveu o contexto geral no qual o trabalho está inserido, além da motivação, a problemática, os objetivos e as contribuições da dissertação;

No Capítulo 2, apresenta-se uma revisão bibliográfica da literatura, a qual é essencial para o entendimento das soluções propostas nesta dissertação;

No Capítulo 3, descreve-se os trabalhos relacionados;

No Capítulo 4, descreve-se a metodologia de trabalho;

No Capítulo 5, apresenta-se o sistema de monitoramento de queda *ELFA Monitoring Systems* e descreve os componentes que foram utilizados;

No Capítulo 6, apresenta-se a validação e resultados obtidos.

No Capítulo 7, encontra-se as considerações finais e trabalhos futuros;

E, por último, os apêndices.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, são apresentadas características sobre a população idosa na sociedade brasileira atual, sobretudo, o estado de evolução desta população. Ainda são abordados, nesta seção, os acidentes domésticos sofridos pelos idosos, bem como os tipos de acidentes, suas consequências e causas. O capítulo também expõe a definição e a perspectiva histórica sobre Internet das Coisas ou *Internet of Things* (IoT), apontando o modelo de arquitetura utilizado por este paradigma, tipos de aplicações criadas e, também, blocos básicos de sua construção.

2.1 A POPULAÇÃO IDOSA BRASILEIRA NA SOCIEDADE ATUAL

A população brasileira manteve a tendência de envelhecimento dos últimos anos e ganhou 4,8 milhões de idosos desde 2012, superando a marca dos 30,2 milhões em 2017, segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – Características dos Moradores e Domicílios (IBGE, 2018).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) o número de pessoas com idade superior a 60 anos chegará a 2 bilhões até 2050, o que representará um quinto da população mundial. Segundo dados do Ministério da Saúde, o Brasil, em 2016, tinha a quinta maior população idosa do mundo, e, em 2030, o número de idosos ultrapassará o total de crianças entre zero e 14 anos (USP, 2018).

As informações ditas anteriormente mostram que a população idosa no Brasil aumenta constantemente ao longo dos anos. A seguir têm-se mais detalhes sobre essa evolução populacional, como também as consequências e causas de tal crescimento.

2.1.1 Evolução da população idosa brasileira

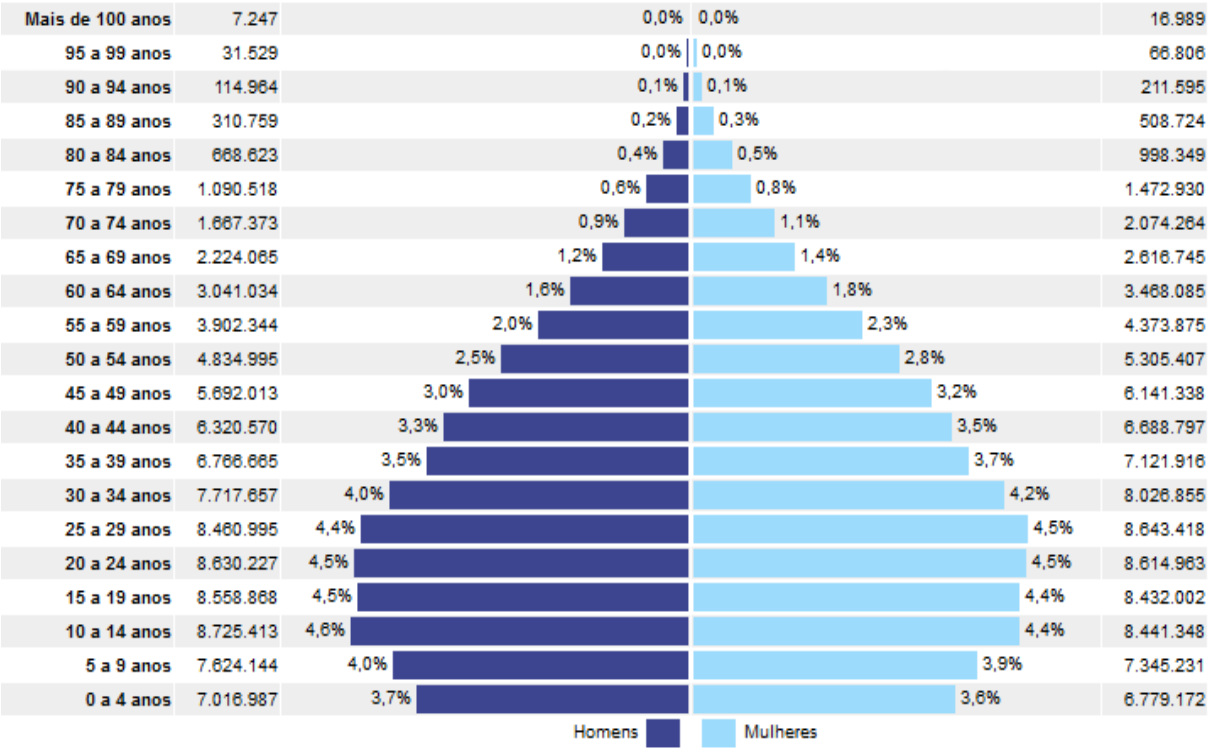
Em 2012, a população com 60 anos ou mais era de 25,4 milhões. Os 4,8 milhões de novos idosos em cinco anos correspondem a um crescimento de 18% desse grupo etário, que tem se tornado cada vez mais representativo no Brasil. As mulheres são maioria expressiva nesse grupo, com 16,9 milhões, resultando 56% dos idosos, enquanto os homens idosos são 13,3 milhões, 44% do grupo (IBGE, 2018).

Entre 2012 e 2017, a quantidade de idosos cresceu em todo o país, sendo os estados com maior proporção de idosos o Rio de Janeiro e o Rio Grande do Sul, ambas com 18,6% de suas populações dentro do grupo de 60 anos ou mais. O Amapá, por sua

vez, é o estado com menor percentual de idosos, com apenas 7,2% da população (IBGE, 2018)

A Figura 2 apresenta a distribuição da população brasileira por sexo e grupo de idade em 2010.

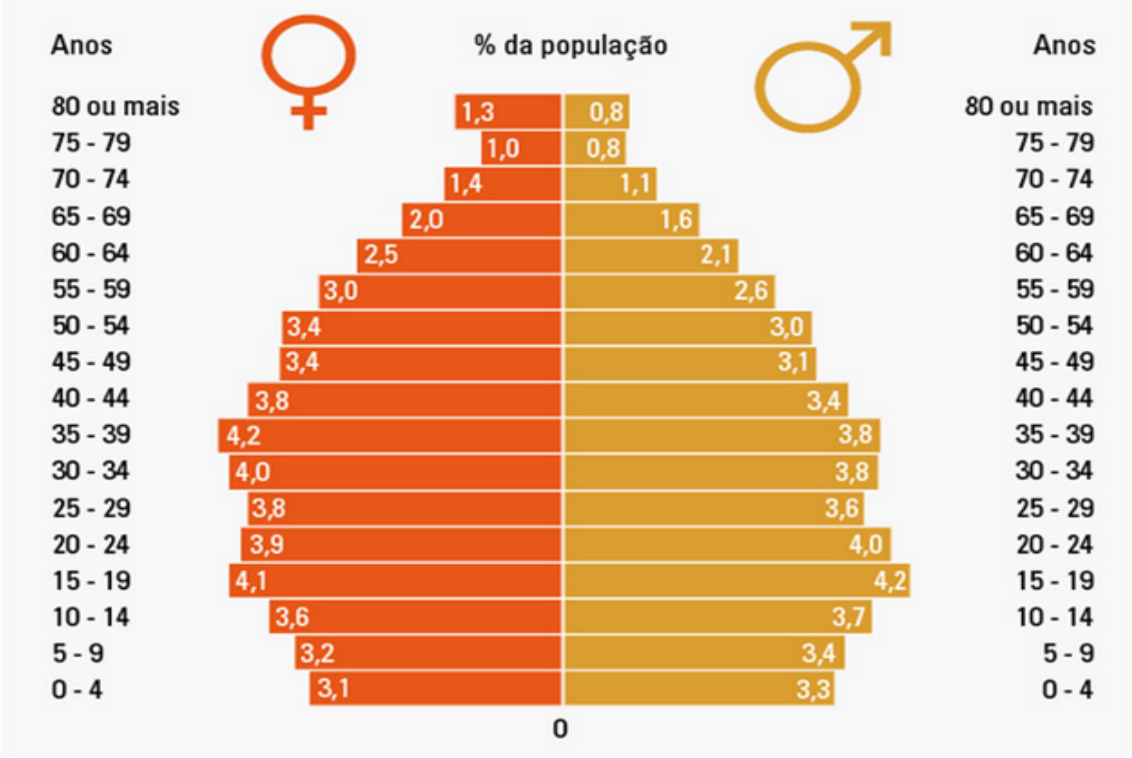
Figura 2 – Distribuição da população por sexo e grupo de idade em 2010



Fonte: IBGE, Censo Demográfico (2010)

A Figura 3 exibe a distribuição da população brasileira por sexo e grupo de idade em 2017. Nesta figura, é possível verificar a distribuição da população por grupo de idade e sexo, em comparação com o ano de 2010 apresentada na figura anterior, é apresentado um aumento no envelhecimento da população. A população com idade superior a 60 anos cresceu de 0,7% para as mulheres, e de 0,5% para os homens.

Figura 3 – Distribuição da população por sexo e grupo de idade em 2017



Fonte: IBGE, Censo Demográfico (2018)

A partir dos gráficos vistos anteriormente, percebe-se que houve um aumento no número de pessoas com mais de 70 anos, deixando a estrutura da distribuição do gráfico cada vez mais proporcional. Essa comparação mostra o quanto o número de pessoas idosas no Brasil está em constante evolução, acarretando problemas, como: a falta de jovens no mercado de trabalho, a elevação dos custos de previdência social e, principalmente, os altos custos com saúde.

2.1.2 A evolução do envelhecimento populacional

O processo de envelhecimento populacional causado pela transição demográfica atual está provocando alterações na maneira de se abordar o cuidado com a saúde das pessoas na velhice (SOUZA et al., 2017). A transição demográfica inicia com a redução das taxas de mortalidade e, depois de um tempo, com a queda das taxas de natalidade, provocando significativas alterações na estrutura etária da população (MIRANDA; MENDES; SILVA, 2016).

O conceito de envelhecimento engloba vários fatores que não apenas o aspecto biológico, mas também os aspectos sociais, psicológicos e culturais, processo no qual ocorre perda de reserva funcional e o indivíduo se torna mais propenso a ter doenças (SOUZA et al., 2017). Desde de muito tempo atrás, observa-se que durante o envelhecimento ocorrem alterações fisiológicas que podem ser acompanhadas de

alterações patológicas capazes de culminar na perda da independência funcional do idoso, fazendo-se necessária a ajuda de outras pessoas para a realização das atividades básicas e instrumentais da vida diária (SOUZA et al., 2017).

