



## **Sistemas de Informação Wearable aplicados à área da saúde.**

**SIMÃO PEDRO FONTES DO VALE MOREIRA**

outubro de 2017

# **Sistemas de Informação Wearable aplicados à área da saúde.**

**Simão Pedro Fontes do Vale Moreira**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Informática, Área de Especialização em  
Sistemas Computacionais**

**Orientador: Professor Doutor António Vieira de Castro**

**Júri:**

Presidente:

[Nome do Presidente, Categoria, Escola]

Vogais:

[Nome do Vogal1, Categoria, Escola]

[Nome do Vogal2, Categoria, Escola] (até 4 vogais)



# **Dedicatória**

Quero dedicar esta dissertação de mestrado a toda a minha família pelo seu apoio incondicional sem o qual não seria possível ultrapassar todas as dificuldades passadas e chegar ao fim da meta de conclusão do meu mestrado.



# Resumo

Com o avanço tecnológico dos smartphones veio por acréscimo um aumento na procura de dispositivos wearables e como tal várias empresas (Apple, Samsung, LG entre outros) têm procurado preencher a lacuna que tal procura proporcionou. Isto significa que uma enorme massa industrial tem vindo a ocupar este mercado em específico (dispositivos de wearables), e que por sua vez, se vai tornar num dispositivo do dia a dia das pessoas, o que torna este projeto mais desafiante.

A tecnologia wearable está relacionada tanto com a computação ubíqua e com a história e o desenvolvimento de computadores portáteis. Wearables tornam a tecnologia difundida interligando-a na vida das pessoas. Num mundo cada vez mais digital e da internet das coisas, não se pode deixar de ver a importância que os dispositivos móveis, mais precisamente os wearables estão a ter na vida de quem os utiliza.

A monitorização de sinais clínicos como, por exemplo, o nível de oxigénio no sangue, o batimento cardíaco ou a temperatura de um paciente obrigam por norma à intervenção de um profissional dedicado única e exclusivamente a essa tarefa (por exemplo, medir a pulsação ou a temperatura).

Neste sentido, este projeto tem por base, a implementação de um sistema para a monitorização de sinais vitais (batimentos cardíacos) em tempo real dos pacientes. Deste modo, consideramos que pode ser possível tornar mais simples e eficaz a monitorização de pacientes (por exemplo numa enfermaria) ou até monitoriza-la remotamente sem que o mesmo se tenha que se deslocar a um hospital ou a um centro de saúde para medir os parâmetros em causa. proporcionando ao profissional de saúde (médico) a monitorização remota do seu paciente.

No que diz respeito ao relatório em questão, será apresentado um estudo das API's, linguagens de programação, equipamentos, e todo um conjunto de ferramentas, que

vai permitir identificar quais as ferramentas mais indicadas para o projeto em questão, bem como a implementação de uma aplicação móvel para o sistema operativo Android.

**Palavras-chave:** API's, wearables, monitorização, saúde

# Abstract

With the technological advancement of smartphones, there has been an increase in the demand for wearable devices and as such several companies (Apple, Samsung, LG among others) have sought to fill the gap that such demand has provided. This means that a huge industrial mass has been occupying this particular market (wearables devices), and that in turn, becomes a day to day device of people, which makes this project more challenging.

Wearable technology is related to both ubiquitous computing and the history and development of portable computers. Wearables make technology widespread by connecting it to people's lives. In an increasingly digital world and the internet of things, one can not fail to see the importance that mobile devices, more precisely wearables are having in the lives of those who use them.

Monitoring of clinical signs such as blood oxygen level, heart rate or patient temperature, as a rule, requires the intervention of a professional dedicated solely and exclusively to this task (for example, measuring heart rate or blood pressure). temperature).

In this sense, this project is based on the implementation of a system for the monitoring of vital signs (heartbeats) in real time patients. In this way, we believe that it may be possible to make patient monitoring (for example in an infirmary) easier or more effective, or even remotely monitor it without having to go to a hospital or health Concerned. Providing the health professional (doctor) with remote monitoring of his patient.

With regard to the report in question, a study of APIs, programming languages, equipment, and a whole set of tools will be presented, which will allow to identify which tools are most appropriate for the project in question, as well as the implementation of a Mobile application for the Android operating system.

**Keywords:** APIs, wearables, monitoring, health



# Agradecimentos

Não posso deixar de agradecer a todos aqueles que me apoiaram ao longo da realização desta dissertação.

Ao meu orientador, Prof. Doutor António Vieira de Castro, docente do ISEP (Instituto Superior de Engenharia do Porto), investigador no GILT (*Graphics Interaction and Learning Technologies*) e diretor do LAMU (Laboratório Multimédia) pelos conhecimentos transmitidos e por todo a sua dedicação, apoio, incentivos e sempre pronta disponibilidade.

Todas as orientações e sugestões foram úteis e fonte de encorajamento.

Ao LAMU (Laboratório Multimédia do Departamento de Engenharia Informática do ISEP) pelo apoio ao desenvolvimento do presente estudo.

À minha namorada, Rosa Vale que ao longo deste período me apoiou incondicionalmente e compreendeu a minha ausência.

À minha família, pelo incentivo e apoio constante.

Aos colegas e amigos pelo companheirismo e apoio em todos os momentos desta etapa pela vossa amizade sempre numa conjuntura de fraternidade.

A todos os professores que fizeram parte do meu percurso académico, por tudo o que me transmitiram ao longo da minha formação académica.



# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1	Contexto .....	1
1.2	Problema.....	2
1.3	Objetivo e resultados esperados.....	3
1.4	Motivação .....	5
1.5	Estrutura da dissertação .....	6
<b>2</b>	<b>Contexto e Estado de Arte .....</b>	<b>9</b>
2.1	Detalhes sobre contexto e problemas .....	9
2.2	Análise de valor.....	9
2.2.1	Os 5 elementos do modelo de Peter Koen e descrição das técnicas de cada elemento.....	11
2.2.2	Value for customer Perceived value .....	12
2.2.3	Proposta de Valor .....	13
2.2.4	Modelo Canvas .....	14
2.3	A saúde e os wearables.....	15
2.4	O novo Homem Vitruviano .....	17
2.5	Estado da arte em soluções existentes .....	19
2.5.1	O iHealth Feel .....	20
2.5.2	A Xiaomi Mi Band S1 .....	21
2.5.3	O Garmin Vivosmart HR .....	22
2.5.4	Polar H7.....	23
2.5.5	Garmin Forerunner 610 .....	24
2.5.6	Microsoft Band .....	24
2.5.7	Fitbit charge 2 .....	25
2.5.8	A tecnologia Wearable. síntese.....	26
<b>3</b>	<b>Desenvolvimento do “HealthyCare” .....</b>	<b>29</b>
3.1	Soluções existentes identificadas no ponto 2 .....	30
3.2	Engenharia Reversa .....	31
3.3	Arquitetura geral do sistema. ....	33
3.4	Detalhado.....	34
3.5	Base de Dados.....	36
3.6	Comparação de alternativas.....	36
3.7	Sistema operativo android .....	37
3.7.1	Activity .....	39
3.7.2	Activity stack .....	40
3.8	Identificação de requisitos de sistema .....	41

3.9	Aplicação HealthyCare .....	41
3.9.1	Main activity .....	42
3.9.2	AddUtilizador activity .....	43
3.9.3	UpdateDeleteUtilizador activity .....	44
3.9.4	Scan activity.....	45
3.9.5	Leitura de batimentos cardíacos activity .....	46
3.9.6	Envio de mensagem de emergência.....	48
3.9.7	Código .....	49
3.9.8	Usabilidade do HealthyCare .....	53
3.9.9	Sensor de batimento cardíaco .....	53
3.9.10	Fatores que podem afetar o correto funcionamento do sensor.....	54
3.9.11	Visão global do sistema .....	54
<b>4</b>	<b>Avaliação .....</b>	<b>57</b>
4.1	Descrição de experiências e avaliação a realizar à solução .....	57
4.1.1	Que grandezas vão ser utilizadas para a avaliação do trabalho .....	58
4.1.2	Que hipótese ou hipóteses se pretende testar para suportar os resultados do trabalho .....	59
4.1.3	Qual a metodologia de avaliação.....	60
4.1.4	Como se pretende testar as hipóteses referidos no ponto 5.1.2 .....	61
4.1.5	Análise de resultados .....	61
<b>5</b>	<b>Conclusões e trabalho futuro .....</b>	<b>65</b>
5.1.1	Conclusões.....	65
5.1.2	Trabalho futuro .....	66

# Índice de Figuras

Figura 1 – Market Volume, Turnover Share, Growth Rate Compared to Previous Year .....	10
Figura 2 - Total Addressable Market of Active Gym Users .....	11
Figura 3 – Canvas .....	14
Figura 4 - Os werables para ajudar a monitorizar a saúde .....	15
Figura 5 -- Informações que os utilizadores pretendem receber a partir de tecnologias wearable .....	16
Figura 6 - Tendências das Werables .....	16
Figura 7 - O Homem Vitruviano de Leonardo da Vinci .....	18
Figura 8 O novo Homem Vitruviano.....	19
Figura 9 - iHealth Feel .....	21
Figura 10 – Xiaomi Mi Band S1.....	22
Figura 11 – Garmin Vívosmart HR.....	23
Figura 12 – Polar H7 .....	23
Figura 13 – Garmin Forerunner 610.....	24
Figura 14 – Microsoft Band .....	25
Figura 15 – Fitbit charge 2.....	26
Figura 16 - US Adult Wearable Users, 2014-2019.....	27
Figura 17 – Estrutura de classes e código .....	33
Figura 18 – Arquitetura de Sistema Geral.....	34
Figura 19 - Arquitetura de Sistema a Desenvolver .....	34
Figura 20 - Mobile Operating System Market Share in Portugal .....	37
Figura 21 – Arquitetura Sistema Operativo Android .....	38
Figura 22 – Ciclo de vida de uma activity .....	40
Figura 23 – Activity stack.....	41
Figura 24 – Main activity .....	42
Figura 25 – Main activity menu lateral .....	43
Figura 26 – Activity novo utilizador.....	44
Figura 27 – Activity atualiza/elimina utilizador.....	44
Figura 28 – Activity Scan .....	45
Figura 29 – Activity scan lista dispositivos .....	46
Figura 30 – MainActivity GPS .....	47
Figura 31 – MainActivity .....	47
Figura 32 – MainActivity Inicio de leitura .....	48
Figura 33 - Activity mensagem de emergência .....	49
Figura 34 – Mensagem de emergência .....	49
Figura 35 – Posição do dispositivo wearable .....	53
Figura 36 – Sensor de batimentos cardíacos .....	54
Figura 37 – Sistema da solução .....	54



# Índice de Tabelas

Tabela 1 – Benefícios e Sacrifícios.....	13
Tabela 2 - Resultados óbitos de um utilizador em repouso. ....	30
Tabela 3- Resultados óbitos de um utilizador em corrida.....	30



# Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Distribuição da população quanto ao género .....	62
Gráfico 2 - Distribuição da população quanto à idade.....	62
Gráfico 3 – Apresentação gráfica da solução.....	63
Gráfico 4 – Avaliação da facilidade de utilização .....	63
Gráfico 5 - Qualidade dos dados .....	64
Gráfico 6 - Resultados demonstrados.....	64



# Acrónimos e Símbolos

<b>API</b>	Interface de Programação de Aplicações
<b>IOS</b>	<i>Mobile Operating System</i>
<b>SDK</b>	<i>Software Development Kit</i>
<b>GPS</b>	<i>Global Positioning System</i>
<b>GSM</b>	<i>Global System for Mobile Communications</i>
<b>IPSS</b>	Instituição Particular de Solidariedade Social
<b>CSV</b>	Comma Separated Values
<b>XSL</b>	eXtensible Stylesheet Language
<b>PDF</b>	Portable Document Format
<b>UV</b>	Radiação ultravioleta



# Notações e Glossário

<b>Back-end</b>	Interface de administração do sistema de software.
<b>Front-end</b>	Parte do sistema de um software que interage diretamente com o utilizador.
<b>Hardware</b>	Componentes físicos de um dispositivo ou sistema informático.
<b>Layout</b>	Organização espacial de todos os elementos que compõem uma página.
<b>Link</b>	Uma hiperligação ou uma ligação a um documento.
<b>MySQL</b>	Sistema de gestão de base de dados, que utiliza a linguagem SQL com interface.
<b>Open source</b>	Código aberto.
<b>Smartphone</b>	Telefone, com funcionalidades avançadas que podem ser estendidas por meio de programas executados pelo seu sistema operativo.
<b>Usabilidade</b>	Facilidade de uso das interfaces gráficas.
<b>Web</b>	Termo usado para representar World Wide Web.
<b>Software</b>	Programas, ficheiros, é a parte lógica de um sistema informático.
<b>Smartwach</b>	Relógios inteligentes.



# 1 Introdução

Neste capítulo são apresentados alguns conteúdos de modo a contextualizar e facilitar a leitura sobre o tópico. Além do contexto do mesmo, é explicado o problema a resolver e a metodologia utilizada para o desenvolvimento e escrita desta tese, assim como as questões mais relevantes que dela advêm. Mais que isso, são apresentados os objetivos, resultados esperados, bem como a análise de valor do projeto.

## 1.1 Contexto

O presente projeto faz parte da disciplina Tese/Dissertação do mestrado em Engenharia Informática, ramo de Sistemas Computacionais, realizado no ISEP (Instituto Superior de Engenharia do Porto).

O projeto a ser desenvolvido para a tese de mestrado está inserido num contexto de saúde, em que o objetivo principal é o de ajudar os profissionais de saúde na gestão de monitorização dos sinais vitais (batimentos cardíacos, temperatura corporal, entre outros) dos seus pacientes, com isto pretende-se que seja possível uma monitorização autónoma, e assim contribuir para um sistema nacional de saúde mais eficiente, bem como aplicar esta solução em IPSS como foi o caso dos testes realizados nesta solução, os quais são descritos no sexto capítulo.

Para que seja possível concretizar este objetivo, vai ser desenvolvida uma aplicação móvel em conjunto com um dispositivo wearable, que possa permitir a leitura dos

batimentos cardíacos dos pacientes, e assim ser possível uma monitorização contínua do mesmo.

A escolha do tema deveu-se essencialmente ao meu grande interesse pela área de aplicações de saúde, nesse sentido vai ser efetuado um estudo de uma API baseada em REST, e desenvolvida uma aplicação móvel com sistema operativo Android, que se liga a um dispositivo wearable para recolha de informação dos sinais vitais (batimentos cardíacos).

O aparecimento dos Web Services tem provocado mudanças a nível da integração das aplicações, isto porque com este tipo de serviço existe uma maior otimização de processos. Os Web Services permitem utilizar os benefícios que a internet oferece (jogos online, aplicações multimédia, entre outras) para criar um serviço que permita a que dispositivos distintos troquem dados entre si (comunicar) – mesmo que esses serviços estejam escritos em linguagens (ou sistemas operativos) diferentes.

Assim, esta tese de mestrado foca-se numa primeira parte no estudo de tecnologias que permitem a troca de informação estruturada na implementação de uma aplicação mobile e um dispositivo wearable juntamente com Web Services, tais como o protocolo SOAP e a arquitetura REST. Numa segunda parte, é realizada a implementação da aplicação mobile, que estará ligada a um dispositivo wearable.

## **1.2 Problema**

A tecnologia wearable está relacionada tanto com a computação ubíqua e com a história e o desenvolvimento de computadores portáteis. Wearables tornam a tecnologia difundida interligando-a na vida das pessoas. Num mundo cada vez mais digital e da internet das coisas, não se pode deixar de ver a importância que os dispositivos móveis, mais precisamente os wearables estão a ter na vida de quem os utiliza. A monitorização de sinais clínicos como, por exemplo, o nível de oxigénio no sangue, o batimento cardíaco ou a temperatura do paciente obrigam por norma à

intervenção de um profissional dedicado única e exclusivamente a essa tarefa (por exemplo, medir a pulsação ou a temperatura).

