

Sistema de Acompanhamento de Saúde de Pessoas: Monitoramento de Movimentos e Batimentos Cardíacos

1

2

Luciano Aparecido Pedrosa , Leandro Camara Ledel

¹Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Câmpus Hortolândia - Instituto Federal de São Paulo (IFSP).

²Área de Informática - Câmpus Hortolândia - Instituto Federal de São Paulo (IFSP).
luciano5150@hotmail.com, ledel@ifsp.edu.br

Abstract. *Inspired by the growing increase in the elderly population and in their daily lives that may or may not have a caregiver or companionship. The article presents a study about the development of a monitoring system of two health related aspects: position and heart rate, which verifies, in real time, the rest routine of a determined individual. On an exploratory basis, we sought to integrate embedded systems with the monitored person, and an information system, in real time, through Cloud, that will provide, by applications, tools that can contribute as part of a assistance in caring for the elderly.*

Keywords: IoT, Internet of Things, motion monitoring, elderly monitoring, MQTT, elderly health, Arduino, accelerometer.

Resumo. *Inspirado no crescente aumento da população idosa e em seu cotidiano que pode, ou não, contar com cuidador ou companhia. O artigo apresenta um estudo sobre o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de dois aspectos relacionados a saúde: posição e frequência cardíaca, que verifica, em tempo real, a rotina de repouso de determinado indivíduo. Em caráter exploratório, buscou-se a integração entre sistemas embarcados que ficam junto à pessoa monitorada, e um sistema de informação, em tempo real, por meio de Nuvem, que disponibilizará, por aplicativos, ferramentas que possam contribuir como parte em um sistema de auxílio no cuidado com a pessoa idosa.*

Palavras-chave: IoT, Internet das Coisas, monitoramento de movimento, monitoramento idoso, MQTT, saúde idoso, Arduino, acelerômetro.

1. Introdução

No Brasil verifica-se, nas últimas décadas, o crescimento da população idosa, resultando em mais pessoas carentes de auxílio e acompanhamento de saúde. De acordo com Estatísticas Sociais (2018) a população idosa, com 60 anos ou mais era, no ano de 2017, cerca de 30,2 milhões, um crescimento de 18% em relação ao levantamento anterior de 2012 do IBGE, que foi de 25,5 milhões, ou seja, 4,8 milhões de pessoas entraram para a terceira idade no período verificado.

Segundo Paradella (2018): “Não só no Brasil, mas no mundo todo vem se observando essa tendência de envelhecimento da população nos últimos anos. Ela decorre tanto do aumento da expectativa de vida pela melhoria nas condições de saúde quanto pela questão da taxa de fecundidade, pois o número médio de filhos por mulher vem caindo. Esse é um fenômeno mundial, não só no Brasil.”

Com o crescente aumento da expectativa de vida, que segundo o IBGE (2015) em 2014 era de 75,2 anos, aumenta também o tempo em que os idosos permanecem sozinhos. De acordo com Freitas (2006, apud Silva, 2010, p 22): “Os idosos, devido ao número acentuado

de patologias geralmente crônicas, podem desenvolver a qualquer momento quadros que necessitem de intervenção imediata, que recebem o nome de emergência”.

Segundo o Ministério da Saúde, as doenças do aparelho circulatório são as principais causas de mortalidade em idosos, com mais de 37% do número de mortes. Conforme notícia publicada pelo portal G1 (2019), “o socorro à pessoa com infarto deve ocorrer em até uma hora. Cerca de 50% das vítimas não sobrevivem a tempo de serem atendidas. Por outro lado, aproximadamente 90% das pessoas que chegam ao hospital nesse prazo têm grandes chances de sobreviver”.

A permanência de uma pessoa idosa em casa, sozinha, é comum nas famílias em função das atividades externas dos demais membros. Em muitos casos, é quase impossível manter um acompanhante ou cuidador pelo período de 24 horas, o que gera preocupação sobre possíveis riscos na rotina do idoso. Outra situação, por opção ou não, são os idosos que moram sozinhos e preservam sua autonomia e independência. De acordo com Collucci (2013), o número de idosos que viviam sozinhos era de 1,1 milhão em 1992 e em 2012 passou para 3,7 milhões, um incremento de 215 % em 20 anos.

Diante dessa realidade, pensou-se em desenvolver um sistema utilizando o potencial da Internet das Coisas (IoT) e que pudesse, de alguma forma, auxiliar esta crescente parcela da população.

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho é criar um sistema que permita o monitoramento à distância de informações importantes de saúde – movimento do indivíduo durante o dia e frequência cardíaca - de pessoas idosas, permitindo assim o acompanhamento remoto por parte de familiares e/ou amigos que, em geral, não dispõem de tempo integral para os cuidados necessários.

Os objetivos específicos deste trabalho são: a) Monitorar frequência cardíaca; b) Acompanhar o posicionamento do indivíduo durante o uso do dispositivo; c) Persistir os dados em um banco de dados a fim de possibilitar a geração de relatórios que auxiliam o acompanhamento médico do idoso; d) Possibilitar acompanhamento em tempo real via aplicativo *mobile*.

Desta maneira, este projeto busca acompanhar alguns aspectos da saúde do idoso e contribuir para o desenvolvimento de outro sistema mais complexo, através da leitura de outros sinais vitais relevantes, possibilitando não somente o atendimento em casos de emergência, com maior velocidade, como também, por meio de equipe médica remota aperfeiçoar a medicina preventiva diante dos padrões de saúde identificados.

3. Referencial Teórico

Um dos primeiros passos do presente trabalho foi a verificação na literatura acerca da existência de trabalhos correlatos. Foram encontrados diversos artigos sobre o tema de detecção de quedas, bem como de estudo de movimentos através de acelerômetros.

Com relação aos instrumentos de detecção de quedas, Jantarapim et al. (2010, apud OLIVEIRA et. al., 2013) identifica três categorias: ativados pelo usuário, monitorados por câmera e baseados em sensores de aceleração.

Em [SILVA, 2013] é realizado um estudo utilizando diversos tipos de acelerômetros ligados ao pulso do idoso, buscando através de diversos tipos de algoritmos classificar o movimento humano.

Em [SILVA, 2018] é apresentado um sistema que visa detectar a queda de uma pessoa utilizando o acelerômetro MPU6050 conectado a uma placa NodeMCU. Este trabalho apresenta um estudo para o cálculo da modelagem de queda através dos três eixos do acelerômetro (*roll*, *pitch* e *yaw*), além de testes em diversos ângulos, visando verificar a eficiência do sistema.

Após a verificação dos trabalhos correlatos, buscou-se por informações acerca de instrumentos que possam detectar a frequência cardíaca, o movimento e a posição de uma pessoa, a fim de gerar dados para posterior análise. Além disso, estudou-se o conceito de Internet das Coisas (IoT), que permeia todo o projeto, bem como o protocolo MQTT, que mostrou-se apropriado para aplicações na área de IoT.

3.1. Plataforma Arduino

A escolha da plataforma Arduino deveu-se à sua flexibilidade para prototipagem, bem como ao fato de ser uma plataforma de *hardware* já estabelecida, reconfigurável via *firmware*, dispensando, em muitos casos, os conhecimentos em eletrônica digital e arquitetura de microcontroladores em relação ao controlador da placa, bastando conhecimento em algoritmos para desenvolver uma aplicação.

3.1.1 Arduino MKR100

Com a utilização da plataforma Arduino, o conhecimento em eletrônica pode ser praticamente abstraído, cabendo ao desenvolvedor a escolha do microcontrolador mais adequado às necessidades do seu projeto.