2.2 ACIDENTES DOMÉSTICOS NA TERCEIRA IDADE

Devido à perda da independência funcional, os idosos estão propensos a sofrerem acidentes domésticos com mais facilidade e inesperadamente.

2.2.1 Acidentes domésticos sofridos pela população idosa

Cada organismo possui componentes que, com o processo de envelhecimento, podem sofrer perdas funcionais que dificultam o funcionamento e a execução da resposta motora responsável pela manutenção do controle da postura e do equilíbrio corporal, o que, por sua vez, pode gerar prejuízos funcionais para os idosos em decorrência de quedas e aumentar os níveis de morbidade e mortalidade nessa população (ALMEIDA et al., 2012).

Os idosos encontram-se expostos ao maior risco de acidentes domiciliares e dentre esses acidentes as quedas ocorrem com mais frequência. Com isso, o domicílio que deveria ser um lugar seguro, torna-se muitas vezes um ambiente de risco (SANTOS et al., 2016).

A pesquisa de (SANTOS et al., 2016), realizada em hospital de referência em urgência com amostragem por conveniência, cujos dados foram coletados de junho a julho de 2014, mostra quais os tipos de acidentes domésticos mais frequentes entre os idosos com idade igual ou superior a 60 anos e a causa referida para sua ocorrência entre os acidentados.

Os acidentes mais rotineiros sofridos pela população idosa da pesquisa mencionada no último parágrafo são: queda, queimadura, intoxicação e ferimento. Muitas vezes, esses acidentes acontecem por motivos simples, seja como um descuido na observação do ambiente ou descuido na realização da atividade, bem como, também, por motivos de deficiência física.

O tipo e acidente doméstico intitulado queda pode ser definido como episódios de desequilíbrio que levam o idoso ao chão. Ela pode ser determinada por qualquer contato acidental com superfícies próximas, como uma cadeira ou um balcão (ALMEIDA et al., 2012).

A etiologia da queda é normalmente multifatorial, resultante da interação entre fatores predisponentes e precipitantes, que podem ser intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos são aqueles que têm relação com próprio sujeito, o qual pode apresentar redução da função dos sistemas que compõem o controle postural, doenças, transtornos

cognitivos e comportamentais, mostrando incapacidade em manter ou para recuperar o equilíbrio, quando necessário. Os fatores extrínsecos são aqueles relacionados ao ambiente, tais como iluminação, superfície para passear, tapetes soltos, degraus altos ou estreitos (ALMEIDA et al., 2012).

A seguir tem-se uma análise dos principais acidentes mencionados anteriormente, exibindo suas causas e consequências.

2.2.2 Causas dos acidentes

A Tabela 1, extraída da pesquisa de (SANTOS et al., 2016), mostra a distribuição dos idosos da envolvidos em acidentes domésticos atendidos em um hospital de referência em urgência, em Teresina, PI, Brasil, 2014.

Variáveis	**Sexo**				**Total**	
	Feminino		**Masculino**			
	n	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**
Queda						
Própria Altura	39	47,2	7	8,4	46	55,6
Cadeira / Poltrona	3	3,6	3	3,6	6	7,2
Cama	5	6,0	-	-	5	6,0
Cadeira de Banho / Vaso Sanitário	1	1,2	1	1,2	2	2,4
Escada	1	1,2	-	-	1	1,2
Outro	7	8,4	3	3,6	10	12,0
Total	**56**	**67,6**	**1**	**16,8**	**7**	**8,4**
Queimadura						
Líquido Quente	-	-	2	2,4	2	2,4
Produto Químico	1	1,2	-	-	1	1,2
Total	**1**	**1,2**	**2**	**2,4**	**3**	**3,6**
Intoxicação						
Alimento	1	1,2	-	-	1	1,2
Derivado de Petróleo	1	1,2	-	-	1	1,2
Total	**2**	**2,4**	**-**	**-**	**2**	**2,4**
Ferimento						
Ferro	1	1,2	-	-	1	1,2
Estilete	-	-	1	1,2	1	1,2
Outro	4	4,8	2	2,4	6	7,2
Total	**5**	**6,0**	**3**	**3,6**	**8**	**9,6**
Total Geral	**64**	**77,2**	**19**	**22,8**	**83**	**100**

Fonte: (SANTOS et al., 2016)

A pesquisa constatou que há um predomínio feminino nas quedas, representado por 67,6%, sendo que a maior parte refere ter caído da própria altura, com percentual de 47,2%. Já os ferimentos ocupam a segunda posição, embora evidenciem diferença acentuada comparativamente ao primeiro lugar, com um total percentual de 9,6%.

2.3 INTERNET DAS COISAS

Com a evolução tecnológica nas décadas finais do século XX, em decorrência de uma maior capacidade de processamento dos chips e da microinformática, os computadores se tornaram cada vez menores e mais portáteis (CARRION; QUARESMA, 2019). Por consequência, no cenário atual e desde 2014, no Brasil (IBGE, 2014) o uso da *internet* móvel superou o uso da mesma em computadores *desktop*. É possível inferir, portanto, que uma quantidade significativa de pessoas carrega pelo menos um dispositivo conectado à *internet* o tempo todo, sendo o acesso a serviços e conteúdos *on-line* uma parte intrínseca do cotidiano (CARRION; QUARESMA, 2019).

Atualmente, o uso de dispositivos com capacidades computacionais e acesso à *internet* é algo que observa-se e experimenta-se principalmente por meio de telas (CARRION; QUARESMA, 2019). Porém, iniciativas e previsões de um mundo de objetos conectados para além da tela de um computador existem desde antes da primeira geração de computadores na década de 1940 (CARRION; QUARESMA, 2019).

Décadas depois, em 1964, McLuhan (1964:1994) complementou essa noção de objetos conectados ao afirmar que apartir de meios elétricos, criar-se-ia uma dinâmica pela qual todas as tecnologias – incluindo as cidades – seriam traduzidas em sistemas de informação. Quase três décadas mais tarde, em 1990, um ano após a idealização da *World Wide Web* – um conceito de aplicação de documentos hipermídia bilateral, em que havia o lado do servidor e o lado do usuário (CARRION; QUARESMA, 2019) – o cientista da computação e inventor John Romkey criou uma torradeira que poderia ser ligada e desligada pela *internet*. Ela é considerada o primeiro de muitos dispositivos de um ecossistema que viria a ser chamado de IoT (*Internet of Things*, ou Internet das Coisas). Sobre a própria inovação, Romkey explica que "anteriormente, o mundo tinha uma internet, mas era uma internet sem "coisas". Não havia interruptores de luz inteligentes ou termostatos, nem câmeras *Wi-Fi*. Não estávamos tão conectados, e certamente não éramos quantificados" (CARRION; QUARESMA, 2019).

Por fim, em 1999, o termo *Internet* das Coisas (IoT) foi cunhado pelo pesquisador do MIT, Kevin Ashton, durante uma apresentação de negócios feita a Procter Gamble (PG). Nesse cenário, Ashton sugerira a ideia de utilizar etiquetas RFID na cadeia de suprimentos da empresa (CARRION; QUARESMA, 2019). De acordo com o pesquisador, seres humanos, assim como o ambiente que os rodeia, são físicos, e a economia e a

sociedade são baseadas em coisas. Em sincronia com Ashton, Gershenfeld mencionou, no mesmo ano, a importância das "coisas" na evolução do panorama tecnológico, ao explicar que o crescimento rápido da *World Wide Web* foi apenas "a carga de gatilho que agora está desencadeando a explosão real, já que as coisas começam a usar a Net" (CARRION; QUARESMA, 2019).

As transformações no mundo digital têm alterado o comportamento das pessoas e o modo como estas interagem com produtos e entre si. A demanda por produtos e serviços conectados cresce a cada dia, assim como o potencial econômico dessa rede de conexões que se forma, propiciando um ambiente dinâmico de atuação nas mais diversas indústrias, setores e mercados (FIRJAN, 2016).

Segundo (FIRJAN, 2016), atualmente, bens manufaturados, casas, cidades e sociedades estão cada vez mais vinculados ao ambiente virtual. Este panorama vem se destacando fortemente e traz no seu bojo o conceito de uma nova era: a *Internet* das Coisas ou, do inglês, *Internet of Things* (IoT).

A *Internet* das Coisas consiste na ideia de que tudo possa estar conectado à *Internet*, permitindo a coleta e o envio de dados, além da tomada de ações, por meio de sensores, processadores e dispositivos de comunicação, sendo essas trocas de informações entre si (as coisas), com pessoas ou *datacenters*, no intuito de prover uma decisão mais eficiente (VERMESAN; FRIESS, 2013).

Em suma, a *Internet* das Coisas trata-se de um ecossistema que conecta objetos físicos, por meio de um endereço de IP ou outra rede, para trocar, armazenar e coletar dados para consumidores e empresas mediante uma aplicação de *software* (CARRION; QUARESMA, 2019).

2.3.1 Funcionamento da Internet das Coisas

Na Internet das Coisas, pode-se verificar duas vertentes implícitas: i) a vertente tecnológica que impulsiona o desenvolvimento de componentes eletrônicos e de infraestrutura necessária; e ii) a vertente social, na qual as mudanças de comportamento estimulam o uso e consumo de produtos inteligentes, que por sua vez, geram demanda (FIRJAN, 2016).

Para uma melhor visualização, pode-se estabelecer que as aplicações da IoT dividem-se em quatro grupos:

- I. Usuário final

  A conectividade dos produtos tradicionais está possibilitando o surgimento de produtos e serviços híbridos, ou seja, os produtos/serviços finais entregues não serão mais somente produtos ofertados ou serviços prestados separadamente. A tendência é que passem a ser oferecidos produtos físicos tradicionais, tangíveis e conectados aos serviços intangíveis. Para o usuário final, isto significará a quebra

de fronteiras entre o virtual e o físico, a transição da compra de um produto para a aquisição da experiência de uso. Tais transformações, quando aplicadas às diversas áreas - de saúde, segurança, logística, comércio, produção, transporte, entre outros - impactarão a forma como o consumidor vê, pensa e age, ou seja, o impacto será no uso e consumo de produtos do cotidiano. Dessa forma, o usuário final será o maior beneficiário da IoT, já que o valor percebido será mais tangível por meio da melhoria de serviços e de novas experiências, com potenciais modelos de negócios recém-criados (FIRJAN, 2016).