Neste sentido, pretendemos analisar o potencial de utilização de tecnologias wearable para proporcionar informação clínica em tempo real dos pacientes. Para o efeito, pretendemos implementar uma solução que possa contribuir para uma minimização do problema. Deste modo, considera-se que pode ser possível tornar mais simples e eficaz a monitorização de pacientes (por exemplo numa enfermaria) ou até fazer monitorizam remota sem que o mesmo se tenha que se deslocar a um hospital ou a um centro de saúde para medir os parâmetros em causa. proporcionando ao profissional de saúde (médico) a monitorização remota do seu paciente.

O objetivo máximo é tornar o dia a dia das pessoas o mais confortável possível. Após a apreensão dos conhecimentos necessários, nomeadamente no que diz respeito ao tema em questão, será necessário identificar API's, Linguagens de Programação adequadas, Equipamentos, e todo um conjunto de ferramentas uteis, para promover a forma mais adequada de implementação de modo a ajustar o protótipo à necessidade real das pessoas.

### **1.3 Objetivo e resultados esperados**

Pretende-se criar uma aplicação que irá auxiliar os profissionais de saúde na monitorização dos sinais clínicos dos seus pacientes, e assim permitir que os pacientes sejam autónomos na medição dos sinais vitais (medir a pulsação ou a temperatura), sem que seja necessário a presença de um profissional de saúde. Esta ideia base é o ponto de partida para o desenvolvimento de uma aplicação mobile, em conjunto com um dispositivo wearable, juntamente com um estudo de uma ligação a servidor web, onde os dados relativos às medições de cada paciente, se possam armazenar no mesmo, como forma de backup, não existindo ainda nenhuma solução deste género no mercado, o que motivou para a realização deste projeto de tese.

Numa primeira fase, ainda de protótipo, pretende-se chegar ao número máximo de utilizadores, de forma que a aplicação se espalhe e se torne conhecida junto da classe médica. Posteriormente, com a aplicação já conhecida e aceite, poder-se-á alargar horizontes e possivelmente aumentar o público-alvo. Daí, numa fase inicial se desenvolver a aplicação para a plataforma *Android*, pois esta lidera o mercado possuindo cerca de 900 milhões de utilizadores(Tristan Louis, 2013) e posteriormente incluir a portabilidade para iOS e *Windows Phone*.

A aplicação será desenvolvida com foco no sucesso, cada atividade e cada função será muito bem pensada, com interfaces intuitivas e simbologia fáceis para o entendimento do utilizador. A aplicação será realizada a pensar no utilizador, e é por isso muito importante a realização de um estudo prévio sobre o que as pessoas pensam sobre este tipo de solução, bem como dos profissionais de saúde.

Pontos importantes a identificar:

- Explorar e apreender os conceitos técnicos relacionados com a tecnologia Wearable;
- Identificar API's para desenvolvimento da aplicação em Andorid Studio;
- Implementação da solução mobile;
- Personalização da solução/adaptação ao cliente;
- Testar a aplicação e validar aspetos funcionais para ajudar a resolver o problema.

O resultado esperado para esta solução consiste em detetar transições e agir conforme a transição do utilizador, ou seja, uma solução que seja capaz de fazer uma monitorização constante dos sinais vitais de uma pessoa através do uso de um dispositivo wearable e um smartphone.

Pretende-se que a aplicação a ser desenvolvida permita receber dados do utilizador (idade, peso e altura), guardar e utilizá-los para a análise do batimento cardíaco. Caso este valor ultrapasse valores aceitáveis, é desencadeado um conjunto de alertas, que podem ser de vibração do dispositivo wearable, ou até mesmo uma mensagem de emergência enviada através do smartphone, bem como um alerta sonoro.

## **1.4 Motivação**

O conhecimento é algo que se adquire ao longo da vida e, provavelmente é nos nossos dias um dos maiores ativos que qualquer pessoa pode ter.

Torna-se indispensável a atualização do conhecimento e sobretudo a sua aquisição no que concerne a novas tecnologias emergentes.

Verificando-se que uma das áreas tecnológicas em franca expansão é a das wearable devices e dada a sua estreita correlação com a área da programação e da Engenharia Informática foi natural sentir-me motivado pelo desafio lançado pelo orientador de interligar wearable devices com a área da saúde.

Sendo o autor do presente estudo Engenheiro Informático e com um gosto especial pelas novas tecnologias foi também altamente motivante perceber que este estudo poderia contribuir para o desenvolvimento de uma solução que pudesse paralelamente ajudar a monitorizar a saúde de outras pessoas.

O facto de exercer funções numa instituição que presta cuidados continuados aos utentes, sobretudo aos mais idosos, uma vez que trabalho no departamento de Informática da Santa Casa da Misericórdia de Barcelos mostrou-se motivante, sobretudo pelo facto de poder futuramente implementar a solução na instituição.

Nos últimos anos começou a ter algumas interações com dispositivos wearable, sobretudo pela prática desportiva, e sempre se sentiu motivado e interessado em perceber o processo de interligação desses dispositivos com soluções de software desenvolvidas à medida.

Este estudo irá finalmente abrir portas a esse novo conhecimento sendo possível perceber de imediato que a inexistência de SDK ( ) para a maioria dos dispositivos previamente analisados levaria a um estudo de Reverse Engineering que também representaria um desafio motivador.

## **1.5 Estrutura da dissertação**

Este estudo está dividido em 5 capítulos. No primeiro capítulo, é desenvolvido um enquadramento e contextualização do problema. São identificados os principais problemas relacionados com a monitorização dos sinais vitais dos pacientes, estabelecidos os objetivos e os motivos que estão na base do presente estudo.

No segundo capítulo está descrito o contexto e problema da tese, neles se pode perceber a ideia de negócio, os processos, intervenientes e as restrições existentes, ainda no segundo capítulo está descrita a análise de valor, o estado da arte das soluções existentes no mercado bem como o estado da arte em tecnologia relevante para o problema.

No terceiro capítulo.

No quarto capítulo são abordadas as soluções existentes identificadas no segundo capítulo, bem como uma análise e descrição da engenharia reversa que foi aplicada para a realização da solução. De seguida está descrito o design da solução, ou seja, neste capítulo encontrasse a arquitetura da solução em detalhe, a descrição do modelo de dados, bem como as alternativas existentes. É apresentada toda a lógica da solução, isto é, é descrito todo o desenvolvimento da solução, desde o seu ambiente gráfico, bem como o código mais relevante criado no desenvolvimento da solução.

No quinto capítulo é descrita a metodologia de avaliação da solução, ou seja, as grandezas a serem usadas para a avaliação da solução, as hipóteses a serem testadas, a metodologia de avaliação e como vão ser testadas as hipóteses, bem como a análise

anteriormente realizada, são retiradas ilações da implementação do protótipo desenvolvido e identificadas as suas virtudes.

Por ultimo, no sexto capítulo da presente dissertação, são retiradas as respectivas conclusões e perspectivas de trabalho futuro, respetivamente.



## **2 Contexto e Estado de Arte**

### **2.1 Detalhes sobre contexto e problemas**

O projeto desta tese de mestrado, tem um potencial bastante elevado, pelo facto de se tratar de uma solução que permite abranger todas as pessoas de todas as faixas etárias, também por ser um dispositivo de monitorização não invasivo.

Segundo um estudo da PORDATA de 2015, em Portugal existem 10.562.178 indivíduos(PORDATA, 2015b), o que podemos afirmar que existem 10.562.178 potenciais utilizadores desta solução. Como o foco principal desta solução está direccionada para a saúde, a sua integração no sistema nacional de saúde, pode ser um dos parceiros de negócio, uma vez que a sua utilização prevê que seja feita a dispensa de um profissional de saúde para a sua utilização, e segundo os dados referentes ao número de habitantes por enfermeiro e o número de habitantes por médico que são respetivamente 152 habitantes e 213 habitantes(PORDATA 2015), sendo uma notória discrepância de valores, esta solução tenta aumentar a disponibilidade que esses mesmos profissionais, já sendo de número reduzido possam disponibiliza-la para outros serviços.

### **2.2 Análise de valor**

Ao longo dos últimos anos, foi visível o aparecimento de uma vasta gama de dispositivos wearable. As novidades das tecnologias atraem as pessoas que buscam os

equipamentos mais modernos e sofisticados, com novas funcionalidades, de acordo com o seu estilo de vida e o apelo ao desejo criado pelo Marketing. As novas tecnologias vão aparecendo sucessivamente e vão criando cada vez mais oportunidades para a sociedade. Nos tempos que correm, custa até imaginar, não concebemos, a nossa vida sem as tecnologias e o seu uso diário e frequente. Quando não temos um telemóvel, podemos usar um tablet ou mesmo um smartphone quase sempre ao alcance da mão, e cada vez mais parecem computadores, com uma grande variedade de aplicações para ajudar no nosso dia-a-dia além do extra de poder fazer chamadas, sem ser pela rede. No decorrer da evolução, as tecnologias móveis passaram a ser uma ferramenta multiusos, complexa e essencial no dia a dia qualquer pessoa. Dados referentes estudo realizado por “GfK TEMAX”(GfK, 2017), confirmam esta visão geral sobre o uso das tecnologias móveis, o mercado português de produtos tecnológicos cresceu, segundo os dados “No Q5 de 2016” foi o sector foi que apresentou melhores resultados: 9 milhões de Euros. Os smartphones são os principais impulsionadores deste mercado, continuam a alavancar este sector, com crescimento a rondar os 28% em 2016.(GfK, 2017)

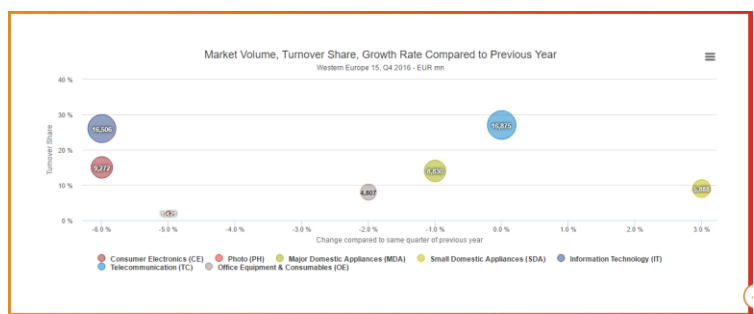


Figura 1 – Market Volume, Turnover Share, Growth Rate Compared to Previous Year

Segundo o artigo “The Market for Smart Wearable Technology” o mercado de dispositivos wearables está em forte crescimento, assumindo que esses mesmos dispositivos ajudam as pessoas a ser mais saudáveis e que será uma óbvia oportunidade de compra para a maioria da população. Nessa base, obtiveram previsões de que o mercado crescerá entre 2 bilhões de dólar e 5,1 bilhões de dólar até 2018 (Hunn, 2014)

<sup>1</sup> Figura 1 (GfK, 2017)

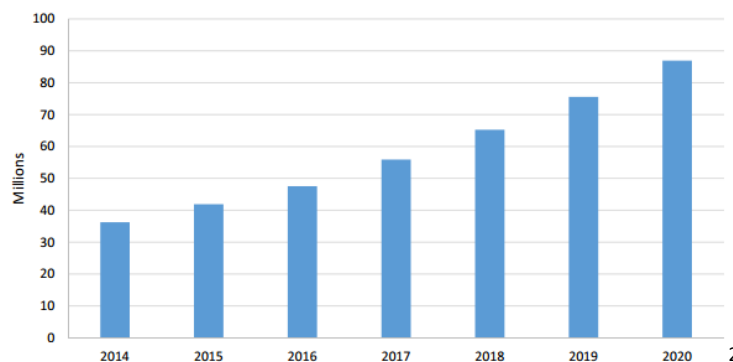


Figura 2 - Total Addressable Market of Active Gym Users

De seguida, irão ser apresentadas as respostas às questões relativas ao questionário Análise de Valor, o qual se encontra disponível no moodle.

### 2.2.1 Os 5 elementos do modelo de Peter Koen e descrição das técnicas de cada elemento.

Os 5 elementos chave do modelo “the new concept development model” (NCD) são:

- Identificação das oportunidades:** A oportunidade contida para a realização deste projeto de tese, consiste no potencial bastante elevado deste tipo de soluções, dado se tratar de uma solução que permite abranger todas as pessoas de todas as faixas etárias, uma vez que se trata de um dispositivo de monitorização não invasivo, ou seja, como o foco principal desta solução está direcionada para a saúde, a sua integração no sistema nacional de saúde, pode ser uma das grandes oportunidades neste segmento de mercado, bem como todos os mercados correspondentes à área da saúde (público, privado).
- Análise de oportunidades:** Em Portugal existem 10.562.178 indivíduos (PORDATA, 2015b), o que podemos afirmar que existem 10.562.178 potenciais utilizadores desta solução. Segundo os dados referentes ao número de habitantes por enfermeiro e o número de habitantes por médico que são

<sup>2</sup> Figura 2 (Hunn, 2014)

respetivamente 152 habitantes e 213 habitantes(PORDATA 2015), o que torna esta solução bastante atrativa para o seu desenvolvimento.

- **Geração de ideia:** em conjunto com os vários intervenientes do projeto efetuou-se um brainstorming para apresentar várias ideias de forma a solucionar o problema encontrado. Foram realizadas reuniões, no sentido de explorar e perceber quais as ferramentas que melhor se adequam à solução a ser desenvolvida.
- **Seleção da ideia:** após a análise das várias ideias que foram surgindo, a solução encontrada foi a criação de um sistema que permita a utilização de um smartphone, visto que nos dias de hoje, é quase impossível pensar em mobilidade de uma solução sem pensar em dispositivos móveis (smartphone, tablets, entre outros).
- **Definição do conceito:** o conceito da solução a ser desenvolvida consiste na utilização de um dispositivo wearable acompanhado de uma aplicação para dispositivos móveis na qual será possível medir os sinais vitais (frequência cardíaca) da pessoa a utilizar.

### 2.2.2 Value for customer Perceived value

A emergência das novas tecnologias permite às empresas a personalização de produtos, serviços, comunicação e preço no sentido de conquistar e prolongar a relação com o cliente.

Uma perspetiva frequente e comum em muitas organizações é a de que criar e entregar valor superior aos clientes, aumentando o valor da organização(Slywotzky, 1996). Para Woodruff(Woodruff, 1983), o valor do cliente deve ser assumido na perspetiva dos clientes de uma organização, considerando o que querem e acreditam que vão obter com a utilização de um produto/serviço. Na década de 80, Zeithaml(Zeithaml, 1988) definiu o valor do cliente como sendo a avaliação global do consumidor sobre a utilidade do produto, baseada na perceção do que é recebido e do que é dado em troca.

Independentemente da abordagem académica a seguir, para cada uma das conceções existe um denominador comum que é uma ênfase no cliente e na sua importância para a organização. Há que considerar que os conceitos de valor ao cliente diferem das circunstâncias em que os clientes percebem e avaliam o valor.

Assim de acordo com a tabela 3 e de acordo com Rust (Roland T. Rust, Katherine N. Lemon, 2004), a solução tecnológica proposta neste projeto de tese tem como benefícios para o cliente, a enumerar os seguintes:

Tabela 1 – Benefícios e Sacrifícios

Domínio / âmbito	Produto	Relacionamento
Benefícios	Qualidade do produto Tecnologia Inovadora Informação precisa	Confiança Credibilidade
Sacrifícios	Preço Tempo	Tempo Esforço

### 2.2.3 Proposta de Valor

A solução a ser desenvolvida nesta tese, ao nível do produto a apresenta várias propostas de valor a ele associado, que serão descritas seguidamente.

A base desta solução consiste na monitorização em tempo real dos sinais vitais (batimentos cardíacos) de um paciente, assim sendo a primeira proposta de valor para este produto é o de monitorização em tempo real. A segunda proposta de valor, tem como objetivo o de desenvolver uma solução que permita a leitura dos sinais vitais sem que o mesmo seja doloroso ou invasivo, assim sendo a segunda proposta de valor é uma solução de monitorização não invasiva. Por último, mas não menos importante, a solução tem que permitir que a leitura dos sinais vitais do paciente seja feita de forma a não necessitar de um profissional de saúde, portanto como proposta de valor temos uma solução autónoma (não requer pessoal médico para a monitorização).