Para este sistema foi escolhida a placa MKR1000 da plataforma Arduino, a qual, segundo Souza (2015), possui todo o poder de processamento do microcontrolador ARM, além de conectividade WI-FI de baixo consumo e um *chip* de criptografia que permite o desenvolvimento de aplicações mais seguras para sistemas conectados a rede. (ARDUINO.CC, 2019).

A placa MKR1000 foi criada com o objetivo de facilitar o desenvolvimento de aplicações que necessitem de conectividade WI-FI, sendo uma placa de fácil uso e com custo acessível. Essa placa possibilita o desenvolvimento de projetos conectados, mesmo para quem nunca teve esse tipo de experiência (SOUZA, 2015).

Outros fatores relevantes para a escolha são referentes às dimensões e peso reduzidos, conforme especificações constantes na Figura 1.

Microcontroller	SAMD21 Cortex-M0- 32bit low power ARM MCU
Board Power Supply (USB/VIN)	5V
Supported Battery(*)	Li-Po single cell, 3.7V, 700mAh minimum
Circuit Operating Voltage	3.3V
Digital I/O Pins	8
PWM Pins	12 (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, A3 - or 18 -, A4 -or 19)
UART	1
SPI	1
I2C	1
Analog Input Pins	7 (ADC 8/10/12 bit)
Analog Output Pins	1 (DAC 10 bit)
External Interrupts	8 (0, 1, 4, 5, 6, 7, 8, A1 -or 16-, A2 - or 17)
DC Current per I/O Pin	7 mA
Flash Memory	256 KB
SRAM	32 KB
EEPROM	no
Clock Speed	32.768 kHz (RTC), 48 MHz
LED_BUILTIN	6
Full-Speed USB Device and embedded Host	
LED_BUILTIN	6
Length	61.5 mm
Width	25 mm
Weight	32 gr.

Figura 1: Especificações técnicas da placa Arduino MKR1000.

(Fonte: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoMKR1000>, 2016)

3.1.2 Acelerômetro

Os acelerômetros são sensores que fornecem um sinal elétrico em tempo real da aceleração projetada sobre os eixos sensíveis, sendo muito adequados para o monitoramento de movimentos humanos (GODFREY et al, 2008). Por fornecer uma informação de frequência e intensidade do movimento, os acelerômetros são superiores aos dispositivos mais simples (pedômetros e chaves), que apenas respondem aos impactos ou às inclinações.

Com a redução no tamanho e no custo, os acelerômetros tornaram-se dispositivos acessíveis e, de acordo com ERMES et al (2009), muito atrativos para sistemas acoplados ao corpo, oferecendo como vantagens: coletar dados objetivamente e permitir a análise direta da movimentação; monitorar eventos adversos, como quedas e tremores; possibilitar o monitoramento em longo prazo, permitindo identificar tendências e lentas mudanças comportamentais nas movimentações de uma pessoa.

3.1.3 Sensor de pulso cardíaco

Uma das formas utilizadas para a medição da pulsação cardíaca, de modo não invasivo, é através de um fenômeno físico-biológico chamado fotopleletismografia (WEBSTER 2010). Os sensores que usam este fenômeno funcionam, basicamente, emitindo uma luz e medindo com um receptor a luz refletida.

Dependendo do volume de sangue no instante da medição, certa quantidade de fótons será absorvida pelas hemoglobinas (WEBSTER 2010), dessa forma a quantidade refletida é inversamente proporcional ao volume do vaso por onde a luz passou. Como esse volume é diretamente proporcional à pressão sanguínea no momento, pode-se calcular o batimento cardíaco por minuto (BPM).

Normalmente esses sensores são construídos com LEDs e receptores de comprimentos de onda próxima à luz verde (400 - 550 nm), devido a maior absorção da luz neste espectro pelas hemácias, mas também é possível encontrar sensores que utilizam espectro infravermelho (860 - 940 nm) pela sua facilidade de penetração na camada subcutânea (WEBSTER 2010).

3.2 Internet das Coisas (IoT)

A plataforma Arduino, em conjunto com o leque de sensores disponíveis para a mesma, a tornam potencialmente útil para a utilização junto à Internet das Coisas (IoT).

A Internet das Coisas - que é uma extensão da Internet atual - proporciona aos objetos do dia-a-dia, os quais tenham capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à Internet. A conexão com a rede mundial de computadores viabilizará, primeiro, controlar remotamente os objetos e, segundo, permitir que os próprios objetos sejam acessados como provedores de serviços. Estas novas habilidades, dos objetos comuns, geram um grande número de oportunidades tanto no âmbito acadêmico quanto no industrial (SOUZA et al . 2016).

Segundo Evans (2011): “IoT pode melhorar consideravelmente a qualidade de vida do número cada vez maior de idosos. Por exemplo, imagine um dispositivo pequeno e utilizável que possa detectar os sinais vitais de uma pessoa e enviar um alerta para um profissional de saúde quando atingir determinado limite ou sentir quando uma pessoa cair e não conseguir se levantar”.

Há grande expectativa em relação às soluções de IoT para o setor de serviços de saúde, não somente para aumentar a eficiência operacional e controle das unidades de saúde, com melhor controle de recursos, mas também para monitorar pacientes, ou ainda como apoio à diagnóstico e referência à distância (BNDES; MCTIC, 2017).

3.3 Protocolo MQ Telemetry Transport (MQTT)

A Internet das Coisas, segundo Prado (2014), ainda não possui um padrão de protocolo unificador que permita a interoperabilidade entre os sensores, computadores e atuadores, em função do interesse de grandes *players* nesse padrão, como a *Intel*, a *Qualcomm* e a *Google*. Esse cenário caracteriza-se como uma “Torre de Babel” (PRADO, 2014).

Inicialmente no projeto foi escolhido o protocolo HTTP, por sua consolidação na rede *web* e vasto material de consulta, porém após alguns estudos, foi detectada a baixa eficiência do protocolo em relação ao seu uso em IoT.

O HTTP é um protocolo síncrono onde o cliente espera a resposta do servidor. Os navegadores da *web* têm esse requisito, mas segundo Yuan (2017) seu custo é a baixa

escalabilidade. No mundo da IoT, a comunicação síncrona tem sido um problema devido ao grande número de dispositivos e, a rede, muitas vezes, não é confiável e de alta latência. Já um protocolo de mensagem assíncrono é mais adequado para aplicações em IoT. Os sensores podem enviar leituras e permitir que a rede descubra o caminho e a sincronização ideais para entregar tais dados aos dispositivos e serviços de destino (YUAN, 2017).

Além disso, o HTTP é unidirecional onde o cliente precisa iniciar a conexão. Em um aplicativo de IoT, os dispositivos e sensores geralmente são clientes, o que significa que eles não podem receber comandos da rede passivamente. Outra questão relevante é que o HTTP é um protocolo de um para um, onde o cliente faz uma solicitação e o servidor responde. Com todos os cabeçalhos e regras o HTTP é um protocolo que gera alta demanda da rede, não sendo adequado para redes restritas (YUAN, 2017).

Pelos motivos citados, foi necessário utilizar um protocolo com sistema de troca de mensagens assíncrono, com boa compatibilidade a redes com baixa disponibilidade e restrição de *hardware*.

O protocolo escolhido no projeto foi o MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) por sua simplicidade de implementação e baixo *overhead*. Segundo Barros (2015), o MQTT é um protocolo simples o suficiente, sem deixar de contemplar características como segurança, qualidade de serviço e facilidade de implementação. A Figura 2 apresenta um comparativo entre as características dos protocolos HTTP e MQTT.