- II. Negócios e serviços

  O conjunto de tecnologias envolvidas na IoT permitirá às empresas uma visão granular de objetos, pessoas e operações, bem como gerar ações com maior valor agregado. Isto porque, as informações de consumo e estilo de vida tornar-se-ão insumos para que as empresas possam dispor de maior capacidade de customização de produtos e assertividade nos serviços oferecidos. Esta perspectiva refletirá em novas possibilidades tecnológicas, como a invisibilidade da tecnologia, bem como novos segmentos de mercado com foco em nichos especiais (como uma população em envelhecimento), melhorias no design do produto e fortalecimento do relacionamento com consumidor (FIRJAN, 2016). Serão perceptíveis os modelos de negócios diferenciados como, por exemplo, produtos vendidos como serviços (produtos/serviços híbridos) ou produtos compartilhados (economia colaborativa). Nesse sentido, a criação de plataformas proprietárias representará uma grande oportunidade de negócios para "lock-in"com as marcas (FIRJAN, 2016).

- III. Indústria

  A IoT aplicada à indústria (IIoT) poderá melhorar a eficiência operacional, sendo necessário o emprego de melhores práticas em toda a cadeia de valor (tecnologia atualizada de produtos, equipamentos de produção, abordagem de venda, soluções de TI, gestão da cadeia de suprimentos etc.). O objetivo é gerar resultados como maior redução de custos, aumento de produtividade e ganhos em escala, melhoria de produtos e abertura de mercados (FIRJAN, 2016).

  Somente na manufatura o valor da IoT poderá ser potencializado devido às diversas oportunidades de aplicação na otimização de operações, manutenção preventiva e otimização de estoques. Este panorama pode alcançar um valor mundial de US$ 1,2 trilhões a US$ 3,7 trilhões por ano em 2025 (FIRJAN, 2016). Apenas em prevenção de acidentes, esse valor poderá chegar a US$ 225 bilhões por ano (em 2025) em custo evitado.

  Além disso, o movimento da indústria 4.0 vem sendo popularizado. Também conhecido como a Quarta Revolução Industrial, se caracteriza pelas transformações

digitais na indústria, em que a tecnologia da informação se torna parte integral dos processos industriais, o uso de *Big Data e Analytics* aperfeiçoam a qualidade da produção e a produtividade é melhorada pelo uso de robôs automatizados, simulações e realidade aumentada. A internet das coisas industrial, com sua rede de objetos físicos, sistemas, plataformas e aplicativos com tecnologia embarcada nos setores da indústria, possibilita gerar um número cada vez maior de dispositivos, possibilitando a comunicação e a integração de sistemas e controles e permitindo respostas e tomadas de decisão em tempo real. Dessa forma, a IoT torna-se um pré-requisito para a indústria 4.0 (FIRJAN, 2016).

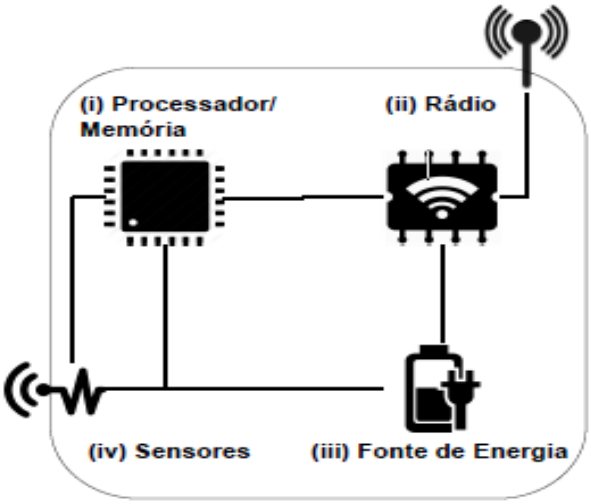
- IV. Saúde das pessoas

  A IoT está trazendo grandes benefícios para melhorar a qualidade de vida das pessoas, como por exemplo de crianças e idosos. Já existem vários dispositivos e sistemas que fazem usam da IoT para beneficiar a população, alguns exemplos são: IoT no transporte e armazenamento de vacinas, monitoramento da evolução dos sintomas de Parkinson, IoT em lentes de contato, monitoramento de sinais vitais, entre outros. Todos esses sistemas vem trazendo beneficio para a população, pois fazem uso da IoT para rápida e eficiente comunicação entre os dispositivos.

2.3.2 Arquitetura dos dispositivos da IoT

A arquitetura básica dos objetos inteligentes é composta por quatro unidades: processamento/memória, comunicação, energia e sensores/atuadores (SANTOS et al., 2016). A Figura 4 apresenta uma visão geral da arquitetura de um dispositivo e a interligação entre seus componentes, os quais são descritos a seguir.

Figura 4 – Arquitetura dos dispositivos da IoT



Fonte: (SANTOS et al., 2016)

Segundo (SANTOS et al., 2016), as unidades são:

(i) Unidade(s) de processamento/memória: composta de uma memória interna para armazenamento de dados e programas, um microcontrolador e um conversor analógico-digital para receber sinais dos sensores. As CPUs utilizadas nesses dispositivos são, em geral, as mesmas utilizadas em sistemas embarcados e comumente não apresentam alto poder computacional. Frequentemente, existe uma memória externa do tipo flash, que serve como memória secundária, por exemplo, para manter um "*log*" de dados. As características desejáveis para estas unidades são consumo reduzido de energia e ocupar o menor espaço possível;

(ii) Unidade(s) de comunicação: consiste de pelo menos um canal de comunicação com ou sem fio, sendo mais comum o meio sem fio. Neste último caso, a maioria das plataformas usa rádio de baixo custo e baixa potência. Como consequência, a comunicação é de curto alcance e apresentam perdas frequentes;

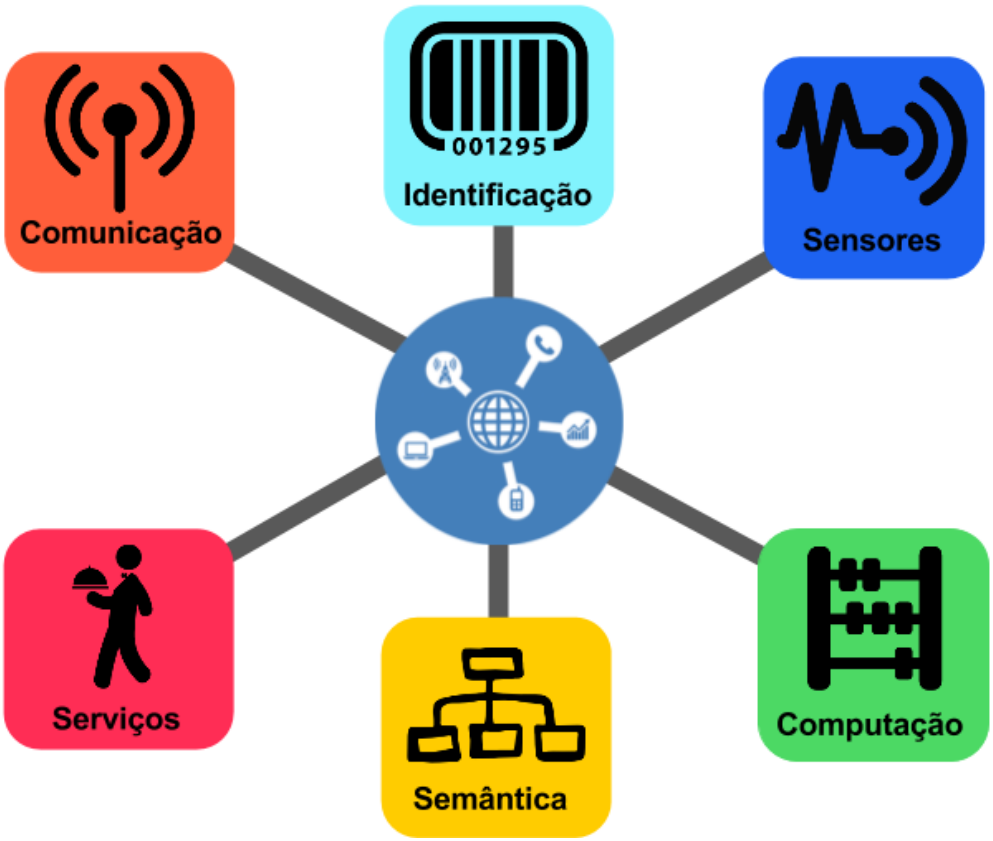
(iii) Fonte de energia: responsável por fornecer energia aos componentes do objeto inteligente. Normalmente, a fonte de energia consiste de uma bateria (recarregável ou não) e um conversor AC-DC e tem a função de alimentar os componentes. Entretanto, existem outras fontes de alimentação como energia elétrica, solar e mesmo a captura de energia do ambiente através de técnicas de conversão (e.g., energia mecânica em energia elétrica), conhecidas como *energy harvesting*;

(iv) Unidade(s) de sensor(es)/atuador(es): realizam o monitoramento do ambiente no qual o objeto se encontra. Os sensores capturam valores de grandezas físicas como temperatura, umidade, pressão e presença. Atualmente, existem literalmente centenas de sensores diferentes que são capazes de capturar essas grandezas. Atuadores, como o nome indica, são dispositivos que produzem alguma ação, atendendo a comandos que podem ser manuais, elétricos ou mecânicos.

2.3.3 Blocos Básicos de Construção da IoT

A IoT pode ser vista como a combinação de diversas tecnologias, as quais são complementares no sentido de viabilizar a integração dos objetos no ambiente físico ao mundo virtual (SANTOS et al., 2016). A Figura 5 apresenta os blocos básicos de construção da IoT.

Figura 5 – Blocos Básicos de Construção da IoT



Fonte: (SANTOS et al., 2016)

A identificação é um dos blocos mais importantes, visto que é primordial identificar os objetos unicamente para conectá-los à Internet. Tecnologias como RFID (*Radio Frequency Identification*), NFC (*Near Field Communication*) e endereçamento IP podem ser empregados para identificar os objetos.

Os sensores coletam informações sobre o contexto onde os objetos se encontram e, em seguida, armazenam/encaminham esses dados para data *warehouse, clouds* ou centros de armazenamento. Os atuadores podem manipular o ambiente ou reagir de acordo com os dados lidos.

A comunicação diz respeito às diversas técnicas usadas para conectar objetos inteligentes. Também desempenha papel importante no consumo de energia dos objetos sendo, portanto, um fator crítico. Algumas das tecnologias usadas são *WiFi*, *Bluetooth*, IEEE 802.15.4 e RFID.

A computação inclui a unidade de processamento como, por exemplo, micro-controladores, processadores e FPGAs, responsáveis por executar algoritmos locais nos objetos inteligentes.

