



Projecto

Mestrado em Engenharia Informática – Computação Móvel

***Proposta de Arquitetura para Monitorização  
de Parâmetros Vitais com Recurso à  
tecnologia Bluetooth Low Energy***

**Jorge Miguel Bregieira Mendes**



Leiria, *Julho* de 2014



Projecto

Mestrado em Engenharia Informática – Computação Móvel

***Proposta de Arquitetura para Monitorização  
de Parâmetros Vitais com Recurso à  
tecnologia Bluetooth Low Energy***

**Jorge Miguel Bregieira Mendes**

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor António Pereira, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação do Doutor Nuno Costa, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, *Julho* de 2014



***"If I have seen further than other men  
it's because I have stood on the  
shoulders of giants."***

Isaac Newton

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## ***Agradecimentos***

---

Gostaria de expressar os meus agradecimentos a todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Em primeiro lugar, aos meus orientadores, Professor Doutor António Pereira e Professor Doutor Nuno Costa que sempre se demonstraram disponíveis para me apoiar, orientar e elucidar ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho e sem os quais seria impossível concluí-lo com sucesso.

Agradeço também ao colega Pedro Pires e ao Professor Doutor Luís Mendes por todo o apoio e motivação que me deram.

Agradeço ainda à Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTG) de Leiria, pelos meios e condições que colocou ao meu dispor para a realização deste trabalho.

À Filipa, por toda a paciência, apoio e compreensão nos momentos mais difíceis durante a realização deste trabalho.

À minha irmã, Tatiana, por todo o apoio prestado na revisão linguística do presente documento.

Aos meus pais, Carlos e Emília, por todas as oportunidades que me facultaram ao longo da vida.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## ***Nota Prévia***

---

O presente projeto identificou um conjunto de questões relacionadas com a monitorização remota de parâmetros vitais, das quais resultou a seguinte publicação:

- Jorge Mendes, Heitor Simões, Patrício Rosa, Nuno Costa, Carlos Rabadão, António Pereira, “Secure Low-cost Solution for Elder's eCardio Surveillance”, in *Procedia Computer Science*, Volume 27, 2014, Páginas 46-56, ISSN 1877-0509.

Estão ainda previstas as publicações:

- “Sensors Data Fusion for Healthcare”, a ser submetida ao special issue "Ambient Assisted Living (AAL): Sensors, Architectures and Applications" da revista *Sensors*;
- “Low-Power Body-Worn Electronic Boards for e-Health Care Sensor Fusion”, a ser submetida à revista científica *Electronics*.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## **Resumo**

---

Atualmente, com o crescimento exponencial das tecnologias de comunicação móveis, cada vez mais existe uma utilização generalizada de dispositivos móveis que adotam normas de última geração para redes de área corporal (BAN), como o Bluetooth Low Energy. Estas normas vieram revolucionar a monitorização de parâmetros vitais, permitindo que esta seja efetuada em qualquer lugar e momento e que ocorra uma redução do consumo energético.

Se tivermos em consideração as doenças mais causadoras de morte, a tendência de envelhecimento da população e a dificuldade de acesso e acompanhamento médico por parte de pacientes com incapacidades, a monitorização remota de parâmetros vitais surge como um auxiliar clínico para um diagnóstico melhor, mais rápido e mais fiável.

O presente projeto tem como objetivo especificar uma arquitetura para monitorização remota de parâmetros vitais no sentido de criar uma solução pronta a usar, simples, eficiente, segura, de baixo custo e compatível com dispositivos móveis de última geração. A monitorização remota será efetuada com recurso ao dispositivo móvel, que o paciente já possui, através de uma aplicação que atua como intermediária entre os sensores biofísicos que efetuam a recolha de dados vitais e a plataforma onde estes serão armazenados. Após o envio dos dados para a plataforma é possível o seu acesso pelos profissionais de saúde para que assim os tenham em consideração ao efetuar diagnósticos.

Os testes realizados mostram a facilidade e simplicidade de utilização do sistema, fatores muito importantes, bem como a fiabilidade na leitura de parâmetros vitais.

*Palavras-chave: Monitorização Remota de Parâmetros Vitais., Sensores Biofísicos., Redes de Área Corporal., Dispositivos Móveis.*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## ***Abstract***

---

Nowadays, with the exponential growth of mobile technologies, there is an increasingly widespread use of mobile devices that adopt standards for next-generation wireless body area networks (PAN) such as Bluetooth Low Energy. These standards have revolutionized the vital parameters remote monitoring, allowing it to be performed anytime and anywhere and that a reduction in energy consumption occurs.

If we consider the most disease-causing death, the aging trend of the population and the difficulty of medical access and follow by patients with disabilities, vital parameters remote monitoring arises as a clinical helper for a better, faster and more reliable diagnosis.

This project aims to specify an architecture for vital parameters remote monitoring in order to create a solution that is ready to use, simple, efficient, safe, low-cost and compatible with the last generation mobile devices. The remote monitoring will be performed using a mobile device, which the patient already own, through an application that acts as an intermediary between biosensors that perform the collection of vital data and the platform on which these data will be stored. Upon submission of these data to the platform they can be accessed by health professionals so that they have them into account when performing a diagnosis.

The tests conducted show the ease and simplicity of system's use, which is a very important factor, as well as the reliability in the reading of vital parameters.

Key-Words: Vital Parameter Remote Monitoring., Biosensors., Body Area Networks., Mobile Devices.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## ***Índice de Figuras***

---

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - As 10 Maiores Causas de Morte no Mundo [1] .....   | 6  |
| Figura 2 - População com Idade Superior a 60 Anos por Desenvolvimento da Região [2] .....   | 7  |
| Figura 3 - Sistema Smart Vest [34] .....  | 12 |
| Figura 4 - Penetração dos Smartphones nos Países Desenvolvidos de Maio a Junho de 2013, retirado de [64] .....  | 15 |
| Figura 5 - Arquitetura do Bluetooth Low Energy (adaptado de [74]) .....   | 19 |
| Figura 6 - Relação entre as Especificações da Camada de Aplicação da Arquitetura do Bluetooth Low Energy (adaptado de [78]) .....                                 | 21 |
| Figura 7 - Arquitetura da Solução .....   | 30 |
| Figura 8 - Módulo Ambiente Doméstico .....  | 31 |
| Figura 9 - Tipos de Organização de Sensores. a) Sensores Independentes; b) Sensores Agregados .....   | 33 |
| Figura 10 - Protótipo da Interface do Médico durante uma Teleconsulta .....   | 34 |
| Figura 11 - Diagrama de Casos de Uso .....  | 37 |
| Figura 12 - Protótipo da Interface Login .....  | 38 |
| Figura 13 – a) Botão Definições; b) Protótipo da Interface Definições.....  | 38 |
| Figura 14 - Protótipo da Interface Sensores .....   | 39 |
| Figura 15 - Protótipo da Interface Monitorização.....   | 40 |
| Figura 16 - Botão Logout .....  | 40 |
| Figura 17 - a) Ícone da Versão iOS da Aplicação; b) Ecrã de Início da Aplicação em iOS.....   | 48 |
| Figura 18 - Interfaces da Versão iOS do +Social Saúde Móvel. a) Interface Login; b) Interface Definições; c) Interface Sensores; d) Interface Monitorização ..... | 49 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 19 - Ícone da Versão Android da Aplicação.....   | 50 |
| Figura 20 - Interfaces da Versão Android do +Social Saúde Móvel. a) Interface Login; b) Interface Definições; c) Interface Sensores; d) Interface Monitorização ..... | 51 |
| Figura 21 - Módulos de Comunicação da Aplicação +Social Saúde Móvel .....   | 53 |
| Figura 22 - Modelo de Dados da Aplicação +Social Saúde Móvel.....   | 56 |
| Figura 23 - Interface do Médico Durante uma Teleconsulta .....  | 57 |
| Figura 24 - Métodos Públicos do Webservice +Social.....   | 58 |
| Figura 25 - Resultados da Execução dos Testes Unitários. a) Testes na Plataforma iOS; b) Testes na Plataforma Android .....   | 63 |
| Figura 26 - Resultados dos Testes de Carga de CPU. a)Testes de Carga para a Plataforma iOS; b)Testes de Carga para a Plataforma Android .....                         | 65 |
| Figura 27 - Resultados dos Testes de Carga de Memória. a)Testes de Carga para a Plataforma iOS; b)Testes de Carga para a Plataforma Android .....                     | 66 |
| Figura 28 - Cenário de Realização dos Testes de Aceitação.....  | 68 |
| Figura 29 - Gráfico dos Resultados da Medição da Frequência Cardíaca do Utilizador A .....  | 69 |
| Figura 30 - Gráfico dos Resultados da Medição da Frequência Cardíaca do Utilizador B.....   | 69 |
| Figura 31 - Gráfico dos Resultados da Medição da Frequência Cardíaca do Utilizador C.....   | 70 |
| Figura 32 - Gráfico dos Resultados da Medição da Frequência Cardíaca do Utilizador D .....  | 70 |
| Figura 33 - Gráfico dos Resultados da Medição da Frequência Cardíaca do Utilizador E.....   | 71 |

## ***Índice de Tabelas***

---

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Penetração dos Smartphones no Reino Unido, por Idades, 2011-2017 (adaptado de [63]) .....  | 14 |
| Tabela 2 - Comparação de Tecnologias Sem Fios para Monitorização Remota (baseado em [65–73]) .....  | 16 |
| Tabela 3 - Compatibilidade entre os Diferentes Tipos de Dispositivos Bluetooth (adaptado de [74]) .....   | 18 |
| Tabela 4 - Requisitos Funcionais .....  | 27 |
| Tabela 5 - Requisitos Não Funcionais.....   | 28 |
| Tabela 6 - Compatibilidade dos Sistemas Operativos Atuais com a Tecnologia Bluetooth Low Energy.....  | 46 |
| Tabela 7 - Percentagem de Quota de Mercado dos Sistemas Operativos Móveis (baseado em [83,84]) .....  | 47 |
| Tabela 8 - Mecanismos de Persistência Oferecidos pelos Sistemas Operativos iOS e Android para os Diferentes Tipos de Dados (baseado em [88,89]) ..... | 54 |
| Tabela 9 - Preferências do Utilizador Implementadas para iOS e Android.....   | 55 |
| Tabela 10 - Tarefas a Realizar pelos Utilizadores Durante os Testes de Usabilidade .....  | 67 |
| Tabela 11 - Média do Tempo Demorado na Realização de cada Tarefa dos Testes de Usabilidade.....   | 67 |
| Tabela 12 - Dados da Realização das Tarefas do Teste de Usabilidade .....   | 85 |
| Tabela 13 - Resultados da Medição dos Valores de Frequência Cardíaca .....  | 87 |
| Tabela 14 - Valores Máximos e Mínimos para a Frequência Cardíaca de cada Utilizador .....   | 88 |

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## *Lista de Siglas*

---

|       |  |
|-------|--|
| AMP   | Alternate MAC PHY  |
| API   | Aplication Programming Interface   |
| ATT   | Attribute Protocol   |
| BAN   | Body Area Network  |
| BLE   | Bluetooth Low Energy   |
| BR    | Basic Rate   |
| CPU   | Central Processing Unit  |
| ECG   | Eletrocardiograma  |
| EDR   | Enhanced Data Rate   |
| EEG   | Eletroencefalograma  |
| GAP   | Generic Access Profile   |
| GATT  | Generic Attribute Profile  |
| GFSK  | Gaussian Frequency-Shift Keying  |
| GPS   | Global Positioning System  |
| GSM   | Global System for Mobile Communications  |
| HCI   | Host Controller Interface  |
| IEC   | International Electrotechnical Commission  |
| IEEE  | Institute of Electrical and Electronics Engineers                                |
| IETF  | Internet Engineering Task Force  |
| IoT   | Internet of Things   |
| ISM   | Industrial, Scientific and Medical   |
| ISM   | Industrial, Scientific and Medical   |
| ISO   | International Organization for Standardization                                   |
| ITU-T | International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector |
| L2CAP | Logical Link Control and Adaptation Protocol                                     |

|                  |   |
|------------------|---|
| LAN              | Local Area Network                          |
| LL               | Link Layer                                  |
| NFC              | Near Field Communication                    |
| P2P              | Peer-to-Peer                                |
| PHY              | Physical Layer                              |
| RAM              | Random Access Memory                        |
| RFC              | Request for Comments                        |
| RFID             | Radio-Frequency IDentification              |
| RSSI             | Received Signal Strength Indicator          |
| SD               | Secure Digital                              |
| SIG              | Special Interest Group                      |
| SM               | Security Manager                            |
| SMS              | Short Message Service                       |
| SPI              | Serial Peripheral Interface                 |
| SpO <sub>2</sub> | Saturação Periférica da Oxiemoglobina       |
| SQL              | Structured Query Language                   |
| UART             | Universal Asynchronous Receiver/Transmitter |
| USB              | Universal Serial Bus                        |
| UUID             | Universally Unique Identifier               |
| VHF              | Very High Frequency                         |
| WBAN             | Wireless Body Area Network                  |
| WCF              | Windows Communication Foundation            |
| WLAN             | Wireless Local Area Network                 |
| WUR              | Wake-Up Receiver                            |
| WWAN             | Wireless Wide Area Network                  |

# Índice

---

|  |           |
|--|-----------|
| DEDICATÓRIA .....  | I         |
| AGRADECIMENTOS.....  | III       |
| NOTA PRÉVIA .....  | V         |
| RESUMO.....  | VII       |
| ABSTRACT .....   | IX        |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....   | XI        |
| ÍNDICE DE TABELAS.....   | XIII      |
| LISTA DE SIGLAS.....   | XV        |
| ÍNDICE.....  | XVII      |
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES.....   | 2         |
| 1.2 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO.....  | 3         |
| <b>2 TRABALHO RELACIONADO.....</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1 ANÁLISE DA ENVOLVENTE SOCIAL.....  | 5         |
| 2.2 MONITORIZAÇÃO REMOTA .....   | 8         |
| 2.2.1 <i>Ligação dos Sensores a um Computador.....</i>                                     | <i>9</i>  |
| 2.2.2 <i>Ligação dos Sensores a um Computador com Recurso a Tecnologias Sem Fios .....</i> | <i>9</i>  |
| 2.2.3 <i>Agregação dos Dados Recolhidos pelos Sensores num Nó Sensorial .....</i>          | <i>11</i> |
| 2.2.4 <i>Agregação dos Dados Recolhidos pelos Sensores num Smartphone .....</i>            | <i>12</i> |
| 2.3 TECNOLOGIAS SEM FIOS.....  | 15        |
| 2.3.1 <i>Bluetooth Low Energy .....</i>  | <i>17</i> |
| 2.4 SÍNTESE.....   | 22        |
| <b>3 SOLUÇÃO LOW-COST EM CLOUD PARA MONITORIZAÇÃO DE PARÂMETROS VITAIS .....</b>           | <b>25</b> |
| 3.1 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS .....   | 26        |
| 3.1.1 <i>Requisitos Funcionais e Não Funcionais.....</i>                                   | <i>26</i> |
| 3.2 ARQUITETURA .....  | 29        |
| 3.2.1 <i>Ambiente Doméstico .....</i>  | <i>31</i> |
| 3.2.2 <i>Médico.....</i>   | <i>33</i> |
| 3.2.3 <i>Servidor +Social .....</i>  | <i>35</i> |
| 3.3 +SOCIAL SAÚDE MÓVEL.....   | 36        |
| 3.3.1 <i>Casos de Uso e Prototipagem.....</i>  | <i>36</i> |
| 3.4 SÍNTESE.....   | 42        |
| <b>4 IMPLEMENTAÇÃO .....</b>   | <b>45</b> |
| 4.1 +SOCIAL SAÚDE MÓVEL.....   | 45        |
| 4.1.1 <i>iOS .....</i>   | <i>47</i> |
| 4.1.2 <i>Android.....</i>  | <i>50</i> |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 4.1.3    | <i>Conetividade</i>   | 52        |
| 4.1.4    | <i>Persistência</i>   | 53        |
| 4.1.5    | <i>Modelo de Dados</i>  | 55        |
| 4.2      | MÉDICO  | 57        |
| 4.3      | WEBSERVICE +SOCIAL  | 58        |
| 4.4      | SÍNTESE   | 59        |
| <b>5</b> | <b>TESTES</b>   | <b>61</b> |
| 5.1      | TESTES DE SOFTWARE  | 61        |
| 5.1.1    | <i>Testes Unitários</i>   | 62        |
| 5.1.2    | <i>Testes de Carga</i>  | 64        |
| 5.1.3    | <i>Testes de Usabilidade</i>  | 66        |
| 5.2      | TESTES DE ACEITAÇÃO   | 67        |
| 5.3      | SÍNTESE   | 71        |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO</b>  | <b>73</b> |
|          | <b>BIBLIOGRAFIA</b>   | <b>77</b> |
|          | <b>ANEXO A - TESTES DE USABILIDADE PARA A APLICAÇÃO MÓVEL +SOCIAL SAÚDE MÓVEL</b> | <b>85</b> |
|          | <b>ANEXO B - TESTES DE ACEITAÇÃO DA SOLUÇÃO</b>                                   | <b>87</b> |

# **1 Introdução**

---

Com o avanço e massificação das tecnologias de informação e comunicação são proporcionadas condições para a criação de soluções de monitorização remota de parâmetros de saúde, criando assim a possibilidade de oferecer cuidados de saúde a todos, em qualquer lugar e momento. Desta forma, não será necessária uma grande quantidade de recursos humanos e físicos, permitindo uma redução de custos a longo prazo no que diz respeito aos custos com saúde.

A monitorização remota de parâmetros vitais surge, portanto, como um mecanismo para efetuar um diagnóstico imediato do estado de saúde do utente e como uma solução de assistência ao trabalho das entidades médicas fornecendo o historial detalhado do utente, útil para a tomada de decisões clínicas, reduzindo assim o número de erros médicos no diagnóstico. Este fator contribui para um aumento da qualidade de vida das pessoas dado que é possível um diagnóstico antecipado de problemas de saúde, com base em parâmetros anómalos, para assim ser possível prevenir doenças. Contribui ainda para que, em caso de doença ou deficiência, o paciente possa ter uma maior autonomia, não sendo necessária a sua permanência na unidade de saúde.

Com as soluções de monitorização remota de parâmetros vitais torna-se necessário ter em conta alguns parâmetros de segurança uma vez que os dados são considerados sensíveis e passam a estar disponíveis a vários intervenientes. É assim essencial garantir a privacidade e a integridade dos dados de forma a protegê-los de acessos indevidos ou não autorizados e a garantir que estes não são perdidos durante o seu processamento. Torna-se também necessário que estas soluções tenham em conta o enorme volume de informação que é gerada por cada paciente de forma a deterem capacidades de processamento e armazenamento adequadas. As soluções devem também oferecer conforto ao utilizador, permitindo a sua utilização sem interferir nas atividades do dia-a-dia.

Considerando as causas de morte mais frequentes [1], a tendência mundial de envelhecimento da população [2] e as necessidades de saúde acrescidas que as pessoas portadoras de deficiência necessitam [3] é nestes grupos sociais que a monitorização remota desempenha um papel relevante. Com a utilização da monitorização remota torna-se possível o combate às principais causas de morte, tendo em conta que nos lugares cimeiros se encontram doenças relacionadas com o coração, e torna-se também possível efetuar um maior acompanhamento, mais personalizado, para atender a população idosa e pessoas portadoras de deficiência. Além destes grupos, a monitorização remota é também importante para desportistas e profissões de risco, ajudando a alertar para situações de maior perigo para a saúde dos profissionais.

Perante este panorama, é importante encontrar uma solução com capacidade de melhorar a qualidade de vida das pessoas, permitindo-lhes uma maior autonomia através do desenvolvimento de sentimentos de confiança e segurança. É ainda relevante que a solução tenha um custo associado baixo de forma a permitir o acesso a pessoas com menores capacidades financeiras.

### ***1.1 Objetivos e Contribuições***

Pretende-se com este projeto o desenvolvimento de um sistema de baixo custo para a monitorização remota de parâmetros vitais. Para isso, é proposta uma solução baseada na *cloud*, capaz de recolher dados vitais de pacientes em tempo-real de forma a ser possível a criação de um histórico clínico dos mesmos. Este histórico possibilita a inferição dos dados ou a sua análise por um médico de forma a auxiliá-lo num diagnóstico. O envio destes dados para um servidor permite a sua centralização na plataforma de forma a proporcionar o acesso aos mesmos pelo médico. Os dados serão recolhidos através de sensores sem fios para um dispositivo móvel utilizando a tecnologia Bluetooth Low Energy. A escolha de dispositivos móveis para agregar os dados prende-se com a sua disseminação pela população, permitindo assim uma redução no custo de aquisição de equipamento para o utilizador.

## ***1.2 Organização do Relatório***

De acordo com os objetivos definidos anteriormente, o presente relatório começa por apresentar, no capítulo 2, uma análise à envolvente social atual, tendo em consideração a necessidade de um acompanhamento mais personalizado de saúde por parte das pessoas. É efetuada também uma revisão às diferentes soluções de monitorização remota existentes, agrupando-as em tipos de operação e fazendo uma análise aos aspetos que caracterizam cada grupo. É ainda feita uma análise às tecnologias sem fios existentes, de forma a determinar qual a mais adequada para utilização na comunicação entre os sensores e o dispositivo móvel. Em suma, o segundo capítulo exhibe o Estado da Arte.

No terceiro capítulo é apresentada a solução proposta, sendo iniciado pela definição e levantamento dos requisitos a que esta deve responder, com base no capítulo 2. Após o levantamento dos requisitos é apresentada a arquitetura proposta para a solução, especificando com detalhe os diferentes módulos constituintes e seus componentes.

No capítulo 4 é exposta a implementação dos módulos que permitem a monitorização remota dos parâmetros vitais. A aplicação móvel de recolha dos parâmetros vitais é tida em foco sendo analisada com mais pormenor relativamente à sua implementação.

Os testes à implementação da aplicação móvel são exibidos no capítulo 5 onde são explorados os resultados dos testes de forma a validar o desenvolvimento e funcionamento de acordo com os requisitos definidos. É ainda analisada a usabilidade da aplicação por parte dos utilizadores.

A conclusão é efetuada no capítulo 6 onde são apresentadas as conclusões relativas ao projeto bem como são apresentadas algumas indicações para trabalho futuro.

De forma a complementar o projeto foram colocados, em Anexo, os resultados dos testes de usabilidade realizados.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## **2 Trabalho Relacionado**

---

Este capítulo aborda as variáveis sociais, como os indicadores demográficos e de saúde, que afetam as populações, focando questões como o envelhecimento da população, as doenças mais comuns e as vantagens da utilização de sistemas de monitorização de parâmetros vitais.