Característica	MQTT	HTTP
Modelos de comunicação	Pub-Sub	Request-Response
RESTful	Não	Sim
Camadas de transporte	TCP ou UDP (MQTT-SN [37])	TCP
Header	2 bytes	26 bytes
Mensageria	Assíncrono	Síncrono
Níveis de qualidade de serviço	3 níveis (0, 1 e 2)	1 nível
Segurança	TLS/SSL	TLS/SSL

Figura 2 – Tabela comparativa entre os protocolos HTTP e MQTT.

O protocolo MQTT segue o padrão de troca de mensagens conhecido como *publish/subscriber* (Figura 3), que desacopla os elementos da rede através do *Broker*.

Segundo Barros (2015): “Neste padrão, quando um elemento da rede deseja receber uma determinada informação, ele a subscreve, fazendo uma requisição para um outro elemento da rede capaz de gerenciar as publicações e subscrições. Na rede MQTT este elemento é conhecido como *broker*, o intermediário no processo de comunicação. Elementos que desejam publicar informações o fazem também através do *broker*, enviando-lhe as informações que possuem. Esse padrão não é novo e existe em outros protocolos. Por exemplo, a troca de informação de controle (*links*) em redes *Foundation Fieldbus* segue o paradigma *publish/subscriber*.”

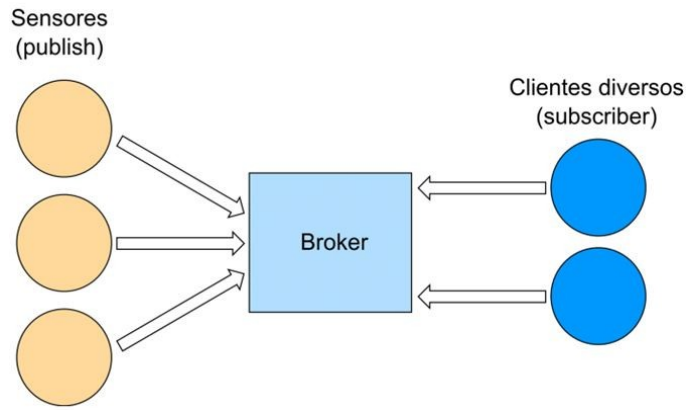


Figura 3 – Visão geral do protocolo MQTT.

(Fonte: <https://www.embarcados.com.br/mqtt-protocolos-para-iot> , 2015)

Além das características já citadas, segundo Yuan (2017) o protocolo “permite a implementação em *hardware* de dispositivo altamente restringido e em redes de largura da banda limitada e de alta latência, além de possibilitar o suporte a diversos cenários de aplicativos para dispositivos e serviços de IoT”.

4. Metodologia

A metodologia utilizada foi a Evolutiva Incremental, que é baseada na ideia de se desenvolver uma implementação inicial, realizar os testes e continuar por meio da criação de várias versões, até que um sistema completo seja desenvolvido (Figura 4). Atividades de especificação, desenvolvimento e validação são intercaladas, e não separadas, com rápido *feedback* entre todas as atividades (SOMMERVILLE, 2011).

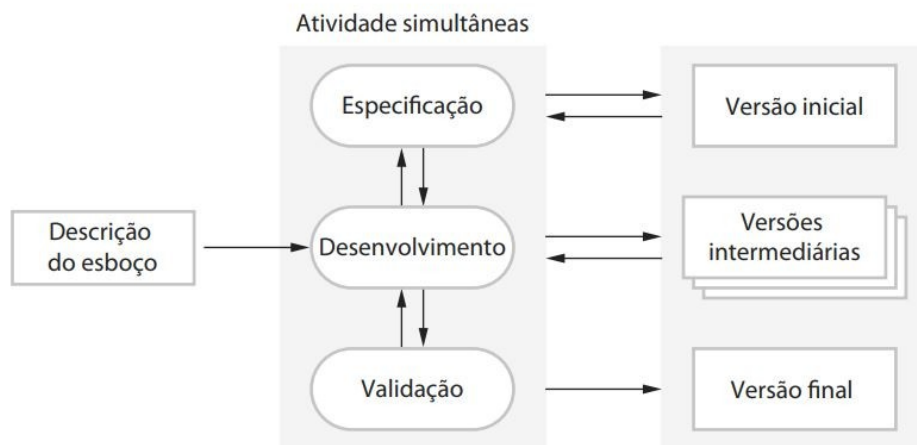


Figura 4- Modelo de Desenvolvimento Evolutivo Incremental

(Fonte: Sommerville 2011)

De acordo com Sommerville (2011), o desenvolvimento incremental de *software*, que é uma parte importante das abordagens ágeis, reflete a maneira como resolvemos os problemas. Raramente elaboramos uma solução completa do problema com antecedência; normalmente nos movimentamos passo a passo em direção a ela, recuando quando percebemos que cometemos um erro.

Ao elaborar um *software* de forma incremental, fica mais barato e mais fácil fazer mudanças no mesmo durante seu desenvolvimento. Cada incremento ou versão do sistema incorpora alguma funcionalidade necessária para o cliente.

Frequentemente, os incrementos iniciais incluem as funcionalidades mais importantes ou mais urgentes. Isso significa que o sistema pode ser avaliado em um estágio relativamente inicial do desenvolvimento para verificar se as funcionalidades atendem o esperado (SOMMERVILLE, 2011).

5. Desenvolvimento

O sistema foi dividido em três módulos: Nó sensor, Servidor e de Apresentação.

A Figura 5 apresenta a Visão Geral da Arquitetura do Sistema proposto.