A IoT pode prover diversas classes de serviços, dentre elas os serviços de identificação, responsáveis por mapear entidades físicas (de interesse do usuário) em entidades virtuais como, por exemplo, a temperatura de um local físico em seu valor,

coordenadas geográficas do sensor e instante da coleta; serviços de agregação de dados que coletam e sumarizam dados homogêneos/heterogêneos obtidos dos objetos inteligentes; serviços de colaboração e inteligência que agem sobre os serviços de agregação de dados para tomar decisões e reagir de modo adequado a um determinado cenário; e serviços de ubiquidade que visam prover serviços de colaboração e inteligência em qualquer momento e qualquer lugar em que eles sejam necessários.

A semântica refere-se à habilidade de extração de conhecimento dos objetos na IoT. Trata da descoberta de conhecimento e uso eficiente dos recursos existentes na IoT, a partir dos dados existentes, com o objetivo de prover determinado serviço. Para tanto, podem ser usadas diversas técnicas como *Resource Description Framework, Web Ontology Language* e *Efficient XML Interchange*.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo apresenta trabalhos relacionados ao tema, encontrados em diversos repositórios de pesquisa, tendo como principais: *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Xplore Digital Library* [1] *e ACM (Association for Computing Machinery) Digital Library* [2]. A seguir são apresentadas em mais detalhes as buscas realizadas em cada uma das fontes selecionadas. Vale observar que a busca se limitou ao título, resumo e palavras chaves, permitindo assim um alcance mais objetivo em cada busca. Segue os dados encontrados:

Na base de dados da ACM foi realizada a busca avançada, onde foi retornado 194 trabalhos. Já na base de dados IEEE também foi realizada uma busca avançada que permitia o livre uso dos operadores AND e OR, onde se obteve um retorno de 444 trabalhos encontrados.

Inicialmente, foi feita uma análise dos trabalhos duplicados através dos títulos, resumos e demais informações, em seguida foi realizada a leitura dos títulos e resumos, onde dos 638 trabalhos foram removidos 589, e aceitos 49 trabalhos para serem lidos.

O presente trabalho está relacionado a sistemas de monitoramento de pessoas idosas por meio de sensores. Contudo, podem-se citar quatro subdivisões da pesquisa usadas para alcançar o objetivo proposto: (i) sensores em arduino, (ii) internet das coisas, (iii) utilizado para situações de queda em pessoas idosas e (iv) sistemas que contenham validação.

Existe um número crescente de projetos recentes que concentram seus esforços em sistemas de monitoramento de pessoas idosas por meio de sensores, os quais podemos citar e comparar com nosso trabalho:

(SILVA et al., 2017), realizou o monitoramento e reconhecimento de queda de pessoas idosas em um ambiente interno provido por um sistema de câmeras. A abordagem desenvolvida pelo mesmo utiliza descrições sintáticas de primitivas extraídas e caracterizadas a partir de movimentos de pessoas idosas. A metodologia foi aplicada em diversas situações cotidianas de pessoas idosas e os resultados foram considerados satisfatórios e apontaram para a viabilidade e integração da metodologia aos sistemas de monitoramento de atividades de pessoas idosas.

(AGARWAL et al., 2016), desenvolveu um dispositivo para resolver o problema enfrentado por pessoas idosas ao abrir e fechar a porta repetidas vezes. Esse dispositivo é por meio de um controle remoto baseado em Arduino que pode controlar o bloqueio da porta usando o módulo RF, para receber e transmitir os dados. O dispositivo ajudará a

[1] http://ieeexplore.ieee.org/
[2] http://dl.acm.org/

aliviar o problema enfrentado pelos idosos, ou até mesmo cegos e surdos no controle do bloqueio da porta de qualquer parte da casa. Importante ressaltar, que o dispositivo só é utilizado por pessoas que estejam no ambiente, para trabalho futuro (AGARWAL, 2016) sugere que a transmissão e recebimento dos dados possa ser substituído por Internet das coisas para controlar o bloqueio de qualquer parte do mundo, como também utilizar em esse recurso de controle em eletrodomésticos, janelas, entre outros.

(GÜTTLER et al., 2018), desenvolveu um novo sistema de detecção de queda, que tem como objetivo ser de baixo custo, fácil e rápido de se ser instalado, discreto para implementar no ambiente doméstico. Esse novo protótipo de detecção de queda foi apresentado e implementado em um apartamento de teste, na Universidade Técnica de Munique e foi avaliado por pessoas de teste, com porcentagem de aceitação de 100 %. No entanto vários pontos fracos foram identificados com esse protótipo, por exemplo, as condições de luz no laboratório tinham que ser otimizadas, de modo que nenhuma luz solar ou luz artificial estivesse brilhando diretamente em um dos resistores de foto. No entanto, em um apartamento real, essa condição não poderia ser garantida. Outro fator negativo, seria utilizar esse sistema em um ambiente maior, o custo seria bem maior, pois teriam que ser adicionados mais resistores. Em uma segunda iteração, o protótipo foi melhorado e aplicado em um apartamento real, onde testes de campo adicionais foram realizados, porém, o custo foi maior.

Os autores,(SIREGAR et al., 2018),utilizaram sensores de acelerômetro e giroscópio para monitorar e detectar movimentos em idosos, e apoiados pela tecnologia GPS na obtenção das coordenadas, a fim de monitorar o movimento de queda dos idosos. Este sistema utiliza o Arduino como um microcontrolador para monitorar o movimento em tempo real em tempo real e para a comunicação de dados usando a rede GSM / GPRS e o cartão provedor que serve para medir o movimento da pessoa idosa. A precisão do envio de dados de notificação para o servidor é de 100% e a precisão do envio de dados para a notificação familiar na forma de SMS é igual a 93,75% (isso devido o atraso de 2 minutos de atraso, após o acidente da queda). Neste trabalho, o sistema detecta com sucesso a direção da queda: para a frente, para trás, para a esquerda ou para a direita e é capaz de distinguir entre queda não intencional e queda consciente, com base na aceleração no momento da queda. A conexão com a *Internet* e a precisão na localização, determinam a eficacia desse sistema.

(ABDULWAHHAB, 2019), desenvolveu um sistema para resolver os problemas de alterações no nível de qualidade do ar. Visto que a má qualidade do ar pode causar muitas doenças, como: asma, câncer de pulmão, entre outras doenças crônicas. A partir desses problemas foi projetado um modelo de arquitetura para coletar, gerenciar e processar dados de parâmetros ambientais internos. O sistema desenvolvido monitora os parâmetros do ambiente interno em dois maneiras diferentes, incluindo uma maneira em tempo real e de longo prazo. O sistema prever o nível de poluente do ar do dia

seguinte. O sistema foi aplicado em Oman (um país Árabe), e o resultado em termos da precisão do resultado encontrado, foi satisfatório.

Diferente dos trabalhos anteriormente citados, o foco deste trabalho está centrado em um cenário de monitoração em ambientes internos e externos sem interrupções, sem precisar que o idoso esteja em um determinado local para que fique sendo monitorado. Utilizaremos acelerômetro e giroscópio para monitorar e detectar movimentos em idosos, e através dos dados coletados pelos sensores, ficarão disponíveis informações para médicos ou responsáveis a qualquer momento e em tempo real, através de um sistema que permite o envio de alertas em caso de acidentes com o idoso. Essa troca de mensagens de alertas será realizada por meios de dispositivos (celular, *smartphones*, *tablets*, entre outros), utilizando Internet das Coisas.

Na Tabela 2, apresentada a seguir, é realizada uma comparação dos trabalhos acima citados, com esse trabalho desenvolvido. E é possível observar que podemos ter resultados mais satisfatórios, visto que, propormos atender todas as características necessárias.

Tabela 1 – Comparativo entre os trabalhos apresentados

Características	**Silva 2017**	**Agarwal 2016**	**Guttler 2018**	**Siregar 2017**	**AbdulWahhab 2019**	**Carvalho 2019**
Utilização de Internet das Coisas	-	-	-	-	X	X
Utilização do Hardware em qualquer ambiente	-	-	X	X	-	X
Utilização de sensores	-	X	X	X	X	X
Envio de mensagens de alerta	X	-	-	X	X	X
Apresenta estudo de caso	-	-	X	-	X	-
Uso de tecnologia *wearable*	-	-	-	-	-	X

Fonte: Autoria Própria

4 METODOLOGIA

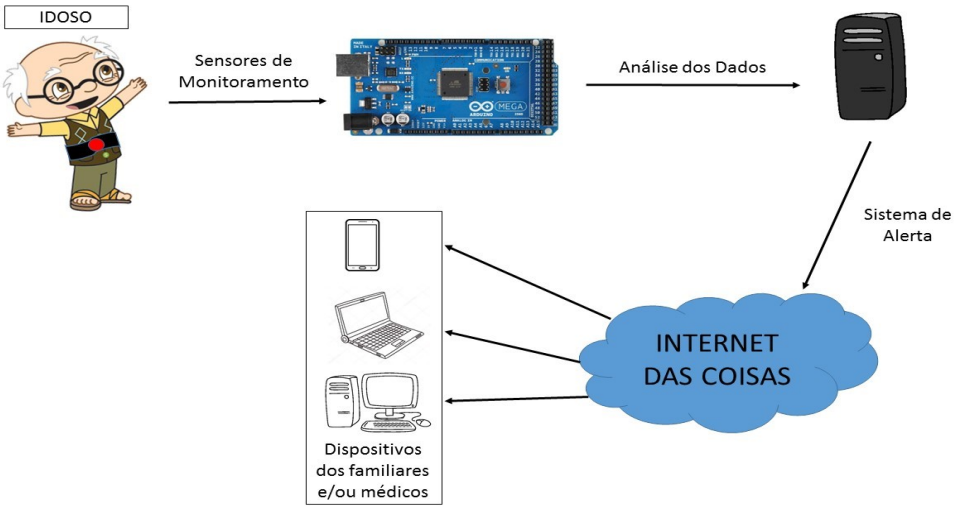
Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado um conjunto de componentes de Arduino, incluindo um acelerômetro para obtenção dos dados de movimentos do usuário e um módulo Bluetooth para o envio de mensagem para o celular do responsável.

Para isso seguiu-se as seguintes etapas: 1) Definição dos componentes que serão utilizados no desenvolvimento do dispositivo; 2) Interligação e testes dos diversos componentes; 3) Obtenção dos dados dos movimentos dos idosos; 4) Definição da forma de análise dos dados; 5) Avaliação dos dados obtidos.

4.1 PROPOSTA

Diante da motivação apresentada na seção 1.1 do capitulo 1, sobre o tempo de atendimento ao idoso após a ocorrência de uma queda, este trabalho propõe a criação de um dispositivo não intrusivo para monitoramento de queda de pessoas idosas, utilizando Internet das Coisas para o alerta automática para familiares e/ou médicos. Tentando trazer mais independência e garantindo sua autonomia sem perder a segurança, espera-se criar um aplicativo para celular onde o idoso poderá ser monitorado em tempo real, a fim de proporcionar aos familiares tranquilidade ao sair de casa e deixar o idoso sem assistência presencial. A arquitetura do sistema pode ser vista na Figura 6.