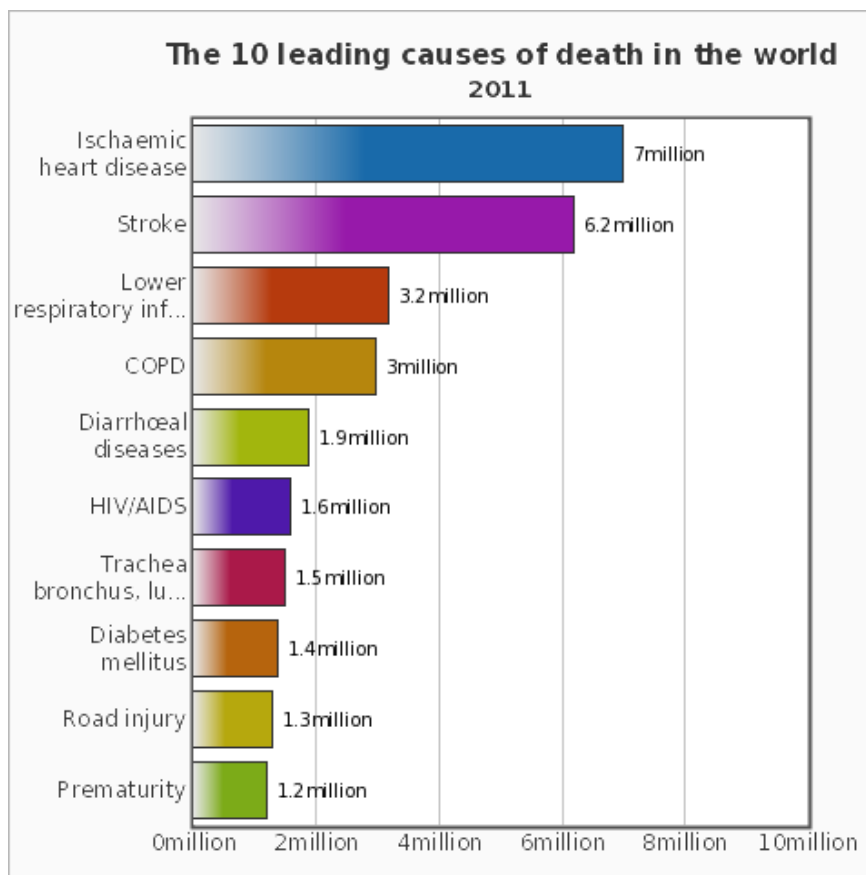
É também efetuada uma abordagem aos sistemas de monitorização remota já existentes, tendo em atenção aos vários tipos de tecnologias de comunicação utilizados. Neste âmbito, é feita uma comparação entre as diversas tecnologias sem fios existentes e é explicada a escolha do Bluetooth Low Energy para a presente solução.

Pretende-se, desta forma, dar uma visão global sobre o estado atual da evolução dos sistemas de monitorização de parâmetros vitais bem como demonstrar as vantagens destes sistemas no dia-a-dia das populações, e em particular, demonstrar o contributo da solução aqui proposta tanto a nível da monitorização remota como a nível das tecnologias utilizadas.

### **2.1 Análise da Envoltente Social**

A envoltente social apresenta atualmente uma população com ritmos de vida muito acelerados, tendo como consequência níveis de *stress* elevados, o que, associado com a predisposição para o consumo de alimentos processados e contendo gorduras polinsaturadas, faz com que o risco de doenças cardíacas, entre outras, aumente para níveis preocupantes. De acordo com a Organização Mundial da Saúde [1], como podemos observar na Figura 1, de entre as 10 doenças mais causadoras de morte, as relacionadas

com o coração ocupam os primeiro e segundo lugares com elevado destaque, causando em 2011 cerca de 13,2 milhões de mortes a nível mundial, seguidas pelas doenças pulmonares com 6,2 milhões de mortes.

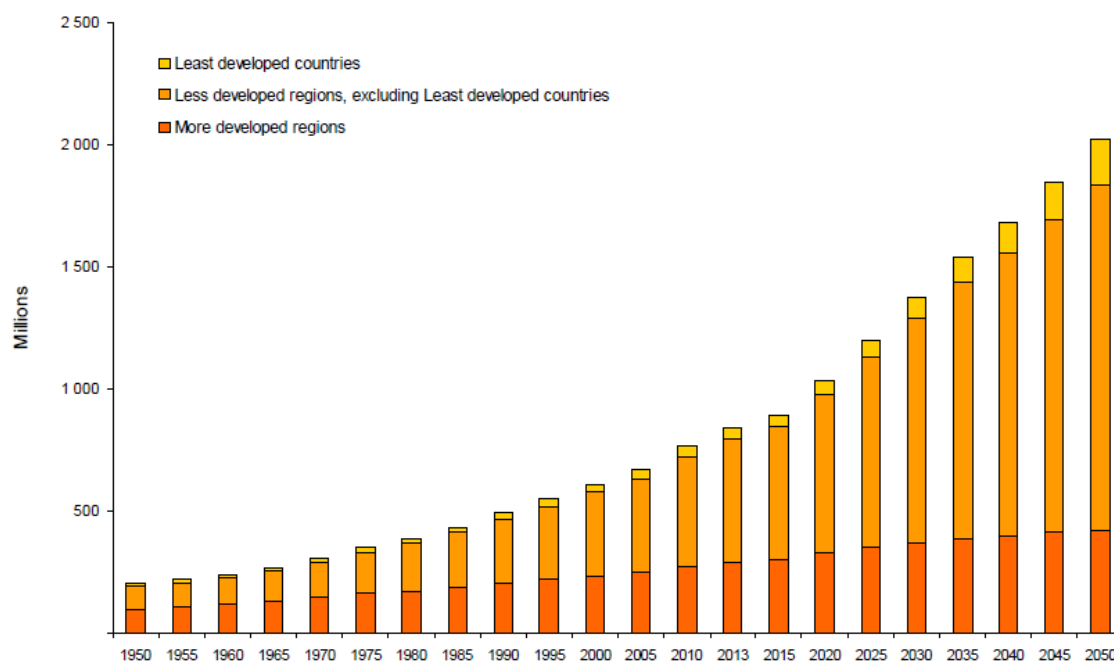


**Figura 1 - As 10 Maiores Causas de Morte no Mundo [1]**

Aliado a este fator, existe ainda uma tendência para o envelhecimento da população mundial devido à diminuição da taxa de natalidade e ao aumento da esperança média de vida que se tem verificado recentemente. O envelhecimento da população leva a que uma maior percentagem da população necessite de mais e melhores cuidados de saúde, pois ao envelhecer o ser humano torna-se mais vulnerável. Segundo o relatório de 2013 das Nações Unidas [2], em 2013 existiam cerca de 841 milhões de pessoas idosas<sup>1</sup>, cerca de 12% da população mundial, e estima que em 2050 este número triplique, ultrapassando a marca dos 2 biliões, 21% da população mundial, como podemos observar na Figura 2. Devemos ter em atenção que estes valores são uma média entre as várias classificações de

<sup>1</sup> São consideradas pessoas idosas aquelas com idade superior a 60 anos.

regiões, mais e menos desenvolvidas. Assim, o mesmo relatório especifica que para as regiões mais desenvolvidas a taxa de natalidade está em decréscimo, levando a que exista cada vez mais um aumento da percentagem de população idosa, sendo que em 2013 esta era cerca de 23% e espera-se que chegue aos 32% em 2050. Por outro lado, nas regiões menos desenvolvidas a taxa de natalidade é maior mas começa a apresentar sinais de abrandamento, levando a que a percentagem de população idosa passe de 9% em 2013 para 19% em 2050.



**Figura 2 - População com Idade Superior a 60 Anos por Desenvolvimento da Região [2]**

Ainda de acordo com a Organização Mundial de Saúde [3], o número de pessoas com algum tipo de deficiência em 2013 corresponde a cerca de 15% da população mundial. Estas pessoas necessitam também de um cuidado de saúde reforçado e adequado à sua condição. Apesar desta necessidade, este estudo indica que estas pessoas têm menos acesso aos cuidados de saúde devido principalmente a custos proibitivos, disponibilidade limitada de serviços, barreiras arquitetónicas e formação e conhecimentos inadequados dos profissionais de saúde.

Para que seja possível prestar melhores cuidados de saúde a estes grupos considerados de risco, uma das soluções passa pela criação de soluções de suporte aos sistemas de saúde existentes. Uma solução é a monitorização remota dos parâmetros vitais dos pacientes, que auxiliará os profissionais de saúde oferecendo-lhes um historial detalhado da variação temporal dos parâmetros vitais dos seus pacientes e que podem utilizar para os acompanhar de uma forma mais próxima e dedicada. Os profissionais de saúde podem também utilizar esta solução para adequarem melhor a medicação prescrita aos seus pacientes, podendo consultar inclusive no histórico qual a reação física que o doente tem à toma da medicação e se esta está a fazer o efeito desejado. Ao analisarmos com detalhe os grupos descritos acima podemos verificar que para combater a alta mortalidade causada por doenças coronárias se podia recorrer à monitorização dos parâmetros relacionados com o coração do paciente, como a frequência cardíaca e o complexo QRS do eletrocardiograma (ECG), para detetar precocemente estes casos. A monitorização remota de parâmetros vitais aplicado à população idosa e/ou com algum tipo de deficiência torna-se assim essencial para efetuar um melhor acompanhamento e diagnóstico dos pacientes aumentando assim a qualidade de vida destes grupos.

A monitorização remota de parâmetros vitais não tem só utilidade na área da saúde, na verdade é uma temática bastante abrangente e que pode ser aplicada em outras áreas como ao desporto ou às profissões de risco, por exemplo bombeiros e forças militares, onde esta monitorização pode ajudar a identificar variações nos sinais vitais dos profissionais que constituam risco para as suas vidas.

## ***2.2 Monitorização Remota***

Nos últimos anos têm sido propostos alguns sistemas de monitorização remota de parâmetros vitais. Na verdade, esta temática tem sido abordada a partir de diversas perspetivas. Se por um lado é importante focarmo-nos na recolha e centralização dos dados, por outro os dados necessitam de ser analisados e interpretados. Os parâmetros mais frequentemente monitorizados nessas soluções são a frequência cardíaca, temperatura corporal, eletrocardiograma (ECG), pressão sanguínea, saturação periférica da oxiemoglobina (SpO<sub>2</sub>) e o eletroencefalograma (EEG).

No que diz respeito à monitorização remota de parâmetros vitais e à consequente recolha e armazenamento desses dados, têm sido propostas algumas abordagens. Estas abordagens diferem entre si no que diz respeito aos níveis na hierarquia dos dispositivos e às tecnologias que são utilizadas para interligar estes dispositivos. Assim, podemos dividir a monitorização remota nas seguintes abordagens que irão ser exploradas em seguida:

- Ligação dos Sensores a um Computador;
- Ligação dos Sensores a um Computador com Recurso a Tecnologias Sem Fios;
- Agregação dos Dados Recolhidos pelos Sensores num Nó Sensorial;
- Agregação dos Dados Recolhidos pelos Sensores num Smartphone.

### **2.2.1 Ligação dos Sensores a um Computador**

A abordagem mais simplista dos sistemas de monitorização remota consiste na ligação de sensores a um computador que posteriormente armazena localmente os dados recolhidos ou os envia para um servidor remoto de forma a manter um registo do histórico de saúde. Por exemplo no projeto [4], os dados são recolhidos diretamente por um computador através da ligação direta através de cabo à interface RS232 ou existe também a possibilidade de estes serem enviados através de GSM sob a forma de SMS. Em [5] os sensores encontram-se ligados diretamente ao computador e enviam os dados que são mostrados posteriormente numa aplicação desenvolvida para o efeito. No projeto [6] o sistema monitoriza o ambiente doméstico onde o idoso vive. Aqui, os sensores encontram-se ligados diretamente a uma estação central que é responsável por enviar os dados através de uma placa *bridge* 3G USB para um servidor na internet.

### **2.2.2 Ligação dos Sensores a um Computador com Recurso a Tecnologias Sem Fios**

A abordagem anterior não é a mais versátil, uma vez que neste tipo de sistemas é necessário um certo grau de mobilidade, ou seja, é necessária uma monitorização dos parâmetros vitais em qualquer lugar, hora ou situação, o que, desta forma, não é possível pois o paciente necessitaria de transportar sempre consigo um computador o que não é útil nem cómodo, mesmo que se tratasse de um com pequenas dimensões. Assim, surgiu a

ideia de dotar os sensores com capacidades de comunicação sem fios para que estes comuniquem os dados recolhidos por si diretamente para o centro de monitorização onde os dados serão armazenados ou por onde estes irão passar antes de serem enviados para o servidor de armazenamento. As tecnologias sem fios mais frequentemente utilizadas na ligação dos sensores ao computador são o RFID [7–9], Wi-Fi [9–12], IEEE802.15.4 [13], ZigBee [14–19] e o GSM [20–26], ou também através da utilização de frequências na gama dos 916 MHz [27]. De entre os projetos que utilizam estas tecnologias podemos destacar alguns que serão apresentados de seguida.

Nos projetos [13,25] são propostas soluções para equipar as forças de segurança para que exista uma maior proteção das mesmas. Assim, o projeto [13] tem como objetivo equipar os fatos das equipas de bombeiros com sensores de forma a ser possível monitorizar os parâmetros vitais destes e alguns parâmetros ambientais enquanto se encontram no combate de incêndios ou noutras situações que possam vir a ser consideradas de risco. No projeto [25] é proposto um sistema para a monitorização de forças militares para que a central de comando de operações possa analisar e determinar o estado de saúde dos militares em tempo real.

No projeto [21] são recolhidos os dados de ECG através de um sensor dotado de capacidades de processamento que, em caso de algum dos valores recolhidos ser superior ou inferior aos valores limite predefinidos, gera um alerta com os últimos dados monitorizados, sob a forma de SMS, diretamente para o *smartphone* do médico.

Nos projetos [11,27] foram tidos em conta alguns aspetos para melhorar a autonomia destas soluções. Para isso, em [27], foi utilizado um microprocessador de muito baixo consumo energético e, em [11], utilizou-se uma versão Wi-Fi proprietária, a operar em frequências na gama 2,4GHz ISM, com o objetivo de fornecer um baixo custo de produção e ser otimizada não só para uma maior autonomia como para comunicações de curto alcance.

### 2.2.3 Agregação dos Dados Recolhidos pelos Sensores num Nó Sensorial

Uma abordagem um pouco diferente consiste em agregar os dados recolhidos de todos os sensores, que se encontram a efetuar a monitorização de um paciente, através de um nó sensorial ficando este responsável pelo envio dos dados para um servidor. Desta forma conseguem-se reduzir drasticamente o número de ligações entre os sensores e o servidor e gerir de forma mais eficiente a cadência de envio dos dados. Aqui, as tecnologias mais utilizadas na ligação entre os sensores e o nó sensorial são o ZigBee [28,29], Bluetooth [28], e o Bluetooth Low Energy [30] ou, pode também ocorrer o caso de os sensores estarem diretamente ligados ao nó sensorial [31,32]. As tecnologias utilizadas para efetuar a comunicação dos dados agregados pelo nó sensorial para um eventual servidor na internet são o VHF [31], Wi-Fi [32–34], GSM [32,35], ou ainda através de frequências nas gamas dos 433 MHz e 900 MHz [36].

Entre as soluções anteriores podemos destacar os projetos [29,33–35] que especificam sensores com a capacidade de serem incorporados em peças ou acessórios de vestuário e que constituem os chamados sensores vestíveis. Assim, no projeto [33] é feita a especificação de um dispositivo semelhante a um relógio que irá funcionar e assumir as funções de nó sensorial e que envia os dados recolhidos para um *smartphone* ou para um computador. O autor refere que as principais vantagens deste tipo de equipamento se relacionam com a privacidade dos dados uma vez que os dados só podem ser acedidos quando o utilizador se encontra com o dispositivo colocado. Na solução [35] o nó sensorial foi concebido sob a forma de uma pulseira para onde os sensores enviam os dados recolhidos, ficando estes posteriormente disponíveis num servidor onde o pessoal médico pode consultar o historial de saúde dos seus pacientes e assim lhes possa dar conselhos e diretrizes para melhorarem a sua saúde. No projeto Smart Vest [34] os autores fazem a especificação de uma camisola com sensores embutidos, como podemos observar na Figura 3, e que comunica os dados que recolhe para um nó central que depois os envia para um computador onde são armazenados.

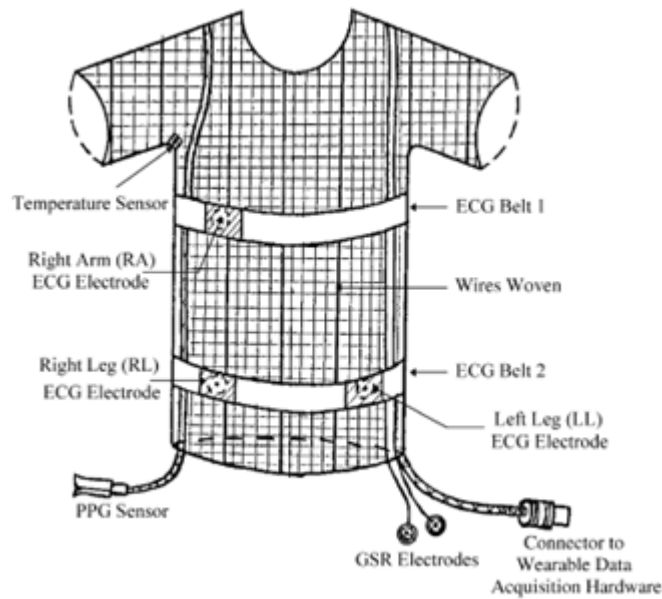


Figura 3 - Sistema Smart Vest [34]

#### 2.2.4 Agregação dos Dados Recolhidos pelos Sensores num Smartphone

Outra abordagem aos sistemas de monitorização remota, semelhante à anterior, consiste na substituição do nó central por um *smartphone*, simplificando assim o processo de recolha e envio dos dados e permitindo que o armazenamento destes se efetue numa base de dados remota. Isto é possível pois os *smartphones* atuais já se encontram dotados de tecnologias de comunicação capazes de efetuar tanto comunicações de área corporal, as denominadas Wireless Body Area Networks (WBANs), como comunicações com a internet. Para estas últimas os *smartphones* tanto podem aceder via Wi-Fi, Wireless Local Area Network (WLAN), ou através das redes móveis 3G ou 4G, Wireless Wide Area Network (WWAN). Esta solução não passa de uma nova perspetiva sobre a primeira abordagem que aqui se expõe, uma vez que cada vez mais podemos comparar os *smartphones* aos computadores, pois estes cada vez mais os substituem na realização de quase todas as tarefas básicas. Nesta abordagem é utilizado o NFC [37], Wi-Fi [38], ZigBee [39,40], Wake-Up Receiver (WUR) [41], Bluetooth [42–57] e o Bluetooth Low Energy [58,59] como tecnologias de comunicação entre os sensores e o *smartphone*, contando que podem ser usados também os sensores embutidos no próprio *smartphone* [60,61]. Na solução [62] é ainda apresentado um sistema que transfere os dados recolhidos pelos sensores para um *smartphone* através do armazenamento dos mesmos num cartão de memória SD. Quanto às tecnologias

utilizadas na comunicação do próprio *smartphone* para um eventual servidor são utilizadas Wi-Fi [56,57], GSM [50–55,57,62] e 3G [38].

As soluções que mais se destacam nesta abordagem quanto à sua aplicabilidade são as [42,52,60,62]. No projeto [42] foi criado um sensor de temperatura intravaginal para tentar relacionar este parâmetro com certas doenças da mulher de forma a tornar possível efetuar um diagnóstico de forma mais rápida e fácil. O UMHMSE [52] é um sistema destinado à monitorização de parâmetros vitais de idosos e que permite à família do idoso e aos profissionais de saúde terem acesso ao historial de saúde através de uma página web. Na solução [60] é apresentado um sistema para efetuar a verificação e validação da prática de exercício físico quando esta é prescrita medicamente, através da monitorização da localização GPS do utilizador. No projeto [62] é especificado um sistema para monitorizar idosos que vivem sozinhos e/ou isolados.

Nas soluções [48,58] são especificados sensores vestíveis para efetuar a monitorização. Na solução [48] é proposta uma solução para efetuar a monitorização de parâmetros vitais de idosos enquanto estes se encontram a efetuar caminhadas. Estes sensores encontram-se embutidos numa camisola justa ao corpo do idoso e são baseados na plataforma Shimmer Mote. Estes sensores enviam os dados recolhidos para um *smartphone* que os envia depois para um *smartwatch*, o Sony Ericson Live View, para que sejam mostrados ao idoso. No projeto [58] é concebida uma solução para monitorização contínua de ECG onde os autores especificam que existem dificuldades na aquisição dos dados devido ao movimento corporal do paciente. Então, para resolver este problema, especificaram uns suspensórios com sensores de ECG embutidos para efetuar a monitorização.

Nas soluções [41,46] são especificadas soluções com a capacidade de gerar alertas no caso dos parâmetros monitorizados constituírem risco para a saúde do paciente. Assim, no projeto [41] poderão surgir alertas, a partir da análise dos dados sensoriais recolhidos, que serão enviados para a família do paciente e/ou para um serviço de emergência médica que tomará conta da ocorrência. No projeto [46] é especificado um sistema de monitorização que oferece a possibilidade de validação humana dos dados recolhidos e dos alertas gerados em resultado da análise efetuada pelo próprio *smartphone*.

Nos projetos [55,57] os autores defendem a ideia de que a monitorização deve ser utilizada para diagnosticar problemas o mais rápido possível para evitar que daí advenham problemas secundários que agravem o estado de saúde do utente. Defendem também que desta forma é possível obter-se um melhor prognóstico e uma melhor visão geral da saúde dos utentes.

Nas soluções [38,50] existe uma certa preocupação com a segurança destes sistemas, uma vez que estes lidam com dados sensíveis e confidenciais. Desta forma, no projeto [38] é especificado um sistema de monitorização seguro que faz uso de mecanismos de autenticação dos pacientes e efetua trocas de dados mais robustas. No projeto IMHMS [50], para que o *smartphone* inicie a aplicação móvel de monitorização é utilizada uma *tag* RFID que autentica o utilizador.

No projeto [59] os autores justificam a escolha do Bluetooth Low Energy com a necessidade de criar uma solução com baixo consumo energético.

Assim, podemos concluir que a utilização de *smartphones* para efetuar a tarefa de monitorização de parâmetros vitais é uma solução ótima uma vez que nos dias de hoje quase todas as pessoas possuem um *smartphone*, e segundo o estudo [63] efetuado em 2013 pela eMarketer, podemos observar, na Tabela 1, que a tendência é para um aumento da percentagem de pessoas nas faixas etárias superiores que utilizam um *smartphone*.