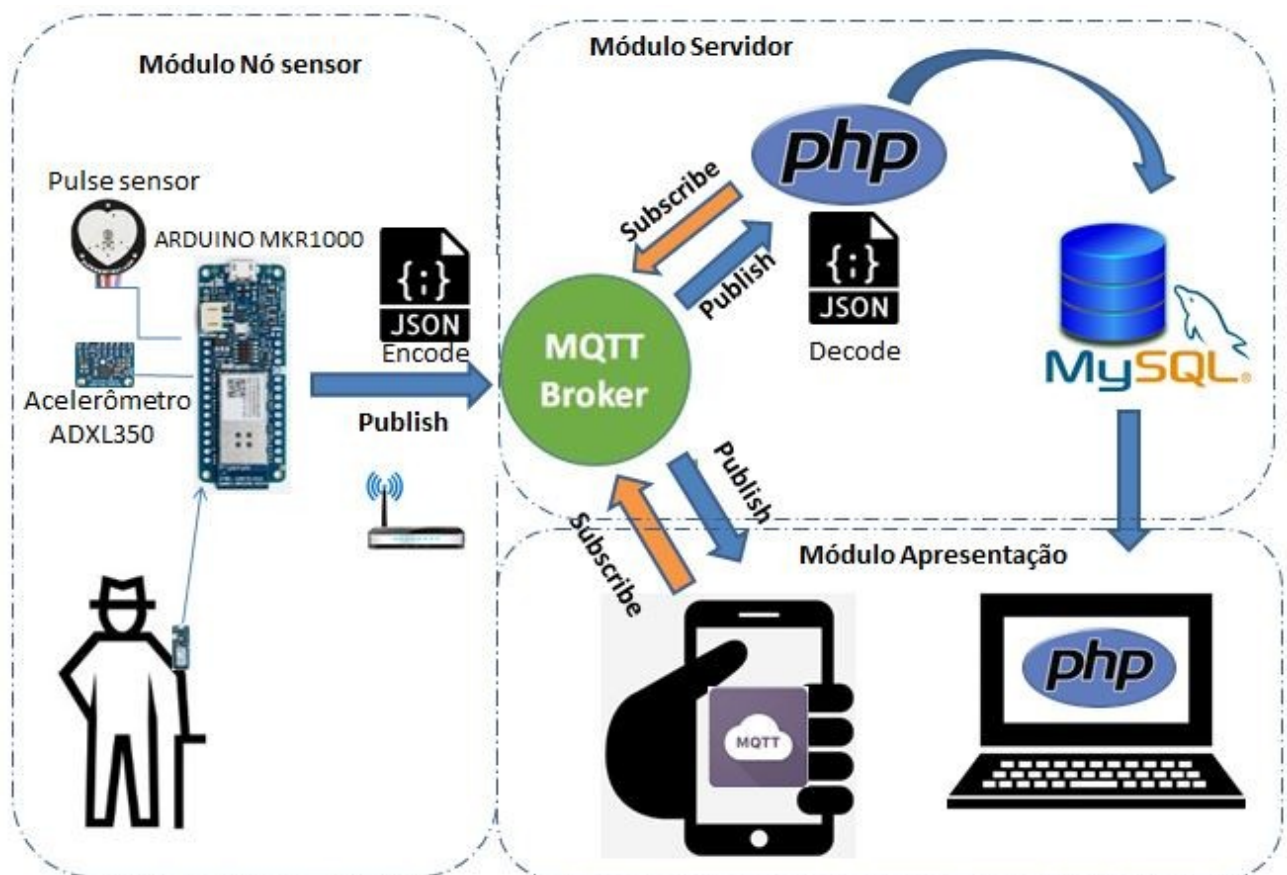


Figura 5 – Visão Geral da Arquitetura do Sistema.

O protótipo foi montado em um boneco a fim de validar o sistema de posicionamento, conforme ilustrado na Figura 6. Esse protótipo também teve como objetivos validar e aperfeiçoar o desenvolvimento do sistema integrando embarcados (microcontroladores), computação em nuvem (uso de servidor) e aplicativos para *Smartphone*.



Figura 6 - Teste de posicionamento com o protótipo

As amostras da frequência cardíaca do autor foram feitas pelo mesmo durante o desenvolvimento, conforme ilustrado na Figura 7.



Figura 7 – Coleta de amostras do batimento cardíaco do indivíduo monitorado.

Os módulos da arquitetura proposta estão detalhados nas seções seguintes.

5.1 Módulo Nó Sensor

O módulo Nó Sensor é a parte responsável pela aquisição, processamento e envio dos dados coletados junto ao monitorado. Este módulo é composto pelo Arduino MKR 1000, acelerômetro ADLX345 e sensor de frequência cardíaca.

5.1.1 Aquisição dos dados

Além do Arduino MKR 1000, descrito anteriormente, foi utilizado para aquisição dos batimentos cardíacos um sensor de frequência cardíaca, o qual consiste em uma pequena placa de baixo custo que efetua a leitura usando um sensor óptico amplificado. Este sensor envia os dados de frequência cardíaca para o microcontrolador através de um único pino de sinal, conforme representado na Figura 8.

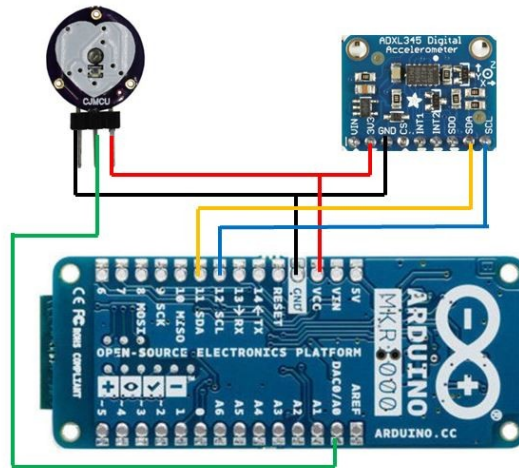


Figura 8 – Esquema de ligação do Nó Sensor, constituído pela MKR 1000, Sensor de Batimentos Cardíacos e Acelerômetro ADXL345.

Para a aquisição dos dados relativos ao posicionamento do monitorado foi escolhido o acelerômetro ADXL345, de três eixos, tamanho reduzido, com baixo consumo elétrico e alta resolução (13 bits), que permite medidas de inclinação inferiores a $1,0^\circ$. A saída digital pode ser acessada pelas interfaces SPI (3 ou 4 cabos) ou I2C. No projeto foi utilizada a interface I2C através dos pinos SCA e SCL, também ilustrado na Figura 8.

5.1.2 Processamento dos dados

Após a aquisição dos dados, o processamento em relação ao batimento cardíaco (medido em batimentos por minuto - BPM) é realizado medindo-se o pulso por 10 segundos e multiplicando-se o resultado por seis (ACHÔA, 2019). O trecho de código do Arduino correspondente a este cálculo está apresentado na Figura 9.

```
while ((millis() - t0) <= 10000){
    Signal = analogRead(PulseSensorPurplePin);
    if(Signal > Threshold){
        bpm++;
    }
}
bpm = bpm * 6;
```

Figura 9 – Código de processamento da leitura de BPM.

Com relação ao posicionamento do indivíduo monitorado foi definida a aquisição dos valores do eixo Y do acelerômetro. Tais valores podem variar entre 0 e 10. Quando o monitorado estiver na posição vertical lê-se o valor 10, e quando estiver na horizontal, recebe-se o valor 0, conforme representado na Figura 10. Analisando-se esta variável de posição do monitorado ao longo do tempo, pode-se conhecer a rotina de atividade e descanso do mesmo.

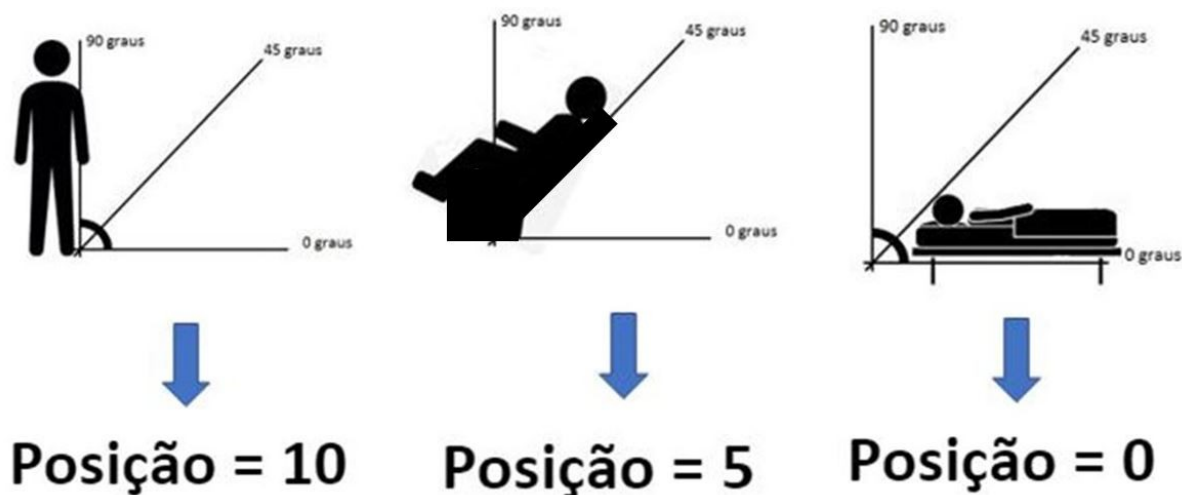


Figura 10 – Esquema de monitoramento da posição de um indivíduo.