Figura 6 – Arquitetura ELFA Monitoring Systems



Fonte: (Autoria própria)

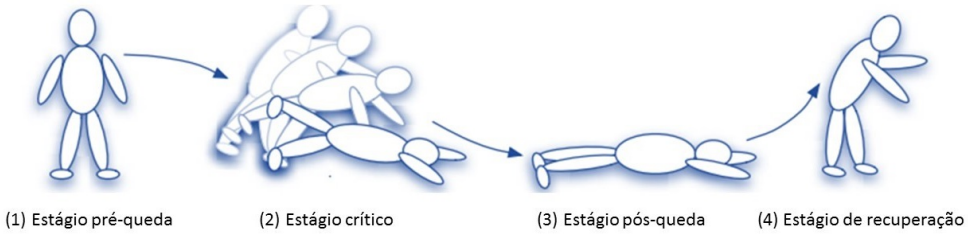
O problema científico abordado neste trabalho objetiva monitorar e reconhecer situações que ocasionem a queda de pessoas idosas em ambientes a partir de dados obtidos por sensores acoplados em placas de arduino. A Figura 7 ilustra uma pessoa idosa utilizando o dispositivo de monitoramento de queda. O dispositivo desenvolvido foi um cinto, pois o mesmo além de não ser intrusivo, apresenta uma grande facilidade na hora de ser removido, facilitando por exemplo o idoso na hora que for tomar um banho ou até mesmo ao trocar de roupa.

Figura 7 – Idoso utilizando o dispositivo de monitoramento de queda

Fonte: (Autoria própria)

A principal dificuldade em detectar a queda de idosos é reconhecer esse movimento entre as inúmeras atividades que são realizadas na vida diária de uma pessoa, especialmente sentar-se e agachar-se que são movimentos que têm características semelhantes. (ROUGIER et al., 2011) dividem a queda em quatro estágios, são eles: pré-queda, fase crítica, pós-queda e fase de recuperação. Estas fases estão ilustradas na Figura 8:

Figura 8 – Estágios de uma queda



Fonte: (Adaptado de (ROUGIER et al., 2011))

O estágio pré-queda, ilustrado na Figura 8 (1), corresponde a movimentos da vida diária, seguida de movimentos bruscos, ocasionalmente, dirigidos para o chão como

sentar-se ou agachar-se. Essas atividades não devem ser consideradas como movimentos de quedas e o alarme do sistema de monitoramento não deverá ser acionado. A Figura 8 (2) ilustra o estágio crítico, que como o nome já sugere corresponde o estágio crítico da queda propriamente dita. Essa fase geralmente é extremamente curta, pode ser detectada pelo impacto ou movimento do corpo ao chão. O estágio de pós-queda, ilustrado na Figura 8 (3) é geralmente caracterizada pela falta de movimentos da pessoa no chão logo após a queda, e pode ser detectada através da ausência de movimentos do corpo ou por uma posição deitada da pessoa. Já a Figura 8 (4) ilustra o estágio de recuperação da pessoa, que pode ocorrer se a pessoa levantar sozinha, ou obtiver ajuda de outros.

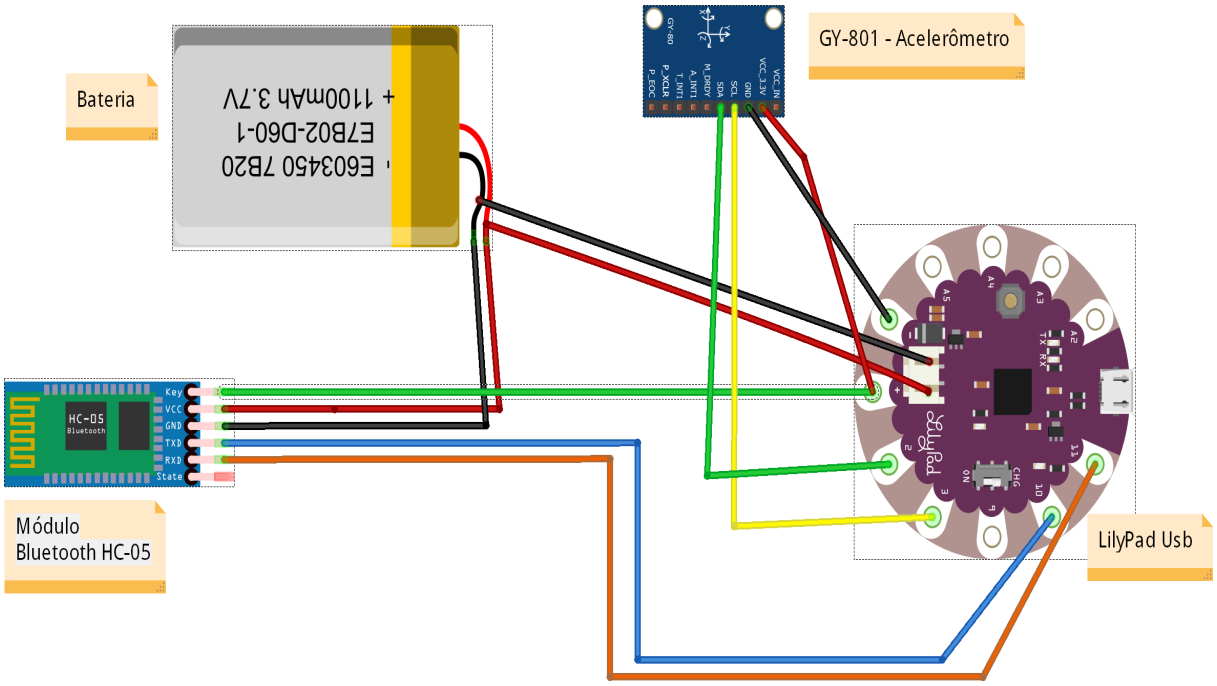
5 ELFA MONITORING SYSTEMS

Este trabalho propõe a concepção de um dispositivo não intrusivo para monitoramento de queda em idosos, utilizando Internet das Coisas para o alerta automática para familiares e/ou médicos.

5.1 ARQUITETURA DO SISTEMA

A Figura 9, apresenta a arquitetura do sistema, e como os componentes foram conectados, bem como todas as ligações que foram realizadas.

Figura 9 – Arquitetura do Projeto, criada no Fritzing



Fonte: (Autoria Própria)

Arquitetura do projeto é composta pelos seguintes componentes:

Bateria Lipo 3.7v: A bateria foi utilizada afim de não utilizar fios no protótipo do cinto. A conexão é feita de modo muito simples, já que possui apenas dois pinos de ligação, um positivo e um negativo.

Módulo *Bluetooth HC-05*: Este módulo *bluetooth HC-05* oferece uma forma fácil de comunicação, além de ser um módulo de baixo custo. Diferente do modelo HC-06, este suporta tanto o modo mestre como escravo, além de apresentar uma fácil

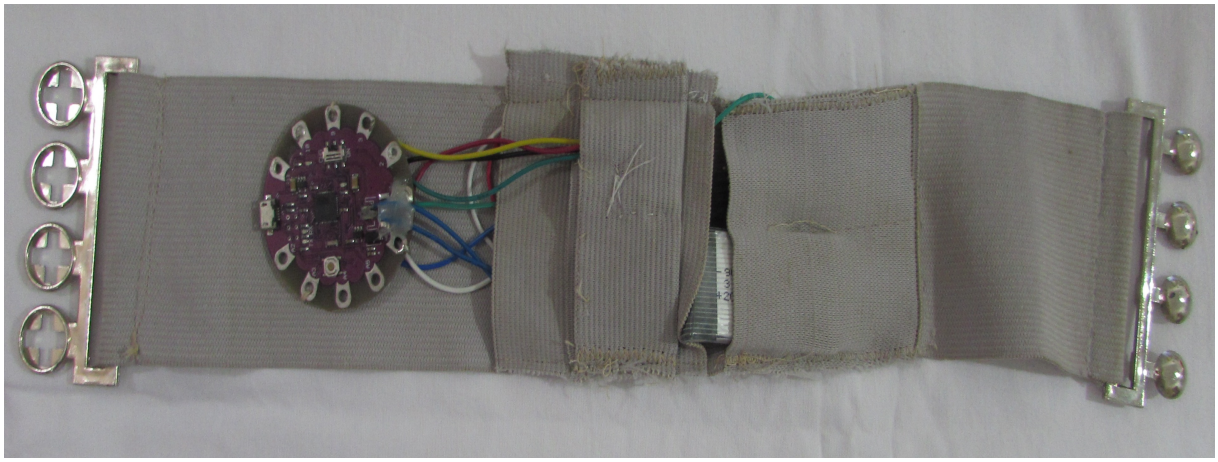
configuração. Neste projeto, utilizamos o modelo em modo mestre, já que através dele, que são enviados os dados para o dispositivo móvel.

Sensor GY-801: Este sensor é composto por uma placa que apresenta várias funções juntas: giroscópio, acelerômetro, magnetômetro (bússola digital) e sensor de temperatura e pressão. Neste projeto, foi utilizado apenas o acelerômetro, através da função contida no mesmo foram capturados a aceleração da gravidade nos eixos X, Y e Z.

LilyPad Usb: É uma tecnologia desenvolvida para ser utilizada em roupas, conhecido como dispositivos *wearable*. A conexão é realizada através de um cabo MicroUsb, ainda permite a conexão direta de uma bateria de Li-Po e uma chave embarcada que permite que a placa seja ligada, ou desligada quando não estiver sendo utilizada. Neste trabalho a placa de *lilypad* é a peça principal, já que ela é responsável por realizar toda a comunicação do protótipo. Pode-se observar que na placa de *lilypad* estão conectados a bateria, sensor GY-801 e o módulo Bluetooth HC-05, por meio da utilização dessa placa foi possível realizar toda a configuração do protótipo apartir da IDE do Arduino e um cabo MicroUsb.