**Tabela 1 - Penetração dos Smartphones no Reino Unido, por Idades, 2011-2017 (adaptado de [63])**

|       | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0-11  | 28,7% | 36,6% | 45,1% | 53,7% | 61,3% | 67,2% | 72,4% |
| 12-17 | 61,0% | 74,0% | 81,0% | 87,0% | 90,8% | 94,0% | 96,0% |
| 18-24 | 68,0% | 78,0% | 84,0% | 89,0% | 92,0% | 95,0% | 98,0% |
| 25-34 | 66,0% | 75,0% | 81,0% | 86,0% | 90,0% | 93,0% | 95,0% |
| 35-44 | 58,0% | 67,0% | 76,2% | 83,0% | 87,5% | 91,0% | 94,0% |
| 45-54 | 40,6% | 50,2% | 62,3% | 71,0% | 78,0% | 85,0% | 89,0% |
| 55-64 | 15,0% | 24,0% | 37,0% | 45,0% | 52,0% | 60,0% | 68,0% |
| 65+   | 6,0%  | 9,0%  | 13,0% | 19,0% | 26,0% | 33,0% | 41,0% |
| Total | 44,1% | 52,5% | 60,4% | 66,7% | 71,7% | 76,6% | 80,9% |

Embora este estudo seja apenas sobre a população do Reino Unido, podemos verificar que a penetração dos *smartphones* nas faixas etárias superiores aos 55 anos vai ter um grande acréscimo até 2017. Este acréscimo é também suportado pelo estudo à escala global efetuado em 2013 pela Deloitte [64] que fomenta a ideia de que em 2014 as faixas etárias superiores aos 55 anos irão enfrentar um crescimento muito rápido nos países desenvolvidos, como é evidente na Figura 4.

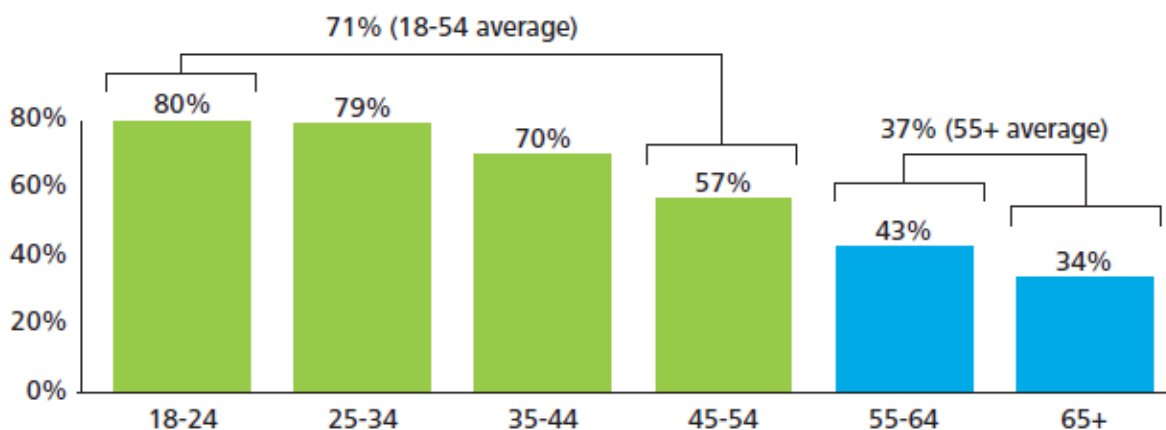


Figura 4 - Penetração dos Smartphones nos Países Desenvolvidos de Maio a Junho de 2013, retirado de [64]

### 2.3 Tecnologias Sem Fios

Como vimos anteriormente, as tecnologias de comunicação sem fios são a solução ideal para um sistema de monitorização remota moderno e adequado às necessidades dos utilizadores. Desta forma, iremos realizar uma análise às tecnologias levantadas na secção 2.2 de forma a verificar as vantagens e desvantagens de cada uma.

Para a implementação de um sistema de monitorização remota de parâmetros vitais o mais adequado é uma rede de área corporal, Body Area Network (BAN) em inglês, que consiste numa rede de dispositivos que rodeiam o corpo humano, usualmente vestíveis. Esta rede é constituída pelos vários sensores que irão recolher os dados vitais do paciente a monitorizar em conjunto com o nó agregador que os irá processar. Uma vez que o propósito dos dispositivos é serem utilizados pelos pacientes no seu dia-a-dia, é também essencial diminuir a necessidade de manutenção dos dispositivos. Isto pode ser conseguido através da utilização de uma tecnologia de baixo consumo energético, aumentando assim a autonomia da solução. Ainda tendo em conta que os dados vitais são sensíveis devemos

também ter em consideração a existência de mecanismos de privacidade e segurança. Desta forma, as tecnologias que vão ser alvo de análise serão o ZigBee, Ant+, Wake-Up Receiver (WUR), Sensium e Bluetooth Low Energy (BLE). Para comparar estas tecnologias vão ser tidos em conta as frequências de operação, o alcance, a largura de banda, as topologias de rede suportadas, o número de dispositivos suportados em simultâneo, os mecanismos de segurança suportados, a latência da comunicação e o consumo energético.

**Tabela 2 - Comparação de Tecnologias Sem Fios para Monitorização Remota (baseado em [65–73])**

|                               | ZigBee                        | Ant+                           | WUR        | Sensium                          | BLE             |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------|----------------------------------|-----------------|
| Frequência                    | 2,4 GHz<br>868 MHz<br>915 MHz | 2,4 GHz ISM                    | 868<br>MHz | 862-870<br>MHz<br>902-928<br>MHz | 2,4 GHz<br>ISM  |
| Alcance                       | 1-100 m                       | 50 m                           | 30 m       | 3 m                              | 10-100 m        |
| Largura de Banda              | 20-250<br>Kbps                | 1 Mbps                         | 1 Kbps     | 50 Kbps                          | 1 Mbps          |
| Topologia                     | Estrela,<br>Malha             | P2P, Estrela,<br>Árvore, Malha | ND         | Estrela                          | P2P,<br>Estrela |
| Dispositivos em<br>Simultâneo | 65000                         | 65000                          | ND         | 8                                | 65000           |
| Segurança                     | 128 bit<br>AES                | Chave de 64<br>bit             | ND         | ND                               | 128 bit<br>AES  |
| Latência                      | 30 ms                         | 0 ms                           | 40 ms      | ND                               | 3 ms            |
| Consumo<br>Energético         | 50 mA                         | 17 mA                          | 10 $\mu$ A | ND                               | <15 mA          |

A partir da comparação da Tabela 2 podemos ver que existem várias tecnologias que preenchem os critérios desejados. De acordo com os mesmos, observamos que a tecnologia WUR tem uma largura de banda de 1 Kbps e a tecnologia Sensium apenas tem suporte para 8 dispositivos ligados em simultâneo o que se pode revelar insuficiente em algumas soluções de monitorização mais completas. Em relação à latência, as tecnologias Ant+ e BLE são aquelas que mais se destacam e, no consumo energético, a tecnologia WUR, com apenas 10  $\mu$ A de consumo.

De acordo com a análise podemos concluir que as melhores tecnologias para a implementação de uma solução de monitorização remota seriam o Ant+ e o BLE. No entanto, a tecnologia Ant+ tem mecanismos de segurança mais fracos e, além disso, é uma tecnologia proprietária, o que faz do BLE a tecnologia eleita para a implementação da solução que de seguida irá ser apresentada.

### **2.3.1 Bluetooth Low Energy**

O Bluetooth Low Energy (BLE) é uma tecnologia criada como complemento ao Bluetooth clássico e que tem como principal objetivo tornar-se na tecnologia sem fios com o menor consumo energético. O BLE é uma tecnologia distinta do Bluetooth clássico, apesar de herdar a marca Bluetooth<sup>®</sup> e grande parte da sua tecnologia, tem objetivos e segmentos de mercado bastante distintos.

O Bluetooth clássico foi criado para juntar os mundos da computação e da comunicação, ligando os telemóveis aos computadores. No entanto, rapidamente se percebeu que era prático utilizá-lo para estabelecer uma ligação áudio do telemóvel para um auricular. Com o crescimento da tecnologia foram adicionadas muitos mais casos de uso como o *streaming* de música e a transferência de ficheiros. Com este crescimento do número de casos de uso era necessária uma maior largura de banda, e assim, o Bluetooth foi adquirindo chips rádio mais rápidos. Começou-se com a adição do *Basic Rate* (BR) com um máximo de transmissão de 1 Mbps. Na versão 2.0 do Bluetooth foi adicionado o *Enhanced Data Rate* (EDR) que permitia larguras de banda até 3 Mbps. O *Alternate MAC PHY* (AMP) foi adicionado na versão 3.0 e faz uso do protocolo IEEE 802.11 para estender a velocidade de transmissão dos dados até às centenas de megabits por segundo.

O BLE apareceu como parte da especificação do Bluetooth versão 4.0 em Junho de 2010, tendo sido lançada a última revisão em Dezembro de 2013 na especificação Bluetooth 4.1. Foi criado pela Nokia com o nome de Wibree, antes de ser adotado pelo Bluetooth Special Interest Group (SIG) com o nome Bluetooth Low Energy, ou Bluetooth Smart. O BLE tomou um caminho completamente diferente do Bluetooth clássico. Em vez de aumentar a largura de banda disponível, foi otimizado para consumos de energia muito baixos. Assim, os objetivos da criação desta nova tecnologia foram permitir uma utilização à escala

mundial, baixo custo, robustez, curto alcance e baixo consumo energético. Para permitir uma utilização à escala mundial foram utilizadas frequências na gama dos 2,4GHz ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), uma vez que é uma faixa disponível em todo o mundo e além disso é gratuita, não requerendo qualquer licenciamento, reforçando a ideia do baixo custo. A robustez é conseguida através da utilização de grande parte da especificação do Bluetooth clássico, mas otimizando-a para baixo consumo energético através de larguras de banda mais baixas e comunicações de curto alcance. Estes objetivos fazem com que o BLE tenha uma gama de aplicações variada, sendo as principais:

- Internet das Coisas (Internet of Things (IoT), em inglês);
- Dispositivos médicos;
- Equipamento de desporto e *fitness*;
- Automação doméstica;
- Entretenimento doméstico;
- Energia inteligente;
- Alertas;
- Pagamentos móveis;
- Sensores automáticos;
- Segurança.

A partir desta especificação é possível assim construir três tipos de dispositivos: Single-Mode, Dual-Mode e Clássico. Os dispositivos Dual-Mode implementam a especificação Bluetooth por completo, fornecendo a possibilidade de utilização tanto de Bluetooth clássico como de BLE. Os dispositivos Single-Mode apenas implementam a especificação do BLE, ao invés dos dispositivos Clássicos que apenas implementam a parte correspondente ao Bluetooth clássico. Na Tabela 3 podemos ver a compatibilidade em termos de comunicações e tecnologias rádio entre estes dispositivos.

**Tabela 3 - Compatibilidade entre os Diferentes Tipos de Dispositivos Bluetooth (adaptado de [74])**

|             | Single-Mode | Dual-Mode          | Clássico           |
|-------------|-------------|--------------------|--------------------|
| Single-Mode | BLE         | BLE                | ND                 |
| Dual-Mode   | BLE         | Bluetooth clássico | Bluetooth clássico |
| Clássico    | ND          | Bluetooth clássico | Bluetooth clássico |

### 2.3.1.1 Arquitetura

A arquitetura do Bluetooth Low Energy é muito semelhante à do Bluetooth Clássico. De acordo com [74–77], e como podemos ver na Figura 5, esta está dividida em três partes: Controlador, Host e Aplicações. O Controlador é tipicamente o dispositivo físico que transmite e recebe os sinais rádio e entende como é que esses sinais podem ser interpretados como pacotes com informação. O Host é uma camada de *software* que gere a forma como dois ou mais dispositivos comunicam com outro e quantos serviços diferentes podem ser disponibilizados pelo rádio. As Aplicações utilizam o Host, e conseqüentemente o Controlador, para implementar um caso de uso.

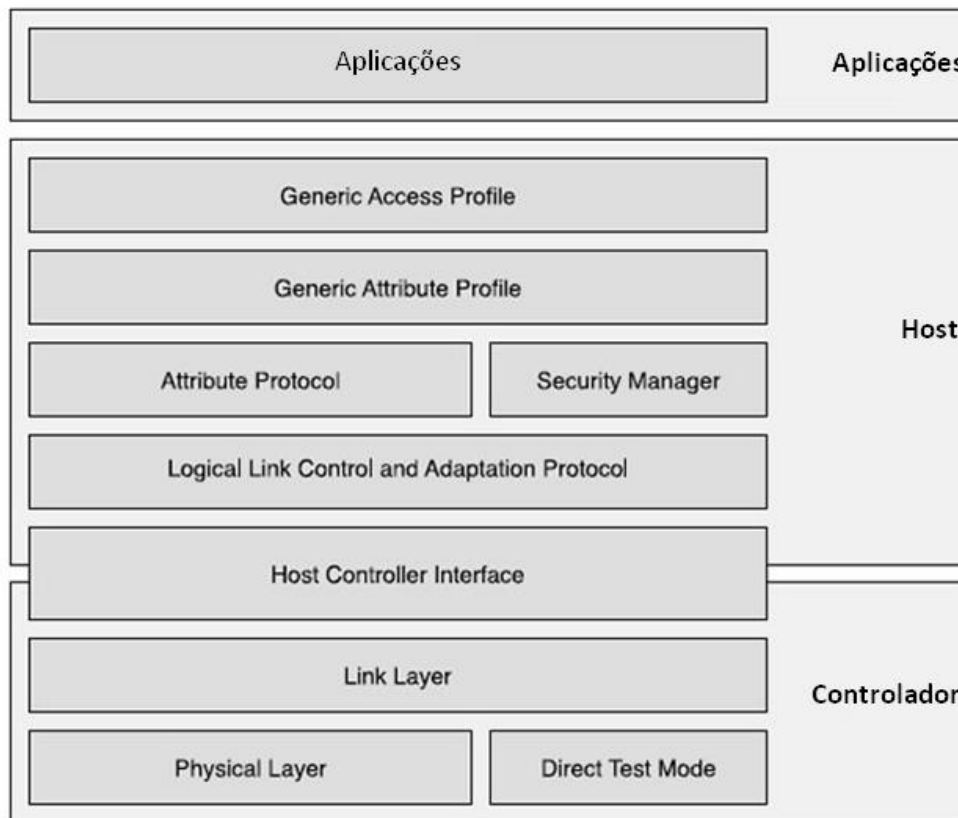


Figura 5 - Arquitetura do Bluetooth Low Energy (adaptado de [74])

O Controlador é composto pelas camadas Physical Layer (PHY), Direct Test Mode e Link-Layer (LL). A camada PHY é o local onde se situam os circuitos de comunicação, designados por rádio. O rádio opera na frequência dos 2,4 GHz a 1 Mbps utilizando o mecanismo Gaussian Frequency-Shift Keying (GFSK) para efetuar a modulação das ondas. A camada Direct Test Mode é uma abordagem para efetuar testes diretamente à

camada PHY. A camada LL é a que controla o estado do dispositivo. O dispositivo BLE pode assumir um de cinco estados, *standby*, *advertising*, *scanning*, *initiating* ou *connected*. Os estados serão abordados com mais detalhe na secção 2.3.1.2.

A interface Host Controller Interface (HCI) é a responsável por interligar o Controlador ao Host. Aqui, são fornecidos meios de comunicação entre os dois através de uma interface normalizada. Esta camada pode ser implementada sob a forma de *software*, através de uma API, ou sob a forma de *hardware*, através de uma interface como UART, SPI ou USB.

O Host é constituído pelas camadas Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP), Security Manager (SM), Attribute Protocol (ATT), Generic Attribute Profile (GATT) e Generic Access Profile (GAP). O protocolo L2CAP é responsável pela encapsulação dos protocolos das camadas superiores, em pacotes no formato BLE, e por gerir a fragmentação e recombinação de pacotes com tamanho maior. O protocolo SM é o responsável pelos mecanismos de emparelhamento e distribuição de chaves entre dispositivos. O protocolo ATT permite que o dispositivo exponha dados, designados de atributos, a outro dispositivo. A camada GATT define procedimentos para a utilização do protocolo ATT e especifica a estrutura dos perfis. A camada GAP faz a ligação com a aplicação e/ou com os perfis e gere a descoberta de dispositivos e serviços relacionados com a ligação para esses dispositivos. Além disto, o GAP gere também a iniciação das funcionalidades de segurança.

As Aplicações definem três tipos de especificações: característica, serviço e perfil. Cada uma destas especificações é construída com base no GAP. Uma característica é um conjunto de dados com um formato conhecido e identificado por um identificador único universal (Universally Unique Identifier<sup>2</sup> (UUID)). Um serviço é composto por um conjunto de características e seu comportamento, por exemplo leitura ou escrita. Um perfil descreve dois ou mais dispositivos, contendo um ou mais serviços cada um. O perfil também define a topologia da rede, definindo como é efetuado o processo de descoberta e de ligação dos dispositivos. Na Figura 6 pode ser observada a forma como estas especificações se relacionam.

---

<sup>2</sup> Os UUID estão documentados como parte de ITU-T Rec. X.667 | ISO/IEC 9834-8, que está duplicado no IETF como RFC 4122.

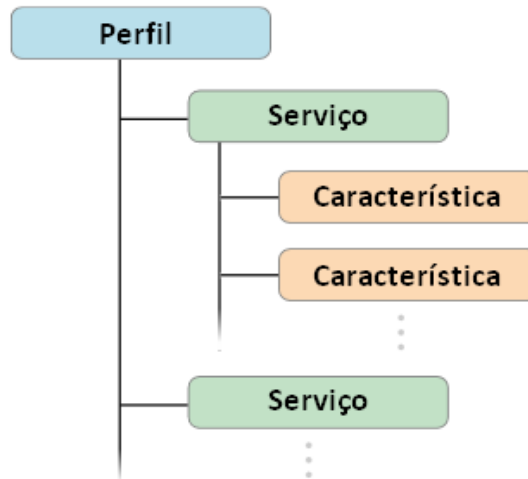


Figura 6 - Relação entre as Especificações da Camada de Aplicação da Arquitetura do Bluetooth Low Energy (adaptado de [78])

### 2.3.1.2 Funcionamento

Para entendermos melhor o funcionamento do BLE, temos de entender as funções que estes dispositivos podem assumir. Os papéis não são mais que as responsabilidades que os dispositivos tomam. Os dispositivos podem assim assumir o papel de *central* e/ou *peripheral*. Caso o dispositivo esteja configurado no modo *central*, este vai ser o responsável por escutar a presença de dispositivos *peripheral* no meio e de iniciar o estabelecimento de ligações com os mesmos. No caso de o dispositivo estar no modo *peripheral*, este vai assumir a responsabilidade de anunciar a sua presença através do envio de pacotes para o meio.

A partir dos papéis dos dispositivos podemos observar que o BLE tem por base estados de operação, enumerados anteriormente na secção 2.3.1.1, e que definem os procedimentos que o dispositivo terá de executar. Para recordar, os cinco estados de operação do BLE são:

- Standby;
- Advertising;
- Scanning;
- Initiating;
- Connected.

Durante o estado de *standby* o dispositivo encontra-se no seu momento de menor consumo de recursos, pois não tem necessidade de interagir com nenhum outro dispositivo. Os dispositivos BLE, mesmo estando com uma ligação aberta para outro, passam a maior parte do tempo no estado de *standby*, atingindo consumos energéticos de 1  $\mu\text{A}$ . O estado de *advertising* apenas se aplica aos dispositivos no modo *peripheral* e aqui, o dispositivo encontra-se a enviar pacotes *broadcast* para o meio de forma a anunciar a sua presença e disponibilidade para estabelecer comunicação com outro dispositivo. Quando o dispositivo *central* se encontra no estado de *scanning*, escuta o meio em busca de pacotes *advertising* provenientes dispositivos *peripheral*. Ao encontrar um pacote deste tipo, pode ser dada a indicação para ser estabelecida a ligação, passando o dispositivo *central* do estado de *scanning* para o estado de *initiating*. No estado de *initiating* o dispositivo executa os procedimentos necessários para que seja estabelecida a ligação com o dispositivo que está no estado *advertising*. Por fim, quando a ligação é bem-sucedida ambos os dispositivos ficam no estado *connected*, podendo posteriormente, enquanto a ligação se encontrar ativa, alternar para o modo *standby* de forma a poupar recursos.

## **2.4 Síntese**

Neste capítulo foi realizado o enquadramento dos problemas de saúde que mais afetam a população mundial para dar ênfase aos parâmetros vitais mais urgentes de serem monitorizados. Foram ainda destacadas a tendência de envelhecimento da população e as dificuldades de acesso a cuidados de saúde e a acompanhamento médico por parte de utentes com incapacidades. Considerando estas problemáticas, concluímos que os sistemas de monitorização remota se podem revelar, não como uma solução que substitua os profissionais de saúde mas, como uma solução de apoio aos mesmos na realização do seu trabalho, deixando-lhes mais tempo livre para acompanhar de melhor forma cada paciente. Concluiu-se também que as soluções de monitorização remota representam uma mais-valia quando aplicadas a profissões de risco e a desportistas uma vez que estes poderão ser alertados quando estiverem em perigo de vida.

Foram também analisadas as soluções de monitorização existentes de forma a efetuar o levantamento dos requisitos necessários nestas e que as tornam mais eficientes, práticas e

acessíveis. Desta análise concluiu-se que a melhor solução é agregar os dados recolhidos por sensores através de um *smartphone*, recorrendo a uma tecnologia sem fios, e enviá-los para um servidor central, também através de uma tecnologia sem fios, por forma a centralizar o histórico de saúde do utilizador. Os sensores que efetuariam a recolha idealmente seriam do tipo vestível, para que assim os utilizadores pudessem realizar as suas atividades do dia-a-dia sem que estes os incomodassem. Os sensores e a sua tecnologia de comunicação sem fios teriam de ter um baixo consumo energético de forma a aumentar a sua autonomia para que apenas fosse necessária a mínima manutenção. A tecnologia de comunicação teria também de ter a capacidade de oferecer mecanismos de segurança robustos.

Desta forma, foi efetuado um levantamento das tecnologias sem fios mais apropriadas para uma rede de área corporal através de uma tabela de comparação. Nesta tabela foram consideradas as tecnologias ZigBee, Ant+, Wake-Up Receiver, Sensium e Bluetooth Low Energy. Da análise comparativa concluímos que a tecnologia Bluetooth Low Energy é a que melhor se adequa, pois é a que possui melhor relação entre latência, consumo energético e mecanismos de segurança.

Foi assim efetuada a explicação da tecnologia Bluetooth Low Energy quanto à sua génese, arquitetura e funcionamento de forma a destacar as vantagens e mais-valias inerentes quando aplicada aos sistemas de monitorização remota de parâmetros vitais.