Pontos essenciais como proposta de valor:

- Garantir e manter uma monitorização precisa e fiável.
- Garantir uma interface de utilização simples e limpa.
- Garantir uma constante atualização e manutenção.
- Baixo custo de investimento;
- Uma referência no mercado;

## 2.2.4 Modelo Canvas

Para descrever o modelo de negócio é utilizado o modelo canvas, visto ser um modelo curto e sintético de fácil leitura. Na figura 3 é apresentado o modelo CANVAS para este projeto.

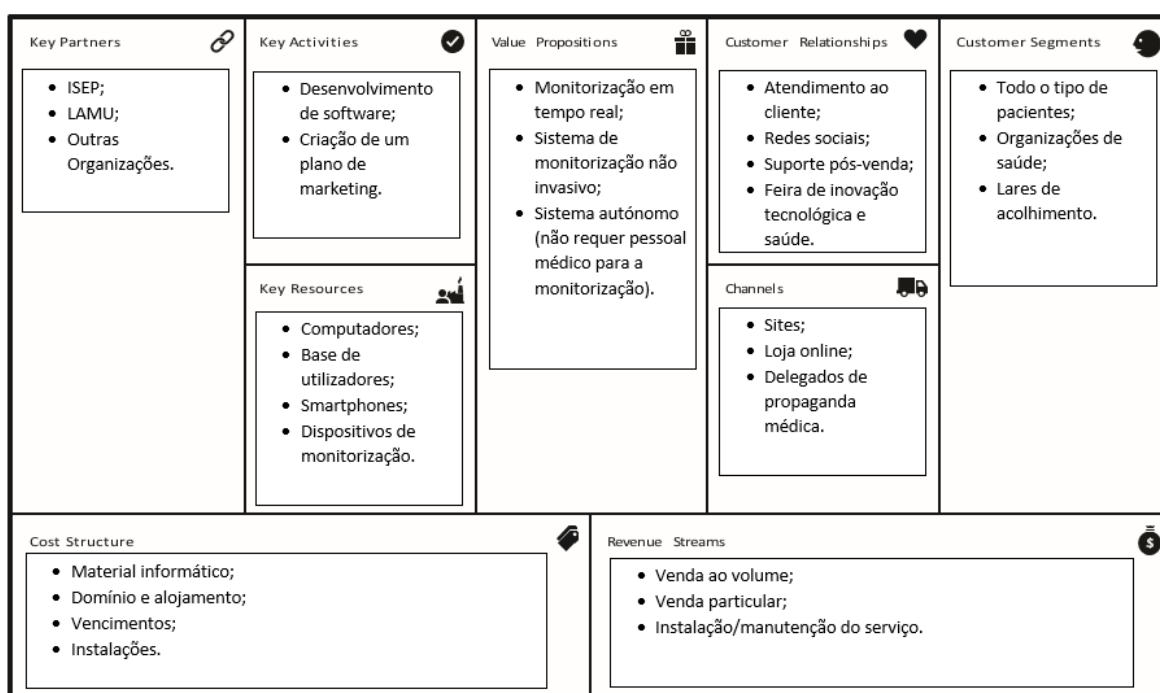


Figura 3 – Canvas

## 2.3 A saúde e os wearables

Nos últimos anos, fruto do aparecimento dos dispositivos wearable foi possível verificar o aparecimento de inúmeras aplicações e dispositivos focalizados na saúde do cidadão.

Inicialmente os Wearables chegaram ao mercado vindo de empresas nascentes como a Fitbit, Jawbone e Peeble, que perceberam a oportunidade de trabalhar como alguns nichos de mercado como Fitness por exemplo.

Dado o sucesso dos vestíveis nestes nichos, rapidamente despertou o interesse das gigantes da tecnologia que começaram a investir no setor, como a Samsung, a Apple e a Microsoft, ampliando assim o leque de oportunidades para esse tipo de dispositivos.

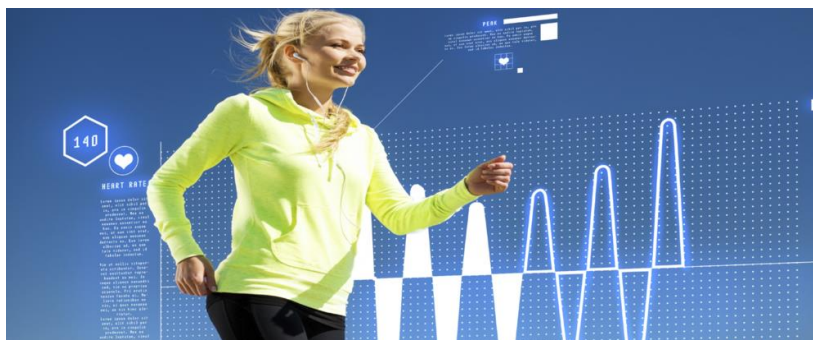


Figura 4 - Os wearables para ajudar a monitorizar a saúde<sup>3</sup>

Os dispositivos wearables, ou seja, dispositivos que podem ser facilmente acoplados ao nosso corpo, como pulseiras, relógios, óculos, lentes de contato, roupas, entre outros, começam a mudar um pouco as nossas vidas sobretudo a vida daqueles que mais se preocupam com a sua saúde.

Estes dispositivos “vestíveis” possuem hardware que utilizam tecnologias para captar dados biométricos ou ajudar os utilizadores a melhorar a sua experiência.

De acordo com um estudo recente da PWC<sup>4</sup> (The wearable future), nesta primeira fase os dispositivos vestíveis tendem a ser utilizados por jovens do sexo masculino com idade de 18 a 34 anos, porém começamos a verificar que tanto homem quanto mulheres de uma faixa etária entre os 35 e os 54 anos, está por vir. Além disso, segundo a mesma

<sup>3</sup> Imagem disponível em <http://cucohealth.com/blog/wearables-saude>

<sup>4</sup> <https://www.pwc.com/>

pesquisa, em cada 3 pessoas (estudo americano), 1 tem interesse em adquirir um dispositivo wearable.

No gráfico seguinte, disponibilizado no portal cucohealth é possível verificar que tipo de informações os consumidores pretendem receber a partir de tecnologias wearables:

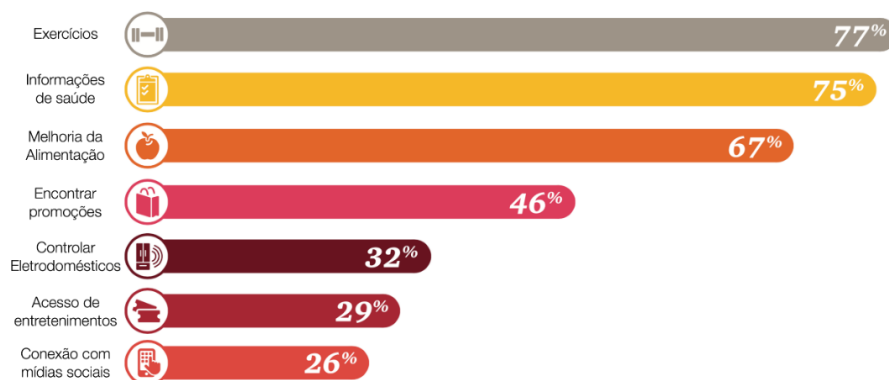


Figura 5 -- Informações que os utilizadores pretendem receber a partir de tecnologias wearable <sup>5</sup>

O mesmo estudo refere ainda o tipo de dispositivos wearable que os consumidores demonstraram mais interesse em adquirir nos próximos 12 meses que se apresenta na figura seguinte:

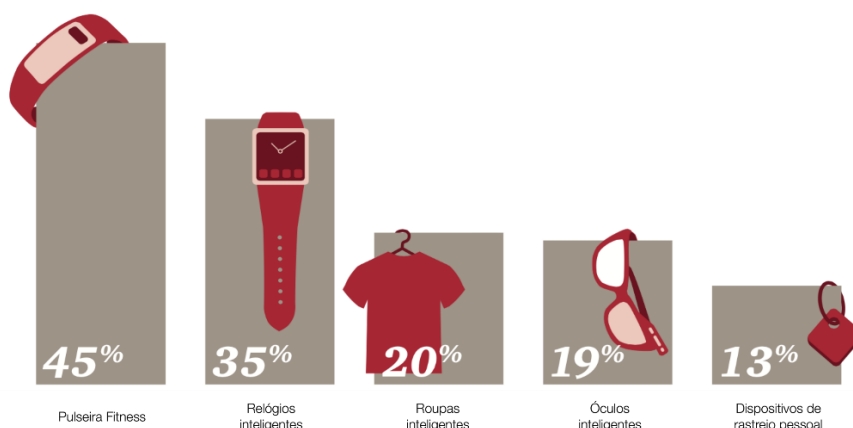


Figura 6 - Tendências das Wearables <sup>6</sup>

<sup>5</sup> Imagem disponível em <http://static1.squarespace.com/static/569ec24e1c1210ba26149a91/56b132c774e8d6aea5e2a5d5/56b132ca74e8d6aea5e2a60e/1454453450440/gr%C3%A1fico-wearables1.png?format=original>

<sup>6</sup> Imagem disponível em <http://static1.squarespace.com/static/569ec24e1c1210ba26149a91/56b132c774e8d6aea5e2a5d5/56b132ca74e8d6aea5e2a60e/1454453450440/gr%C3%A1fico-wearables1.png?format=original>

Como se pode observar, o segmento mais afetado com os Wearables é o da Saúde pelo que o grande desafio das empresas de tecnologia é sobretudo fazer com que provedores de saúde, médicos, investigadores e pacientes compreendam as possibilidades de implementar melhorias no sistema recorrendo a estes dispositivos e analisar a possibilidade de soluções que possam ser utilizadas de forma massiva.

O estudo refere que num futuro próximo, os Wearables poderão apresentar aos utilizadores não apenas dados, mas também análises mais complexas aos pacientes justificando o investimento em wearables.

É agora fundamental o direcionamento de investimentos para software que possibilite integrar wearables com médicos, hospitais, clínicas e pacientes, e que estimulem uma melhoria na saúde, trazendo integração social entre os utilizadores e parceiros da saúde.

## **2.4 O novo Homem Vitruviano**

Assim como os dispositivos móveis e a internet móvel mudaram nosso comportamento, imagine o possível impacto dos wearables em áreas como o fitness, a medicina, o ambiente corporativo ou mesmo no campo militar.

O Homem Vitruviano de Leonardo da Vinci é um desenho famoso que acompanhava as notas feitas pelo artista por volta do ano 1490 num dos seus diários. Descreve uma figura masculina nua separada e simultaneamente em duas posições sobrepostas com os braços inscritos num círculo e num quadrado.

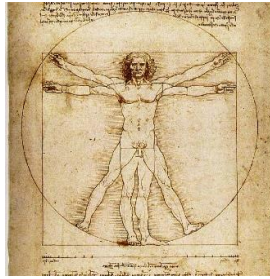


Figura 7 - O Homem Vitruviano de Leonardo da Vinci <sup>7</sup>

A cabeça é calculada como sendo um oitavo da altura total e o desenho e o texto são chamados por vezes de Cânone das Proporções. Examinando o desenho, podemos ver que a combinação das posições dos braços e pernas formam quatro posturas diferentes sendo que atualmente existem wearables para bastantes partes do corpo com as mais variadas funções sendo que com alguns deles é possível medir resultados da combinação das diferentes posturas dos membros humanos.

Em abril de 2013 a Forrester (North American Technographics® Consumer Technology Survey 2013<sup>8</sup>) realizou uma pesquisa on-line realizada a 4.656 indivíduos de 18 a 88 anos. Com base em uma amostra escolhida aleatoriamente desse tamanho (N = 4.656), existe 95% de confiança de que os resultados têm uma precisão estatística de mais ou menos 1,4% do que seria se toda a população de indivíduos on-line dos EUA de 18 anos ou mais tivesse sido pesquisada.

Um dos pontos era a pergunta: “Como você estaria interessado vestir/usar um dispositivo inteligente, supondo que seja de uma marca que você confia, oferecendo um serviço que é do seu interesse?”. Vejamos os resultados na imagem abaixo.

---

<sup>7</sup> <https://www.google.pt/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiD7Zqq-ITXAhWkXhoKHaHJDr4QjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.desenhoonline.com%2Fsite%2Fo-que-e-o-homem-vitruviano%2F&psig=AOvVaw3c3O-9nfgdBwi3ldWaFDDN&ust=1508786079553356>

<sup>8</sup> <https://www.forrester.com/North+American+Technographics+Consumer+Technology+Survey+2013/-/E-SUS2092>

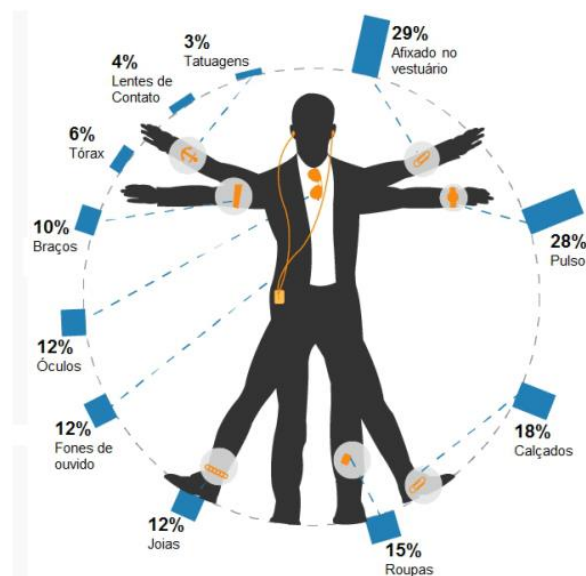


Figura 8 O novo Homem Vitruviano<sup>9</sup>

Como pode ver-se o vestuário e o pulso são os preferidos pelos utilizadores.

Este novo Homem Vitruviano verá o seu comportamento afetado pela tecnologia.

A verdade é que as organizações devem estar atentas e antecipar-se a mudanças significativas no comportamento dos cidadãos. Não podemos ignorar as novas tendências tecnológicas, e a chave do sucesso é estar preparado, com processos e tecnologias que possam garantir flexibilidade, inovação.

Estamos convictos que a sua aplicação em saúde (mesmo que isso implique a monitorização remota do paciente) pode trazer vantagens consideráveis para o cidadão.

## 2.5 Estado da arte em soluções existentes

Um dispositivo wearable com monitor de frequência cardíaca tornou-se num recurso bastante apetecível nos dias de hoje. A leitura da frequência cardíaca é uma métrica que permite, ter uma visão de como o coração trabalha tanto durante o repouso como

9

[https://media.licdn.com/mpr/mpr/shrinknp\\_800\\_800/AAEAAQAAAAAAAAANVAAAIGIxNzcwM2ZlLWYyMzYtNDNJNS1jZTlxLTA3ZjhhM2FIMjIONQ.jpg](https://media.licdn.com/mpr/mpr/shrinknp_800_800/AAEAAQAAAAAAAAANVAAAIGIxNzcwM2ZlLWYyMzYtNDNJNS1jZTlxLTA3ZjhhM2FIMjIONQ.jpg)

g

durante o exercício físico. Para os atletas profissionais como para profissionais de saúde que necessitam de analisar os seus pacientes, a qualidade de precisão do monitor de frequência cardíaca faz uma enorme diferença, nos resultados para avaliação do mesmo.

Foi realizado um estudo pelo Dra. Suzanne Steinbaum, cardiologista e diretora de Saúde do Coração da Mulher Coração e do instituto vascular do hospital do monte de Lenox em New York City, em que testaram vários dispositivos wearable, juntamente com uma máquina de teste Quinton Cardiac Science Q-Stress (uma máquina de ECG de grau médico) como um controle, para comparação.(Mike Prospero, 2016)

Em relação as soluções analisadas neste estudo, existem vários produtos capazes de verificar a nossa frequência cardíaca com um elevado nível de eficácia. Usando diferentes técnicas (pulseiras com sensor de batimentos cardíacos, led da câmara do telefone), entre outros. Os seguintes produtos são exemplos das várias soluções analisadas.