A Figura 10, ilustra o cinto após os componentes estarem conectados:

Figura 10 – Projeto Final do Cinto

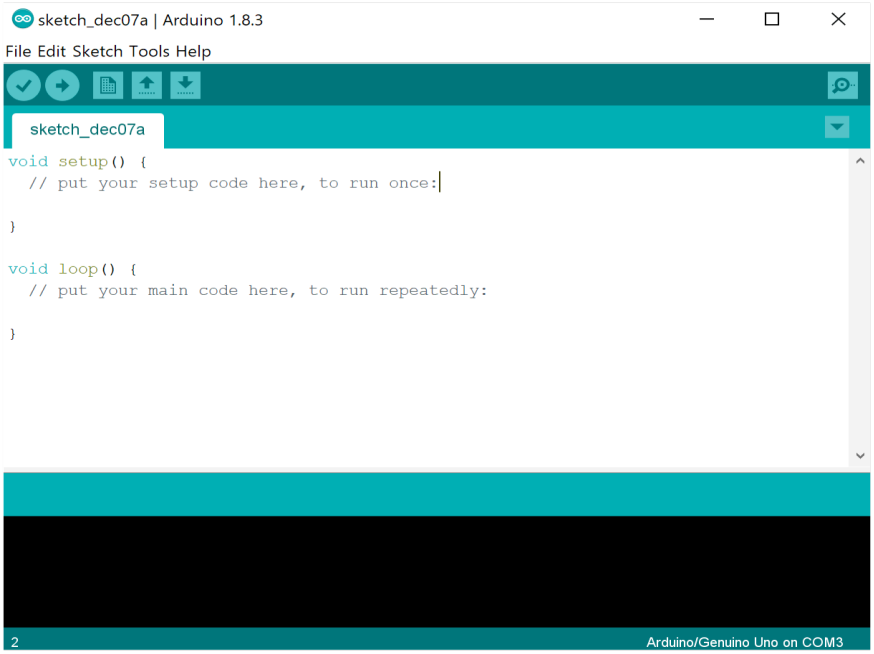


Fonte: (Autoria Própria)

5.2 INSTALAÇÃO DO LILYPAD E DA IDE ARDUINO

Para realizar a conexão do Arduino LilyPad é necessário apenas que a mesma seja ligada a uma entrada USB. Já o *download* do *software* IDE ARDUINO, que é um dos editores principais utilizados para Arduino, pode ser encontrado no site do Arduino. A Figura 11, apresenta a tela principal do *software*.

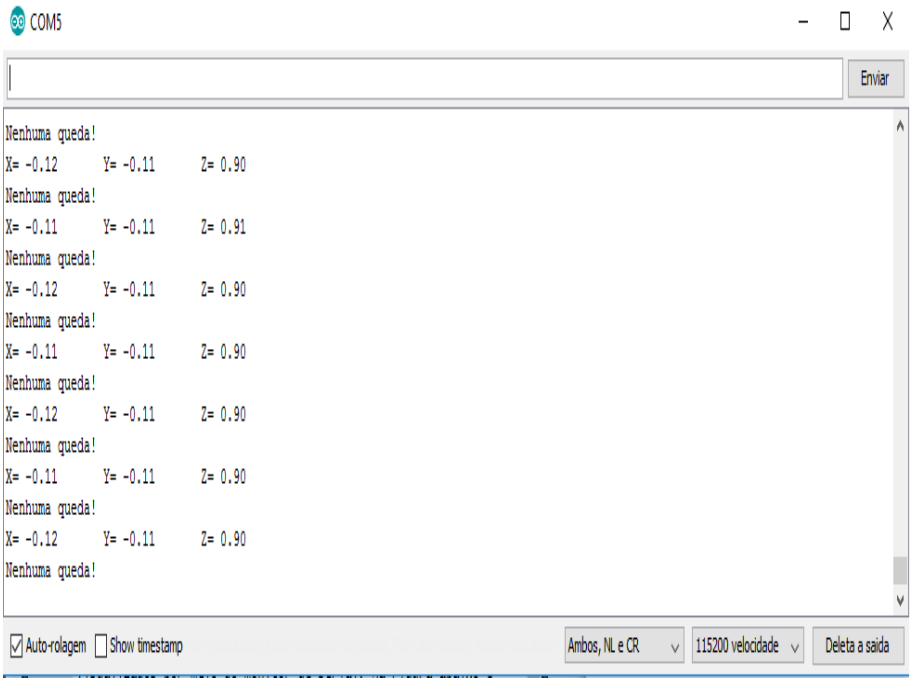
Figura 11 – Tela Principal do Software IDE do Arduino



Fonte: (IDE ARDUINO)

A descrição dos dados de recepção e transmissão podem ser visualizados por meio do monitor de serial. Na Figura 12 ilustra a exibição dos dados dos eixos X,Y e Z do acelerômetro.

Figura 12 – Monitor Serial do IDE Arduino

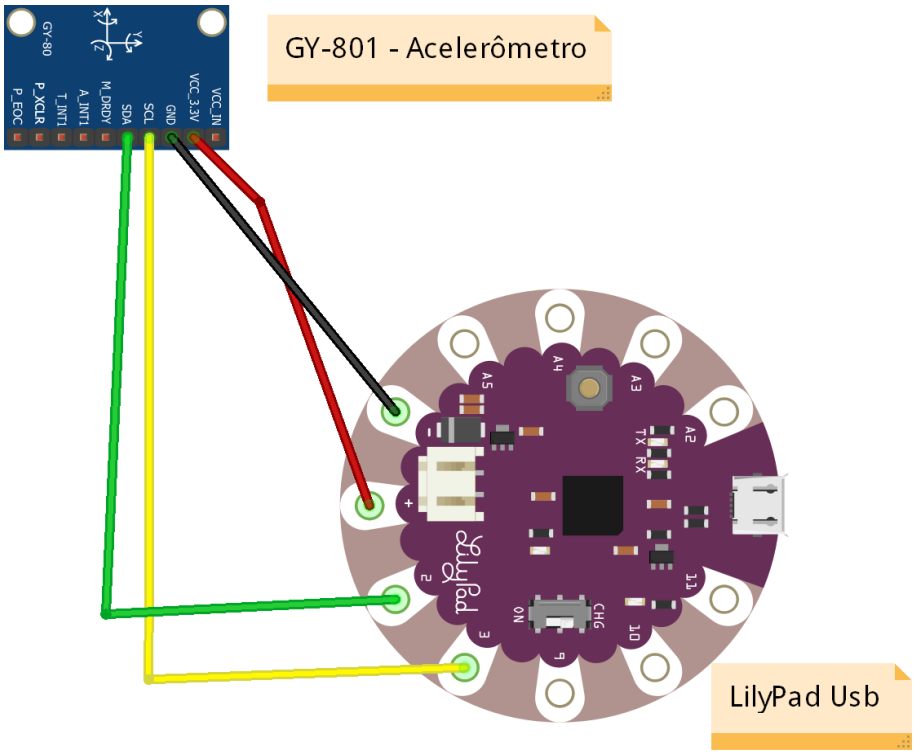


Fonte: (IDE ARDUINO)

5.3 CONEXÃO DO LILYPAD COM O ACELERÔMETRO

A conexão entre o acelerômetro e a placa *Lilypad* é realizada diretamente na placa. As conexões foram realizadas através de solda. A Figura 13, apresenta o esquema da conexão, que é realizada da seguinte forma:

Figura 13 – Conexão entre a *Lilypad* e o Acelerômetro



Fonte: (Autoria Própria)

5.4 CALIBRAÇÃO DO ACELERÔMETRO

Foi implementando um código para realizar a leitura dos valores dos eixos X, Y e Z do acelerômetro. Os valores dos eixos X, Y e Z são armazenados nas variáveis Xg, Yg e Zg, respectivamente. O código criado para obtenção desse valores encontra-se no Apêndice A deste trabalho, ressalto que esse código se encontra dentro da função *loop()*.

No código apresentado no Apêndice A, a calibração é realizada da seguinte forma, os valore X0 e X1 recebem os bits menos e mais significativos, respectivamente. Depois X1 desloca 8 bits para esquerda, para ficar na posição certa do bit mais significativo. Por fim, na saída de X (X_out), soma-se os bits, formando assim o valor total da saída do eixo X. Isso é realizado da mesma forma para os eixos Y e Z. Depois que os valores de X,

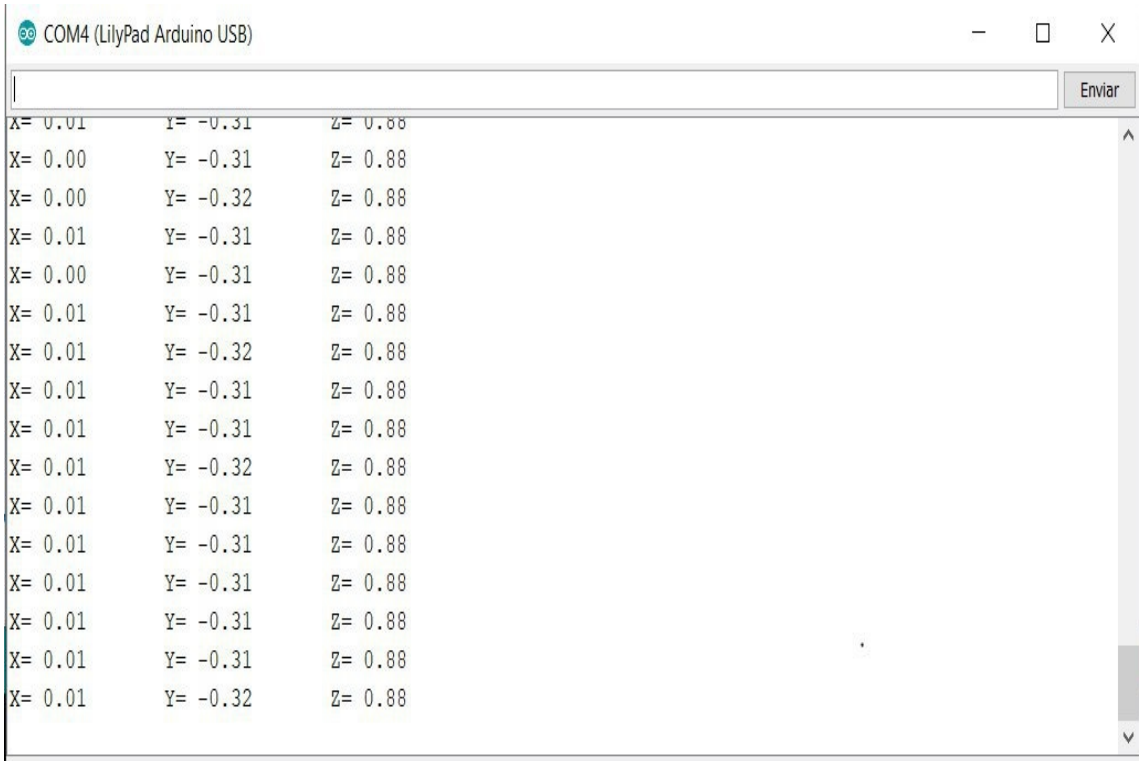
Y, Z foram calibrados e encontrados, foi realizado os testes e simulações de quedas dos idosos, que são apresentados na próxima seção.