É neste contexto que surge a proposta desta solução de monitorização remota de parâmetros vitais de baixo custo baseada na *cloud*, cuja arquitetura será abordada no próximo capítulo.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

### **3 Solução Low-Cost em Cloud para Monitorização de Parâmetros Vitais**

---

A monitorização remota de parâmetros vitais tem como principais funções o registo e a análise do estado de saúde de pacientes. Para efetuar a recolha dos dados vitais, os pacientes necessitam de estar munidos com diversos sensores para medir vários parâmetros. Numa consulta de clínica geral, os sensores mais comuns são o otoscópio, estetoscópio, de frequência cardíaca, oxigenação sanguínea e tensão arterial, pelo que são também os mais frequentes nestas soluções. Em conjunto com os sensores, existe normalmente um dispositivo agregador dos dados recolhidos que os centraliza e mostra ao paciente. Ao analisar as soluções existentes no mercado, disponíveis para o consumidor final, constata-se que estas atingem valores de centenas de euros, o que pode representar um entrave na aquisição do equipamento levando a que não exista interesse pelos pacientes na utilização deste tipo de soluções. Assim, é proposta uma solução que pretende eliminar o componente agregador de dados vitais, através da sua substituição por um dispositivo móvel. Esta proposta vem possibilitar a criação de um sistema de baixo custo, *low-cost*, uma vez que permite ao utilizador aproveitar o dispositivo móvel que possui para efetuar a recolha dos dados dos sensores vitais.

Desta forma, neste capítulo é efetuado o levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais necessários. Este levantamento é fundamental de forma a definir as funcionalidades e as especificidades a que o módulo deve corresponder.

É ainda definida a arquitetura proposta para a monitorização de parâmetros vitais, com base no levantamento dos requisitos. Esta arquitetura pretende otimizar o processo de recolha dos parâmetros vitais de forma a torná-lo transparente para o utilizador. Serão

também analisados os módulos que constituem a arquitetura de forma a explicar as suas funções, responsabilidades e interações. É também feita a análise dos módulos constituintes da arquitetura proposta de forma a efetuar o levantamento dos casos de uso e consequente descrição e efetuar a prototipagem quando assim se justifique.

### ***3.1 Levantamento de Requisitos***

Os sistemas informáticos desempenham um papel cada vez mais importante no dia-a-dia das pessoas. Assim, é necessária a produção de sistemas confiáveis e seguros de forma económica e rápida. Contudo, a construção destes sistemas é complexa, pois tem de se lidar com requisitos intransigentes, restrições de integridade e a necessidade de um conhecimento aprofundado de forma a descrever as interações entre o sistema e o ambiente. Quando não existe um bom levantamento de requisitos isto traduz-se numa discrepância entre as funcionalidades reais e as esperadas do sistema.

Hoje em dia, torna-se necessário a utilização de uma metodologia de trabalho. As metodologias de trabalho especificam o quê (processos e produtos), como (técnicas) e quem (funções) para toda a equipa envolvida no desenvolvimento do sistema. Devem também definir o papel dos técnicos, dos utilizadores e da administração da empresa, para que todos tenham conhecimento do funcionamento do sistema. Além disso, deve ser evitada a subjetividade na abordagem, através do estabelecimento de um conjunto de padrões, de forma a garantir uma fácil integração entre os sistemas desenvolvidos [79].

#### **3.1.1 Requisitos Funcionais e Não Funcionais**

Um dos principais fatores para o sucesso de um sistema é o nível de correspondência que este tem com os requisitos para os quais foi desenvolvido. O levantamento de requisitos é, assim, de extrema importância pois torna possível visualizar e modificar um sistema sem causar problemas ao mesmo. Além disso, o esforço necessário para localizar uma modificação ou implementação torna-se aceitável. Os requisitos dos sistemas devem estabelecer o que o sistema deve fazer ao invés de como é que este o deve fazer, bem como em que circunstâncias deve operar. Existem dois tipos de requisitos: funcionais e não funcionais.

### 3.1.1.1 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais descrevem explicitamente as funcionalidades e serviços do sistema, ou seja, determinam o que se espera que o sistema faça sem a preocupação da maneira de fazer. Estes requisitos são o conjunto de entradas, saídas e comportamentos que o sistema deve ter quando é utilizado pelo utilizador.

Na Tabela 4 é feito o levantamento dos requisitos funcionais para a solução proposta de monitorização de parâmetros vitais. Estes requisitos têm como base as mais-valias presentes nos projetos analisados na secção 2.2, em conjunto com as necessidades levantadas na secção 2.1.

**Tabela 4 - Requisitos Funcionais**

| ID  | Descrição  | Prioridade  |
|-----|--|-------------|
| F1  | Cada utilizador irá ter um conjunto de sensores sem fios corporais que permitam a monitorização de parâmetros vitais em tempo-real e continuamente.                                      | Obrigatório |
| F2  | Os parâmetros a monitorizar são: frequência cardíaca, a temperatura corporal, o eletrocardiograma, a pressão sanguínea, a saturação periférica da oxiemoglobina e o eletroencefalograma. | Obrigatório |
| F3  | Os sensores devem ser do tipo vestível.  | Obrigatório |
| F4  | A monitorização não deve intervir no dia-a-dia do utilizador.  | Obrigatório |
| F5  | O sistema emite automaticamente alertas para os serviços de emergência medica quando for detetado um parâmetro de saúde com valores anómalos.  | Obrigatório |
| F6  | O sistema não tem limite de sensores.  | Obrigatório |
| F7  | O sistema permite a consulta do histórico de saúde do utilizador.  | Obrigatório |
| F8  | Os sensores devem anunciar a leitura do seu parâmetro vital em intervalos definidos.   | Obrigatório |
| F9  | O smartphone permite efetuar uma leitura de um parâmetro vital em concreto fora do intervalo especificado.   | Obrigatório |
| F10 | O smartphone permite a consulta do valor da última medição.  | Obrigatório |
| F11 | O smartphone permite efetuar login no servidor.  | Obrigatório |

|     |   |             |
|-----|---|-------------|
| F12 | O smartphone permite a ligação aos sensores de monitorização de parâmetros vitais.              | Obrigatório |
| F13 | O smartphone permite guardar os dados de login.   | Obrigatório |
| F14 | Os sensores devem permitir a leitura do último valor obtido para o seu parâmetro.               | Obrigatório |
| F15 | Cada utilizador deverá ter um smartphone com capacidade de recolher os dados dos seus sensores. | Obrigatório |

### 3.1.1.2 Requisitos Não Funcionais

Os requisitos não funcionais definem as propriedades e restrições do sistema. Estes requisitos estão relacionados com o desempenho, usabilidade, confiabilidade, disponibilidade, segurança e tecnologias envolvidas no desenvolvimento do sistema. Em muitos casos os requisitos não funcionais estabelecem restrições aos requisitos funcionais.

Na Tabela 5 encontram-se definidos os requisitos não funcionais para a solução proposta de monitorização remota de parâmetros vitais, elaborados com base na análise efetuada no capítulo 2. Estes requisitos irão ser importantes para entender a implementação da solução explicada no capítulo 4.

**Tabela 5 - Requisitos Não Funcionais**

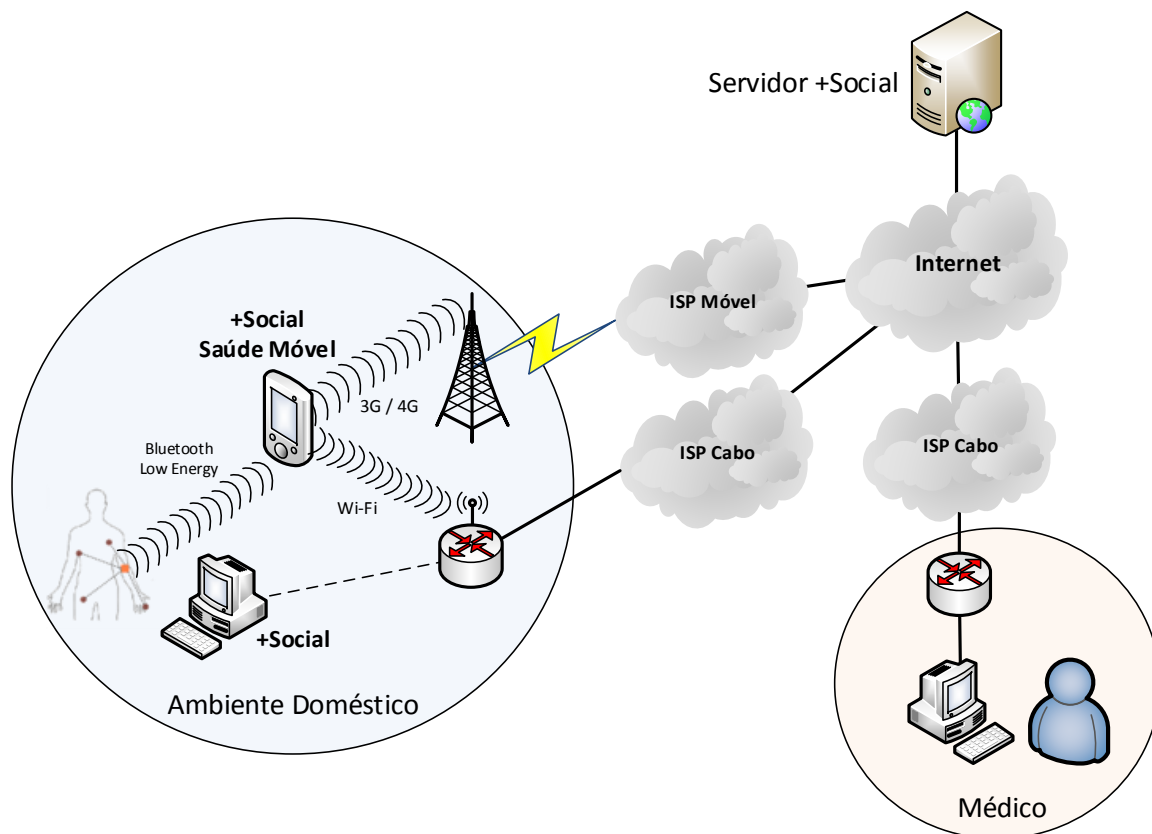
| ID  | Descrição  | Prioridade  |
|-----|--|-------------|
| NF1 | A interface do sistema deve ser agradável, intuitiva e de fácil utilização para pessoas de todas as idades.  | Obrigatório |
| NF2 | A fonte deve ser no mínimo de 16pt de forma a permitir a utilização fácil por pessoas com capacidades visuais diminuídas.  | Obrigatório |
| NF3 | O sistema deve utilizar a tecnologia sem fios Bluetooth Low Energy para efetuar a comunicação entre os sensores e o dispositivo de recolha de parâmetros vitais. | Obrigatório |
| NF4 | O smartphone deve utilizar a tecnologia Wi-Fi ou redes móveis para comunicar os valores dos parâmetros vitais recolhidos para o servidor.                        | Obrigatório |

|      |  |             |
|------|--|-------------|
| NF5  | O smartphone deve utilizar a tecnologia Wi-Fi ou redes móveis para efetuar o login do utilizador no servidor.        | Obrigatório |
| NF6  | O servidor deve disponibilizar um Webservice WCF.  | Obrigatório |
| NF7  | O smartphone deve ter um socket aberto para permitir a leitura de parâmetros vitais fora do intervalo especificado.  | Obrigatório |
| NF8  | O sistema deverá ser implementado com recurso a soluções de baixo custo.   | Obrigatório |
| NF9  | O Webservice deve disponibilizar métodos para efetuar o login.   | Obrigatório |
| NF10 | O Webservice deve disponibilizar métodos para o envio de parâmetros vitais.  | Obrigatório |
| NF11 | O Webservice deve disponibilizar métodos para o acesso aos parâmetros vitais de um dado utilizador.                  | Obrigatório |
| NF12 | O servidor analisa os dados recebidos de forma a detetar anomalias.  | Obrigatório |
| NF13 | Os sensores devem respeitar as especificações definidas pelo Bluetooth SIG na implementação do protocolo.            | Obrigatório |
| NF14 | O smartphone deve ter suporte para comunicação através de Bluetooth Low Energy e através de Wi-Fi e/ou redes móveis. | Obrigatório |

### **3.2 Arquitetura**

Uma boa especificação da arquitetura da solução leva, em teoria, a uma melhor implementação do sistema. Assim, na Figura 7 é apresentada a arquitetura proposta para a solução de monitorização de parâmetros vitais de baixo custo baseada na *cloud*. A arquitetura foi definida com base nos requisitos funcionais levantados na secção 3.1.1.1. A solução é também baseada na plataforma +Social, já existente, que tem como objetivo oferecer um meio de comunicação à população idosa tal e qual uma rede social. Esta plataforma permite, além de videoconferência e *chat*, que os utilizadores interajam entre si através de jogos on-line e encontra-se prevista a funcionalidade de teleconsulta num futuro próximo. Aproveitando esta funcionalidade, torna-se interessante juntar-lhe um sistema de monitorização remota de parâmetros vitais com a capacidade de enviar os dados vitais dos utilizadores para a plataforma. Desta forma, um médico pode ter acesso ao histórico clínico

dos seus pacientes através da plataforma de forma a acompanhar um paciente ou a efetuar um diagnóstico mais apurado. Pode ainda ser possível, ao médico, efetuar teleconsultas em que, quando este inicia a ligação com o seu paciente, pode de forma rápida ter acesso ao histórico clínico, ou remotamente efetuar a medição em tempo-real de um parâmetro específico. Assim, a arquitetura da solução é constituída pelos módulos Ambiente Doméstico, Médico e Servidor +Social.



**Figura 7 - Arquitetura da Solução**

O módulo Ambiente Doméstico é o local onde o utilizador se localiza, e pode corresponder ao seu ambiente doméstico ou aos locais que frequenta. Neste módulo é efetuada a monitorização dos parâmetros vitais que são enviados pela internet, através de Wi-Fi ou pelas redes móveis, 3G e 4G, para o servidor +Social. É aqui também que o utilizador acede e interage com a plataforma. O módulo Médico corresponde ao local onde o médico acede à plataforma para consultar o histórico clínico dos seus pacientes ou para efetuar teleconsultas. Este local pode corresponder ao seu consultório ou residência, não havendo obrigatoriedade de ser um local inalterável, tendo no entanto necessidade de ter disponível uma ligação à internet. O módulo Servidor +Social corresponde ao servidor da plataforma,

responsável pela gestão dos conteúdos e das ligações entre os utilizadores, bem como por armazenar os dados recolhidos resultantes da monitorização dos seus parâmetros vitais.

### 3.2.1 Ambiente Doméstico

O módulo Ambiente Doméstico representa o local onde ocorrem as interações entre o utilizador e o sistema. Assim, este módulo engloba as atividades de utilização da plataforma pelo utilizador e de monitorização remota pode ser, assim, dividido nestas duas componentes como expresso na Figura 8.

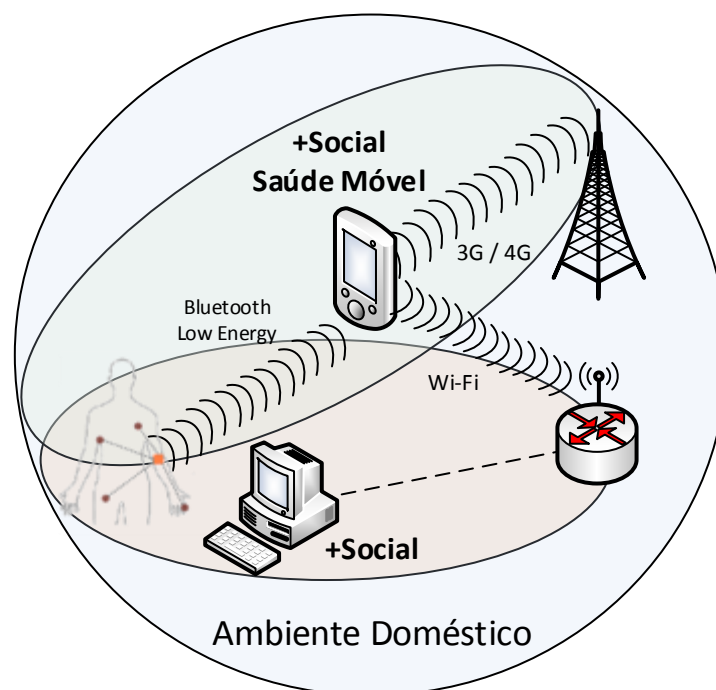


Figura 8 - Módulo Ambiente Doméstico

A interação do utilizador com a plataforma efetua-se normalmente a partir da sua habitação e é utilizado, tipicamente, um computador pessoal com ligação à internet que permite o acesso do utilizador aos conteúdos disponibilizados pela plataforma +Social. O utilizador, caso esteja a ser monitorizado pela plataforma, interage também com a aplicação móvel +Social Saúde Móvel, presente no seu dispositivo móvel, tablet ou smartphone, de forma a consultar os parâmetros que lhe estão a ser monitorizados. A aplicação tem a capacidade de comunicar diretamente com os sensores que o utilizador possui no corpo de forma a efetuar a recolha dos dados vitais e os enviar posteriormente para a plataforma +Social

para a sua análise. Na plataforma, durante a teleconsulta, os dados são mostrados ao médico para que este efetue um diagnóstico baseado nos mesmos.

### **3.2.1.1 +Social**

A componente +Social do módulo Ambiente Doméstico descreve a utilização da plataforma pelo utilizador, sendo que, para isso, este necessita de um computador com acesso à internet e que possua uma *webcam* e microfone para poder interagir com o médico e com os outros utilizadores por meio de videochamada. O utilizador pode ainda jogar com outros utilizadores os jogos disponibilizados na plataforma.

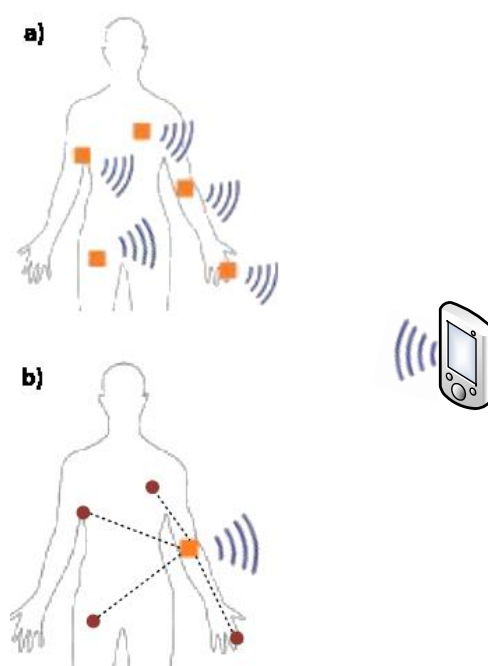
A comunicação do computador do utilizador com a plataforma realiza-se preferencialmente através de uma ligação por cabo ou Wi-Fi numa rede de área local, Local Area Network (LAN) em inglês, mas também existe a possibilidade de ser utilizado um acesso à internet através de um modem GSM. Este último cenário é apenas aconselhado para locais onde não existe cobertura de internet por cabo ou esta é deficiente.

### **3.2.1.2 +Social Saúde Móvel**

A componente +Social Saúde Móvel é constituída por um dispositivo móvel, *smartphone* ou *tablet*, e pelos sensores corporais do utilizador. O dispositivo móvel tem como principal responsabilidade recolher os dados dos vários sensores que se encontram a monitorizar o utilizador através de uma aplicação desenvolvida para o efeito com o mesmo nome da componente. Esta aplicação será especificada na secção 3.3, onde será efetuada a sua prototipagem e serão analisados os casos de uso.

A comunicação entre o dispositivo móvel e os sensores irá ser efetuada através da tecnologia sem fios Bluetooth Low Energy. Os sensores serão preferencialmente do tipo vestível para que sejam confortáveis para os utilizadores para que, assim, estes não sintam necessidade de os retirar. O objetivo é que exista uma monitorização contínua dos parâmetros vitais para formar um histórico consistente da variação dos mesmos para cada utilizador. Os sensores podem estar organizados segundo diferentes tipologias, como na

Figura 9. Na Figura 9a podemos ver que cada sensor tem a capacidade de comunicar independentemente com o dispositivo móvel, enquanto, na Figura 9b, os vários sensores apenas comunicam através de um nó agregador responsável pela gestão das comunicações. O dispositivo móvel envia, em tempo-real, os dados recolhidos para o Webservice do Servidor +Social, através de uma ligação Wi-Fi ou das redes móveis, 3G e 4G, para que sejam aí armazenados.



**Figura 9 - Tipos de Organização de Sensores. a) Sensores Independentes; b) Sensores Agregados**

Existe ainda a possibilidade de o utilizador ou o médico, durante a teleconsulta, pedir ao sistema a realização da medição de um parâmetro específico. Esta ação é realizada com recurso a um pedido ao dispositivo móvel o que permite que seja forçada a medição do parâmetro desejado. Após esta medição, e após o dispositivo móvel adquirir os valores, estes são enviados para o servidor +Social e depois encaminhados para o médico.

### **3.2.2 Médico**

O módulo Médico engloba a consulta do histórico do paciente e realização de teleconsultas pelo médico, tipicamente a partir da sua residência ou consultório. Os acessos à plataforma são efetuados com recurso a um computador com acesso à internet e, no caso da realização

da teleconsulta, o médico deve ter disponível uma *webcam* e um microfone. O médico pode consultar na plataforma o histórico clínico dos seus pacientes que estão organizados por parâmetro e são apresentados sob a forma de gráficos, indicando valores que possam ser considerados críticos para que o médico os foque com mais atenção. A teleconsulta é realizada por meio de videochamada que, no caso do médico, é acompanhada por uma barra lateral com os detalhes do historial clínico do paciente que está a ser consultado. Junto a cada parâmetro vital do utilizador, o médico, terá um botão que lhe permitirá efetuar uma medição em tempo-real desse parâmetro. Na Figura 10 é mostrado um protótipo da interface do médico durante uma teleconsulta.