5.1.3 Envio dos dados

O Nó Sensor permanece constantemente conectado à rede WiFi da residência através do Arduino MKR1000 que, segundo Souza (2015), faz parte da família *Smartconnect*, que são dispositivos *wireless* do fabricante Atmel projetados especialmente para aplicações em IoT.

Finalizado o processamento, o sistema encapsula as variáveis em um arquivo JSON. O arquivo JSON possui formato de texto e é completamente independente de linguagem, pois usa convenções que são familiares às linguagens C e familiares, incluindo C++, C#, Java, JavaScript, Perl, Python e muitas outras. Estas propriedades fazem com que JSON seja um formato ideal para troca de dados (INTRODUÇÃO... 2019).

Além disso, para o funcionamento dessa aplicação foi necessário configurar um *broker* MQTT. Existem diversas opções de *Brokers* MQTT disponíveis, e para o projeto foi escolhido o *Broker* HIVEMQ, que será responsável por receber e encaminhar para os dispositivos subscritos no tópico, o arquivo JSON publicado pelo Nó Sensor.

5.2 Módulo Servidor

Para permitir fácil disponibilidade de dados foi utilizado um sistema de servidor em nuvem, onde foi contratado um servidor na UOL *Host* com configuração de 512 MB RAM, processamento de 1,4 GHz e armazenamento de 500 GB onde foi instanciado o Ubuntu 14.04 como sistema operacional.

Para viabilidade do projeto foram utilizados *softwares* do tipo *Open Source* e disponíveis de forma gratuita. Os dados provindos do Nó Sensor são coletados, processados e armazenados pelo Módulo Servidor, ficando disponíveis para geração de relatórios e enviados para o aplicativo *mobile*.

Para o processamento no servidor foi utilizado o PHP, o qual segundo Estrella (2019), se trata de uma linguagem de *script* criada para comunicações do lado do servidor. Consequentemente, ela é capaz de lidar com várias funções de *backend*, como coletar formulários de dados, gerenciar arquivos do servidor e modificar bases de dados.

No projeto, o PHP tem a função inicial de conectar ao *Broker MQTT* e manter o *script* em funcionamento contínuo, ou seja, como o elemento do sistema que tem a função de “escutar” a porta 1883 de comunicação definida no *Broker*.

```
75  /* Conecta ao host remoto */
76  $client->connect('iot.eclipse.org', 1883);
77  /* Mantem-se em execucao */
78  $client->loopForever();
```

Figura 11 – Código PHP para conexão com Broker

Na ocorrência de algum evento no *Broker* a função *onMessage* inicia uma sequência de eventos no *script* do PHP, o qual recebe os dados publicados no *Broker* e inicia o tratamento dos mesmos, desencapsulando o arquivo JSON e alocando-os em um vetor de dados.

```
20  /* Callback da mensagem */
21  $client->onMessage(function($message){
22      /* exibe a mensagem e payload */
23      echo $message->topic, "\n", $message->payload, "\n";
24
25  $variaveis = json_decode($message->payload);
```

Figura 12 – Código PHP para recebimento das variáveis.

Com os dados alocados no vetor, o *script* inicia a conexão com o Banco de Dados para posteriormente realizar a inserção e persistência dos mesmos.

```
55  // Cria conexão com Banco de Dados
56  $conn = mysqli_connect($servername, $username, $password, $database);
57  // Insere os dados na tabela
58  $sql = "INSERT INTO teste (data, hora, pos, bpm) VALUES ('$data', '$hora',
59  '$variaveis->posicao', '$variaveis->bpm')";
```

Figura 13 – Código PHP para conexão e persistência dos dados.

5.3 Módulo Apresentação dos dados

O módulo Apresentação dos dados, o qual é responsável pela leitura e visualização dos dados do Banco de Dados, está dividido em duas interfaces gráficas descritas a seguir.

5.3.1 Aplicativo MQTT Dashboard

Existem diversas opções de aplicativos *mobile* para controle de IoT disponibilizadas de forma gratuita. Para o projeto foi escolhido o *MQTT Dashboard* que, segundo Souza (2018), é um aplicativo de interface gráfica para *smartphone* que possui uma interface de fácil customização e configuração.

Este aplicativo recebe os dados direto do *Broker*, e por esse motivo, não permite a geração de histórico dos dados coletados.

The screenshot shows a mobile application interface for MQTT Dashboard. At the top, there is a status bar with the time 14:52 and various icons. Below that, a header bar contains a back arrow, the text 'teste_IFSP', and a trash icon. Underneath the header, it says 'Connected to broker.hivemq.com'. The main content area displays a list of data points, each consisting of a timestamp and a JSON object: {'posicao':0}. The timestamps range from 14:51:35 to 14:52:15.

Timestamp	Data
14:52:15	{'posicao':0}
14:52:10	{'posicao':0}
14:52:05	{'posicao':0}
14:52:00	{'posicao':0}
14:51:54	{'posicao':0}
14:51:49	{'posicao':0}
14:51:45	{'posicao':0}
14:51:40	{'posicao':0}
14:51:35	{'posicao':0}

Figura 14 – Tela de apresentação dos dados no MQTT Dashboard.

5.3.2 Página Web

Além da apresentação via aplicativo, foi desenvolvida uma página *web*, que possibilita a visualização dos dados coletados, desenvolvida em PHP5 e hospedada no servidor.

Para esta aplicação é possível desenvolver diversos tipos de relatórios de histórico dos dados, já que esta página se utiliza dos dados persistidos no Banco de dados.



Figura 15 – Tela principal da página de apresentação via *web*.

A página *web* possui uma Tela Inicial (Figura 15), onde são apresentados os dados do monitorado e botões que encaminham para a página onde são listados os dados recebidos do Banco de Dados. A Tela de Apresentação dos Dados está representada na Figura 16.

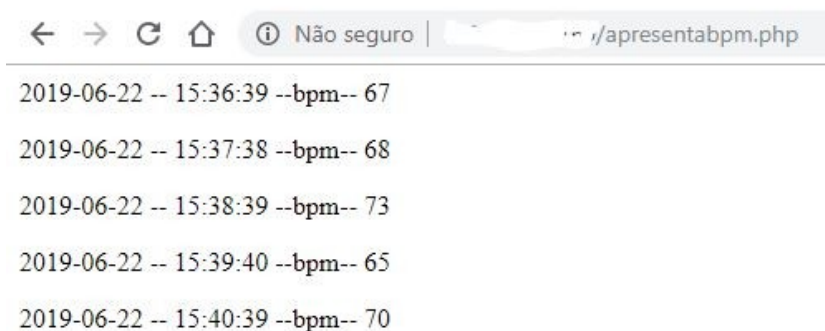


Figura 16 – Tela de apresentação dos dados.

6. Resultados Obtidos

Os resultados relativos ao sensor de batimento cardíaco, após a análise, demonstraram-se inviáveis no local planejado originalmente. Inicialmente o sensor ficaria junto à pele na região do terço médio do braço (Figura 17), na forma de uma braçadeira, porém os sinais coletados não permitiram a acuidade necessária ao projeto.