A seguir é apresentada a função para detectar a posição em que o idoso sofreu a queda.

```
if((Xg>-1.00 && Yg<-0.24 && Zg<0.90))
{
    Serial.println("A pessoa caiu de Costa!\n");
}
else if(Xg<-0,07 && Yg<1.00 && Zg<-1.00)
{
    Serial.println("A pessoa caiu de Frente!\n");
}
else if((Xg<1.20 && Xg>0.00 && Yg>-0.20 && Zg<-0.14) || (Xg<1.20 && Xg>0.00 &&
    Yg>-0.20 && Zg<0.00))
{
    Serial.println("A pessoa caiu do lado direito!\n");
}
else if(Xg>-1.03 && Xg<0.00 && Yg>-0.20 && Zg<0.14)
{
    Serial.println("A pessoa caiu do lado esquerdo!\n");
}
else{
    Serial.println("Nenhuma queda!\n");
}
```

Na figura 14, é exibido como os dados eram exibidos na tela da IDE do Arduino:

Figura 14 – Valores X, Y e Z sendo exibidos na tela da IDE do Arduino



Fonte: (Autoria Própria)

5.5 TESTES E SIMULAÇÃO DE QUEDAS

As simulações de quedas foram realizadas com o acelerômetro preso na cintura de uma pessoa, por meio de um protótipo do cinto.

As figuras a seguir, mostram os estados em que os idosos podem se encontrar no momento da queda, ou quando não estão em estado de alerta de queda.

A Figura 15, exibe o idoso na posição em pé:

Figura 15 – Visão Geral: Posição em Pé

Fonte: (Autoria Própria)

Já a Figura 16, exibe o idoso ao sofrer uma queda de frente, com Xg<-0,07.

Figura 16 – Visão Geral: Queda de Frente

Fonte: (Autoria Própria)

Já a Figura 17, exibe o idoso ao sofrer uma queda de costa, com Xg>-1.00.

Figura 17 – Visão Geral: Queda de Costa

Fonte: (Autoria Própria)

A Figura 18, exibe o idoso ao sofrer uma queda do lado esquerdo, com Xg>-1.03.

Figura 18 – Visão Geral: Queda Lado Esquerdo

Fonte: (Autoria Própria)

A Figura 19, exibe o idoso ao sofrer uma queda do lado direito, com Xg<1.20.

Figura 19 – Visão Geral: Queda Lado Direito

Fonte: (Autoria Própria)

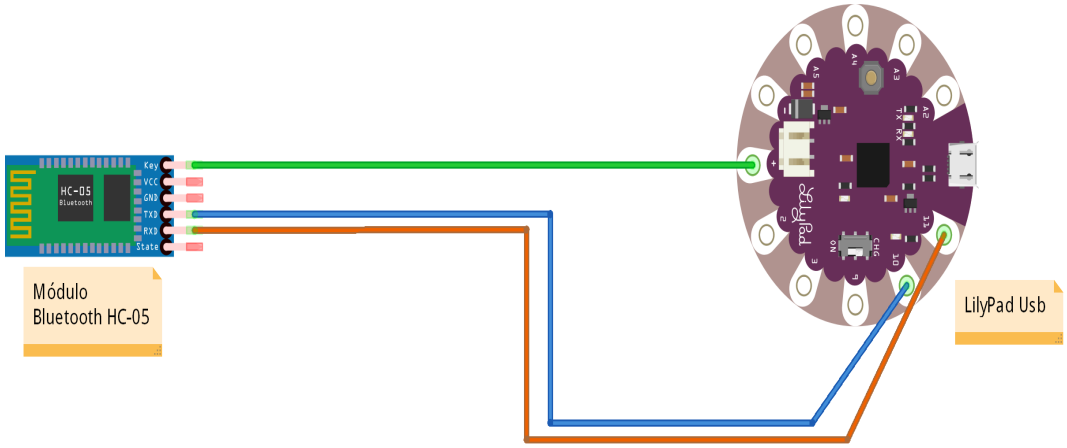
5.6 LILYPAD E MÓDULO BLUETOOTH HC-05

Para realizar a conexão entre o *LilyPad* e o Módulo *Bluetooth HC-05*, utiliza-se os pinos digitais 10 e 11 do *LilyPad* e para realizar a comunicação serial nestes pinos foi utilizada a biblioteca *Software Serial*.

Para conexão via *Bluetooth* ente o *LilyPad* e o celular do responsável, aplicou-se a biblioteca *bluetoothSerial()*, na qual passamos o valor de Rx e TX, onde neste trabalhamos utilizamos os pinos digitais 10 e 11, respectivamente. O código fonte utilizado para realizar a configuração do módulo *Bluetooth HC-05* em modo mestre, encontra-se no Apêndice B deste trabalho.

A Figura 20, ilustra a ligação entre a *Lilypad* e o módulo *Bluetooth HC-05*:

Figura 20 – Bluetooth HC-05



Fonte: (Autoria Própria)

Para realizar a configuração do *Bluetooth HC-05*, utilizou-se os comandos AT. Todos os comandos são enviados pela Serial da IDE para o Módulo *Bluetooth*. Vale ressaltar, que esses comandos sejam recebidos pelo módulo tem que existir uma conexão entre a chave *KEY* do módulo com a *Lilypad*. Depois que a configuração é realizada, pode-se desconectar a chave *KEY* e a *Lilypad*, pois a configuração só precisa ser feita apenas uma vez.

Para realizar a configuração do *Bluetooth*, utiliza-se os seguintes comandos AT:

Tabela 2 – Comandos AT utilizados para configuração do módulo *Bluetooth*

AT+NAME=HC05	Altera o nome para do módulo para "HC05"
AT+PSWD=1234	Altera a senha para "1234"
AT+UART=38400,0,0	Altera o Baud para 38400, 1 stop bit e nenhum bit de paridade
AT+RESET	Reseta o Módulo e aplica as alterações feitas

Fonte: (Autoria Própria)

Depois que o módulo *Bluetooth* foi configurado, retiramos o fio que conecta o modo KEY a Lilypad, e depois enviamos o código final do cinto. Como foi explicado acima, retiramos o fio que conecta o modo KEY, pois só precisamos realizar a configuração do *bluetooth* apenas uma vez.

5.7 IMPLEMENTAÇÃO FINAL DO CINTO

Depois que todos os componentes foram conectados, a implementação foi realizada e o código foi enviado para os componentes através da IDE do Arduino.

Primeiramente foi declarado os registros e os pinos utilizados pela serial do *Bluetooth*:

```
#define Register_ID 0
#define Register_2D 0x2D
#define Register_X0 0x32
#define Register_X1 0x33
#define Register_Y0 0x34
#define Register_Y1 0x35
#define Register_Z0 0x36
#define Register_Z1 0x37

//Define os pinos para a serial
SoftwareSerial mySerial(10, 11); // RX, TX
```

Logo após as declarações, criamos a função setup(), principal função do código:

```
void setup()
{
  Serial.begin(57600);
  Wire.begin();
  delay(100);

  Wire.beginTransmission(ADXAddress);
  Wire.write(Register_2D);
  Wire.write(8);            //measuring enable
  Wire.endTransmission(); // stop transmitting

  //Inicializa a serial nas portas 10 e 11
  mySerial.begin(38400);
}
```

Iniciou-se a *Lilypad* com a velocidade 57600. Iniciou-se os registros para realizar a transmissão de dados, e por fim, iniciou-se a serial do *bluetooth*.

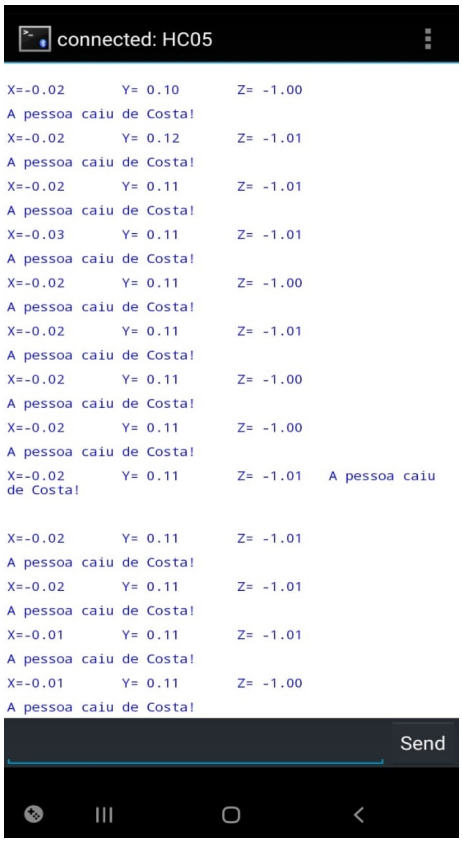
Depois foi criada a função *loop()*, onde foi realizada a calibração do acelerômetro, mostrado anteriormente, e também a análise dos movimentos do estado do idoso.

6 VALIDAÇÃO E RESULTADOS

Para se obter os resultados, foram realizados inúmeros testes com o protótipo do cinto, realizamos um texto com uma pessoa em todas as posições possíveis (queda de frente, de costa, dos lados esquerdo e direito, e em pé).

Para visualizar os valores obtidos pelo Bluetooth HC-05, foi utilizado o aplicativo "Bluetooth Terminal", cujo *download* foi realizado pelo aplicativo *Play Store*. A Figura 21, ilustra a tela do aplicativo funcionando:

Figura 21 – Resultados sendo exibidos na tela do aplicativo



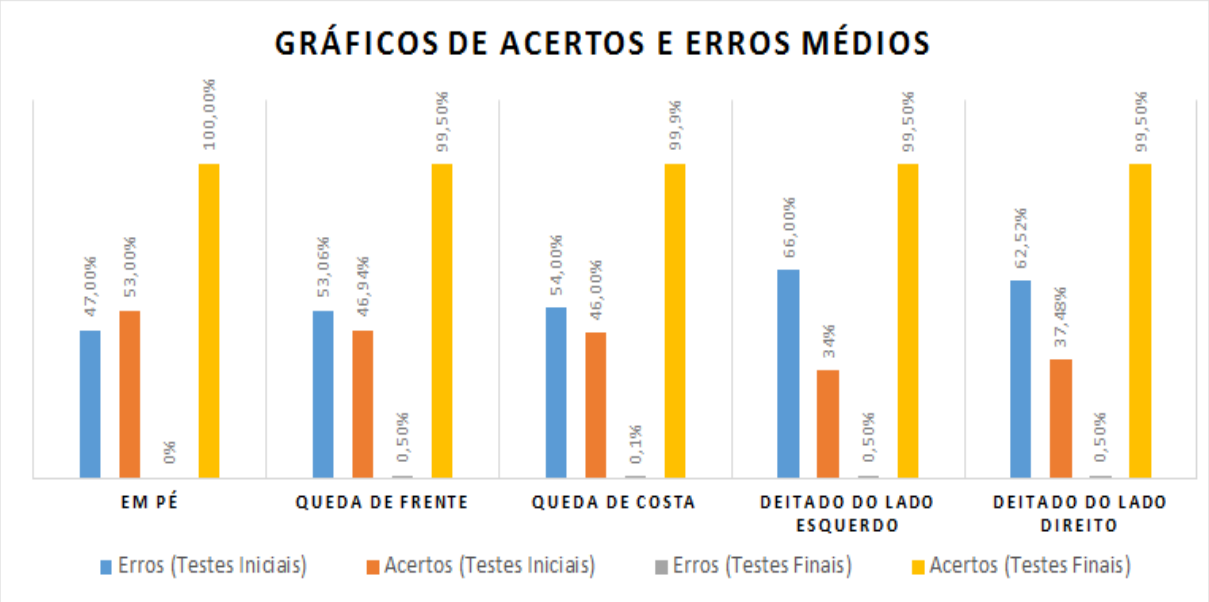
Fonte: (Autoria Própria)

Com os valores sendo exibidos na tela do responsável, é possível descobrir em qual estado se encontra o idoso. Facilitando assim, o controle em caso de acidente com o idoso.