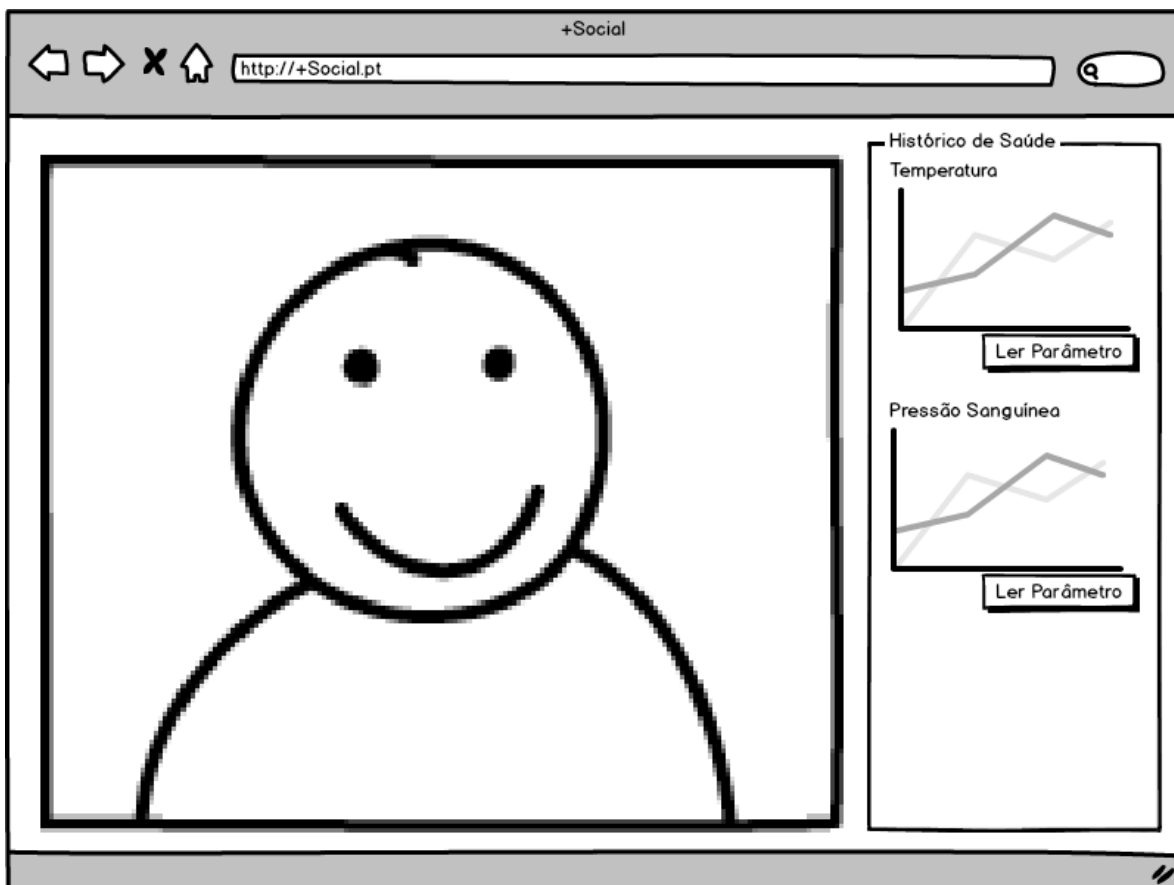


Figura 10 - Protótipo da Interface do Médico durante uma Teleconsulta

Podemos ver na imagem acima que, à esquerda, existe uma área maior onde será mostrado ao médico a videochamada com o utilizador e, à direita, uma área com o historial clínico correspondente. Na área do historial clínico são apresentados, ao médico, os parâmetros existentes no servidor, correspondentes à monitorização remota desse utilizador sob a

forma de gráficos de progressão temporal. Desta forma o médico pode consultar a evolução de cada parâmetro ao longo de um período, ano, mês, semana ou dia, consoante a sua urgência.

### **3.2.3 Servidor +Social**

O módulo Servidor +Social é o local onde se encontra o servidor da plataforma. Este servidor irá ter como funções a gestão das videochamadas e das interações entre utilizadores. Aqui, irão também ser armazenados os dados provenientes da monitorização dos parâmetros vitais dos utilizadores para que fiquem disponíveis para o médico durante a teleconsulta. O servidor irá estar localizado na *cloud*, podendo estar replicado e/ou distribuído por várias localizações do mundo. Por esta razão, devem existir mecanismos de autenticação e encriptação pois os dados provenientes da monitorização remota são sensíveis.

O servidor, além dos mecanismos necessários ao funcionamento da plataforma, terá de ser constituído por um Webservice WCF e por uma base de dados. A utilidade do Webservice é fornecer os mecanismos necessários para que a aplicação móvel +Social Saúde Móvel possa interagir com a plataforma, nomeadamente efetuar o login do utilizador e enviar os parâmetros vitais recolhidos. A base de dados tem como função servir de armazenamento para esses parâmetros, bem como para as contas dos utilizadores e outros parâmetros associados a estes.

O servidor é ainda responsável por gerar alertas sobre os parâmetros vitais dos utilizadores. Desta forma, ao receber os parâmetros de um utilizador este deve analisá-lo de forma a entender se constitui um risco para a saúde. No caso de constituir risco, o servidor deve alertar os serviços de emergência médica e/ou os familiares ou a pessoa responsável pelo utilizador, no caso de se encontrar configurada.

### **3.3 +Social Saúde Móvel**

A aplicação móvel +Social Saúde Móvel tem como objetivo equipar dispositivos móveis de forma a possibilitar a recolha e o envio dos dados vitais dos utilizadores para a plataforma +Social. Podemos assim dizer que esta aplicação será o ponto central da monitorização remota, uma vez que esta será a responsável por estabelecer e gerir todas as comunicações de dados entre os sensores e a plataforma e vice-versa. Ao recolher os dados vitais dos utilizadores a aplicação guarda esses dados localmente e, caso tenha disponível uma ligação à internet, envia os dados para o servidor onde são centralizados. Caso não exista uma ligação à internet, a aplicação marca os dados que guardou na sua base de dados local de forma a sincronizá-los com o servidor da plataforma quando essa ligação voltar a estar disponível.

Esta aplicação permite ainda que se transmitam comandos aos sensores. Esses comandos são usualmente de leitura e levam a que exista uma nova leitura do parâmetro pelos sensores. O envio do comando é essencial quando o utilizador ou o médico querem consultar em tempo-real o valor de um parâmetro que já não é atualizado há algum tempo.

De seguida irão ser apresentados os casos de uso da aplicação de forma a descrever as interações que podem ocorrer entre os utilizadores e esta.

#### **3.3.1 Casos de Uso e Prototipagem**

Os casos de uso servem para descrever as funcionalidades que o utilizador espera do sistema. Estes casos de uso podem ser agrupados num diagrama de forma a dar uma vista geral das funcionalidades de todo o sistema e como é que estas interagem entre si. Na Figura 11 podemos ver o diagrama de casos de uso da aplicação +Social Saúde Móvel.

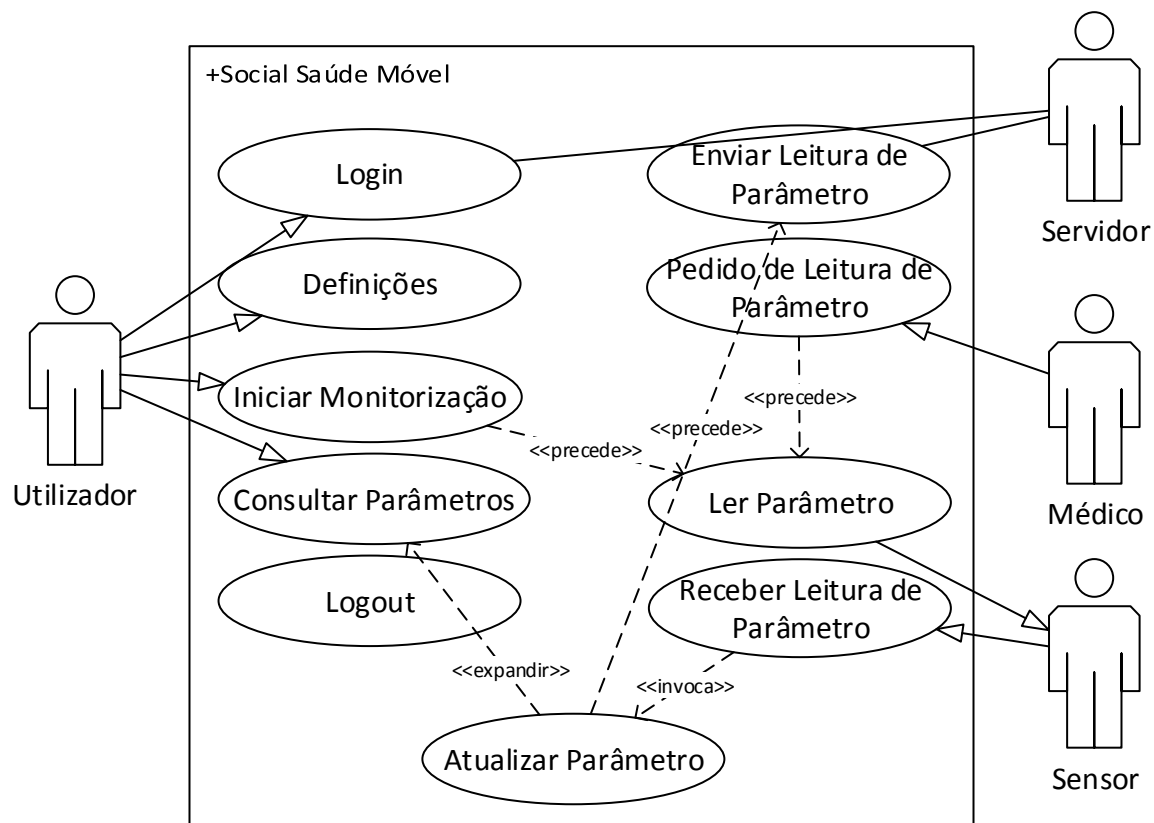


Figura 11 - Diagrama de Casos de Uso

Podemos observar no diagrama de casos de uso que existem quatro atores no sistema: o utilizador, o servidor, o médico e o sensor. Os casos de uso serão de seguida descritos e caso seja relevante serão apresentados os protótipos da interface de forma a ilustrá-lo.

### Caso de Uso 1

**Nome:** Login

**Descrição:** Efetuar login no servidor para obter identificação.

**Pré-Condições:** Nenhuma.

#### Caminho Principal:

1. O utilizador preenche o campo “Nome de Utilizador” com o seu nome de utilizador da plataforma na interface Login (Figura 12);
2. O utilizador preenche o campo “Palavra-Passe” com a palavra passe de acesso à plataforma na interface Login (Figura 12);
3. O utilizador seleciona o botão “Login” na interface Login (Figura 12);
4. É apresentada a página “Sensores”.

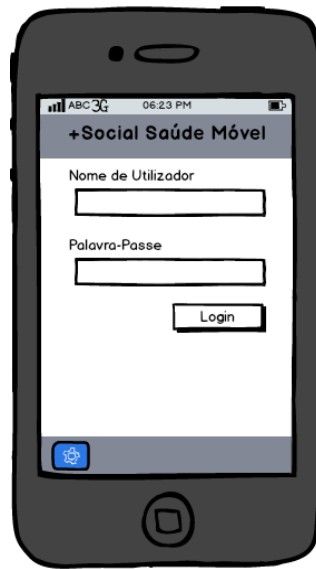


Figura 12 - Protótipo da Interface Login

## Caso de Uso 2

**Nome:** Definições

**Descrição:** Alteração das definições da aplicação.

**Pré-Condições:** Nenhuma.

**Caminho Principal:**

1. O utilizador seleciona o botão definições (Figura 13a) a partir de qualquer ecrã da aplicação.
2. É apresentada a página “Definições” (Figura 13b).



Figura 13 – a) Botão Definições; b) Protótipo da Interface Definições

### Caso de Uso 3

**Nome:** Iniciar Monitorização

**Descrição:** Seleção dos sensores que irão efetuar a monitorização e início da mesma.

**Pré-Condições:** O utilizador efetuou o Login.

#### **Caminho Principal:**

1. O utilizador seleciona os sensores que deseja que efetuem a monitorização da lista de sensores na interface Sensores (Figura 14);
2. O utilizador seleciona o botão “Iniciar Monitorização” na interface Sensores (Figura 14);
3. O sistema executa o caso de uso Ler Parâmetro;
4. É apresentada a página “Monitorização”.



Figura 14 - Protótipo da Interface Sensores

### Caso de Uso 4

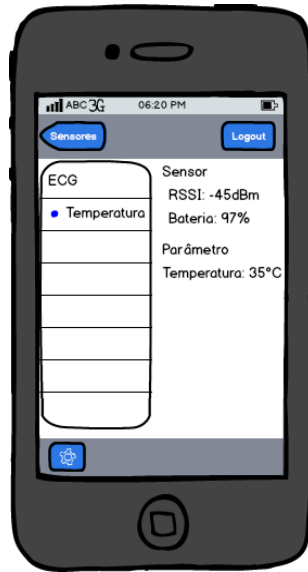
**Nome:** Consultar Parâmetros

**Descrição:** Seleção do parâmetro a consultar e mostra do seu último valor.

**Pré-Condições:** O utilizador efetuou Login, escolheu os sensores e iniciou a monitorização.

### **Caminho Principal:**

1. O utilizador escolhe o parâmetro que deseja consultar da lista à esquerda na interface Monitorização (Figura 15);
2. É apresentado o último valor recebido do parâmetro e os detalhes do sensor à direita, na interface Monitorização (Figura 15).



**Figura 15 - Protótipo da Interface Monitorização**

### **Caso de Uso 5**

**Nome:** Logout

**Descrição:** Efetuar Logout da aplicação.

**Pré-Condições:** O utilizador efetuou Login.

### **Caminho Principal:**

1. O utilizador seleciona o botão Logout (Figura 16) a partir da página Sensores ou Monitorização;
2. É apresentada a página Login.



**Figura 16 - Botão Logout**

### **Caso de Uso 6**

**Nome:** Enviar Leitura de Parâmetro

**Descrição:** Envio do valor recolhido de um parâmetro para o servidor.

**Pré-Condições:** Existência de um parâmetro atualizado.

**Caminho Principal:**

1. O caso de uso Atualizar Parâmetro pede o envio de um parâmetro para o servidor;
2. O valor do parâmetro é enviado para o servidor;
3. O servidor confirma a recepção.

### **Caso de Uso 7**

**Nome:** Pedido de Leitura de Parâmetro

**Descrição:** O médico pede a leitura de um parâmetro em tempo-real.

**Pré-Condições:** O parâmetro tem de estar a ser monitorizado para o utilizador em causa.

**Caminho Principal:**

1. O médico carrega no botão Ler Parâmetro;
2. O sistema executa o caso de uso Ler Parâmetro.

### **Caso de Uso 8**

**Nome:** Ler Parâmetro

**Descrição:** Lê ultimo valor recolhido pelo sensor para o parâmetro.

**Pré-Condições:** O utilizador efetuou Login, escolheu os sensores e iniciou a monitorização.

**Caminho Principal:**

1. O caso de uso Iniciar Monitorização pede a leitura de um parâmetro;
2. O sistema pede o valor desse parâmetro ao sensor.

**Caminho Alternativo:**

1. O caso de uso Pedido de Leitura de Parâmetro pede a leitura de um parâmetro;
2. O sistema pede o valor desse parâmetro ao sensor.

### **Caso de Uso 9**

**Nome:** Receber Leitura de Parâmetro

**Descrição:** O sistema recebe o valor de um parâmetro.

**Pré-Condições:** O utilizador efetuou Login, escolheu os sensores e iniciou a monitorização.

**Caminho Principal:**

1. O sensor envia o valor de um parâmetro para o sistema;
2. O sistema invoca o caso de uso Atualizar Parâmetro.

### **Caso de Uso 10**

**Nome:** Atualizar Parâmetro

**Descrição:** Atualização do valor de um parâmetro.

**Pré-Condições:** O utilizador efetuou Login, escolheu os sensores e iniciou a monitorização.

**Caminho Principal:**

1. O caso de uso Receber Leitura de Parâmetro invoca uma atualização;
2. O sistema executa o caso de uso Enviar Leitura de Parâmetro;
3. O sistema atualiza a interface Monitorização com os valores do parâmetro.

## **3.4 Síntese**

Após ter sido efetuado o levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais com base no capítulo 2, este capítulo retratou a solução proposta de monitorização remota de parâmetros vitais de baixo custo e baseada na *cloud*. Primeiramente foi proposta a arquitetura com base nos requisitos, descrevendo as interações de alto nível entre os vários módulos constituintes desta. Numa segunda fase foram descritos com detalhe cada um dos módulos de forma a especificar de que forma estes irão funcionar e interagir entre si.

Procurou-se, assim, definir uma arquitetura que respondesse às necessidades levantadas pelos requisitos funcionais. Este objetivo foi alcançado com a criação de uma arquitetura constituída por três módulos: o Ambiente Doméstico, o Médico e o Servidor +Social. O módulo Ambiente Doméstico corresponde aos ambientes que o utilizador frequenta no seu

dia-a-dia, e é onde acontece a maior parte das interações deste com a solução, pois é onde é efetuada a monitorização e onde consulta a plataforma. A monitorização é feita com recurso a um conjunto de sensores com comunicação por Bluetooth Low Energy que enviam os dados dos parâmetros que monitorizam para um dispositivo móvel que depois trata de os encaminhar para o servidor da plataforma. O dispositivo móvel terá instalada a aplicação +Social Saúde Móvel que irá coordenar as comunicações e que permite que não só a leitura dos valores recolhidos pelos sensores, mas também comandar os mesmos de forma a efetuarem uma nova leitura. Esta aplicação mantém também uma versão local dos dados do utilizador que está sincronizada com os dados presentes no servidor. Isto serve para que, quando não exista uma ligação à internet disponível, não haja perda de dados podendo estes ser sincronizados posteriormente. O módulo Médico é onde um médico, a partir do seu local de trabalho ou outra localização, consulta o histórico clínico dos seus pacientes e efetua teleconsultas. Por fim, o módulo Servidor +Social corresponde ao servidor que gere todas as interações entre utilizadores e dos utilizadores com a plataforma. Este servidor estará alojado na *cloud* e será constituído, além dos recursos da plataforma, por um Webservice e por uma base de dados de forma a formar uma interface e um local de armazenamento para os dados vitais enviados pelo dispositivo móvel do utilizador.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## 4 Implementação

---

Este capítulo descreve a implementação das componentes do módulo Ambiente Doméstico, especificado anteriormente, mais especificamente a aplicação, +Social Saúde Móvel, que equipará o dispositivo móvel responsável por recolher os dados dos sensores de monitorização vital. É também efetuada uma análise quanto à implementação dos módulos Médico e Servidor +Social.

A aplicação +Social Saúde Móvel irá ser o foco principal deste capítulo uma vez que é o elemento fundamental para efetuar a monitorização remota dos parâmetros vitais. Assim, irão ser especificados os detalhes de implementação da mesma com especial foco para os mecanismos utilizados. Para os outros módulos a abordagem não será tão extensiva uma vez que apenas serão feitas adendas aos serviços e recursos já disponibilizados pela plataforma +Social.

### 4.1 +Social Saúde Móvel

A aplicação +Social Saúde Móvel, de acordo com a especificação feita no capítulo anterior, irá equipar um dispositivo móvel, *smartphone* ou *tablet*, que irá gerir a comunicação entre este dispositivo móvel e os sensores corporais do utilizador e a comunicação dos dados recebidos desses sensores para o Webservice.

De forma a cumprir com os requisitos não funcionais enunciados anteriormente, esta aplicação é mais indicada para utilização em dispositivos móveis no formato *tablet* para que assim se possa colocar uma fonte grande o suficiente para que os utilizadores com capacidades visuais diminuídas ou devolutas tenham uma maior facilidade de utilização.

Devido às necessidades de comunicação, nomeadamente através de Bluetooth Low Energy (BLE), Wi-Fi e/ou redes móveis, 3G e 4G, o sistema operativo móvel e o *hardware* do dispositivo a utilizar deve ter suporte para todas elas. De momento todos os sistemas operativos móveis suportam conectividade através de Wi-Fi e das redes móveis, no entanto, devido a ser uma tecnologia relativamente recente, o BLE obriga a que haja um estudo pormenorizado sobre o seu suporte por parte destes. Desta forma, a partir da análise de [80,81], foi construída a Tabela 6 que apresenta a compatibilidade dos sistemas operativos atuais em relação ao BLE.

**Tabela 6 - Compatibilidade dos Sistemas Operativos Atuais com a Tecnologia Bluetooth Low Energy**

| Sistema Operativo | Versão Mínima para Suporte | Disponível para Utilização |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| iOS               | 5                          | Sim                        |
| OS X              | 10.7                       | Sim                        |
| Android           | 4.3                        | Sim                        |
| Windows           | 8                          | Sim                        |
| Windows Phone     | 8                          | 8.1                        |
| Blackberry OS     | 10                         | Sim                        |

A partir da tabela acima podemos concluir, que, com exceção do Windows Phone, todos os sistemas operativos disponibilizam atualmente uma API para que os programadores possam construir aplicações que utilizem BLE. O Windows Phone apenas terá a API disponível para os programadores na sua versão 8.1 entre os meses de Junho e Agosto de 2014 [82]. Desta análise podemos concluir que qualquer sistema operativo que seja escolhido para implementar a aplicação será capaz de cumprir com os objetivos definidos. No entanto, e de forma a abranger o máximo de utilizadores possível, temos de verificar a taxa de utilização dos sistemas operativos móveis. Desta forma, com base no estudo [83] realizado pela Gartner sobre o último trimestre de 2013 e no NetMarketShare [84], foi elaborada a Tabela 7 com as percentagens de utilização dos sistemas operativos móveis. Nesta tabela podemos observar que o iOS e o Android são os que mais se destacam com mais de 88% de quota de mercado conjunta. Assim, apenas iremos desenvolver a aplicação +Social Saúde Móvel para estas duas plataformas.

**Tabela 7 - Percentagem de Quota de Mercado dos Sistemas Operativos Móveis (baseado em [83,84])**

| Sistema Operativo | Quota de Mercado |
|-------------------|------------------|
| iOS               | 51,11%           |
| Android           | 37,75%           |
| BlackBerry        | 1,2%             |
| Windows Phone     | 0,83%            |
| Outros            | 9,11%            |

#### **4.1.1 iOS**

O iOS, originalmente com o nome de iPhone OS, é o sistema operativo criado pela Apple e que se destina às suas gamas de produtos iPhone, iPod, iPad e Apple TV. Este sistema operativo é baseado no OS X da Apple e portanto é baseado em UNIX. Ao contrário de outros sistemas operativos móveis, a Apple não autoriza que o iOS seja instalado em dispositivos de terceiros. Conhecido pela sua elevada estabilidade e fluidez, o iOS possui um grande leque de aplicações que podem ser descarregadas a partir da App Store. Estas aplicações têm, na sua maioria, a particularidade de serem graficamente bem trabalhadas. Este sistema operativo foi lançado em 2007 apenas para as gamas iPod e iPhone, sendo que os outros dispositivos apenas apareceriam no mercado uns anos mais tarde. Atualmente o iOS encontra-se na sua versão 7.1.1. As versões dos dispositivos das gamas iPhone e iPad, *smartphones* e *tablets*, que têm suporte para BLE são, para o iPhone a partir da versão 4S e para o iPad a partir da segunda geração, sendo que as versões mini, que surgiram posteriormente, também têm suporte. Assim, como dispositivo de desenvolvimento foi utilizado um *tablet* iPad mini com a versão iOS 7.1.1.

Ao desenhar a interface da aplicação para iOS, além de ter em conta os requisitos não funcionais levantados, tornou-se necessário também a concordância com as *iOS Human Interface Guidelines* [85]. Desta forma, foi criado um ícone (Figura 17a) e um ecrã de início (Figura 17b) para a aplicação, utilizando para isso o ícone da plataforma +Social.