### **2.5.1 O iHealth Feel**

O iHealth Feel é um dispositivo que permite a medição da pressão arterial, bem como conjugar esses dados com um registo de atividade. É um dispositivo de pressão arterial sem fios, o que permite a visualização das leituras através de uma aplicação móvel. O dispositivo iHealth Feel está disponível para os sistemas operativos moveis andorid e ios, no caso do sistema operativo da Microsoft o mesmo não está disponível. O dispositivo tem uma barrita de 400mAh o que permite efetuar até 80 medições com uma única carga, necessita de pelo menos de uma hora e trinta minutos para tem a carga completa da bateria, em relação à sua memoria interna, permite armazenar até 200 medições. O dispositivo permite criar lembretes para media a pressão arterial, e exportar os dados em vários formatos, como por exemplo: CSV, XLS e PDF. A ligação do dispositivo com o smartphone é estabelecida através da tecnologia Bluetooth 3.0. Na figura 4 está representado o dispositivo e a aplicação mobile (Barker, 1993)



Figura 9 - iHealth Feel <sup>10</sup>

### 2.5.2 A Xiaomi Mi Band S1

O dispositivo da marca Xiaomi, permite fazer a leitura dos batimentos cardíacos de uma forma contínua e conjugar as leituras juntamente com as leituras de um acelerómetro que está incorporado no dispositivo, permitindo perceber se o utilizador está em movimento ou se está parado. O dispositivo tem uma bateria de 41mAh, o que permite ter uma autonomia em uso intensivo de 21 dias, o que dependendo do uso pode chegar aos 51 dias. O dispositivo permite que seja definido uma hora para o despertar e o mesmo começa a vibrar, permite medir a qualidade do sono, ou seja, o dispositivo recolhe dados enquanto o utilizador estiver a dormir, e assim medir a qualidade do sono, permite também receber notificações do smartphone, como por exemplo as chamadas não atendidas, as mensagens recebidas entre outras. É possível desbloquear o smartphone com a proximidade da pulseira com o mesmo. A pulseira comunica com o smartphone através da tecnologia Bluetooth 4.0, e está disponível para os sistemas operativos mobile Android e IOS. (Xiaomi-Mi, 2016)

<sup>10</sup>

[https://www.google.pt/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewiG8Kyn\\_ITXAhXK1xoKHaT2B7oQjRwiBw&url=https%3A%2F%2Fwww.phonearena.com%2Fnews%2F5-smart-connected-blood-pressure-monitors-that-connect-to-Android-and-iOS-devices\\_id85218&psig=AOvVaw3CWA7Aye6vbclJ\\_nfGGMFE&ust=1508787153314756](https://www.google.pt/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewiG8Kyn_ITXAhXK1xoKHaT2B7oQjRwiBw&url=https%3A%2F%2Fwww.phonearena.com%2Fnews%2F5-smart-connected-blood-pressure-monitors-that-connect-to-Android-and-iOS-devices_id85218&psig=AOvVaw3CWA7Aye6vbclJ_nfGGMFE&ust=1508787153314756)



Figura 10 – Xiaomi Mi Band S1

### 2.5.3 O Garmin Vivosmart HR

O dispositivo Garmin Vivosmart HR o monitor de atividade inteligente vivosmart HR com tecnologia de leitura do ritmo cardíaco, mede o ritmo cardíaco no pulso 24 horas O leitor de batimento cardíaco, do vivosmart HR fornece informações de calorias queimadas e quantifica a intensidade das atividades de fitness. Permite a utilização do HR vivosmart como pulseira de leitura de batimentos cardíaco no pulso, se estiver emparelhado com outros dispositivos Garmin compatíveis. O dispositivo tem um sensor que é um altímetro barométrico, que permite que o mesmo consiga medir os andares que o utilizador subiu. É possível com este dispositivo receber notificações do smartphone, como por exemplo, as chamadas recebidas, as mensagens recebidas, e controlar o sistema de multimédia. O dispositivo da Garmin tem uma autonomia de até cinco dias de utilização normal e de um máximo de dois dias com uma utilização intensiva. A ligação com o smartphone é feita através do sensor Bluetooth 4.0 e permite o seu uso debaixo de água, com um certificado IP67. (Garmin Ltd., 2016)

---

<sup>11</sup> Imagem disponível em: <http://www.mi.com/en/miband/>



12

Figura 11 – Garmin Vivosmart HR

#### 2.5.4 Polar H7

Polar H7 é um dispositivo que é composto por uma fita elástica, que permite ser colocado à volta da região do tórax. O Polar H7 contém um sensor que mede a frequência cardíaca e o esmo tem uma precisão elevada devido à sua colocação da região do tórax. Este dispositivo tem disponível uma aplicação que permite acompanhar a leitura das frequências cardíacas. O dispositivo só está disponível para os sistemas operativos móveis android e ios, para o sistema operativo Microsoft o mesmo não tem aplicação. A bateria do Polar H7 é composta por uma pilha circular, o que não permite que a mesma seja carregada, o que implica a sua substituição. O dispositivo tem um sensor Bluetooth 4.0, o que possibilita a sua ligação com um smartphone com os sistemas operativos indicados anteriormente (Polar, no date).



13

Figura 12 – Polar H7

---

<sup>12</sup> Imagem disponível em: <https://buy.garmin.com/pt-PT/ES/p/548743>

<sup>13</sup> Imagem disponível em: [https://www.polar.com/pt/produktos/accessorios/H7\\_sensor\\_de\\_frequencia\\_cardiaca](https://www.polar.com/pt/produktos/accessorios/H7_sensor_de_frequencia_cardiaca)

### 2.5.5 Garmin Forerunner 610

O dispositivo Garmin Forerunner 610 é um relógio de treino que permite ser usado para um uso de desporto intensivo. O dispositivo tem um visor sensível ao toque o que permite ao utilizador aceder mais facilmente as funções do relógio de uma forma mais rápida e intuitiva, permite uma recolhas de dados dos seguintes sensores: recolhe a distancia percorrida e a posição atual através do sensor de GPS, permite medir o ritmo cardíaco, permite definir alertas de vibração para o tempo, distância e ritmo cardíaco. O garmin forerunner 610 é resistente à chuva, suor e salpicos, sendo possível o seu uso em atividades físicas exteriores, devido ao seu certificado IPX7. O dispositivo tem uma autonomia de quatro semanas em modo de poupança de energia e de oito horas em modo de treino. O dispositivo só está disponível para os sistemas operativos móveis android e ios, para o sistema operativo Microsoft o mesmo não tem aplicação (Garmin Ltd., 2016).



14

Figura 13 – Garmin Forerunner 610

### 2.5.6 Microsoft Band

O dispositivo desenvolvido pela Microsoft incorpora dez sensores de entre os quais, um sensor de frequência cardíaca ótico, o que permite uma leitura mais precisa em relação ao sensor por fecho de luz, tem um sensor de gps, que permite medir as distâncias percorridas no treino bem como saber a localização do utilizador, tem um sensor de UV, que permite ao utilizador saber a intensidade de radiação ultravioleta, tem um sensor

---

<sup>14</sup> Imagem disponível em: <https://garmin.com/pt-PT/ES/p/84374>

de luz ambiente, o que permite regular a luz do visor consoante a quantidade de luz existente no ambiente de forma automática, tem um sensor de temperatura da pele, entre outros. O dispositivo recebe notificações do smartphone, como por exemplo: receber as chamadas não atendidas e as mensagens recebidas. O dispositivo da Microsoft tem uma autonomia de até 2 dias com uma carga completa e para um uso intensivo. O dispositivo da Microsoft pode ser usado nos sistemas operativos, android, ios e Microsoft (Microsoft, 2016).



15

Figura 14 – Microsoft Band

### **2.5.7 Fitbit charge 2**

A Fitbit charge 2 é uma pulseira que permite o seu uso para a prática de desporto, contém um sensor de batimentos cardíacos, contém um sensor de gps, que permite ao utilizador medir as distâncias percorridas e saber a sua localização. É possível usar a Fitbit charge 2 como um centro de notificações, uma vez que a mesma permite receber notificações de chamadas não atendidas, de mensagens recebidas e de alertas de calendário. O dispositivo tem uma autonomia de cinco dias para um uso normal e de um dia e meio de autonomia para um uso intensivo. O dispositivo da Fitbit pode ser usado nos sistemas operativos, android, ios e Microsoft, através do seu sensor de Bluetooth 4.0 (Fitbit, 2016).

---

<sup>15</sup> Imagem disponível em: <https://www.microsoft.com/microsoft-band/en-us>



16

Figura 15 – Fitbit charge 2

### **2.5.8 A tecnologia Wearable. síntese**

A tecnologia wearable está relacionada com a computação ubíqua e com a história do desenvolvimento de computadores wearable. Através da história e do desenvolvimento da computação portátil, os pioneiros têm tentado aumentar ou ampliar a funcionalidades dos dispositivos wearables, como por exemplo, no vestuário, ou na criação de dispositivos wearables como acessórios capazes de fornecer características sensoriais, tais como o biofeedback e funções fisiológicas. (Tehrani, Kiana, 2014)

A recente popularização de wearables pode ser creditada também à Google, ao anunciar seu projeto Google Glass. Glasses (óculos com capacidade de processamento e realidade aumentada) e smartwatches (relógios inteligentes) são os principais equipamentos wearable disponíveis para o público em geral. Quando se fala em dispositivos wearable as aplicações a eles associados então mais relacionadas principalmente para as áreas da saúde e lazer. O uso destes dispositivos também tem despertado o interesse por parte do turismo, pelas técnicas de realidade aumentada, que se pode desenvolver. (Saul Delabrida, 2016)

Os dispositivos wearables movimentaram cerca de 28 bilhões de dólares no ano de 2016 em todo o mundo, 11 bilhões foram referentes smartwatches, o mais popular dos dispositivos wearables. Nos Estados Unidos houve um crescimento de 60% de

---

<sup>16</sup> Imagem disponível em: <https://www.fitbit.com/charge2>

utilizadores de dispositivos wearable em 2016, e que no ano de 2017 tenha um aumento superior a 17%, como indica na figura 8.(eMarketer, 2015)

<b>US Adult Wearable Users, 2014-2019</b>						
	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Wearable users (millions)</b>	<b>25.1</b>	<b>39.5</b>	<b>63.7</b>	<b>74.8</b>	<b>81.7</b>	<b>86.7</b>
—% change	72.2%	57.7%	61.3%	17.4%	9.2%	6.1%
—% of internet users	12.2%	18.7%	29.5%	33.9%	36.5%	38.3%
—% of population	10.2%	16.0%	25.5%	29.6%	32.0%	33.6%

*Note: individuals ages 18+ who wear accessories or clothing at least once per month that is embedded with electronics, software or sensors with the ability to connect to the internet (via built-in connectivity or tethering) and exchange data with a manufacturer, operator or other connected devices*  
*Source: eMarketer, Oct 2015*

198643

www.eMarketer.com<sup>17</sup>

Figura 16 - US Adult Wearable Users, 2014-2019

<sup>17</sup> Figura 10 (eMarketer, 2015)



### **3 Desenvolvimento do “HealthyCare”**

Neste capítulo é analisada a tecnologia em dispositivos wearables existente para o uso neste projeto de tese, bem como a escolha do dispositivo a partir da análise realizada e a sua justificação, como também é descrito o processo de engenharia reversa aplicado neste projeto de tese.

De seguida vão ser descritos todos os desenvolvimentos efetuados para a implementação da aplicação, desde a parte gráfica ao código desenvolvido para o seu funcionamento. Numa primeira parte é retratada a tecnologia usada para o desenvolvimento, desde a arquitetura do sistema operativo android e a sua estrutura.

A segunda parte deste capítulo contém a demonstração da interface gráfica da aplicação, ou seja, todos os ecrãs da aplicação são descritos e apresentados sobe forma de imagem, desde o ecrã de inicio da aplicação até ao ecrã de leitura dos batimentos cardíacos.

Por último, são apresentados trechos do código mais importante da aplicação, de entre os quais, o código de procura de dispositivos Bluetooth, o de guardar o dispositivo na base de dados, o código responsável pela leitura de batimentos cardíacos por parte do dispositivo wearable e por último o código responsável pelo envio da mensagem de emergência com a localização do utilizador.

### 3.1 Soluções existentes identificadas no ponto 2

Segundo o estudo realizado por Mike Prospero em 2016, o dispositivo de frequência cardíaca mais preciso foi a pulseira de frequência cardíaca polar H7. Em comparação a uma máquina de eletrocardiograma os valores do Polar H7 nunca tiveram acima de 1 ou 2 batimentos por minuto de diferença em relação a máquina EKG. E de todos os modelos testados foi o mais rápido a iniciar a leitura dos batimentos cardíacos. Mas tem uma desvantagem em relação aos outros modelos analisados, visto que em termos de designe não é tão pratico se ser usado uma vez que necessita de estar colocado à volta do tórax e é de dimensões elevadas, já os restantes modelos funcionam como uma simples pulseira e de pequenas dimensões. (Mike Prospero, 2016)

De seguida são apresentados os valores referentes ao teste realizado pelo estudo mencionada anteriormente.

Tabela 2 - Resultados óbitos de um utilizador em repouso.

<b>Produto</b>	<b>Varição entre o dispositivo e o EKG</b>
Apple Watch	2-3
Fitbit Blaze	1-2
Fitbit Charge HR	1-2
Garmin Forerunner 235	1-2
Garmin vivosmart HR	2-3
Polar H7	1

Tabela 3- Resultados óbitos de um utilizador em corrida.

<b>Produto</b>	<b>Varição entre o dispositivo e o EKG</b>
Apple Watch	2-3
Fitbit Blaze	2
Fitbit Charge HR	4

Garmin Forerunner 235	2-3
Garmin vivosmart HR	2-3
Polar H7	1-2

Após a análise dos dispositivos que foram analisados neste ensaio o Polar H7 é o melhor dispositivo para a monitorização, mas como o objetivo é ter um dispositivo o menos invasivo possível e visto que a diferença entre o Polar H7 e o dispositivo Garmin vivosmart HR segundo o estudo não é muito diferente talvez seja a melhor opção a ter em conta, mas o seu valor é bastante elevado com um custo de 150€(Garmin Ltd., 2016), em relação por exemplo ao dispositivo da Xiaomi, referido no ponto 2 deste relatório, que tem um custo de aproximadamente 15€.(Xiamoi-Mi, 2016).

O dispositivo da Xiaomi usa a mesma tecnologia para a leitura dos batimentos cardíacos, como o dispositivo Garmin vivosmart HR, que é um sensor de luz que em contacto com a pele consegue detetar a variação do sangue que passa pela artéria, através da quantidade de luz que é retornada. Este tipo de sensor não é tão preciso como as fitas do tórax como é usado no Polar H7, visto que esta não se encontra perto do coração, mas sim no pulso.

Após analisar todos os dispositivos a escolha recaiu sobre o wearable da Xiaomi com o principal motivo o preço, visto que é substancialmente mais económico que o wearable da Garmin.

### **3.2 Engenharia Reversa**

Engenharia reversa é o processo de perceber o funcionamento de um dispositivo ou sistema, através da análise da sua estrutura, funções e operações. A engenharia reversa consiste como exemplo, desmontar uma máquina para tentar perceber como a mesma funciona, algo necessário para se perceber o seu funcionamento.

Após a escolha da pulseira Xiaomi Mi Band 1S foi necessário aplicar a engenharia reversa na aplicação fornecida pelo dispositivo visto que a marca Xiaomi não

disponibiliza um SDK para a criação de uma aplicação que faz uso dos recursos disponíveis pelo dispositivo.

O processo de engenharia reversa envolveu o uso de uma técnica de descompilação da aplicação, que faz uso de duas aplicações, ambas são open source.