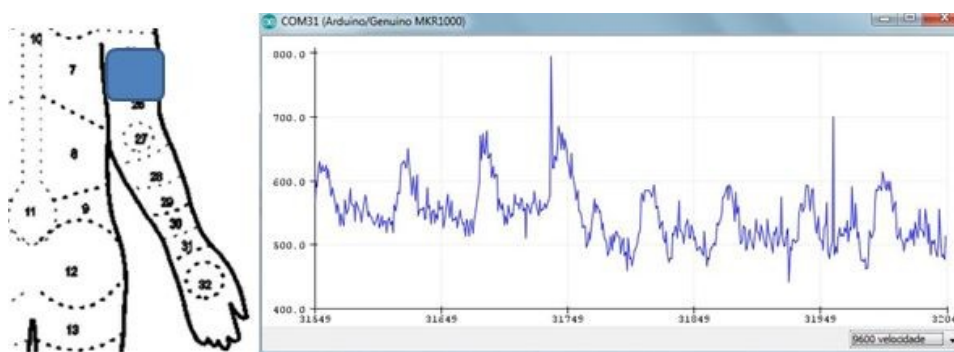


Figura 17 – Plotagem dos dados BPM via IDE Arduino, posicionado no terço médio do braço.

Outra região testada foi na parte frontal do cotovelo, porém esta região também apresentou instabilidade nos sinais.

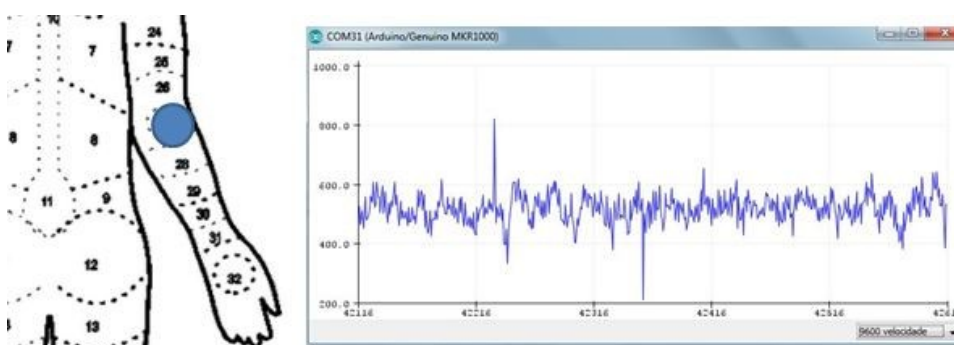


Figura 18 – Plotagem dos dados BPM via IDE Arduino, posicionado na parte frontal do cotovelo.

As extremidades dos dedos das mãos apresentaram os melhores resultados para a aquisição dos dados. A forma do gráfico gerado permite a contagem da frequência a cada pico principal, como demonstrado na Figura 19.

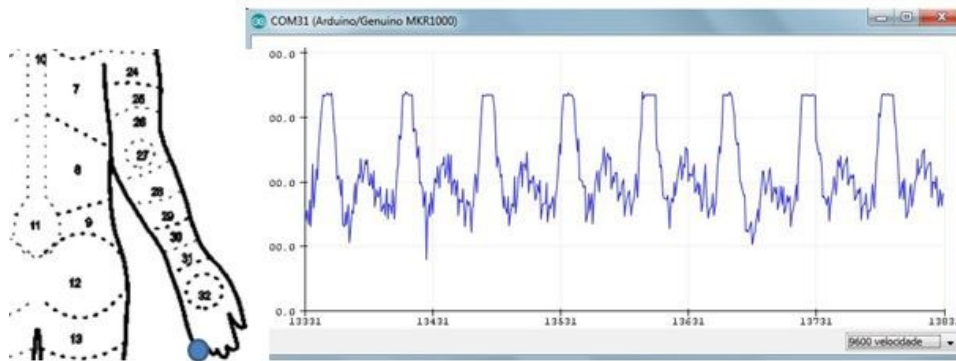


Figura 19 – Plotagem dos dados BPM via IDE Arduino, posicionado na extremidade do dedo.

Além da posição no corpo, foram realizados testes para verificar a consistência dos dados com o autor em movimento e parado. Foram coletadas 16 amostras, em que cada qual corresponde à leitura e envio da variável BPM ao servidor com intervalos de 30 segundos entre elas. Como pode ser visto no gráfico da Figura 20, a coleta realizada com o autor parado (linha vermelha do gráfico) apresentou melhor estabilidade.

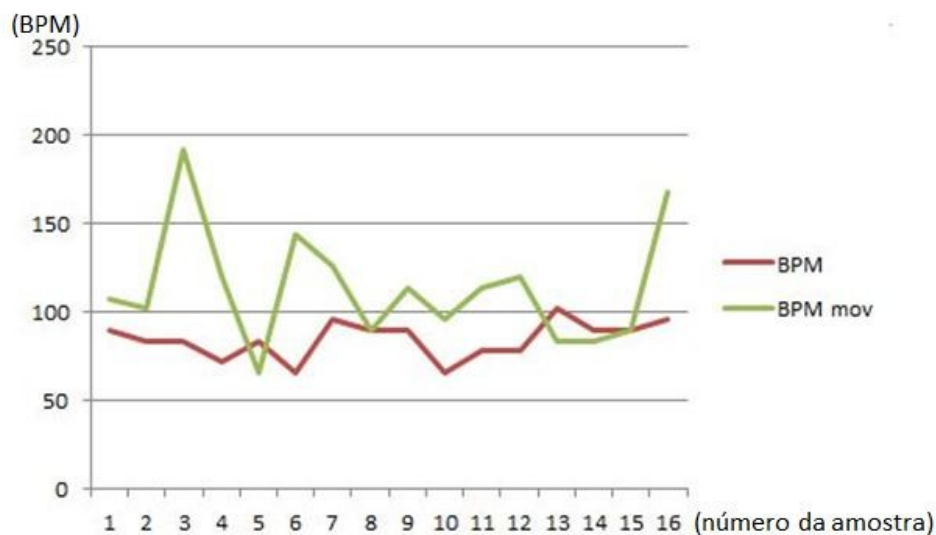


Figura 20 – Comparação da coleta de batimentos cardíacos com o indivíduo em movimento vs estático.

Em relação à aquisição do sistema de posicionamento, foram coletadas 115 amostras, onde cada qual corresponde ao envio da variável Posição (POS) ao banco de dados, com intervalo de 10 segundos entre as mesmas. O sistema não apresentou instabilidade e acertou 100% do posicionamento, gerando o gráfico representado na Figura 21.