Na Figura 22, é apresentado um gráfico médio de acertos e erros. Os valores exibidos no gráfico, foram obtidos em testes realizados inicialmente e também após a finalização do protótipo do cinto.

Por meio desse gráfico, podemos observar que o cinto apresenta um grau de acerto elevado, mostrando assim, a eficiência do mesmo.

Figura 22 – Gráfico de Acertos e Erros Médios



Fonte: (Autoria própria)

De acordo com o gráfico apresentado anteriormente, é possível observar que ocorreu um aumento elevado no número de acertos nos testes finais, isso devido uma falha na calibração dos eixos X, Y e Z nos testes iniciais, que posteriormente foi corrigida nos últimos testes.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho foi alcançado. O dispositivo para detecção de queda foi desenvolvido, e obtivemos os valores necessários para detectar o estado em que se encontra o idoso, a fim de alertar ao responsável em caso de acidente.

Este capítulo está organizado da seguinte forma: na seção 7.1 apresentamos as contribuições que o trabalho apresentou, e por fim, a seção 7.2 apresenta algumas ideias para trabalhos futuros.

7.1 CONTRIBUIÇÕES

As contribuições deste trabalho são:

(a) Utilização da tecnologia e-têxtil *LilyPad*, que permite a criação de aplicação móveis com interface natural.

(b) Desenvolvimento de uma interface natural, utilizando a ideia de *Internet* das Coisas. Consideração a ligação entre objetos com o ser humano.

(c) Criação e desenvolvimento de um cinto com um acelerômetro e um microcontrolador Arduino *LilyPad* para captar os eixos x, y e z dos movimentos dos idosos. Quando acusada a ocorrência de uma queda, uma alerta é emitida para o celular do responsável.

(d) Calibração do acelerômetro, por meio de valores constantes de acordo com a gravidade, e análise dos dados para definir a posição da queda.

A partir dessas contribuições pode-se concluir que:

(a) Através de vestimentas, é possível monitorar idosos com tecnologias vestíveis.

(b) O sistema desenvolvido é capaz de monitorar o idoso sem que ocorra a intervenção do mesmo, já que o sistema não necessita que seja executado nenhum comando por parte do usuário.

(c) Através do paradigma de Internet das Coisas, que foi possível desenvolver não somente um objeto conectado a internet, mas um objeto conectado ao corpo humano e através de aplicações, o mesmo pode ser monitorado em tempo real, através de um sensor que coleta os dados dos movimentos de um ser humano.

7.2 TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento deste trabalho, abre oportunidades para trabalhos futuros.

(a) Adicionar um módulo GPS, para que no momento de uma alerta de queda, seja possível exibir a coordenada do idoso. Para que seja realizado um atendimento com maior agilidade.

(b) Enviar os dados coletados para uma base de dados na *internet*, criando assim uma melhor facilidade para se trabalhar com os dados coletados.

(c) Criar uma central de monitoramento com vários detectores de quedas, por meio de uma rede, para que seja realizado o monitoramento em tempo real de vários idosos em asilos ou casa de repouso.

(d) Criação de um botão de pânico, para que seja realizado um atendimento mais rápido em situações de queda.

(e) Incremento de sensores para verificar o estado do idoso após a queda, por exemplo, batimentos cardíacos, pressão arterial, entre outros.

REFERÊNCIAS

ABDULWAHHAB, R. S. Air quality system using iot for indoor environmental monitoring. In: *Proceedings of the 2019 5th International Conference on Computer and Technology Applications*. New York, NY, USA: ACM, 2019. (ICCTA 2019), p. 184–188. ISBN 978-1-4503-7181-0. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/3323933.3324088>. Citado na página 32.

AGARWAL, A. et al. Smart door lock system for elderly, handicapped people living alone. *International Journal of Smart Home*, v. 10, n. 6, p. 155–162, 2016. Citado na página 31.

ALMEIDA, S. T. de et al. Análise de fatores extrínsecos e intrínsecos que predispõem a quedas em idosos. *Revista da Associação Médica Brasileira*, Elsevier, v. 58, n. 4, p. 427–433, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.

BRASIL, M. d. S. Envelhecimento e saúde da pessoa idosa. Brasília: Ministério da saúde. (cadernos de atenção básica, n. 19) (série a. normas e manuais técnicos). 2006. Citado na página 15.

CARRION, P.; QUARESMA, M. Internet da coisas (iot): Definições e aplicabilidade aos usuários finais. *Human Factors in Design*, v. 8, n. 15, p. 049–066, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 25.

FIRJAN. Caderno senai de inovação. Rio de Janeiro. 2016. Citado 3 vezes nas páginas 25, 26 e 27.

GÜTTLER, J. et al. Development of an affordable and easy-to-install fall detection system. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, Wiley Online Library, v. 13, n. 5, p. 664–670, 2018. Citado na página 32.

IBGE, I. B. d. G. e. E. Resultado dos dados preliminares do censo. 2018. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

MIRANDA, G. M. D.; MENDES, A. d. C. G.; SILVA, A. L. A. da. O envelhecimento populacional brasileiro: desafios e consequências sociais atuais e futuras. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 507–519, 2016. Citado na página 21.

PEREIRA, S. et al. Quedas em idosos-projeto diretrizes. *Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, 2001. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.

ROUGIER, C. et al. Robust video surveillance for fall detection based on human shape deformation. *IEEE Transactions on circuits and systems for video Technology*, IEEE, v. 21, n. 5, p. 611–622, 2011. Citado na página 36.

SAMPAIO, L. R. Avaliação nutricional e envelhecimento. *Revista de Nutrição*, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2004. Citado na página 14.

SANTANA, C. da S. et al. Uso de equipamentos de monitoramento da saúde por idosos no ambiente doméstico. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 383–393, 2014. Citado na página 14.

SANTOS, A. M. R. dos et al. Acidentes domésticos em idosos atendidos em um hospital de urgência. *Revista Eletrônica de Enfermagem*, v. 18, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.

SANTOS, B. P. et al. Internet das coisas: da teoria à prática. *Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuidos*, p. 31, 2016. Citado 3 vezes nas páginas 27, 28 e 29.

SILVA, J. d. P. d. S. et al. Monitoramento de idosos em ambientes internos por meio da análise sintática de dados visuais. Universidade Federal do Amazonas, 2017. Citado na página 31.

SIREGAR, B. et al. Real-time monitoring system for elderly people in detecting falling movement using accelerometer and gyroscope. In: IOP PUBLISHING. *Journal of Physics: Conference Series*. [S.l.], 2018. v. 978, n. 1, p. 012110. Citado na página 32.

SOUZA, L. H. R. et al. Queda em idosos e fatores de risco associados. *Revista de Atenção à Saúde (antiga Rev. Bras. Ciên. Saúde)*, v. 15, n. 54, p. 55–60, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.

USP, J. d. Em 2030, Brasil terá a quinta população mais idosa do mundo. São Paulo. 2018. Citado na página 19.

VERMESAN, O.; FRIESS, P. *Internet of things: converging technologies for smart environments and integrated ecosystems*. [S.l.]: River publishers, 2013. Citado na página 25.

8 APÊNDICE A

Segue abaixo o código criado para obtenção desse valores, ressalto que esse código se encontra dentro da função loop().

```
//--------------X
  Wire.beginTransmission(ADXAddress); // transmit to device
  Wire.write(Register_X0);
  Wire.write(Register_X1);
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(ADXAddress,2);
  if(Wire.available()<=2)
  {
    X0 = Wire.read();
    X1 = Wire.read();
    X1=X1<<8;
    X_out=X0+X1;
  }

  //------------------Y
  Wire.beginTransmission(ADXAddress); // transmit to device
  Wire.write(Register_Y0);
  Wire.write(Register_Y1);
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(ADXAddress,2);
  if(Wire.available()<=2)
  {
    Y0 = Wire.read();
    Y1 = Wire.read();
    Y1=Y1<<8;
    Y_out=Y0+Y1;
  }
  //------------------Z
  Wire.beginTransmission(ADXAddress); // transmit to device
  Wire.write(Register_Z0);
  Wire.write(Register_Z1);
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(ADXAddress,2);
  if(Wire.available()<=2)
```

```
{
  Z0 = Wire.read();
  Z1 = Wire.read();
  Z1=Z1<<8;
  Z_out=Z0+Z1;
}

Xg=X_out/256.0;
Yg=Y_out/256.0;
Zg=Z_out/256.0;
```

9 APÊNDICE B

Código fonte utilizado para realizar a configuração do módulo Bluetooth HC-05 em modo mestre:

```
// bluetoothfinal.ino
//Carrega a biblioteca SoftwareSerial
#include <SoftwareSerial.h>

//Define os pinos para a serial
SoftwareSerial mySerial(10, 11); // RX, TX
String command = ""; // Armazena a resposta do dispositivo bluetooth

void setup()
{
  Serial.begin(57600); //Inicia a serial
  while (!Serial){
    ;
  }
  Serial.println("Digite os comandos AT :");
  //Inicia a serial configurada nas portas 10 e 11
  mySerial.begin(38400);
  while (!mySerial){
    ;
  }
}

void loop()
{
  if (mySerial.available()) // Ler a sada do dispositivo, se disponivel.
  {
     while(mySerial.available())
     {
       command += (char)mySerial.read();
     }
   Serial.println(command);
   command = "";
  }
```

```
  if (Serial.available()) // Ler a entrada do usurio, se disponivel.
  {
    delay(10);
    mySerial.write(Serial.read());
  }
}
```