APKTool é uma aplicação que permite descompilar o ficheiro com a extensão .apk, a extensão usada pelas aplicações Android, e assim permitir ter acesso à estrutura de pastas e ficheiros de toda a aplicação.(Connor Tumbleson, 2010)

Dex2jar é uma aplicação que permitir descompilar os ficheiros com a extensão .dex, que são os ficheiros onde se encontram as classes .java da aplicação em questão, as quais foram extraídas pela aplicação APKTool, e assim permitir perceber como é possível interagir com o dispositivo wearable, tanto para a comunicação com o wearable, bem como saber como usar os recursos que o mesmo disponibiliza.(Pan, 2015)

Após aplicar a engenharia reversa com as aplicações descritas anteriormente, foi possível perceber como funciona o dispositivo, mas surgiram alguns contratempos devido ao facto de o código apresentado estar codificado, isto é, todo o código extraído estava com os métodos, parâmetros e variáveis com a seguinte apresentação:

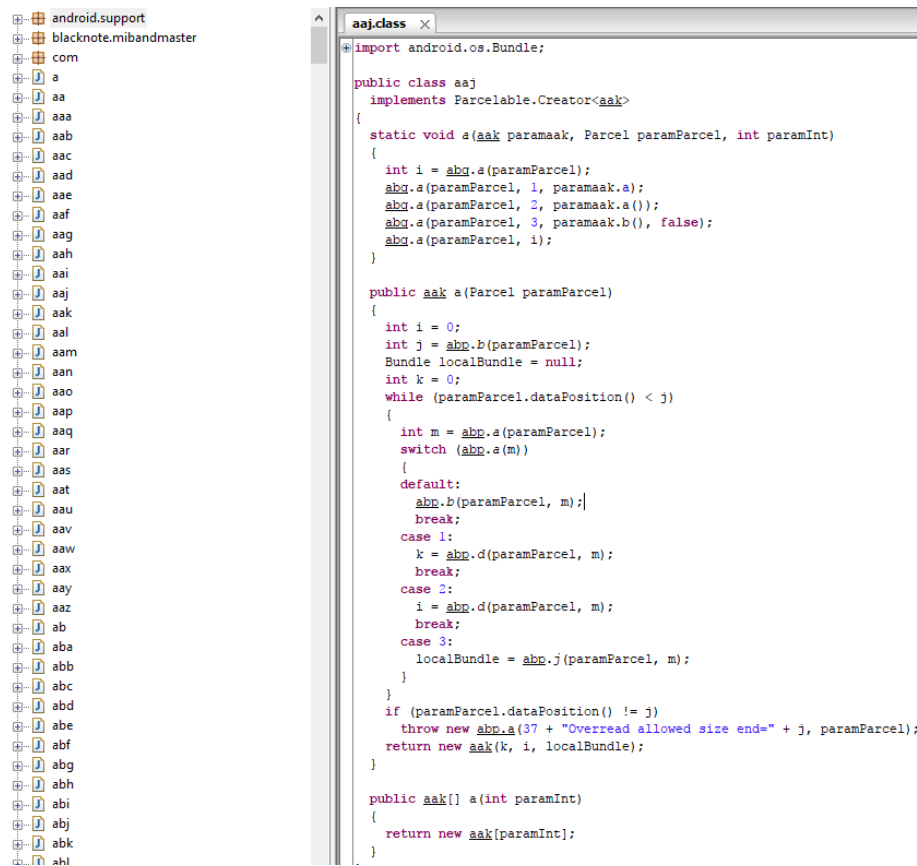


Figura 17 – Estrutura de classes e código

Como é possível visualizar pela imagem anterior, foi complicado perceber como é que todo o código extraído funcionava, o que levou ao facto de não ser possível usar todas as funcionalidades do dispositivo, entre os quais, o sensor de acelerómetro, acesso ao nível da bateria, entre outros. Mas após analisar todo o código foi possível perceber como funcionava a comunicação com o sensor de Bluetooth e o sensor de batimentos cardíacos.

### 3.3 Arquitetura geral do sistema.

Nesta sessão é apresentada a arquitetura do sistema a ser estudado e desenvolvido. Será apresentada e explicada a arquitetura na qual o projeto é assente, bem como a estrutura e componentes dos elementos essenciais. Na figura 10 é apresentada a arquitetura do sistema da solução a ser estudada.

Nesta arquitetura estão presentes os seguintes componentes: um dispositivo wearable, um dispositivo mobile, um servidor e por fim uma aplicação cliente. No ponto seguinte vai ser detalhado todo o desenvolvimento a ser estudado e a ser implementado para a arquitetura correspondente.

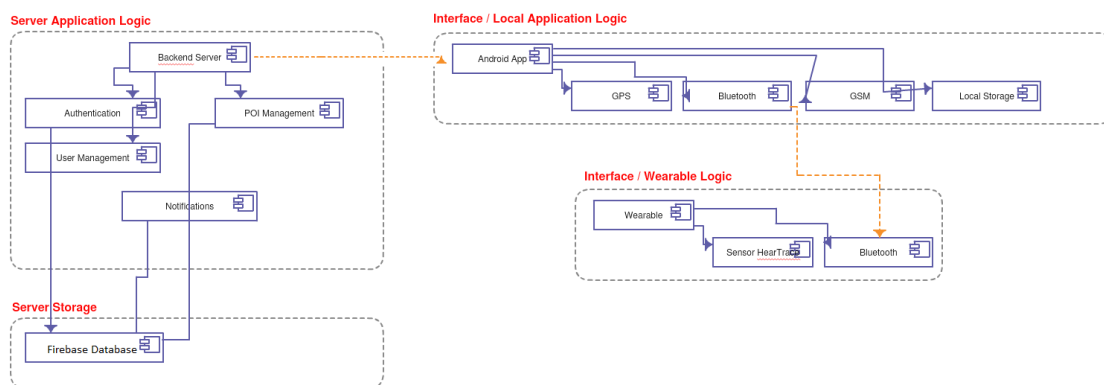


Figura 18 – Arquitetura de Sistema Geral

A figura 11 apresenta a arquitetura do sistema a ser desenvolvida, que consiste na utilização de um dispositivo wearable que faz ligação com um dispositivo mobile através de uma ligação Bluetooth, que por sua vez recebe dados referentes à leitura dos sinais vitais do utilizador.

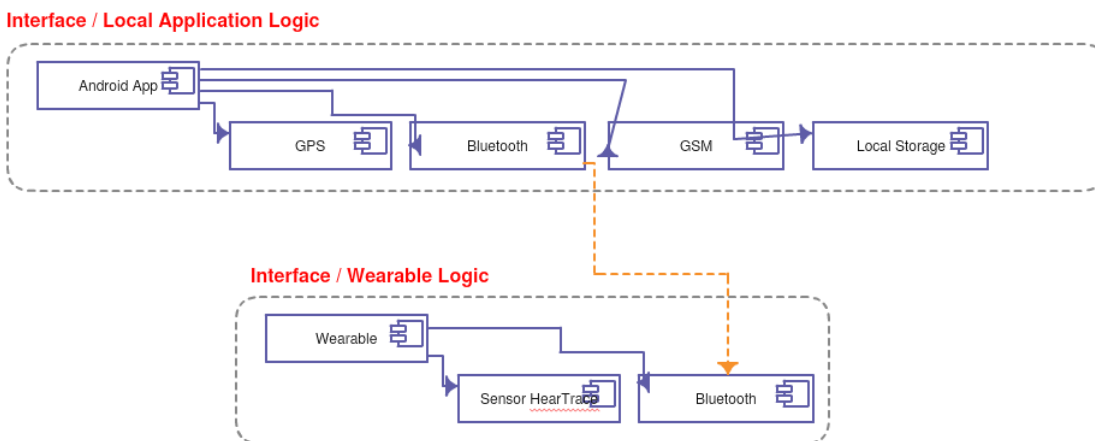


Figura 19 - Arquitetura de Sistema a Desenvolver

### 3.4 Detalhado

A primeira questão relativa à arquitetura do software é a forma de armazenamento da informação inserida e acedida pela aplicação. Neste caso, irá ser feito um estudo das

soluções existentes para a implementação de um sistema de backup online, em que é usado o serviço Firebase para o armazenamento dos dados online.(Google, 2015)

Firebase é um serviço online que possui várias funcionalidades que permitem facilitar o desenvolvimento para sistemas móveis, em seguida é apresentado algumas dessas mesmas funcionalidades:

- Autenticação;
- Relatórios de erros;
- Database;
- Real time.

Estas são algumas das funcionalidades que o serviço Firebase permite usar, database é uma delas e é o serviço a ser usado neste projeto, com o objetivo de ser implementado um serviço de backup dos dados da aplicação num servidor, que neste caso é um serviço que é disponibilizado de forma gratuita, com as seguintes limitações:

- Conexões simultâneas - 100;
- Armazenamento – 1GB;
- Downloads - 10GB/mês.

A arquitetura sugerida neste caso está presente na figura 9, em que na mesma base de dados irão estar todos os utilizadores registados. Trata-se de uma arquitetura cliente-servidor, em que cada cliente tem acesso à sua informação, que está presente na base de dados, no servidor. Cada cliente faz pedidos à base de dados do servidor, obtendo as respostas para as informações que pretende.

Para a implementação do sistema irá ser feito o armazenamento dos dados na própria aplicação mobile Android, o que neste caso é pretendido usar o SQLite que é um sistema de gestão de base de dados que está inserido no Android.

O sistema operativo a ser usado para a implementação da solução é o Android, que é um sistema operativo móvel da Google. Trata-se de um sistema livre, open source, que é inspirado no sistema operativo Linux, estando assente no Kernel Linux, embora siga

caminhos novos de gestão de memória e processos e tenha configurações distintas em relação a este último sistema. Este sistema operacional Android utiliza uma máquina virtual, que tem como objetivo a otimização de memória e recursos de hardware de dispositivos. Este sistema operacional Android possibilita o desenvolvimento de aplicações móveis para telemóveis, tablets, relógios, entre outros vários objetos, obtendo o máximo proveito das funcionalidades que os dispositivos podem oferecer.

Em relação à comunicação entre o dispositivo wearable e a aplicação Android vai ser usado o Bluetooth como meio de comunicação, visto que todas as soluções identificadas no ponto 2.3 usam Bluetooth como meio de comunicação, e a norma que é utilizada é Bluetooth 4.0.

### **3.5 Base de Dados**

Como foi referido no ponto 4.2, os dados vão ser armazenados na própria aplicação Android, usando o SQLite que é um sistema de gestão de base de dados que está inserido no Android. Trata-se de um sistema que permite a integração de bases de dados leves para gerir comandos de SQL, possibilitando um acesso fácil a tabelas e registos sem recorrer a um servidor remoto, não necessitando de qualquer configuração inicial ou instalação. Este é um sistema portátil, fácil de usar, eficiente e confiável.(David, 1995)

### **3.6 Comparação de alternativas**

Como alternativa ao sistema operativo para o desenvolvimento da aplicação, existem no mercado vários outros sistema operativos moveis, IOS (*Mobile Operating System*), Windows Phone, entre outros. Após uma análise de mercado de qual o sistema operativo móvel mais usado, concluiu-se que é o sistema operativo Android, como é possível visualizar na figura 11, onde é apresentada a percentagem de número de utilizadores em Portugal entre fevereiro de 2016 e fevereiro de 2017(Anon, 2017).

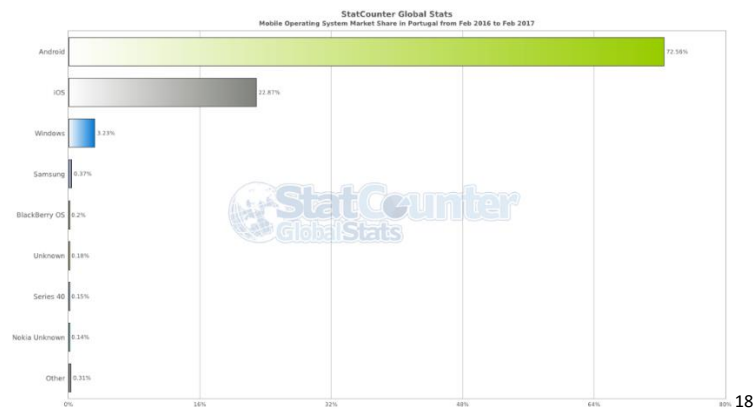


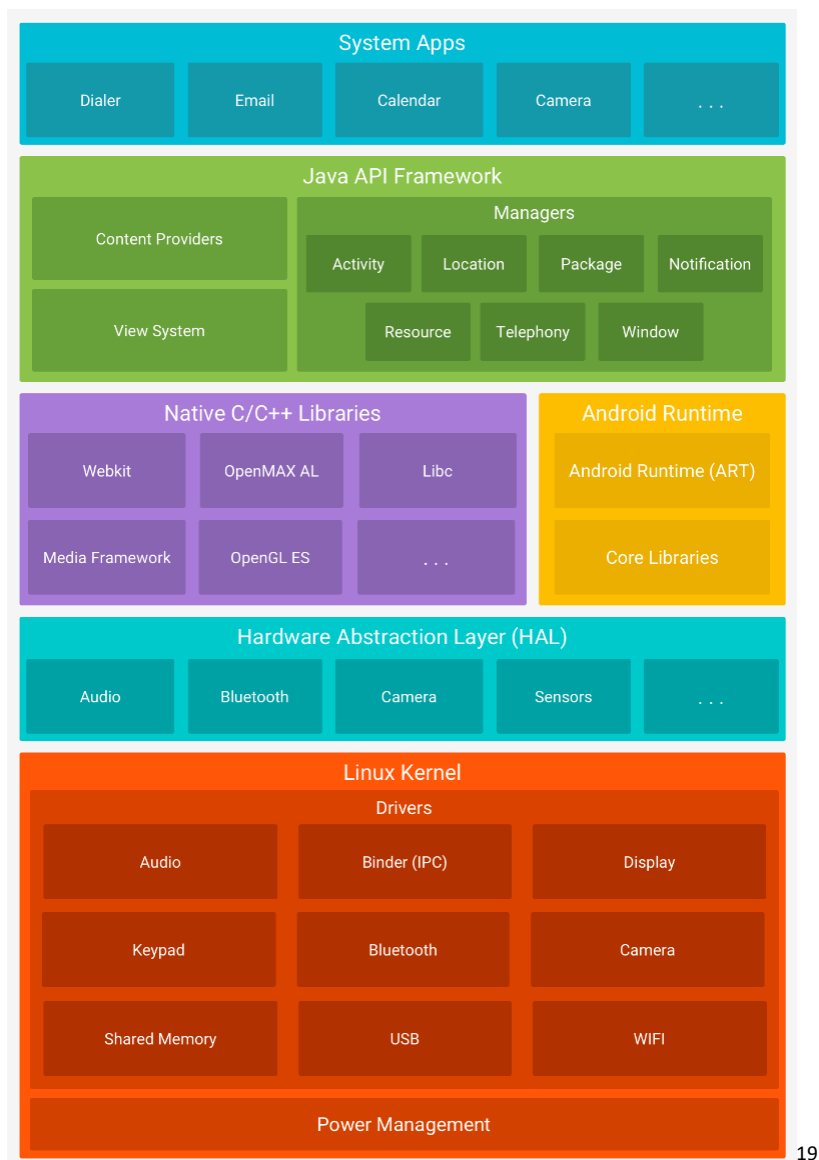
Figura 20 - Mobile Operating System Market Share in Portugal

Visto que o objetivo desta aplicação é o de chegar ao maior número de utilizadores possíveis, o sistema de desenvolvimento escolhido é o Android e posteriormente pretende-se chegar a outras plataformas.

### 3.7 Sistema operativo android

O Android é um sistema operativo móvel da Google. Trata-se de um sistema livre, open source, que é inspirado no sistema operativo Linux, estando assente no Kernel Linux, embora siga caminhos novos de gestão de memória e processos e tenha configurações distintas.