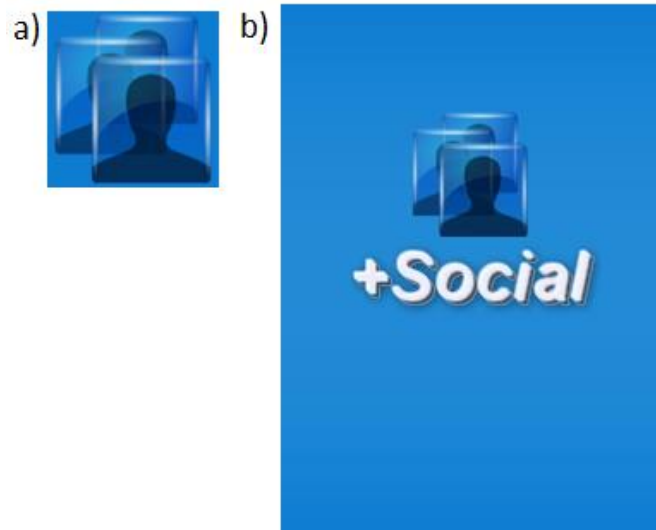
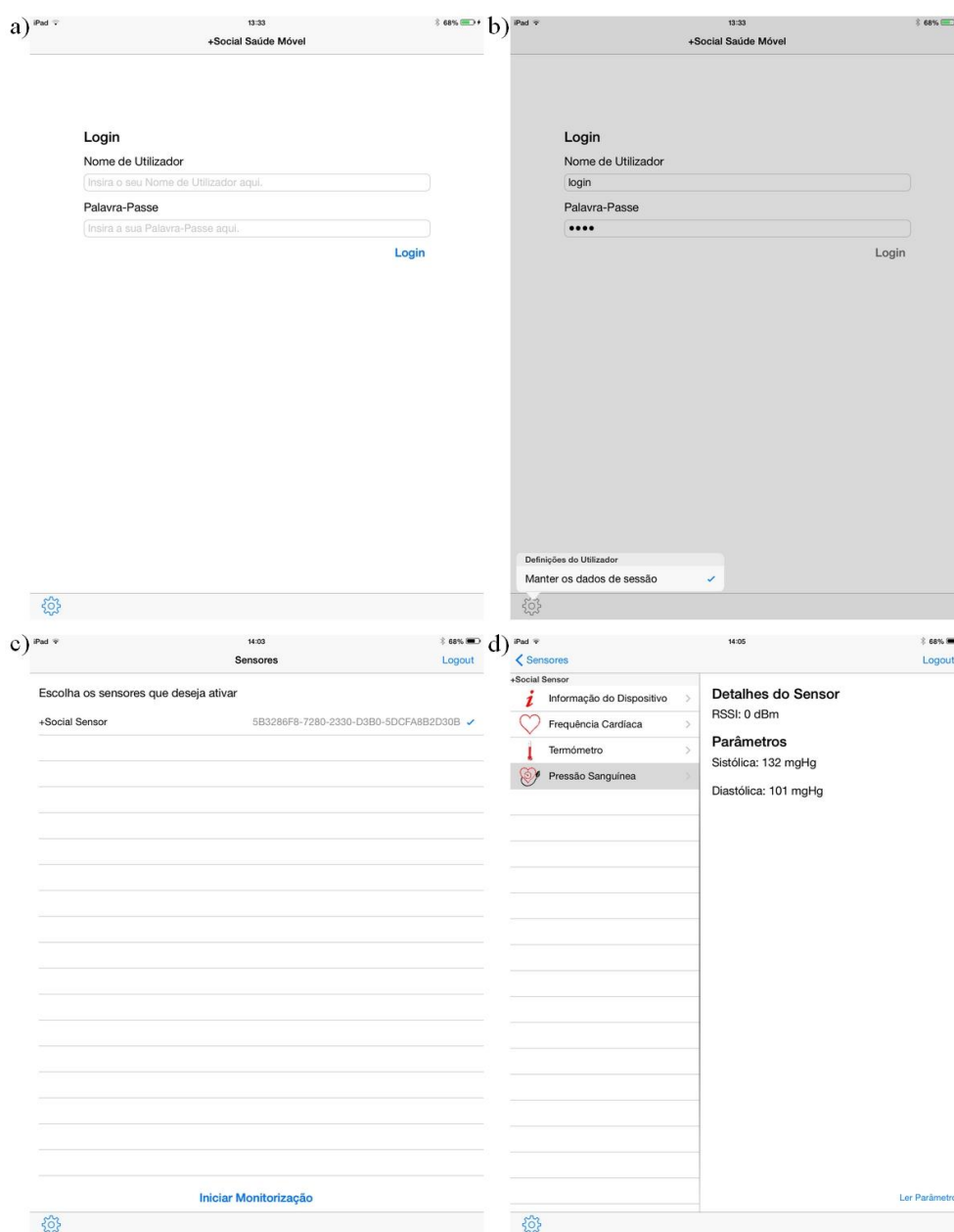


Figura 17 - a) Ícone da Versão iOS da Aplicação; b) Ecrã de Início da Aplicação em iOS

A aplicação foi criada de forma a dar suporte a dispositivos com a versão mínima iOS 7 pois, nesta versão, a Apple fez alterações radicais à interface. Esta restrição não afeta o número de utilizadores uma vez que esta versão é suportada por todos os dispositivos que têm suporte para BLE, e, no momento de escrita, a percentagem de dispositivos com iOS 7 ronda os 88%, segundo as estatísticas de acesso à App Store [86], sendo que quase a totalidade dos dispositivos que utilizam outras versões são os que não tiveram suporte para iOS 7, e portanto sem suporte para BLE. Assim, na Figura 18 podemos ver as interfaces finais da aplicação na sua versão para dispositivos iOS. A partir da comparação destas interfaces com os protótipos apresentados no capítulo anterior podemos observar que existem algumas diferenças que se destacam. Na interface Login, Figura 18a, podemos observar que os campos “Nome de Utilizador” e “Palavra-Passe” contêm no seu interior um *placeholder* com a indicação para o utilizador de que este deve preencher estes campos e indicando quais os parâmetros correspondentes a cada um. Para a interface Definições, Figura 18b, podemos ver que esta não corresponde a uma vista comum, uma vez que é apenas um balão com as opções que o utilizador pode seleccionar. Isto deve-se ao fato de esta interface ser retirada da versão para iPad da aplicação, onde as *guidelines* definem que as definições próprias da aplicação devem ser apresentadas neste formato. A interface Sensores, Figura 18c, é em tudo semelhante ao seu protótipo exceto na inclusão do UUID do sensor para fins de *debug*, a ser retirado aquando da disponibilização da aplicação ao público em geral. Por fim, na interface Monitorização, Figura 18d, foram feitas algumas adições de forma a melhorar a experiência de utilização. Foram assim adicionados ícones

para os diferentes serviços disponibilizados pelos sensores selecionados de forma a serem facilmente identificados pelos utilizadores. Com menos impacto visual mas com utilidade, foi adicionado um título de secção com o nome do sensor para que facilmente se identifique a que sensor pertencem os serviços disponibilizados, uma vez que é possível a ligação a vários sensores que disponibilizem os mesmos serviços. Foi ainda adicionado um botão de forma a efetuar uma leitura do parâmetro escolhido. Este botão serve para o utilizador poder efetuar uma medição quando assim o entenda, para que se sinta mais seguro.



**Figura 18 - Interfaces da Versão iOS do +Social Saúde Móvel. a) Interface Login; b) Interface Definições; c) Interface Sensores; d) Interface Monitorização**

### 4.1.2 Android

O Android é um sistema operativo *open-source* baseado em Linux criado pela Google. Este sistema operativo destina-se principalmente a *smartphones* e *tablets*, tendo vindo ultimamente sido também aplicado a sistemas multimédia, *desktops* e em dispositivos vestíveis (Google Glass). Este sistema operativo é conhecido por ter uma grande comunidade de programadores e por ter uma vasta gama de aplicações que estendem o potencial dos dispositivos. O primeiro dispositivo a ser equipado com o sistema operativo Android foi o HTC Dream, lançado em 2008. Atualmente o Android encontra-se na sua versão 4.4.3 com o nome de código “Kit-Kat”. Devido à sua dispersão por várias marcas, não é possível dizer com a certeza necessária quais os dispositivos móveis com suporte para BLE, sendo que na linha Nexus o modelo 4 e o modelo 7 de segunda geração são os que melhor o suportam. Existem também alguns fabricantes, como a Motorola, que já disponibilizam suporte para BLE desde a versão 4.1 do Android, utilizando APIs proprietárias, mas que são algo instáveis e que não oferecem quaisquer garantias de operarem com equipamentos de outros fabricantes. Assim, foi utilizado para o desenvolvimento da aplicação um *tablet* Nexus 7 de segunda geração com a versão Android 4.4.2.

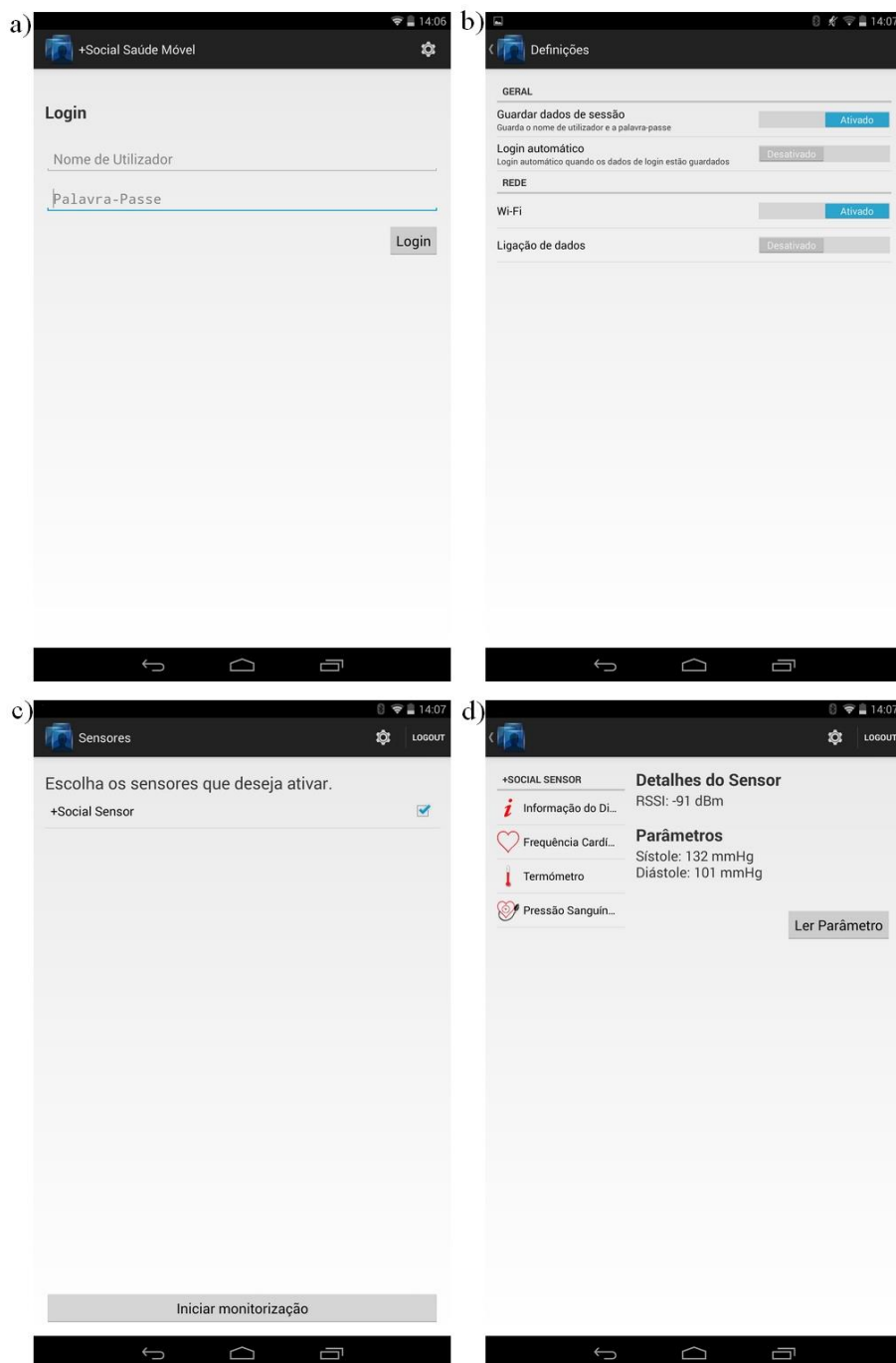
No desenho da interface do +Social Saúde Móvel foram tidos em conta os requisitos não funcionais em conjunto com as *guidelines* especificadas pela Google na página web *Android Developers* [87]. Assim, foi criado um ícone, apresentado na Figura 19, para identificar a aplicação, tendo como base o ícone de início da plataforma +Social.



**Figura 19 - Ícone da Versão Android da Aplicação**

A aplicação Android foi desenvolvida a pensar no suporte nativo de BLE, e portanto a versão mínima suportada pelos dispositivos é a 4.3, uma vez que esse suporte surgiu com

esta versão. Assim, na Figura 20 são apresentadas as interfaces finais da versão para dispositivos Android do +Social Saúde Móvel. Efetuando uma comparação entre estas interfaces e os protótipos apresentados no capítulo anterior vemos que existem algumas diferenças que se destacam.



**Figura 20 - Interfaces da Versão Android do +Social Saúde Móvel. a) Interface Login; b) Interface Definições; c) Interface Sensores; d) Interface Monitorização**

Para a interface Login, Figura 20a, vemos que, os campos “Nome de Utilizador” e “Palavra-Passe” em vez de terem a sua designação na parte superior externa, esta está no interior da caixa, de acordo com *guidelines*, que definem que se deve proceder desta forma. Outra diferença é a localização do botão de acesso às definições da aplicação. Este botão encontra-se localizado na parte superior, uma vez que, novamente segundo as *guidelines*, as opções e definições das aplicações se devem localizar no canto superior direito. Este detalhe, bem como a descentralização do título da interface, são globais à aplicação. Na interface definições, Figura 20b, observamos que existem mais opções do que as especificadas no protótipo. Este fato deve-se à capacidade de personalização do sistema operativo que oferece um maior controlo sobre o dispositivo. Na interface Monitorização, Figura 20d, as alterações que foram efetuadas foram as mesmas descritas para a mesma interface da versão em iOS. Assim, foram adicionados ícones aos serviços de forma a serem facilmente identificados, foi adicionado um título de secção para distinguir entre os serviços dos vários sensores que possam estar eventualmente ligados em simultâneo e foi adicionado um botão de forma a efetuar a leitura de um parâmetro. Este botão ajuda a que o utilizador se sinta mais seguro, permitindo-lhe efetuar medições quando desejar. De ressaltar que devido ao equipamento com que foram tirados as interfaces ter um ecrã estreito os nomes de alguns serviços estão parcialmente cortados na imagem, questão a ser resolvida num futuro próximo.

### **4.1.3 Conetividade**

Como referido anteriormente, a aplicação +Social Saúde Móvel deverá comunicar com os sensores escolhidos através de BLE e deverá comunicar com o servidor +Social através de Wi-Fi ou, caso este não esteja disponível, através das redes móveis 3G e 4G. Desta forma, foram desenvolvidos módulos de comunicação de forma a tornar a aplicação escalável e de fácil manutenção. Na Figura 21 é apresentado um esquema com os vários módulos de comunicação que a aplicação implementa e que de seguida serão explicados.

O módulo de comunicação BLE faz uso das bibliotecas de comunicação através de Bluetooth, CoreBluetooth para iOS e android.bluetooth para Android, na implementação das funcionalidades de descoberta, ligação e de troca de dados entre os dispositivos e os

sensores. O módulo WCF, Windows Communication Foundation, é o responsável por gerir as comunicações com o Webserver +Social. Este módulo implementa de forma assíncrona o envio e a receção das mensagens para os vários métodos do Webserver. Por fim, o módulo Socket implementa os mecanismos necessários para que quando o médico, durante uma teleconsulta, pressiona o botão para ler um parâmetro do utilizador seja feita uma ligação para o *socket* do dispositivo a correr a aplicação. Este módulo inicia também a leitura do próprio parâmetro do sensor ativando os mecanismos necessários no módulo BLE.

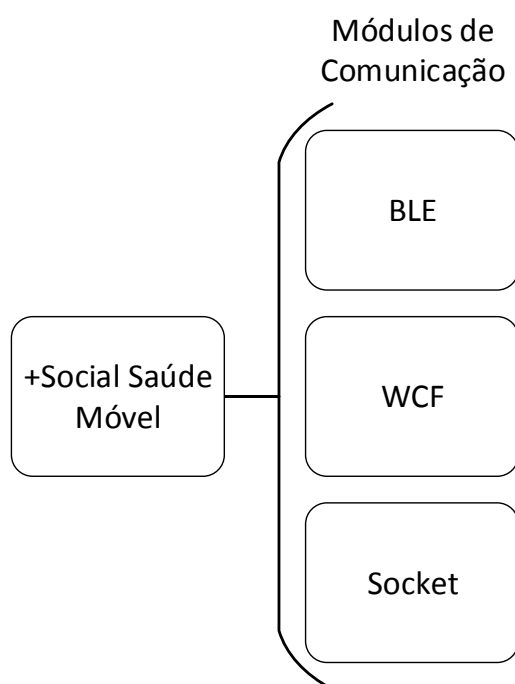


Figura 21 - Módulos de Comunicação da Aplicação +Social Saúde Móvel

#### 4.1.4 Persistência

A persistência de dados consiste no armazenamento não-volátil de dados, por exemplo num dispositivo físico. Quando se gravam dados, estes deixam de ser voláteis, na memória RAM, e passam a estar escritos num dispositivo que armazena a informação de modo a que ela seja preservada. Na aplicação +Social Saúde Móvel este mecanismo é utilizado de forma a fornecer uma experiência de utilização coerente. Desta forma, nas secções seguintes serão abordados os diferentes tipos de persistência bem como de que forma estes atuam na aplicação.

#### 4.1.4.1 Tipologias de Persistência

Com o surgir de vários tipos de dados, com importâncias diferentes, surgiram também várias tipologias de persistência. No contexto das aplicações móveis, os dados podem ser separados em dois grandes grupos: dados de utilizador e dados de aplicação. Os dados de utilizador correspondem, de uma forma simplista, às definições que o utilizador pode configurar na aplicação. Na verdade estes dados, além deste caso de uso, abrangem também todas as configurações que a aplicação necessite de efetuar de forma automática para se adaptar ao utilizador. Os dados de aplicação estão muitas vezes alojados em servidores de onde as aplicações os vão buscar e utilizar para mostrar dados ao utilizador. Podem também ser considerados dados de aplicação aqueles que a aplicação cria no decorrer da sua utilização.

Desta forma, no que diz respeito a persistência em sistemas operativos móveis, com especial ênfase para os seleccionados anteriormente, estes oferecem diferentes mecanismos para as diferentes tipologias como podemos observar na Tabela 8.

**Tabela 8 - Mecanismos de Persistência Oferecidos pelos Sistemas Operativos iOS e Android para os Diferentes Tipos de Dados (baseado em [88,89])**

|                     | iOS                              | Android                            |
|---------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Dados de Utilizador | NSUserDefaults<br>Property Lists | SharedPreferences<br>BackupManager |
| Dados de Aplicação  | Archiving<br>CoreData<br>SQLite  | ContentProvider<br>SQLite          |

Como a aplicação +Social Saúde Móvel apenas lida com dados instantâneos, ou seja, apenas mostra os dados que recolhe dos sensores que lhe estão ligados, esta não vai necessitar de utilizar mecanismos de persistência de dados de aplicação. No entanto a aplicação necessita de guardar as preferências do utilizador e para isso terá de recorrer aos mecanismos de persistência de dados de utilizador. As preferências do utilizador e os mecanismos utilizados serão explorados com mais detalhe de seguida.

#### 4.1.4.2 Preferências do Utilizador

A aplicação +Social Saúde Móvel faz uso de preferências que afetam a forma como esta se comporta, tendo o utilizador a capacidade de modificar esses comportamentos alterando estes parâmetros. Para que, quando o utilizador termine a aplicação, estes comportamentos se mantenham tal como foi definido foram utilizados mecanismos de persistência de forma a guardar estas configurações. De acordo com o levantamento efetuado na secção 4.1.4.1, o mecanismo utilizado para garantir a persistência das definições do utilizador foram o `NSUserDefaults` e o `SharedPreferences`, para as aplicações em iOS e Android, respetivamente.

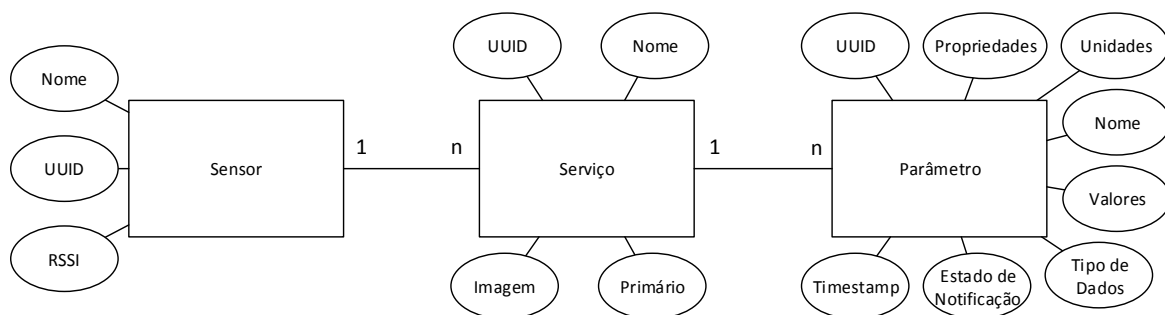
Com a utilização destes mecanismos foram guardadas as definições do utilizador. As definições variam da aplicação desenvolvida para iOS para a desenvolvida para Android. Esta diferença nos parâmetros deve-se à maior abertura a configurações do sistema operativo Android, o que permite que o utilizador possa personalizar mais preferências. Na Tabela 9 são listadas as preferências presentes em cada um dos sistemas operativos.

**Tabela 9 - Preferências do Utilizador Implementadas para iOS e Android**

| iOS   | Android   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Guardar Dados de Sessão</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Guardar Dados de Sessão</li><li>• Login Automático</li><li>• Permitir Ligações Wi-Fi</li><li>• Permitir Ligações a Redes Móveis</li></ul> |

#### 4.1.5 Modelo de Dados

Apesar de a aplicação +Social Saúde Móvel não utilizar metodologias de persistência para dados de aplicação, esta utiliza um modelo de dados para guardar temporariamente os dados da presente sessão de monitorização remota. Este modelo tem como base a estrutura de dados definida pelos perfis do BLE, como visto no capítulo 2, sendo guardados nesse modelo os dados relativos aos sensores, serviços que disponibilizam e parâmetros disponíveis para cada serviço. Na Figura 22 podemos observar um esquema das várias entidades, bem como os seus relacionamentos e os vários parâmetros que cada uma possui.



**Figura 22 - Modelo de Dados da Aplicação +Social Saúde Móvel**

Podemos observar na imagem do modelo de dados, relativamente às relações entre as entidades, que um sensor pode estar relacionado com vários serviços e por sua vez cada serviço pode estar relacionado com vários parâmetros. Em relação aos parâmetros podemos ver que os parâmetros “UUID” e “Nome” são transversais a todas as entidades, uma vez que cada uma possui um identificador, UUID, e um nome relacionado com este. A entidade Sensor possui ainda o parâmetro “RSSI” que identifica a potência do sinal rádio recebido do sensor pelo dispositivo móvel. Para a entidade Serviço possui os parâmetros “Imagem” que identifica o serviço, para uma experiência de utilização aprimorada, e “Primário” que guarda o estado do serviço entre primário e não primário.