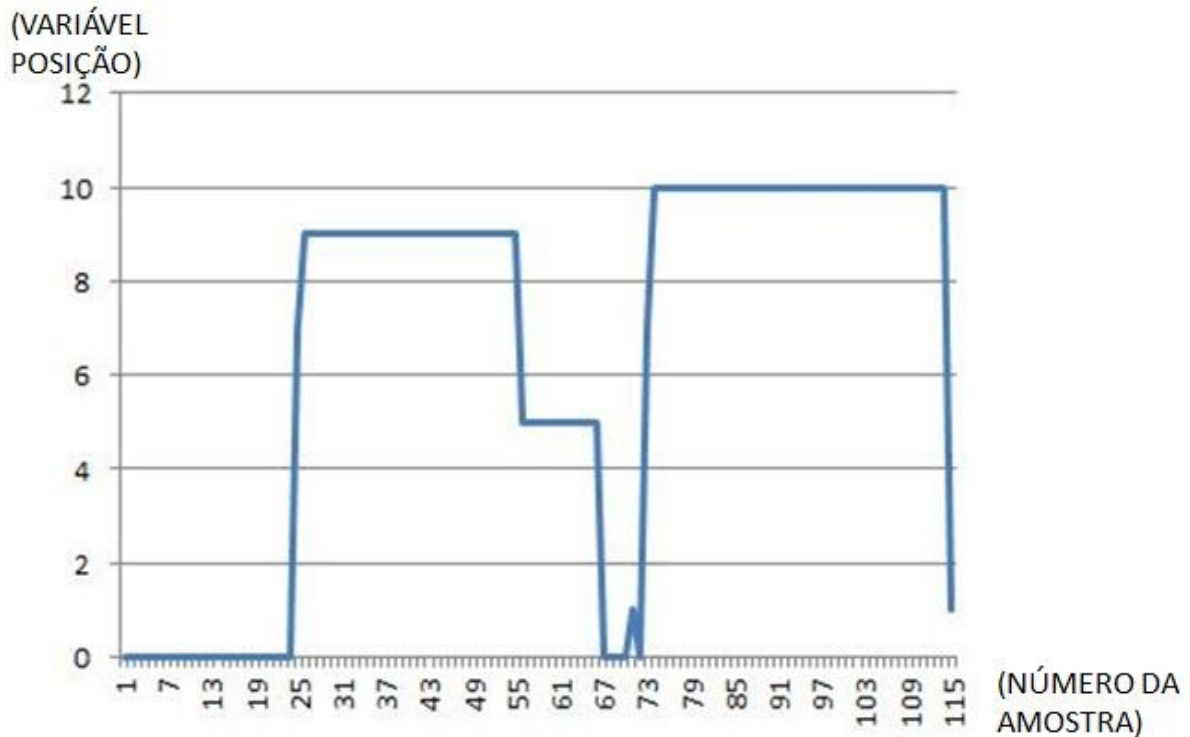


Figura 21 – Amostras coletadas pelo sistema de posicionamento.

Com relação à integração dos sistemas, durante o desenvolvimento e coleta dos dados, o projeto não apresentou instabilidade, persistindo e posteriormente apresentando 100% dos dados enviados. Este fato fica evidenciado nas Figuras 22 e 23 que representam, respectivamente, a leitura da base de dados do sistema via *software* phpmyadmin e a saída dos dados lidos pela página *web*.

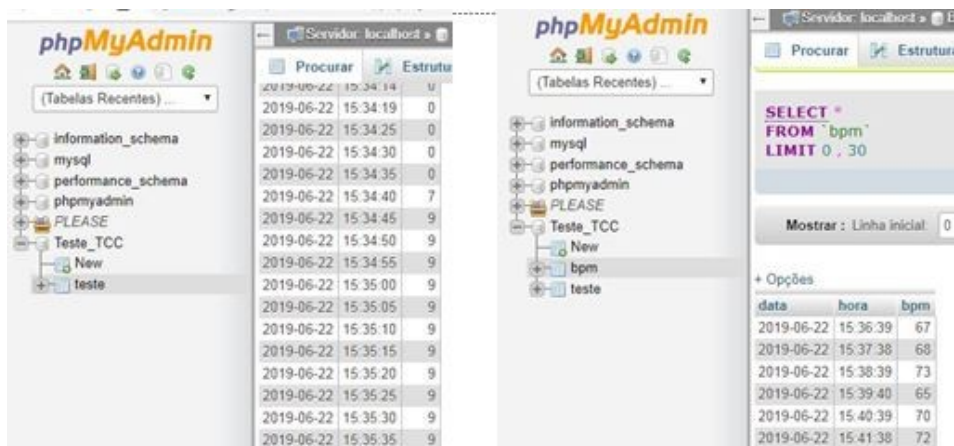


Figura 22 – Banco de dados com a tabela posição e a tabela bpm.

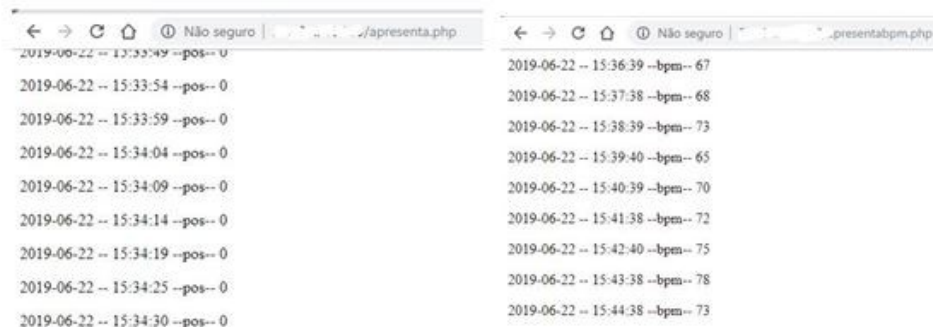


Figura 23 – Listagem dos dados nas páginas *web*: posição e bpm.

7. Conclusões

O sistema desenvolvido atingiu os objetivos ao realizar a integração entre os dispositivos conectados ao Nó Sensor – responsáveis pela leitura dos sinais do idoso - a Computação em Nuvem e o Aplicativo Cliente – utilizado pelos familiares e amigos do indivíduo monitorado.

No decorrer do desenvolvimento e a partir de pesquisas realizadas, foi possível escolher o protocolo de comunicação (no caso, o MQTT), mais apropriado ao tipo de aplicação desempenhada pelo sistema.

Em relação ao monitoramento de posição, o protótipo apresentou boa acuidade dos resultados dentro do universo das amostras coletadas submetendo o boneco de teste em diversas posições, ficando bem definidas as posições vertical e horizontal, ou seja demonstrando quando a pessoa está em pé ou deitada, o que de certa forma em conjunto com outros sinais vitais podem permitir a obtenção de padrões que indicam o estado de saúde de uma pessoa.

O monitor de frequência cardíaca, conforme identificado a partir dos resultados obtidos, apresentou baixa acuidade dentro do cenário apresentado neste projeto, com instabilidade de valores quando em movimento e dependendo da forma com que o indivíduo o manuseia. Tal condição deveu-se possivelmente ao fato de o mesmo ser um sensor de baixo custo, apropriado para o desenvolvimento de protótipos apenas. Sendo assim, a parte da monitoração da frequência cardíaca pode ser compreendida como uma etapa e ferramenta de estudos para o desenvolvimento de um sistema mais completo e confiável.

O sistema desenvolvido neste projeto demonstrou que a detecção dos sinais vitais, em conjunto com o potencial do desenvolvimento em Internet das Coisas(IoT), podem servir como subsídio para uma aplicação real de monitoramento, fazendo parte e complementando os sistemas de detecção de quedas já existentes.

Durante o desenvolvimento deste projeto foi possível fazer a integração e colocar em prática conhecimentos adquiridos durante o curso, relativos à área de análise e desenvolvimento de sistemas, tais como: Serviços de Redes, Metodologia de Pesquisa, Gerência e Qualidade de Projetos, Engenharia de *Software*, Banco de Dados, Desenvolvimento *Web*, Fundamentos de Programação, dentre outros.

Como trabalhos futuros, podem-se citar: a) A agregação com outros sistemas de aquisição de sinais vitais, como por exemplo os de detecção de quedas; b) Testes em cenários de casos reais, para permitir o aperfeiçoamento do sistema; c) Desenvolvimento de um algoritmo que possa fazer o reconhecimento de padrões comportamentais, em relação à rotina

de descanso, aumentando a eficiência dos sistemas de monitoramento; d) Desenvolvimento de um aplicativo *mobile* especializado e personalizado para aplicação de monitoramento de pessoas, com possibilidade de geração de alarmes quando detectado alguma anomalia no monitorado.