<sup>18</sup> Figura 12 (Anon, 2017)



19

Figura 21 – Arquitetura Sistema Operativo Android

Este sistema operativo utiliza uma máquina virtual, que tem como objetivo a otimização de memória e recursos de hardware dos dispositivos. Este sistema operativo possibilita o desenvolvimento de aplicações móveis para telemóveis, tablets, smartwatches, entre outros vários equipamentos, obtendo o máximo proveito das funcionalidades que os dispositivos podem oferecer (Developers, 2015).

<sup>19</sup> Imagem disponível em: <https://developer.android.com/guide/platform/index.html>

### 3.7.1 Activity

As activities no sistema são geridas como uma pilha de atividades. Quando uma nova activity é iniciada, ela é colocada no topo da pilha e torna-se a atividade em execução - a activity anterior permanece sempre abaixo da pilha e não voltará a aparecer novamente até que activity em execução pare.

Uma activity tem essencialmente quatro estados:

- Se uma activity estiver no primeiro plano do ecrã (na parte superior da pilha), ela está ativa ou em execução.
- Se uma activity deixou de estar ativa, mas ainda está visível, passa para o estado de pause. Uma activity em pausa mantém todas as informações do estado e permanece anexada à gestão de janelas, mas pode ser eliminada pelo sistema em situações de memória extremamente baixa.
- Se uma activity é completamente obscurecida por outra atividade, ela é interrompida. Ainda mantém todas as informações do seu estado, no entanto, ela não é mais visível para o utilizador, portanto a sua janela está escondida e muitas vezes será desativa pelo sistema, caso o mesmo necessite de libertar memoria ram.
- Se uma activity é colocada em pause ou interrompida, o sistema pode libertar a activity da memória pedindo que termine, ou simplesmente eliminar o processo da mesma. Quando é exibida novamente para o utilizador, ela deve ser reiniciada e restaurada para o estado anterior.

A imagem seguinte mostra os caminhos de estado importantes de uma atividade.

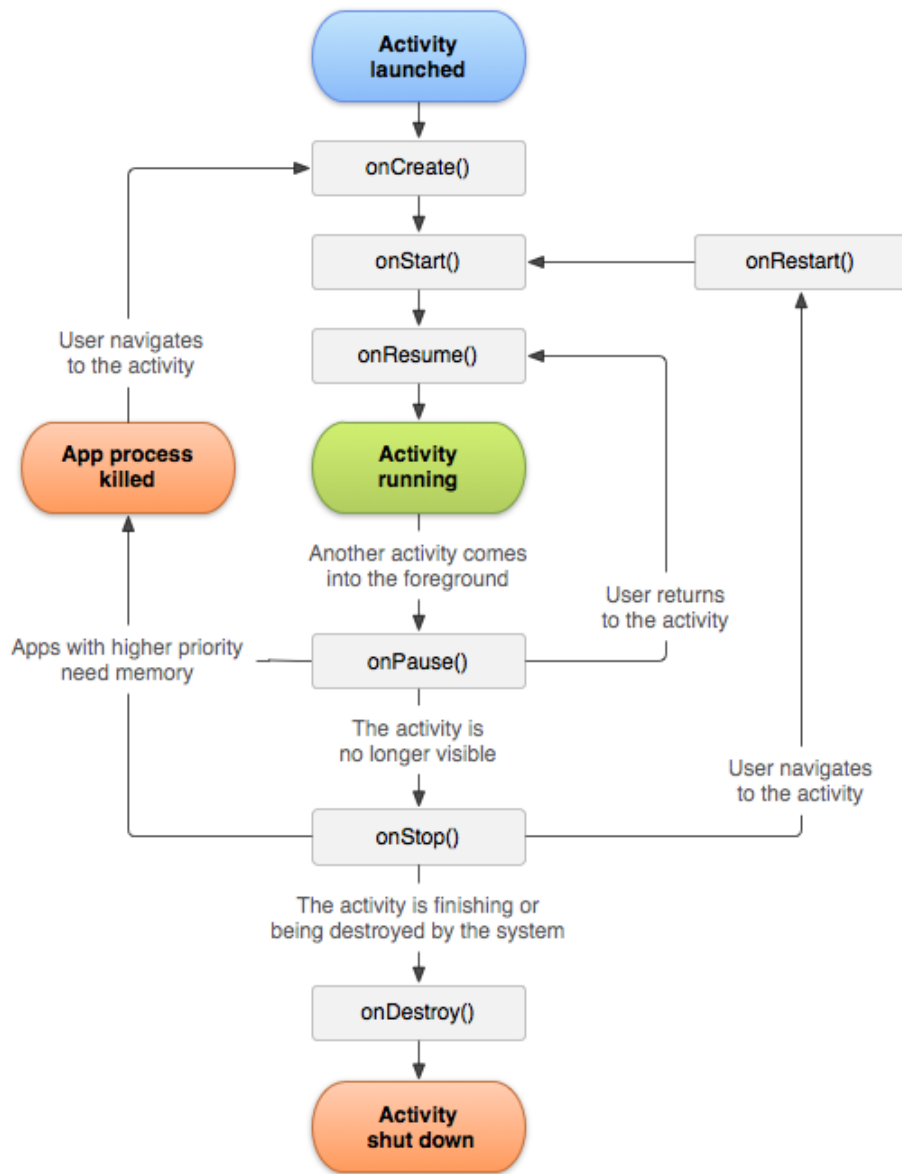


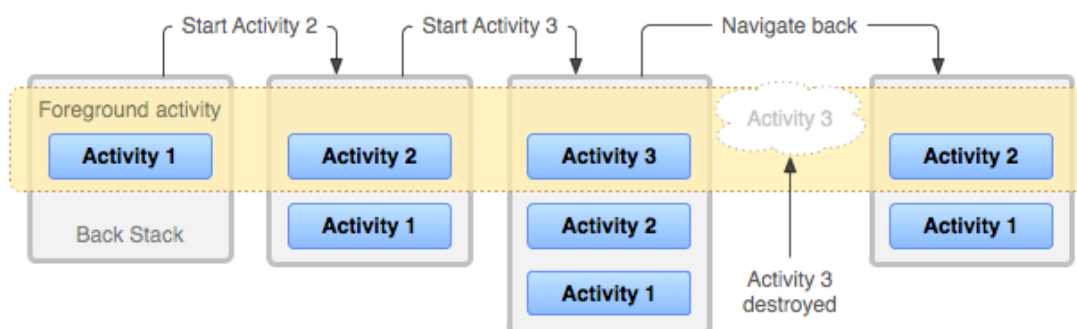
Figura 22 – Ciclo de vida de uma activity<sup>20</sup>

### 3.7.2 Activity stack

A Activity stack consiste numa pilha de activities, que um utilizador executa sucessivamente. Sempre que um utilizador abre uma nova activity com uma nova tarefa, a activity anterior passa para uma posição inferior em relação à que está em uso, ou seja, a activity deixa de estar no mesmo nível na pilha, para passar para um nível inferior.

<sup>20</sup> Imagem disponível em: <https://developer.android.com/reference/android/app/Activity.html>

A imagem seguinte mostra os ciclos de uma activity.



21

Figura 23 – Activity stack

### 3.8 Identificação de requisitos de sistema

Tendo como objetivo o desenvolvimento de um sistema de monitorização dos batimentos cardíacos para dispositivos móveis com sistema operativo Android, é possível elaborar a lista dos requisitos principais para o equipamento:

- Sistema operativo Android (versão 5.0 ou superior);
- GPS;
- Bluetooth;
- GSM.

### 3.9 Aplicação HealthyCare

Nesta sessão vão ser apresentados todos os elementos correspondentes a aplicação, ou seja, vai ser explicado todo o funcionamento da aplicação através de excertos código, dos quais vai ser possível perceber os pontos mais relevantes da aplicação.

<sup>21</sup> Imagem disponível em: <https://developer.android.com/reference/android/app/StackActivity.html>

### 3.9.1 Main activity

A classe “main activity”, é a classe onde é possível aceder a todas as funcionalidades da solução. As funcionalidades contidas na aplicação, são as seguintes:

- Adicionar um novo utilizador;
- Adicionar um dispositivo (wearable);
- Medir o batimento cardíaco;
- Histórico de batimentos cardíacos;
- Atualizar/eliminar um utilizador.

Na imagem seguinte, é possível visualizar a activity correspondente e o menu lateral, onde o utilizador tem acesso a outras funcionalidades, como por exemplo atualizar os dados do utilizador.



Figura 24 – Main activity

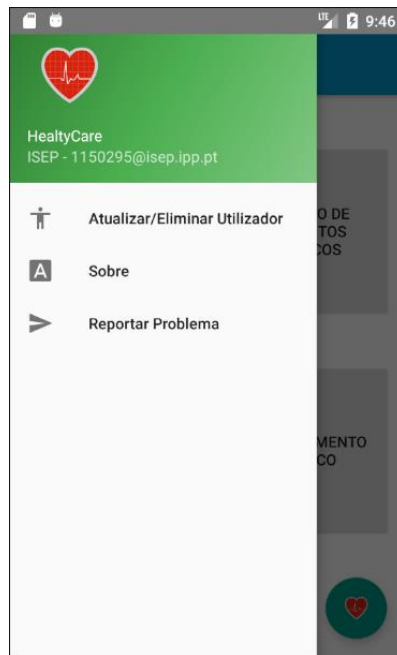


Figura 25 – Main activity menu lateral

### 3.9.2 AddUtilizador activity

A classe “AddUtilizador” é responsável por adicionar um novo utilizador na base de dados, os dados referentes a esse mesmo utilizador vão servir para o calculo do batimento cardíaco, o que vai ser explicado mais a frente, bem como o contato de telefone para o envio da mensagem de emergência. Os campos pedidos para inserir um novo utilizador são os seguintes:

- Nome;
- Apelido;
- Género;
- Idade;
- Altura;
- Peso;
- Contacto

Na imagem seguinte é possível visualizar a activity correspondente à inserção de um novo utilizar.



Figura 26 – Activity novo utilizador

### 3.9.3 UpdateDeleteUtilizador activity

A classe “UpdateDeleteUtilizador”, permite ao utilizador atualizar os dados, bem como eliminar o utilizador registado na aplicação.

Na imagem seguinte é possível visualizar a activity correspondente à atualização de um utilizador bem como á eliminação do mesmo.

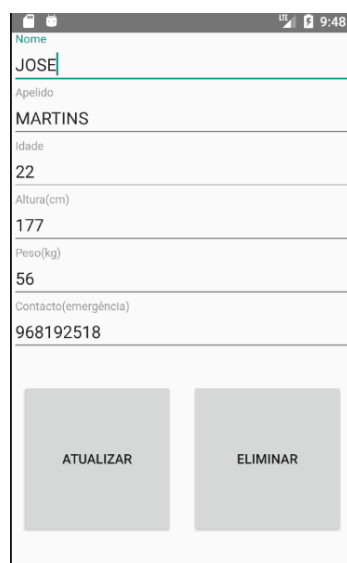


Figura 27 – Activity atualiza/elimina utilizador

### 3.9.4 Scan activity

A activity “scan”, é responsável por detetar o dispositivo wearable, ao iniciar a activity é detetado se o sensor Bluetooth está ligado, caso o mesmo não esteja ligado é apresentado ao utilizador uma mensagem a perguntar se permite ligar o sensor de Bluetooth. A imagem seguinte apresenta a referente mensagem.

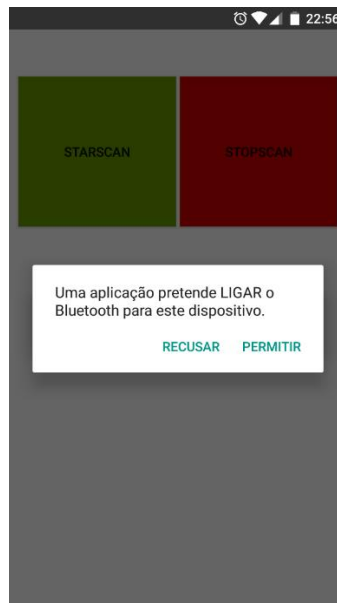


Figura 28 – Activity Scan

Após o utilizador permitir a ligação do sensor de Bluetooth, é iniciado a procura de dispositivos através do sensor de Bluetooth. No final é apresentada uma lista de todos os dispositivos encontrados, e basta o utilizador selecionar o dispositivo corresponde ao wearable.

Na imagem seguinte é possível visualizar a activity da apresentação da lista de dispositivos Bluetooth.

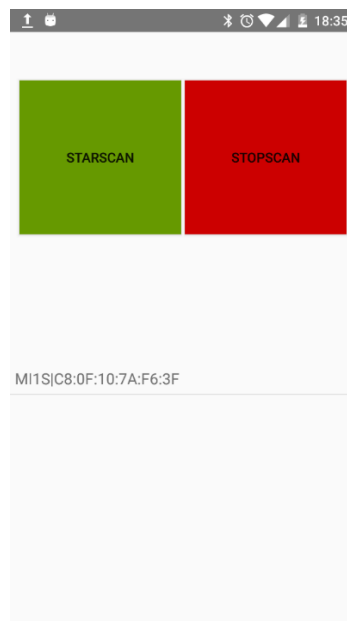


Figura 29 – Activity scan lista dispositivos

Por último o utilizador ao seleccionar o dispositivo, é encaminhado de seguida para a activity de leitura de batimentos cardíacos, o que vai ser apresentada no ponto seguinte.

### 3.9.5 Leitura de batimentos cardíacos activity

A activity principal da aplicação é a activity responsável pela leitura dos batimentos cardíacos do utilizador. Ao iniciar a activity é verificado se o utilizador tem o sensor de GPS ativo como acontece na activity de “scan”, e caso o mesmo esteja desativado é apresentada uma mensagem ao utilizador se permite a sua ativação. A imagem seguinte mostra a mensagem que é apresentada ao utilizador.

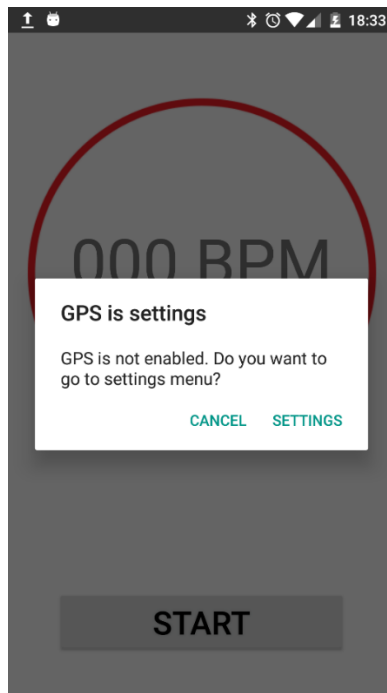


Figura 30 – MainActivity GPS

Após o utilizador permitir a utilização do sensor de GPS, o utilizador pode começar a utilizar o sensor de batimentos cardíacos do dispositivo wearable, para isso basta clicar no botão “START” e dar início à leitura.

A imagem seguinte permite visualizar a activity correspondente à leitura dos batimentos cardíacos.

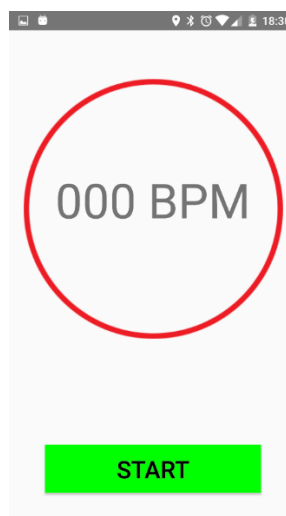


Figura 31 – MainActivity

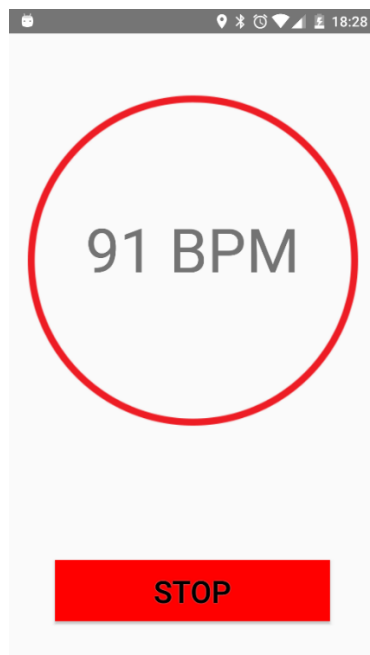


Figura 32 – MainActivity Inicio de leitura

### 3.9.6 Envio de mensagem de emergência

A aplicação ao receber os dados do dispositivo e se os mesmos estiverem fora do limite estabelecido para o utilizador em questão, a aplicação dá início a uma serie de alertas ao utilizador, o dispositivo ativa os leds e inicia a vibração do mesmo e o telemóvel também inicia a vibração. Caso os valores se mantenham fora do normal por mais do que cinco leituras é enviada uma mensagem de emergência para o contacto definido pelo utilizador e iniciado um alerta sonoro.