A entidade Parâmetro é a que possui um maior leque de parâmetros. O parâmetro “Propriedades” indica quais as propriedades suportadas, por exemplo leitura e/ou escrita, o parâmetro “Unidades” representa a unidade do(s) valor(es) presente(s) no parâmetro “Valores”. O parâmetro “Tipo de Dados” é um valor simbólico que representa o tipo de dados presentes no parâmetro “Valores”. Este parâmetro é necessário pois os dados presentes nesse parâmetro estão armazenados no formato em que são recebidos dos sensores, ou seja, num vetor de bytes. O parâmetro “Estado de Notificação” indica se o Parâmetro está subscrito no dispositivo móvel para que quando o valor é alterado no dispositivo móvel, este receba uma notificação com o novo valor, e o parâmetro “Timestamp” é apenas uma variável para controlar a data e hora em que foi recebido o parâmetro.

## 4.2 Médico

De acordo com o especificado no capítulo 3, a solução deve englobar a capacidade de ser efetuada uma teleconsulta. Durante a teleconsulta, o médico terá a possibilidade de consultar o histórico de saúde do utilizador a ser consultado, bem como de realizar uma medição em tempo-real dos parâmetros que estão a ser monitorizados no momento. Desta forma, foi implementada a interface onde o médico poderá consultar estes dados e daí fazer as observações necessárias de forma a dar as melhores indicações ao seu paciente. A interface é apresentada na Figura 23, onde podemos observar os diferentes componentes descritos no protótipo.

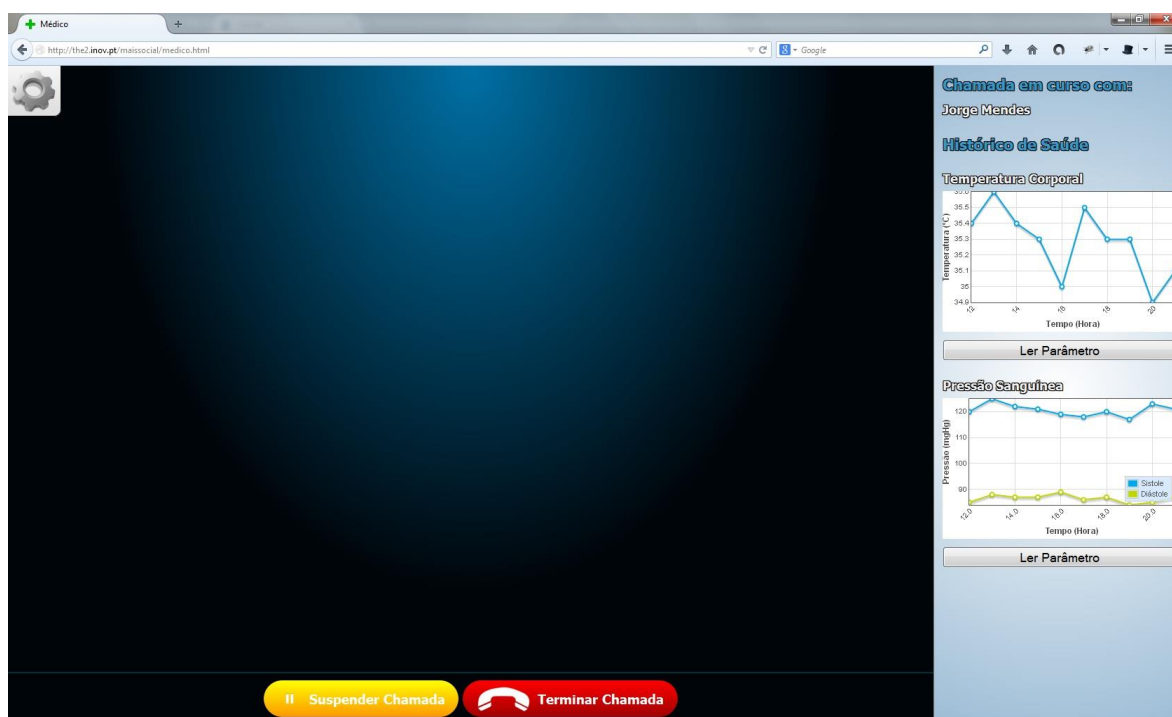


Figura 23 - Interface do Médico Durante uma Teleconsulta

Assim, podemos observar que estão presentes a área de videochamada, à esquerda a azul-escuro, bem como a área de consulta do histórico do utilizador a ser consultado, à direita a azul-claro. Podemos atentar que existem ainda elementos que não estão contemplados no protótipo, como o botão de definições, à direita em cima, e os botões que permitem controlar a videochamada, em baixo ao centro. Estes botões são inerentes à plataforma pelo que a sua presença apenas vem oferecer uma maior capacidade de integração com a mesma. Relativamente ao histórico do utilizador, é mostrado o nome do utilizador para o

qual o médico está a efetuar a teleconsulta bem como gráficos do histórico da evolução dos parâmetros que se encontram sob monitorização. É ainda oferecida a capacidade de efetuar a leitura de cada parâmetro em tempo-real através do botão “Ler Parâmetro” existente junto de cada um.

### 4.3 Webservice +Social

O Webservice +Social faz parte integrante do módulo Servidor +Social, pelo que está localizado na *cloud*. O Webservice tem como principal responsabilidade fornecer uma interface para a aplicação +Social Saúde Móvel para que esta possa enviar para uma base de dados os dados recolhidos pelos sensores. Tem também como responsabilidade identificar os utilizadores dessa aplicação no Servidor +Social oferecendo mecanismos de autenticação. Na Figura 24 estão representados os vários métodos públicos implementados pelo Webservice +Social.

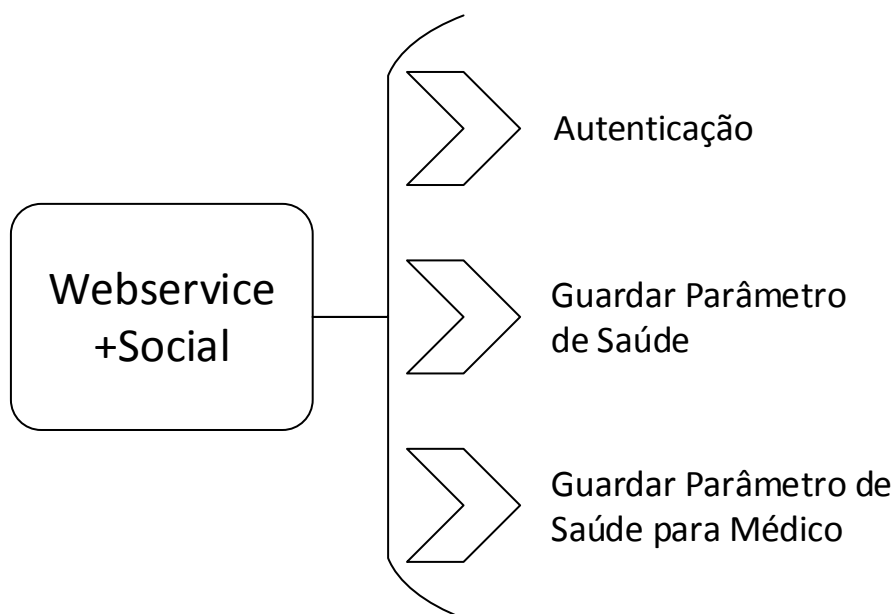


Figura 24 - Métodos Públicos do Webservice +Social

O método Autenticação tem como função oferecer à aplicação +Social Saúde Móvel mecanismos de autenticação na plataforma +Social. Este método recebe os dados de login inseridos pelo utilizador na aplicação e, no caso de este ser autenticado com sucesso, retorna um *token* de sessão para o utilizador. Os métodos Guardar Parâmetro de Saúde e

Guardar Parâmetro de Saúde para Medico têm como função encaminhar os dados enviados, resultantes da monitorização, para a base de dados com os dados do utilizador. Uma vez que se tratam de dados sensíveis, estes são enviados em conjunto com o *token* de sessão recebido na fase de autenticação para que os dados estejam protegidos contra atacantes que se queiram fazer passar pelo utilizador. O método Guardar Parâmetro de Saúde para Medico é chamado quando um médico, durante uma teleconsulta, requisita a medição de um parâmetro em tempo-real, e assim, além do parâmetro ser enviado para a base de dados, este é também encaminhado para a interface da teleconsulta do médico para que este receba uma notificação com a leitura pretendida.

#### **4.4 Síntese**

Após o levantamento dos requisitos e da especificação da solução no capítulo 3 foram implementados os módulos de monitorização remota de parâmetros vitais com base na plataforma +Social. Para o módulo de monitorização +Social Saúde Móvel, foi implementada uma aplicação móvel de mesmo nome. Para isso, foi efetuado um levantamento dos sistemas operativos móveis, de forma a perceber quais os que respondem às necessidades pretendidas, bem como a sua quota de mercado de forma a abranger um grande número de utilizadores. Com este levantamento, conclui-se que os sistemas operativos iOS e Android seriam os mais indicados pois suportam as tecnologias de comunicação necessárias e, em conjunto, abrangem mais de 88% do mercado de dispositivos móveis. Desta forma, foi apresentada a implementação da aplicação +Social Saúde Móvel para cada uma das plataformas, bem como uma análise aos mecanismos de conectividade e de persistência e ao modelo de dados utilizado.

Foram ainda exploradas as implementações dos módulos Médico e Webservice +Social. No módulo Médico, apenas foi explorada a implementação da interface de teleconsulta, especificando onde e como serão dispostos os dados do utilizador a ser consultado. No módulo Webservice +Social foi descrita a implementação dos métodos públicos disponibilizados pelo Webservice para acesso da aplicação +Social Saúde Móvel. Através desses métodos é oferecida à aplicação a capacidade de esta se autenticar na plataforma +Social, e também de enviar os dados recolhidos pelos sensores para a base de dados com estes dados do utilizador.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## 5 Testes

---

Os testes são uma componente fundamental para o bom funcionamento de uma solução, validando as funcionalidades e capacidades para as quais foi concebida. Assim, neste capítulo irão ser descritos os testes realizados à aplicação móvel +Social Saúde Móvel. Os testes realizados abordam essencialmente testes ao *software* constituinte da aplicação de forma a validar o seu correto desenvolvimento e funcionamento, validando também o funcionamento da aplicação em cenários de grandes volumes de dados e comunicações. São também efetuados testes de usabilidade de forma a comprovar a facilidade de utilização da aplicação, bem como o levantamento de potenciais dificuldades nessa utilização.

Além dos testes de *software* foram ainda realizados testes de aceitação junto de utilizadores para verificar e validar o correto funcionamento da solução.

### 5.1 Testes de Software

Cada vez mais o *software* está presente no dia-a-dia das pessoas, e cada vez esse software se torna mais complexo devido ao aparecimento de novas tecnologias. É frequente acontecerem situações em que um *software* não se comporta de acordo com o esperado, podendo originar problemas e criando desconfiança por parte dos utilizadores. Para evitar este tipo de problemas é necessário investir em testes, uma vez que estes reduzem o risco de ocorrência de defeitos do *software* no ambiente de execução [90].

O teste de *software* é, assim, o processo de pôr um produto à prova de forma a determinar se este atingiu as especificações e se funciona corretamente no ambiente para o qual foi desenvolvido. O objetivo é revelar as falhas do produto, para que essas falhas sejam

corrigidas, aumentando assim a confiança no produto. De uma forma simples, um teste de *software* é uma execução controlada de forma a verificar se o comportamento se desenrola de acordo com o esperado [91].

Atualmente existem varias técnicas para testar *software*, no entanto as técnicas que foram muito utilizadas nos sistemas desenvolvidos em linguagens estruturadas, representam hoje em dia uma mais-valia para os sistemas desenvolvidos em linguagens orientadas a objetos. Apesar dos paradigmas serem diferentes, o objetivo destas técnicas em encontrar falhas no *software* é comum. As técnicas de teste são classificadas de acordo com a origem dos dados utilizados para estabelecer os requisitos do teste. Desta forma, existem a técnica funcional e estrutural que contemplam diferentes perspectivas do *software* sob teste.

A técnica funcional, também conhecida como *black-box*, aborda o componente do *software* a ser testado como se fosse uma caixa preta, desprezando as ações internas do mesmo. Nesta técnica são fornecidos ao componente dados de entrada conhecidos, que geram um resultado conhecido, e é comparada a saída do componente com esse resultado. O teste será bem-sucedido se o resultado da saída do componente for igual ao resultado esperado. A técnica estrutural, também conhecida como *white-box*, avalia o comportamento interno do componente de *software* sob teste. Nesta técnica é utilizada uma perspectiva interna do sistema, bem como competências de programação, para criar os casos de teste. No teste são fornecidos ao componente dados de entrada de forma a praticar os vários caminhos de execução para determinar a saída apropriada. De seguida serão abordados os vários testes efetuados à aplicação +Social Saúde Móvel de forma a validar a sua especificação e o correto funcionamento.

### **5.1.1 Testes Unitários**

Os testes unitários são um método de teste a unidades individuais de código fonte, conjuntos de um ou mais módulos do programa, em integração com dados de controlo e procedimentos de utilização e de operação de forma a determinar se o sistema está pronto a ser utilizado. O objetivo principal é testar a mais pequena porção de *software*, isolando-a do resto do programa, de forma a determinar se esta se comporta como esperado.

De forma a validar o correto funcionamento da aplicação +Social Saúde Móvel, esta foi sujeita a testes unitários. Foram assim criados testes tanto na perspetiva funcional como estrutural de forma a verificar o correto desenvolvimento e funcionamento do código fonte da aplicação. Assim, para a criação dos testes unitários para a aplicação desenvolvida para a plataforma iOS foi utilizada a biblioteca XCTest e para a plataforma Android a biblioteca JUnit em conjugação com a *framework* Robotium. As bibliotecas XCTest e JUnit oferecem métodos para validar o código fonte das aplicações desenvolvidas em iOS e Android, respetivamente. A utilização da *framework* Robotium prende-se com a facilidade de criação de testes na perspetiva funcional para os elementos que constituem a interface da aplicação desenvolvida em Android. Na Figura 25 estão demonstrados os resultados dos testes efetuados à aplicação desenvolvida nas plataformas iOS e Android. Podemos, a partir daí, concluir que a aplicação se encontra desenvolvida de forma correta e de acordo com os requisitos, pois ambas as versões da aplicação móvel foram validadas com sucesso.

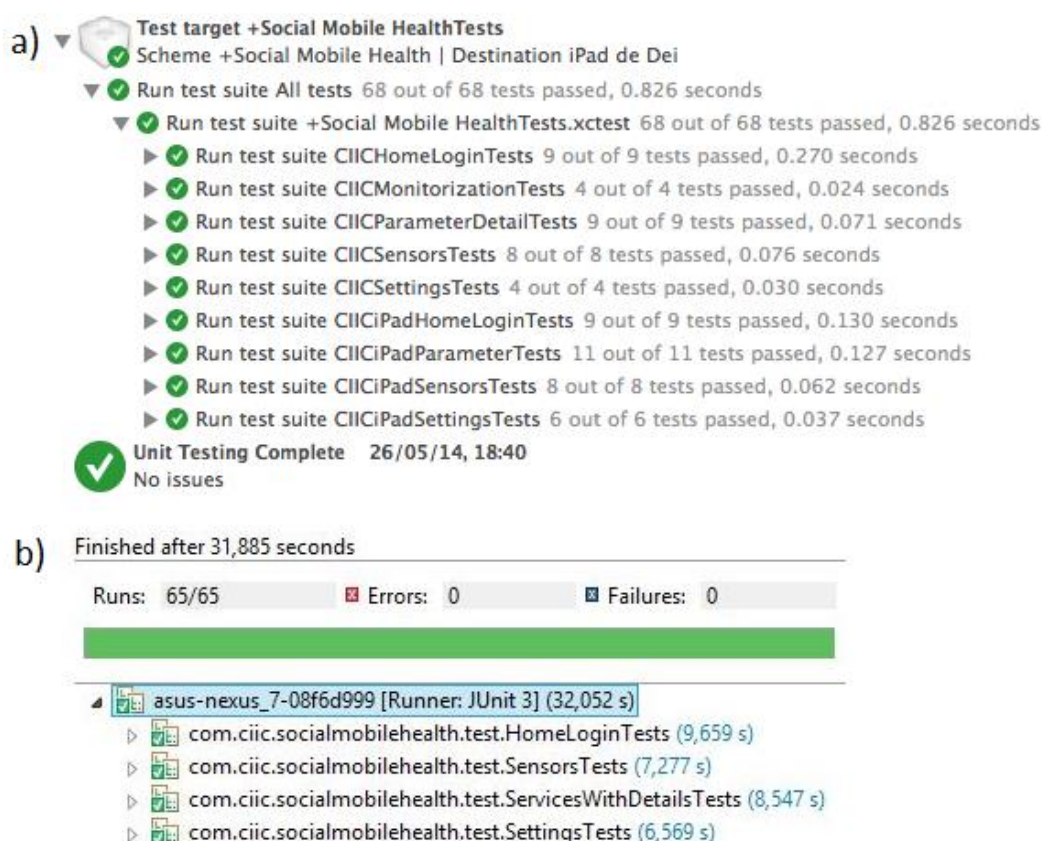


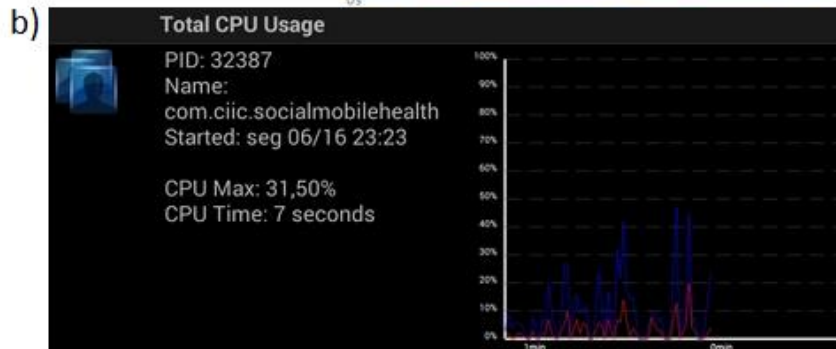
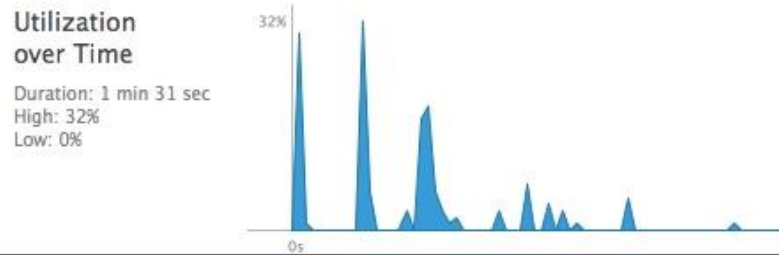
Figura 25 - Resultados da Execução dos Testes Unitários. a) Testes na Plataforma iOS; b) Testes na Plataforma Android

### 5.1.2 Testes de Carga

O teste de carga é utilizado para verificar o limite de processamento de dados pelo *software* até ao seu limite. No caso da aplicação +Social Saúde Móvel torna-se necessário verificar a capacidade desta gerir os dados recebidos a partir dos sensores, procedendo-se à análise do consumo de recursos. Desta forma, foram transmitidos para a aplicação um grande volume de dados, de forma contínua, para verificar o seu comportamento em relação aos consumos de memória e processador. Antes de serem apresentados os resultados dos testes é necessário definir as características dos equipamentos utilizados nos mesmos. Assim, para a aplicação desenvolvida em iOS foi utilizado um iPad Mini com a versão iOS 7.1.1 e é equipado por um CPU Cortex A9 *dual-core* a operar a 1 GHz e com 512 MB de memória RAM [92]. Para a aplicação desenvolvida em Android foi feito o teste num *tablet* Nexus 7 de segunda edição com a versão Android 4.4.2 e equipado com um CPU Qualcomm Snapdragon S4 Pro *quad-core* a operar a 1,5 GHz e com 2 GB de memória RAM [93].

Na Figura 26 estão representados sob a forma de gráficos os resultados dos testes de carga no ponto de vista da CPU. Podemos observar que para ambas as plataformas a percentagem máxima de CPU utilizada se situa nos 32%, mas devemos ter em atenção que o equipamento de teste em Android possui um processador mais capaz pelo que se pode dizer que nesta plataforma é requerido um maior poder de processamento. Também é perceptível que o momento onde é atingido esse pico acontece quando a aplicação se liga ao sensor e recolhe as informações sobre os serviços e características que este disponibiliza. Após esta fase inicial a aplicação atinge outro pico, um pouco mais baixo, no momento em que os dados começam a ser enviados continuamente, o que se deve à necessidade da aplicação em alocar memória para as variáveis onde os dados serão armazenados.

a) CPU



**Figura 26 - Resultados dos Testes de Carga de CPU. a)Testes de Carga para a Plataforma iOS; b)Testes de Carga para a Plataforma Android**

Na Figura 27 podem ser observadas as utilizações de memória RAM pela aplicação durante os testes de carga. Neste cenário pode ser visto que existem diferenças significativas nas duas aplicações. Enquanto a aplicação em iOS utiliza memória à medida que necessita a aplicação em Android aloca blocos de memória. Assim, para a aplicação em iOS foi atingido um pico de alocação de 7,5 MB quando foram obtidos os serviços e as características associadas ao sensor. Após este pico houve uma alocação alta constante, perto dos 5,5 MB, aquando a realização do teste, que desce logo após o término do mesmo. Em relação ao comportamento da aplicação Android, foi alocado um bloco de memória inicialmente de 32,4 MB, muito mais do que a utilizada na aplicação iOS, que foi posteriormente estendido até aos 40 MB onde se mantém após a conclusão do teste. Apesar de a aplicação Android utilizar relativamente mais memória que a iOS ambas utilizam relativamente pouca memória quando comparado com a capacidade dos dispositivos sujeitos ao teste.

a) Memory

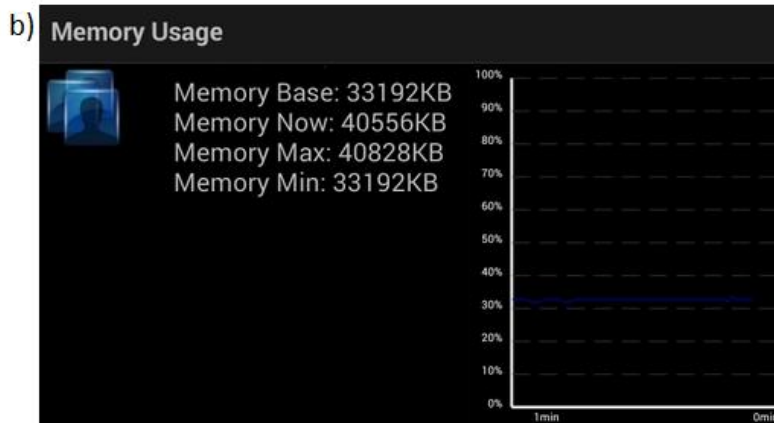
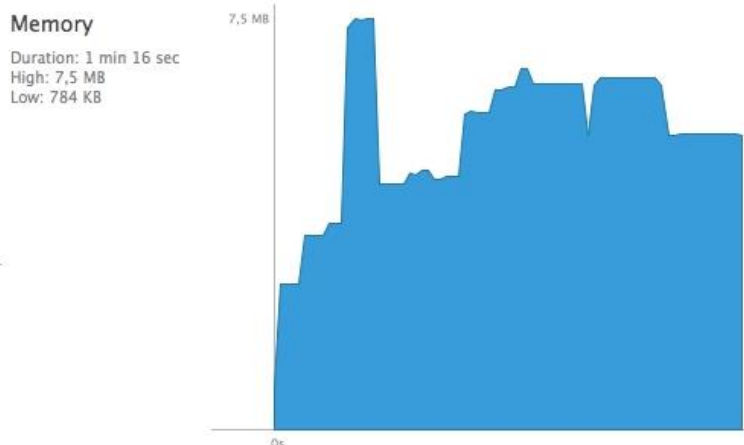


Figura 27 - Resultados dos Testes de Carga de Memória. a) Testes de Carga para a Plataforma iOS; b) Testes de Carga para a Plataforma Android

### 5.1.3 Testes de Usabilidade

O teste de usabilidade tem como objetivo verificar a facilidade com que o *software* é compreendido e manipulado pelo utilizador. Este teste faz a sua avaliação através da observação de utilizadores reais durante a realização de tarefas comuns pré-definidas com o intuito de compreender a sua interação com a aplicação e assim melhorar a facilidade e a experiência de utilização do sistema de acordo com as necessidades dos utilizadores. Desta forma, foi definido um conjunto de tarefas (Tabela 10) que definem uma utilização comum da aplicação +Social Saúde Móvel. Após a definição destas tarefas foi testada a utilização da aplicação com utilizadores reais para a avaliar a usabilidade da mesma.