8. Referências Bibliográficas

ACHÔA, Yara. **Como medir seus batimentos cardíacos e calcular a frequência cardíaca** Disponível em: <<https://saude.ig.com.br/bemestar/como-medir-seus-batimentos-cardiacos/n1596962253003.html>>. Acesso em: 21 jun. 2019.

ARDUINO.cc. **Arduino MKR1000 WIFI.** Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mkr1000> Acesso em: 25 jun. 2019.

BARROS, Marcelo. **MQTT - Protocolos para IoT.** 2015. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/mqtt-protocolos-para-iot/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL; MCTIC – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÃO. **Aprofundamento de verticais – saúde.** Rio de Janeiro, Brasília, 2017. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/9e481a5b-a851-4895-ba7f-aa960f0b69a6/relatorio-aprofundamento-das-verticais-saude-produto7B.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m3mTltg>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

COLLUCCI, Claudia. **Número de idosos que moram sozinhos triplica em 20 anos.** Folha de São Paulo, São Paulo, 25 de dezembro de 2013. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/equilibrioesaude/2013/12/1389765-numero-de-idosos-que-moram-sozinhos-triplica-em-20-anos.shtml>> Acesso em 20 maio 2019.

ESTRELLA, Carlos. **O Que é PHP? Guia Básico de Programação PHP.** 2019. Disponível em: <<https://www.hostinger.com.br/tutoriais/o-que-e-php-guia-basico/>>. Acesso em: 21 jun. 2019.

ESTATÍSTICAS SOCIAIS. **Em 2017, expectativa de vida era de 76 anos.** 2018. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/23200-em-2017-expectativa-de-vida-era-de-76-anos>>. Acesso em: 25 maio 2019.

ERMES, M.; PÄRKKÄ, J.; MÄNTYJÄRVI, J.; KORHONEN, I.. **Detection of daily activities and sports with wearable sensors in controlled and uncontrolled conditions.** IEEE transactions on information technology in biomedicine: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, v. 12, n. 1, p. 20-6, 2008.

EVANS, Dave. **A Internet das Coisas Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo.** 2011. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37422002/Cisco-internet_of_things_iiot_ibsg_0411final.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1559537763&Signature=7eqoxR33vS0CmSe3CnKh%2F%2BPqsM%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DInternet_das_Coisas_-_Cisco.pdf>. Acesso em: 23 maio 2019.

FARIA, Fabricio Firmino de. **SEMANTICHUB: Um Arcabouço para Integração de Dados produzidos por Objetos da Internet das Coisas na Web de Dados interligados.** 98

f. Mestrado em INFORMÁTICA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro Biblioteca Depositária: NCE. 28/08/2013.

GODFREY, A.; CONWAY, R.; MEAGHER, D.; ÓLAIGHIN, G. **Direct measurement of human movement by accelerometry**. Medical engineering & physics, v. 30, n.10, p. 1364-86, 2008.

GOMES, Marcio Miguel. **ELIOT – Uma Arquitetura para Internet das Coisas: Explorando a elasticidade da Computação em Nuvem com alto desempenho**. 102 f. Mestrado em COMPUTAÇÃO APLICADA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS, São Leopoldo Biblioteca Depositária: UNISINOS 26/02/2015.

G1, **Socorro às vítimas de infarto deve ocorrer em até uma hora**. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/es/espírito-santo/especial-publicitario/hospital-meridional/um-olhar-para-a-saude/noticia/2019/01/02/socorro-as-vitimas-de-infarto-deve-ocorrer-em-ate-uma-hora.ghtml>>. Acesso em: 30 maio 2019.

G1, **EXPECTATIVA DE VIDA dos brasileiros sobe para 75,2 anos**, diz IBGE. G1 São Paulo.01 dez. 2015. Disponível em <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/12/expectativa-de-vida-dos-brasileiros-sobe-para-752-anos-diz-ibge.html>> Acesso em 05 jun 2016.

INTRODUÇÃO ao JSON. Disponível em: <<https://www.json.org/json-pt.html>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

LEMOS, Admar. **Detector de Quedas de Idosos**. Novembro de 2011. 45f.Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Positivo. Curitiba. 2011.

OASIS. **MQTT Version 3.1.1. OASIS Standard**. 29 de Outubro de 2014. Disponível em: <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqtt-v3.1.1-os.pdf> . Acesso em 17/11/2016.

OLIVEIRA, João; ABE, Kaya; FORNECK, Leandro; OLIVEIRA, Matheus. **Sistema de Monitoramento de Quedas para Pessoas com Deficiência Motora**. Curitiba. 2013.157f. Monografia. Engenharia de Computação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. CURITIBA.2013.

PARADELLA, Rodrigo. **Número de idosos cresce 18% em 5 anos e ultrapassa 30 milhões em 2017**. 2018. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/20980-numero-de-idosos-cresce-18-em-5-anos-e-ultrapassa-30-milhoes-em-2017>>. Acesso em: 29 maio 2019.

PORTAL Brasil. **PAÍS INVESTE em prevenção a doenças da terceira idade**. Portal Brasil. 01 abr 2012. Disponível em<<http://www.brasil.gov.br/saude/2012/04/pais-investe-em-prevencao-a-doencas-da-terceira-idade>> Acesso em 14 mai 2016.

PORTAL Brasil. **QUEDAS**. Portal Brasil. 17 abr 2012. Disponível em<<http://www.brasil.gov.br/saude/2012/04/quedas>> Acesso em 03 mai 2016.

PRADO, Eduardo. **Internet das Coisas: Uma “Babel” de Protocolos!** 2014. Disponível em:<<http://convergenciadigital.uol.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=site&infolid=37911>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

SANTOS, B. P., Silva, L. A., Celes, C. S., Borges, J. B., Peres, B. S., Vieira, M. M., . . . Loureiro, A. A. **Internet das Coisas: da Teoria à Prática**. 2016. Disponível em:<<https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

SILVA, Fernando Ginez da. **Reconhecimento de movimentos humanos utilizando um acelerômetro e inteligência computacional**. 2013. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos. São Paulo, 2013.

SILVA, Hayla Mattos. **Manual de prevenção de acidentes e primeiros socorros para cuidadores de idosos**. 2010. – Escola de Enfermagem, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. Disponível em <http://docplayer.com.br/4257521-Universidade-federal-do-rio-grande-do-sul-escola-de-enfermagem.html> Acesso em 02 mai 2016.

SILVA, Renata Gomes da, LEDEL, Leandro Camara, MARQUES, Daniela. **Sistema Domiciliar de Cuidados em Saúde: Mecanismo de Detecção de Quedas de Pessoas**. 2018. Artigo (Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) - Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Hortolândia, 2018.

SOUZA, Fábio. **Use o MQTT DASH para controlar uma lâmpada remotamente**. 2018. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/mqtt-dash/>>. Acesso em: 22 jun. 2019.

SOUZA, Fábio. **Conheça a nova Arduino MKR1000**. 2015. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arduino-mkr1000/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. 9. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda., 2011.

WEBSTER, John G. **Medical Instrumentation: Application and Design**. John Wiley & Sons, Inc., 4th edition, 2010.

YUAN, Michael. **Conhecendo o MQTT**. 2017. Disponível em: <<https://www.ibm.com/developerworks/br/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html>>. Acesso em: 06 jun. 2019.