A imagem seguinte mostra a activity do envio da mensagem de emergência.



Figura 33 - Activity mensagem de emergência

A mensagem que é enviada contém a localização do utilizador, o conteúdo da mensagem é apresentado na imagem seguinte.

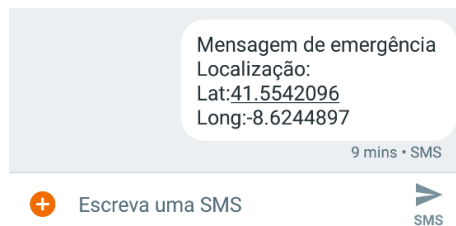


Figura 34 – Mensagem de emergência

### 3.9.7 Código

A classe responsável por detetar o dispositivo wearable é a classe “ScanActivity”, as duas instruções mais importante contidas nessa mesma classe são a procura do dispositivo e o seu armazenamento para uso posterior, ou seja, a primeira função consiste em ativar o sensor de Bluetooth caso ainda não esteja ativo como foi referido no ponto 5.6.4, o seguinte trecho de código demonstra essa mesma função:

```
gps = new GPSTracker(MainActivity.this);  
// check if GPS enabled  
if(gps.canGetLocation()) {  
    double latitude = gps.getLatitude();  
    double longitude = gps.getLongitude();  
    // \n is for new line
```

```

editLocation = "Location \nLat:" + latitude + "\nLong:" + longitude;
//Toast.makeText(getApplicationContext(), "Your Location is - \nLat:
" + latitude + "\nLong: " + longitude, Toast.LENGTH_LONG).show();
} else {
    // can't get Location
    // GPS or Network is not enabled
    // Ask user to enable GPS/network in settings
    gps.showSettingsAlert();
}

```

Após a ativação do sensor Bluetooth, é efetuada a procura de dispositivos, como é demonstrado no trecho de código seguinte:

```

final ScanCallback scanCallback = new ScanCallback() {
    @Override
    public void onScanResult(int callbackType, ScanResult result)
    {
        BluetoothDevice device = result.getDevice();
        Log.d(TAG,
            "Bluetooth device: name:" + device.getName() +
            ",uuid:"
                + device.getUuids() + ",add:"
                + device.getAddress() + ",type:"
                + device.getType() + ",bondState:"
                + device.getBondState() + ",rssi:" +
            result.getRssi());

        String item = device.getName() + "|" +
            device.getAddress();
        if (!devices.containsKey(item)) {
            devices.put(item, device);
            adapter.add(item);
        }
    }
}

```

Por fim é adicionado o dispositivo à base de dados para uso posterior, o seguinte trecho de código demonstra essa função:

```

ListView lv = (ListView) findViewById(R.id.listView);
lv.setAdapter(adapter);
lv.setOnItemClickListener(new AdapterView.OnItemClickListener() {
    public void onItemClick(AdapterView<?> parent, View view, int
    position, long id) {
        String item = ((TextView) view).getText().toString();
        if (devices.containsKey(item)) {
            Log.d(TAG, "Stop scanning nearby devices...");
            MiBand.stopScan(scanCallback);
            BluetoothDevice device = devices.get(item);
            //Código para guardar dispositivo na base de dados.
        }
    }
}

```

```

        DBAdapterDispositivo adapter = new
DBAdapterDispositivo(getApplicationContext());
        adapter.insertDivice(device.toString());
        Intent intent = new Intent();
        itens = device;
        intent.putExtra("device", device);
        intent.setClass(ScanActivity.this,
MainActivity.class);
        ScanActivity.this.startActivity(intent);
        ScanActivity.this.finish();
    }
}

```

A classe correspondente à activity de leitura de batimentos cardíacos é a classe onde se pode encontrar o algoritmo responsável por verificar se o valor lido pelo dispositivo wearable corresponde a um valor correto para o tipo de utilizador em questão, ou seja, é definido um valor máximo para o batimento cardíaco e enviado para o dispositivo as características do utilizador em questão, de seguida o dispositivo wearable envia os dados recolhidos para a aplicação android, existe um algoritmo que determina se os valores estão num intervalo normal ou se estão abaixo ao acima do limite dependendo dos dados que o utilizador introduziu (idade, peso e altura).

O algoritmo correspondente à análise desses valores é o seguinte.

```

if (Age < 50) {
    maxHeart = 220 - Age;
} else {
    maxHeart = 206.9 - (0.67 * Age);
}
. . .
. . .
//Adicionar um utilizador ao dispositivo wearable.
miband.setUserInfo(new UserInfo(Gender, Age, Height, Weight, Name));
. . .
. . .
if (finalheartrate > maxHeart) {
    alarmCount++;
}
If (alarmCount > 2 && alarmCount < 5) {

```

```

//inicio de vibração e leds do dispositivo wearable
miband.startVibration(VibrationMode.VIBRATION_10_TIMES_WITH_LED);
}
if (alarmCount > 5) {
    //Envio da mensagem de emergência.
    alarmCount = 0;
    list = new ArrayList<Integer>();
    cardio.setText("Start");
    cardio.setBackgroundColor(Color.GREEN);
    ha.removeCallbacks(run);
    j = 0;
    txtMessage = editLocation;
    sendSMSMessage();
    playSound();
    Intent it = new Intent(MainActivity.this, Sms.class);
    startActivity(it);
}
if (j == 1) {
    output.setText(String.valueOf(finalheartrate) + " BPM");
}

```

Após a leitura dos batimentos cardíacos pelo dispositivo wearable e os mesmos sendo irregulares (abaixo ou acima dos valores corretos para o utilizador em questão), a aplicação inicia o envio de uma mensagem de texto com os dados referentes à localização do utilizador, o bloco de código seguinte demonstra com o processo é efetuado.

```

gps = new GPSTracker(MainActivity.this);
// verifica se o sensor de GPS está ativo.
if(gps.canGetLocation()) {
    double latitude = gps.getLatitude();
    double longitude = gps.getLongitude();
    // caso esteja ativo adiciona à variável "editlocation" os valores
    Latitude e Longitude
    editLocation = "Location \nLat:" + latitude + "\nLong:" + longitude;
    //Toast.makeText(getApplicationContext(), "Your Location is - \nLat:
    " + latitude + "\nLong: " + longitude, Toast.LENGTH_LONG).show();
} else {
    // se o sensor de GPS ou Interne
    // não estiver ativo
    // é pedido ao utilizador para o ativar
    gps.showSettingsAlert();
}

```

### 3.9.8 Usabilidade do HealthyCare

A solução desenvolvida consiste numa aplicação android em conjunto com um dispositivo wearable o qual é usado no pulso do utilizador com o sensor de batimentos cardíacos direcionado para a parte inferior do pulso. A imagem seguinte mostra a correta posição de utilização do dispositivo



Figura 35 – Posição do dispositivo wearable

### 3.9.9 Sensor de batimento cardíaco

O dispositivo wearable tem de estar nesta posição pelo facto de o sensor de batimentos cardíacos utilizar o que se designa por fotopletismografia. Esta tecnologia utiliza luzes LED verdes emparelhadas com fotodíodos sensíveis à luz para detetar a quantidade de sangue que flui pelo pulso num determinado momento. Quando o coração bate, o fluxo sanguíneo no pulso e a absorção de luz verde são superiores. Entre batidas, são inferiores. Ao piscar as luzes LED centenas de vezes por segundo, o dispositivo pode calcular o número de vezes que o coração bate por minuto, o que representa o seu ritmo cardíaco. O sensor de ritmo cardíaco suporta um intervalo de 30 a 210 batimentos por minuto. Adicionalmente, o sensor de ritmo cardíaco foi concebido para compensar níveis reduzidos de sinal ao aumentar a luminosidade dos LED e a taxa de amostragem.

A imagem seguinte mostra o sensor de batimentos cardíacos descrito anteriormente do dispositivo wearable (Xiamoi-Mi, 2016).



Figura 36 – Sensor de batimentos cardíacos

### 3.9.10 Fatores que podem afetar o correto funcionamento do sensor

Há muitos fatores que podem afetar o desempenho do sensor de batimentos cardíacos. A perfusão da pele (ou a quantidade de sangue que flui pela pele) é um deles. A perfusão da pele varia significativamente de pessoa para pessoa e pode também ser afetada pelo ambiente.

Alterações permanentes ou temporárias da pele, como certas tatuagens, podem também ter impacto no desempenho do sensor de batimentos cardíacos. A tinta, o padrão e a saturação de algumas tatuagens podem bloquear a luz do sensor, afetando a fiabilidade das leituras (Xiamoi-Mi, 2016).

### 3.9.11 Visão global do sistema

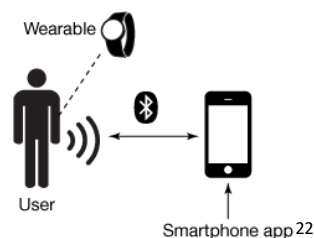


Figura 37 – Sistema da solução

Como é possível visualizar na imagem anterior, a visão global de todo o sistema desta solução consiste num utilizador que faz uso do dispositivo wearable em que coloca no seu pulso o dispositivo com o sensor virado para a parte inferior do pulso, que por sua vez

<sup>22</sup> Imagem disponível em <https://www.ibm.com/developerworks/br/library/ba-bluemix-diy-iot-wearable-app/image001.png>

utiliza um smartphone que se liga ao dispositivo wearable através do sensor de Bluetooth.



## 4 Avaliação

### 4.1 Descrição de experiências e avaliação a realizar à solução

Nesta secção apresentam-se as respostas às questões relativas ao questionário Experiências e Avaliação, o qual se entra disponível no moodle de TMDEI.

Segundo Justin Mifsud (Justin Mifsud, 2015), o padrão ISO 9241-11 define usabilidade como "a medida em que um produto pode ser usado por utilizadores para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação num determinado contexto de utilização".

A norma ISO 9241-11 define usabilidade e explica como identificar a informação necessária a ser considerada na especificação ou avaliação de usabilidade de um dispositivo de interação visual em termos de medidas de desempenho e satisfação do utilizador. A orientação é dada sobre como descrever o contexto de uso do produto (hardware, software ou serviços) e as medidas relevantes de usabilidade de uma maneira explícita. A orientação é dada na forma de princípios e técnicas gerais, em vez da forma de requisitos para usar métodos específicos (Justin Mifsud, 2015).

Para testar o protótipo "HealthyCare" planeamos e desenhamos algumas experiências que envolveram os moradores da Junta de Freguesia Vila Boa Barcelos, o autor com a

solução “HealthyCare” constituída por uma pulseira wearable e o software desenvolvido e um profissional de saúde.

Nesta etapa foi necessário desenhar claramente o processo para que pudesse ser simples e não afetar o funcionamento normal da atividade do profissional de saúde nem do utilizador.



Figura 38 - Utilizador / HealthyCare / Profissional de Saúde

Depois de uma breve explicação ao profissional de saúde, foram definidos alguns momentos presenciais onde estaria esse mesmo profissional, o autor do estudo e um utilizador a quem foi solicitado que participasse no estudo.

#### **4.1.1 Que grandezas vão ser utilizadas para a avaliação do trabalho**

Para a avaliação deste projeto de tese, vão ser usados os testes de usabilidade, visto que são um passo fundamental no processo de conceção de uma aplicação no sentido de gerar um produto com uma interface eficaz e centrada no utilizador, garantindo qualidade e melhorias na sua utilização. Estes testes são cruciais para auferir o grau de usabilidade de qualquer aplicação, e incluem a realização de pesquisas junto do utilizador para averiguar se estão a ser cumpridos e respeitados os critérios específicos da aplicação.

Nestes testes de usabilidade, avaliar-se-ão as funcionalidades da aplicação e as preferências dos seus utilizadores.



Figura 39 - Testes ao HealthyCare

Naturalmente que, quando nos referimos às preferências dos utilizadores estamos neste caso a pensar no profissional de saúde embora tenha sido possível aferir que 100% dos utilizadores (idoso) refere que a pulseira não o incomoda e que facilmente a usaria em caso de necessidade.

#### 4.1.2 Que hipótese ou hipóteses se pretende testar para suportar os resultados do trabalho

As hipóteses a serem testadas na solução são as seguintes:

- **Funcionalidade:** Foi possível aferir que funcionou em 100% dos casos;
- **Utilidade:** Os utilizadores referem (100%) que consideram o sistema muito útil e que simplifica o ato de saúde. Apenas 70% dos profissionais refere que é muito bom ou bom incorporar estas tecnologias no ato médico e os restantes 33% não sabe,
- **Facilidade de utilização:** Todos os intervenientes referem a facilidade de utilização da solução proposta.

- **Qualidade dos dados:** Apenas os profissionais de saúde responderam sendo que todos (100%) consideram úteis os dados recebidos sobretudo pela forma como os receberam
- **Resultados demonstrados:** Bons.

#### 4.1.3 Qual a metodologia de avaliação



Em relação às metodologias de avaliação, os questionários são uma fonte de recolha de opiniões e de sugestões que permite que se possa ter algum conhecimento ou informação sobre a aplicação a ser desenvolvida. Os questionários ajudam a avaliar determinados aspetos de interação e de usabilidade da aplicação que possam influenciar o público-alvo no que diz respeito à satisfação perante a aplicação e, seguidamente, estes mesmos contribuem para uma melhoria da aplicação. (Nielsen and Kaufmann, 1993)

Desenvolvido por uma equipa de investigadores do Human Computer Interaction Laboratory, da Universidade de Maryland, em 1997, o QUIS é um questionário que permite a recolha de informações e de sugestões sobre ecrãs, terminologias, sistemas de informação, aprendizagem e capacidade do sistema, para permitir uma análise sobre a satisfação do utilizador aquando da sua interação com a aplicação. Obtêm-se assim informações sobre algumas reações do utilizador para uma investigação sobre determinados problemas que possam afetar esse utilizador na sua interação com a aplicação. Este é um questionário bastante extenso, com 122 perguntas, e encontra-se neste momento na versão 7.0.(Harper and Norman, 1998)

Assim, serão escolhidas varias questões do questionário referindo no paragrafo anterior no sentido de perceber quais são os pontos onde a aplicação precisa de ser melhorada, tendo em conta as opiniões dos utilizadores.

Como referido a processo de avaliação têm três tipos de intervenientes (nesta fase) sendo que no futuro apenas são considerados dois níveis:

Tabela 4 - Tipos de utilizador para a avaliação do protótipo

Utilizador	Descrição
	Profissional de saúde
	Utilizador / Idoso
Programador	O Autor da solução

Futuramente apenas serão intervenientes os Profissionais de saúde e os Utilizadores.

#### 4.1.4 Como se pretende testar as hipóteses referidos no ponto 5.1.2

Para testar as hipóteses referidas anteriormente pretendemos realizar um conjunto de testes de usabilidade, visto que são um instrumento de análise da usabilidade de uma aplicação, e permitirem questionar as hipóteses a serem estudadas, e assim gerar dados referentes às questões efetuadas nos testes, para que seja possível analisar esses mesmos dados, no sentido de realizar análises estatísticas, para se perceber o nível de aceitabilidade por parte dos utilizadores que vão realizar os testes da solução.

#### 4.1.5 Análise de resultados

Nesta sessão pretendesse analisar os resultados obtidos no inquérito realizado de avaliação da solução desenvolvida. É caracterizado o público-alvo quanto à idade e ao género.

O processo de inquérito realizado contou com a participação dos moradores da Junta de Freguesia de Vila Boa Barcelos que se disponibilizaram para a realização do estudo de avaliação da solução, a avaliação foi realizada por onze pessoas com idades compreendidas entre os sessenta e os setenta e um anos, cada teste teve uma duração de trinta minutos e contou com a presença de um enfermeiro.

Na análise dos dados obtidos dos inquéritos realizados pelos moradores da Junta de Freguesia de Vila Boa Barcelos, são utilizados gráficos obtidos a partir das respostas dos questionários realizados aquando a realização da experiencia.

### Género



Gráfico 1 – Distribuição da população quanto ao género

Neste primeiro gráfico é possível visualizar os inquiridos em relação ao género, que neste inquérito participaram sete pessoas do género feminino e quatro pessoas do género masculino.

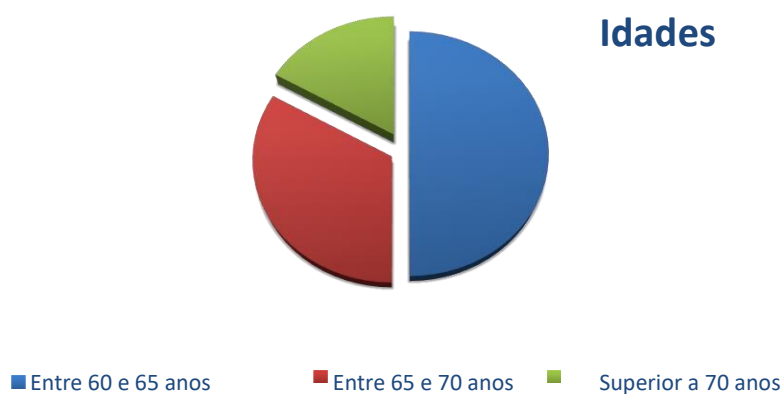


Gráfico 2 - Distribuição da população quanto à idade

Relativamente à idade dos inquiridos o Gráfico 2 apresenta a seguinte distribuição, entre os sessenta e os sessenta e cinco anos representa 60%; com idades entre sessenta e cinco e os setenta anos representa 30%, com idade superior a setenta anos representam 10%. Permitindo concluir que a população inquirida incidu maioritariamente sobre uma população alvo, entre os sessenta e cinco e os setenta anos.

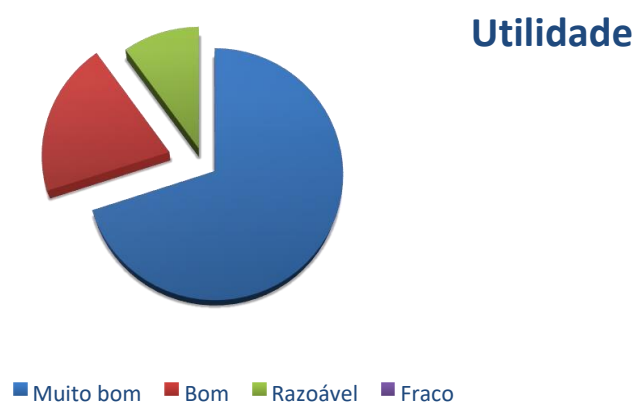


Gráfico 3 – Apresentação gráfica da solução

O gráfico três permite concluir que a maioria dos inquiridos relativamente à apresentação da solução, aprecia as qualidades evidenciadas na organização e apresentação, classificando-a como muito bom na sua maioria.

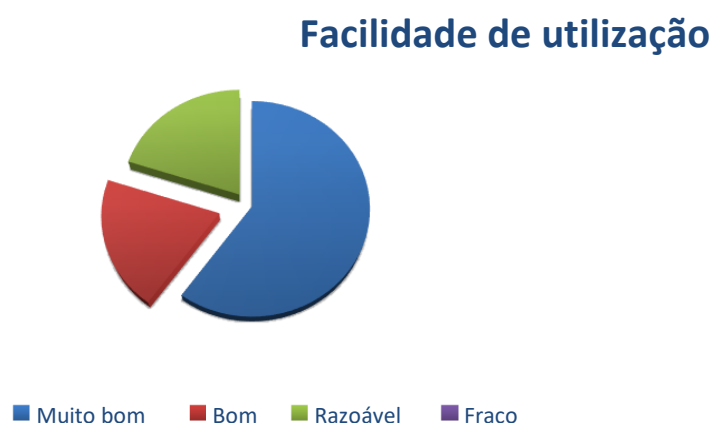


Gráfico 4 – Avaliação da facilidade de utilização

O gráfico quatro permite concluir que a maioria dos inquiridos, relativamente à facilidade de utilização da solução, aprecia as qualidades evidenciadas de navegação e

facilidade de uso, de notar que nenhum dos inquiridos classificou a solução ao nível de utilização como fraca.

### Qualidade dos dados

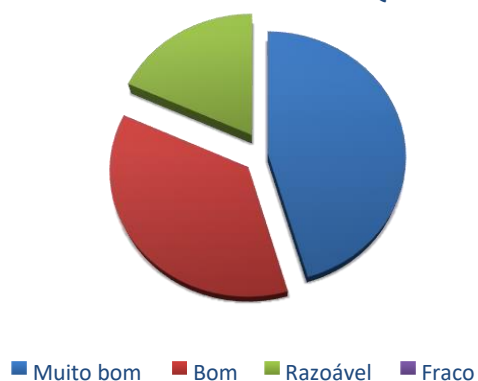


Gráfico 5 - Qualidade dos dados

O gráfico cinco permite concluir que a maioria dos inquiridos, relativamente à qualidade dos dados apresentados na solução, são muito bom e bom, apenas uma pequena parte considera os dados apresentados como razoáveis, nenhum dos inquiridos considerou os dados apresentados como sendo fracos.

### Resultados demonstrados

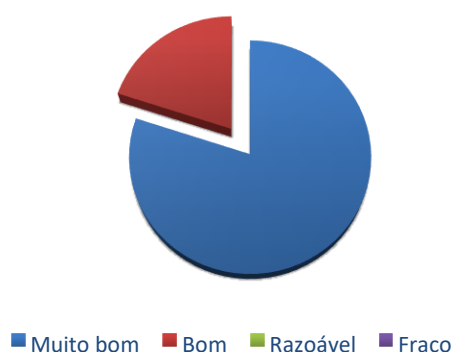


Gráfico 6 - Resultados demonstrados

O gráfico seis permite concluir que a maioria dos inquiridos, relativamente aos resultados demonstrados pela solução, considera os resultados da solução como muito bons, de notar que nenhum dos inquiridos classificou a solução ao nível de utilização como razoável ou fraca.

## 5 Conclusões e trabalho futuro

### 5.1.1 Conclusões

Durante a última década o mercado dos dispositivos móveis tem vindo a crescer exponencialmente, captando a atenção da comunidade de programadores e do mundo empresarial. Com este crescimento surgiu o mercado das aplicações móveis e dos dispositivos wearables, que levou ao aparecimento de diferentes oportunidades de negócios, como é o caso das aplicações direcionadas para a área da saúde juntamente com os dispositivos wearables.

Foi também possível concluir que a tecnologia wearable está a avançar num ritmo bastante acelerado, mas que ainda é necessária uma maior evolução para que as pessoas possam atribuir um maior grau de confiança nela.

Todo o processo descrito ao longo deste documento teve como motivação a possibilidade de conjugar as vantagens dos smartphones com os dispositivos wearables. Assim surgiu esta ideia, de desenvolver uma solução que fizesse uso destes dois dispositivos para a área da saúde.

Com estes pressupostos em consideração, o objetivo principal deste trabalho era desenvolver uma aplicação que medisse de uma forma contínua o batimento cardíaco de uma pessoa independentemente da idade ou género, a partir de um dispositivo

wearable. Este objetivo foi cumprido recorrendo a um smartphone com o sistema operativo android na versão 6.0 e de um dispositivo wearable com um sensor de batimentos cardíacos.

O questionário realizado, permitiu reconhecer que a aplicação criada agrada aos utilizadores, com classificações positivas no geral. No entanto, o número de indivíduos inquiridos foi limitado. Seria extremamente vantajoso realizar inquéritos a mais indivíduos, de modo a obter uma maior e melhor apreciação e assim ir de encontro às necessidades e preferências dos utilizadores.

Concluindo, penso que a realização da presente dissertação promoveu a aplicação de conhecimentos adquiridos no âmbito das várias unidades curriculares frequentadas no mestrado de sistemas computacionais, bem como o desenvolvimento de competências no domínio da pesquisa e da escrita, que resultaram num significativo enriquecimento de competências tanto ao nível profissional como pessoal.

Este trabalho foi bastante produtivo, no sentido de que permitiu conhecer aprofundadamente toda a problemática relacionada com as soluções direcionadas para a área da saúde e bem-estar.

### **5.1.2 Trabalho futuro**

Como trabalho futuro, a ideia é desenvolver o servidor web que foi estudado nesta tese de mestrado, e assim permitir a implementação de todo o sistema tanto na Santa Casa de Misericórdia de Barcelos, bem como em qualquer outra instituição ligada à área de saúde e bem-estar.

# Bibliografia

Android Developers (2015) *Activity* | *Android Developers*. Available at: <https://developer.android.com/reference/android/app/Activity.html> (Accessed: 18 July 2017).

Anon (2017) *Mobile operating system market share Worldwide* | *StatCounter Global Stats, GlobalStats StatCounter*. Available at: <http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/portugal/#monthly-201602-201702-bar> (Accessed: 1 March 2017).

Barker, K. (1993) 'Blood pressure measuring device', *US Patent 5,201,320*. Available at: <https://ihealthlabs.com/blood-pressure-monitors/wireless-blood-pressure-monitor/> (Accessed: 20 February 2017).

Connor Tumbleson (2010) *A tool for reverse engineering Android apk files*. Available at: <https://ibotpeaches.github.io/Apktool/> (Accessed: 5 June 2017).

David, D. (1995) 'SQLite', 55(11), pp. 1–4. Available at: <https://www.sqlite.org/about.html> (Accessed: 24 February 2017).

Developers, A. (2015) *Introdução ao Android* | *Android Developers*. Available at: <https://developer.android.com/guide/index.html> (Accessed: 18 July 2017).

eMarketer (2015) *Wearable Usage Will Grow by Nearly 60% This Year* - *eMarketer*. Available at: <https://www.emarketer.com/Article/Wearable-Usage-Will-Grow-by-Nearly-60-This-Year/1013159> (Accessed: 23 February 2017).

Garmin Ltd. (2016) *vivosmart® HR* | *Garmin*. Available at: <https://buy.garmin.com/pt-PT/ES/p/531166/pn/010-01955-03#overview> (Accessed: 21 February 2017).

GFK (2017) 'Technical Consumer Goods Insights for Professional'. Available at: <http://temax.gfk.com> (Accessed: 22 February 2017).

Google (2015) *Firebase*. Available at: <https://firebase.google.com/products/> (Accessed: 12 September 2017).

Harper, B. D. and Norman, K. L. (1998) 'Improving user satisfaction: The questionnaire for user interaction satisfaction version 5.5', *Proceedings of Mid Atlantic Human Factors Conference*, pp. 224–228.

Hunn, N. (2014) 'The Market for Smart Wearable Technology', *WiFore Consulting*, 2014(September).

Justin Mifsud (2015) *Usability Metrics - A Guide To Quantify The Usability Of Any System* - *Usability Geek*. Available at: <http://usabilitygeek.com/usability-metrics-a-guide-to-quantify-system-usability/> (Accessed: 16 February 2017).

Mike Prospero (2016) *Who Has The Most Accurate Heart Rate Monitor?* Available at: <http://www.tomsguide.com/us/heart-rate-monitor,review-2885.html> (Accessed: 23 February 2017).

Nielsen, J. and Kaufmann, M. (1993) 'Usability Engineering'.

Pan, B. (2015) *dex2jar*. Available at: <https://github.com/pxb1988/dex2jar>.

Polar (no date) *Sensor Frequência Cardíaca H7 | Polar Portugal*. Available at: [https://www.polar.com/pt/produtos/accessorios/H7\\_sensor\\_de\\_frequencia\\_cardiaca](https://www.polar.com/pt/produtos/accessorios/H7_sensor_de_frequencia_cardiaca) (Accessed: 24 February 2017).

PORDATA (2015a) *PORDATA - Número de habitantes por médico e por outro pessoal de saúde em Portugal*. Available at: <http://www.pordata.pt/Portugal/Número+de+habitantes+por+médico+e+por+outro+pessoal+de+saúde-640> (Accessed: 25 February 2017).

PORDATA (2015b) *Taxa de analfabetismo segundo os Censos: total e por sexo, PORDATA*. Available at: <http://www.pordata.pt/Portugal/População+residente+segundo+os+Censos+total+e+por+sexo-1> (Accessed: 25 February 2017).

Roland T. Rust, Katherine N. Lemon, & V. A. Z. (2004) 'Return on Marketing: Using Customer Equity to Focus Marketing Strategy The Marketing Strategy Problem', *Journal of Marketing*, 68, pp. 109–127.

Saul Delabrida (2016) *WEARABLE: TECNOLOGIA QUE VEIO PARA FICAR - Parte 1 - Laboratório iMobilis, iMobilis*. Available at: <http://www.decom.ufop.br/imobilis/wearable-tecnologia-que-veio-para-ficar/> (Accessed: 23 February 2017).

Slywotzky, A. J. (1996) *Value Migration: How to think several moves ahead of the competition, Harvard Business School Press*. doi: <http://books.google.ch/books?hl=de&lr=&id=0yjJWomRN7wC&oi=fnd&pg=PR7&dq=slywotzky+value+migration+harvard+business+press&ots=BNKil4YXNh&sig=hL1TxzF2WKZgX65PetXn0WMOz7k#v=onepage&q=slywotzky%20value%20migration%20harvard%20business%20press&f=false>.

Tehrani, Kiana, A. M. (2014) *Wearable Technology and Wearable Devices: Everything You Need to Know*. Available at: <http://www.wearabledevices.com/what-is-a-wearable-device/> (Accessed: 13 February 2017).

Tristan Louis (2013) *How Much Do Average Apps Make?* Available at: <http://www.forbes.com/sites/tristanlouis/2013/08/10/how-much-do-average-apps-make/#15ad0eb412cb> (Accessed: 13 February 2017).

Woodruff, R. B. (1983) 'Customer Value: The Next Source for Competitive Advantage', *Garvin*, 25(2), pp. 139–153. doi: 10.1007/BF02894350.

Xiamoi-Mi (2016) *Xiamoi Mi band*. Available at: <http://www.mi.com/en/miband/> (Accessed: 23 February 2017).

Zeithaml, V. A. (1988) 'of Consumer Perceptions A Means-End Value : Quality , and and Model Synthesis of Evidence', 52(July), pp. 2–22.

# Anexo 1 - Questionário QUIS

Nome:

Idade:

Género: Masculino  Feminino

Data:

## Utilidade

A utilização da aplicação ajuda a melhorar a performance ao guardar dados

Discordo Totalmente         Concordo Totalmente

A utilização da aplicação aumenta a minha produtividade

A utilização da aplicação é muito útil para a gestão da minha doença/condição física

## Facilidade de Utilização

A minha interação com o sistema é clara e compreensível

A interação com o sistema não exige um elevado esforço mental

O Sistema é fácil de usar

É fácil neste sistema fazer o que se pretende

## Qualidade dos Dados

A qualidade dos dados gerados é muito boa

Não tenho qualquer problema com a qualidade dos dados

## Resultados Demonstrados

Não tenho qualquer dificuldade em partilhar o facto de utilizar a aplicação

Consigo comunicar com outras pessoas problemas com a aplicação

Os resultados da utilização da aplicação são inquestionáveis

Vou ter dificuldades em explicar se a utilização da aplicação será ou não benéfica