**Tabela 10 - Tarefas a Realizar pelos Utilizadores Durante os Testes de Usabilidade**

| Tarefa |  |
|--------|--|
| T1     | Efetuar login na aplicação.              |
| T2     | Adicionar um sensor à monitorização.     |
| T3     | Consultar parâmetro vital “Temperatura”. |

O resultado dos testes realizados pode ser consultado no Anexo A. Da análise desses resultados podemos consultar na Tabela 11 os tempos médios em segundos que os utilizadores demoraram a realizar cada tarefa. Podemos observar que a tarefa que mais tempo levou a ser realizada foi a T1, pois sendo a média de idades dos utilizadores de aproximadamente 53 anos e a maior parte destes estar a contactar a primeira vez com dispositivos móveis, os utilizadores revelaram dificuldades na escrita do nome de utilizador e da palavra-passe. O fator de existirem utilizadores tecnologicamente iletrados no grupo de teste foi uma condicionante nos tempos de realização das tarefas obtidos nos testes, mas é importante para entender as dificuldades que irão afetar a população idosa, que geralmente se identifica com este aspeto. Para resolver esta questão deve-se estender o suporte da aplicação a outras plataformas que esses utilizadores conheçam ou que tenham tido algum tipo de contato.

**Tabela 11 - Média do Tempo Demorado na Realização de cada Tarefa dos Testes de Usabilidade**

| Tarefa | Tempo (s) |
|--------|-----------|
| T1     | 74,7      |
| T2     | 45,3      |
| T3     | 25,8      |

## **5.2 Testes de Aceitação**

Para verificar e validar o bom funcionamento do sistema foram levados a cabo alguns testes de aceitação. Esses testes foram efetuados com 5 voluntários aos quais foi atribuída uma letra do alfabeto, de A a E. Os voluntários detinham idades acima dos sessenta anos, a média de idades era de setenta e quatro com um desvio padrão de onze. Os utilizadores encontravam-se de boa saúde e eram tecnologicamente iletrados. Destes, três eram do sexo masculino e dois do sexo feminino.

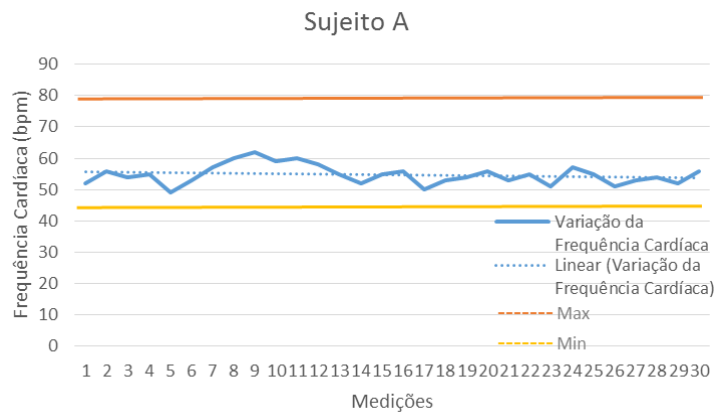
Como caso de teste foi escolhida a frequência cardíaca para ser monitorizada, devido à disponibilidade do sensor. No entanto, o teste poderia ter sido feito com qualquer outro parâmetro vital. Para garantir o correto funcionamento do sensor apenas teria de ser garantido que este respeitasse os perfis do Bluetooth, definidos na página web [94] do Bluetooth SIG.

Assim, cada idoso foi sujeito à monitorização da sua frequência cardíaca durante um período de 10 horas para que o sistema pudesse recolher esses valores. Para isso, a aplicação +Social Saúde Móvel foi calibrada para obter o valor de frequência cardíaca a cada 5 segundos para fins de testes. Durante esse período, os idosos estariam a realizar as atividades da vida diária. Na Figura 28 é demonstrado um idoso com o sensor de frequência cardíaca colocado e o +Social Saúde Móvel a correr no dispositivo móvel a fazer a leitura e a enviar para o Webservice +Social, onde o idoso consultou através da internet o seu histórico clínico. O resultado dos testes realizados pode ser consultado no Anexo B.



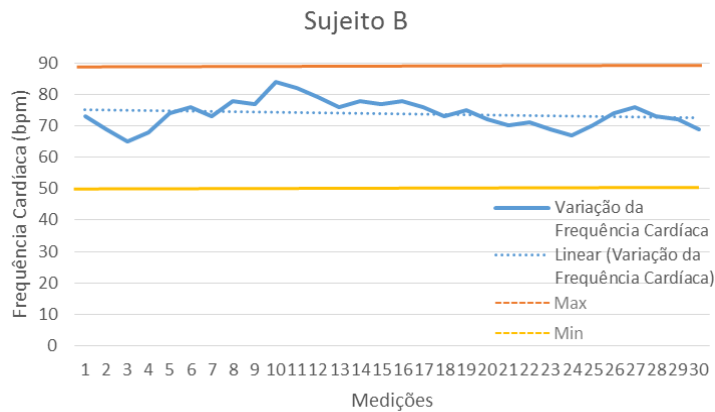
**Figura 28 - Cenário de Realização dos Testes de Aceitação**

O utilizador A, de sexo masculino e com a idade de sessenta anos, tem como hábito fazer exercício físico todos os dias. Para isso, este faz sensivelmente uma hora de corrida todas as manhãs. Assim, de acordo com os dados recolhidos, podemos observar que estes são relativamente baixos uma vez que a média se situa sensivelmente nos 55 bpm. Isto deve-se à prática regular de exercício físico, o que faz com que o coração esteja mais exercitado e a cada batimento envie maior quantidade de sangue do que o normal. Na Figura 29 é demonstrado o gráfico da variação dos batimentos do indivíduo A.



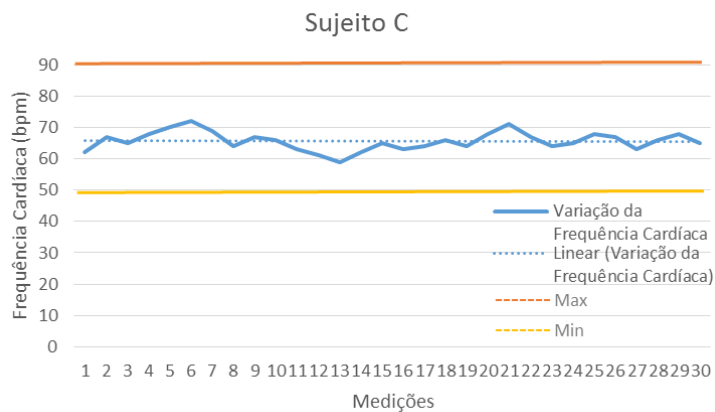
**Figura 29 - Gráfico dos Resultados da Medição da Frequência Cardíaca do Utilizador A**

O utilizador B, do sexo masculino e com oitenta e sete anos de idade, é um idoso com idade relativamente avançada e que leva um estilo de vida normal, tentando não cometer excessos para preservar a sua saúde. De acordo com os dados de frequência cardíaca recolhidos observamos que os valores se encontram dentro dos valores normais, sendo a média 74 bpm, como demonstrado no gráfico da Figura 30.



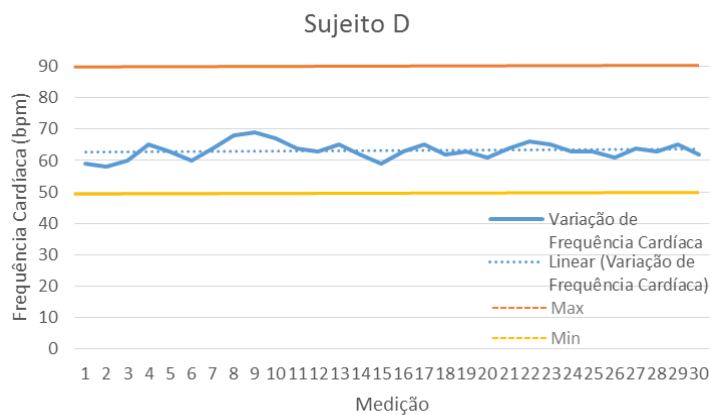
**Figura 30 - Gráfico dos Resultados da Medição da Frequência Cardíaca do Utilizador B**

O utilizador C, do sexo feminino e com a idade de sessenta e sete anos, leva uma vida ativa, tentando ser saudável na alimentação e reduzir o *stress* do dia-a-dia praticando yoga uma vez por semana. Podemos observar no gráfico da Figura 31 que a variação da sua frequência cardíaca é menor relativamente aos outros indivíduos, resultado do yoga semanal, tendo uma média de 66 bpm.



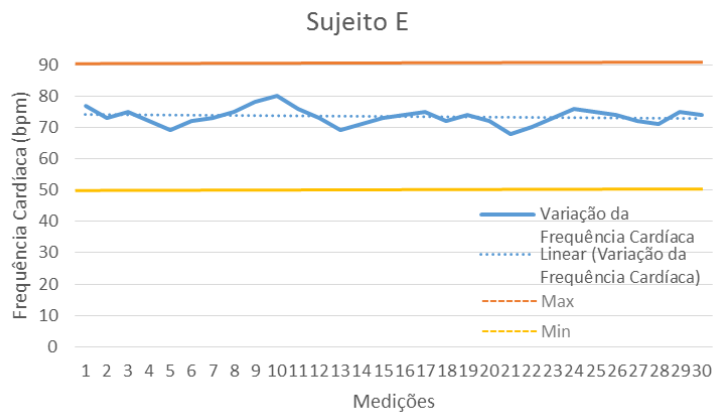
**Figura 31 - Gráfico dos Resultados da Medição da Frequência Cardíaca do Utilizador C**

O utilizador D, do sexo masculino e oitenta e quatro anos de idade, tem alguns problemas de saúde não muito graves, tendo de tomar alguns medicamentos por dia. Pelo gráfico abaixo, podemos observar que existem variações de grande amplitude na frequência cardíaca, registando um valor médio de 63 bpm.



**Figura 32 - Gráfico dos Resultados da Medição da Frequência Cardíaca do Utilizador D**

O utilizador E, do sexo feminino e com idade de setenta e dois anos, leva um estilo de vida considerado normal, mas é uma pessoa muito nervosa. Esse nervosismo pode ser verificado no gráfico da Figura 33 onde podemos ver que as variações de frequência cardíaca são algo irregulares. A média situou-se nos 73 bpm.



**Figura 33 - Gráfico dos Resultados da Medição da Frequência Cardíaca do Utilizador E**

### 5.3 Síntese

Neste capítulo foram expostos os testes efetuados à aplicação móvel +Social Saúde Móvel responsável por gerir a monitorização de parâmetros vitais na solução. Desta forma, foram feitos testes unitários, de carga e conectividade e de usabilidade. Com os testes unitários foi possível comprovar o correto desenvolvimento e funcionamento da aplicação de acordo com os requisitos que a caracterizam. Os testes de carga e conectividade tiveram como objetivo provar o funcionamento da aplicação em cenários onde exista um grande fluxo de comunicações e um grande volume de dados. Com a realização dos testes de usabilidade foi possível verificar a facilidade e intuitividade da aplicação através da realização de testes com utilizadores reais.

Com a realização destes testes foi possível verificar que a aplicação responde aos requisitos especificados, estando apta para operar até em cenários onde existam uma grande quantidade de dados a ser gerida e onde haja um grande volume de comunicações a serem efetuadas, por exemplo quando existe uma grande quantidade de sensores a enviar dados para a aplicação. Verificou-se também que a utilização da aplicação é fácil e intuitiva não tendo os utilizadores sujeitos aos testes revelado dificuldades maiores na utilização da mesma.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## **6 Conclusão e Trabalho Futuro**

---

O objetivo inicial deste trabalho foi especificar e desenvolver um sistema de baixo custo para monitorização de parâmetros vitais, através de sensores sem fios, de forma a oferecer uma melhor qualidade de vida às pessoas. Tornou-se ainda objetivo deste trabalho a especificação de um sistema de teleconsulta integrado com os dados recolhidos pelo sistema de monitorização.

De forma a atingir os objetivos propostos, no capítulo 2, foi elaborada uma pesquisa das soluções existentes, bem como uma pesquisa comparativa às tecnologias inerentes, elegendo o Bluetooth Low Energy como a mais indicada. Posteriormente, no capítulo 3, foi feito o levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais de forma a, de seguida, fazer a especificação da arquitetura da solução proposta. A arquitetura proposta consiste, em suma, num conjunto de sensores sem fios que recolhem dados vitais e os emitem para um dispositivo móvel, que os ordena e por sua vez os transmite para um servidor na *cloud*. Esse servidor faz parte integrante de uma solução semelhante a uma rede social, que, entre outras funcionalidades, permite a consulta do histórico clínico dos utilizadores e a realização de teleconsultas. O dispositivo móvel pode também atuar nos sensores de forma a levar a que estes efetuem novas medições. Essa atuação pode ocorrer quando o utilizador, o médico ou até a plataforma devidamente configurada entendam que a última medição do parâmetro ocorreu há demasiado tempo e pretendem obter o valor atual.

As vantagens desta solução prendem-se com o fato da existência de uma monitorização remota constante, com capacidade para um elevado volume de informação, o que permite ao médico efetuar diagnósticos e prescrições com maior precisão e mais adequadas à situação clínica de cada paciente. Esta solução surge ainda como forma de detetar doenças precocemente, permitindo assim prevenir o agravamento das mesmas. A monitorização

remota permite ainda que as pessoas tenham uma maior autonomia, permitindo-lhes, por exemplo, permanecer na sua habitação em vez de ficarem internadas no hospital uma vez que acabam por ter um acompanhamento contínuo sem ser necessário um atendimento presencial dos profissionais de saúde.

De forma a cumprir com a arquitetura, foi tida como base a plataforma +Social, já existente, e foram desenvolvidos mecanismos de forma a acrescentar-lhe capacidades de monitorização remota de parâmetros vitais, como descrito no capítulo 4. Assim, foi desenvolvida uma aplicação móvel denominada +Social Saúde Móvel, com suporte para os sistemas operativos móveis iOS e Android, que agrega os dados recolhidos por sensores corporais, comunicando com os mesmos através de Bluetooth Low Energy, mostra esses dados ao utilizador, através do ecrã do dispositivo móvel, e envia-os para um servidor alojado na *cloud*, onde estes irão ser posteriormente filtrados e armazenados. Esta aplicação permite também levar a que os sensores efetuem uma nova medição dos parâmetros vitais quando o utilizador ou o médico assim desejarem. Foi também desenvolvida a interface do servidor para que a aplicação possa enviar os dados para o mesmo. Além disto, foi desenvolvida a interface do médico para a teleconsulta, para que este tenha a possibilidade de analisar o histórico do paciente a ser consultado e possa também comandar a leitura de parâmetros em tempo-real. No capítulo 5 foram realizados testes que vieram validar o correto desenvolvimento e funcionamento da aplicação móvel mesmo em cenários onde são exigidos mais recursos. Foram também efetuados testes de usabilidade que vieram comprovar a facilidade e intuitividade de utilização da aplicação móvel junto de utilizadores reais.

A nível de trabalho futuro, a continuidade deste trabalho passará pelo desenvolvimento dos métodos presentes no servidor para onde são enviados os dados recolhidos para que o servidor possa filtrar estes dados e possa também armazená-los para uso pelo módulo de teleconsulta. Deverá ser também desenvolvido o mecanismo de suporte à interface de teleconsulta do médico, que estará dependente do ponto anterior, de forma a mostrar o histórico clínico do paciente a ser consultado, ao médico e de forma a permitir que este possa realizar uma medição dos parâmetros vitais a serem monitorizados no paciente em tempo-real. Ainda na plataforma, deverão ser criados mecanismos de análise e tratamento dos dados recolhidos, de forma não só a inferir outros dados a partir desses, mas também

para que seja possível que a plataforma detete situações de risco de forma a atuar, alertando os médicos responsáveis pelo paciente e/ou familiares. Podem ser consideradas situações de risco quando um parâmetro se altera para valores que coloquem em risco a vida do paciente ou quando estes excedem um valor limite definido para comunicação de alarme.

Em paralelo com este desenvolvimento, deverá ser expandido o suporte da aplicação móvel a outros sistemas operativos que tenham capacidade para responder aos requisitos exigidos por forma a maximizar o número de plataformas suportadas e assim permitir ao utilizador a utilização de equipamentos que já possua, evitando a despesa da aquisição de um equipamento novo.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## ***Bibliografia***

---

1. World Health Organization *The top 10 causes of death*; 2013.
2. United Nations *World Population Ageing 2013*; New York, USA, 2013.
3. World Health Organization *Disability and health*; 2013.
4. H., S. M. D.; Umamakeswari, A. A Remote Health Monitoring. *International Journal of Engineering and Technology* **2013**, *5*, 345–349.
5. Medjahed, H.; Istrate, D.; Boudy, J.; Steenkeste, F.; Baldinger, J.-L.; Dorizzi, B. A Multimodal Database for a Home Remote Medical Care Application. In *Medical Biometrics*; Springer, 2007; pp. 99–106.
6. Botia, J. A.; Villa, A.; Palma, J. Ambient Assisted Living system for in-home monitoring of healthy independent elders. *Expert Systems with Applications* **2012**, *39*, 8136–8148.
7. Corchado, J. M.; Bajo, J.; de Paz, Y.; Tapia, D. I. Intelligent environment for monitoring Alzheimer patients, agent technology for health care. *Decision Support Systems* **2008**, *44*, 382–396.
8. Reder, S.; Ambler, G.; Philipose, M.; Hedrick, S. Technology and Long-term Care (TLC): A pilot evaluation of remote monitoring of elders. *Gerontechnology* **2010**, *9*, 18–31.
9. Hossain, M. S.; Ahmed, D. Virtual Caregiver: An Ambient-Aware Elderly Monitoring System. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* **2012**, *16*, 1024–1031.
10. Ishtiaq, B.; Ansari, H.; Shaikh, A. A.; Khan, R. A.; Hamirani, N. S. Telemedicine Enlightenment : A Smart Health Care System for Rural Areas. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences* **2012**, *3*, 145–149.
11. Prakash, S.; Venkatesh, V. Real time monitoring of ECG signal using PIC and web server. *International Journal of Engineering and Technology* **2013**, *5*, 1047–1053.

12. Spinsante, S.; Gambi, E. Remote health monitoring for elderly through interactive television. *Biomedical Engineering Online* **2012**, *11*.
13. Iacono, M.; Baronti, P.; Romano, G.; Amato, G.; Chessa, S. Monitoring Fire-Fighters Operating in Hostile Environments with Body-Area Wireless Sensor Networks. In *Conference on Risk Assessment and Management in the Civil and Industrial Settlements*; 2006.
14. Choudhary, D.; Kumar, R.; Gupta, N. Real-Time Health Monitoring System on Wireless Sensor Network. *Journal of Current Engineering Research* **2012**, *2*, 43–47.
15. Lin, C. S.; Tuan, P. C.; Pei, C. Zigbee-Based Wireless Homecare System Implementation. *Gerontechnology* **2008**, *7*, 3–6.
16. Kumar, D. J. R. K.; Nalini, K. Design and Implementation of Portable Health Monitoring system using PSoC Mixed Signal Array chip. *International Journal of Recent Technology and Engineering* **2012**, *1*, 59–65.
17. Amoretti, M.; Copelli, S.; Wientapper, F.; Furfari, F.; Lenzi, S.; Chessa, S. Sensor data fusion for activity monitoring in the PERSONA ambient assisted living project. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* **2011**, *4*, 67–84.
18. Navarro, K. M. F.; Lawrence, E.; Lim, B. Medical MoteCare: A Distributed Personal Healthcare Monitoring System. In *2009 International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine*; IEEE: Cancun, 2009; pp. 25–30.
19. Medjahed, H.; Istrate, D. A Pervasive Multi-sensor Data Fusion for Smart Home Healthcare Monitoring. In *2011 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*; IEEE: Taipei, 2011; pp. 1466–1473.
20. Matsuoka, S.; Ogawa, H.; Maki, H.; Yonezawa, Y.; Caldwell, W. M. A new safety support system for wandering elderly persons. In *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*; PubMed, 2011; pp. 5232–5235.
21. Pise, A.; Punjabi, N.; Harishkumar, S.; Bhowmick, M. Physiological Monitoring System for Mobile Healthcare Applications. In *Proceedings of the International Conference and Workshop on Emerging Trends in Technology - ICWET '10*; ACM Press: New York, 2010; pp. 806–807.
22. Tsiknakis, M.; Spanakis, M. Adoption of innovative eHealth services in prehospital emergency management: a case study. In *2010 10th IEEE International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine (ITAB)*; IEEE: Corfu, 2010.
23. Kyriacou, E.; Pavlopoulos, S.; Berler, A.; Neophytou, M. K.-A.; Bourka, A.; Georgoulas, A.; Anagnostaki, A.; Karayiannis, D.; Schizas, C. N.; Pattichis, C.; Andreou, A.; Koutsouris, D. Multi-purpose HealthCare Telemedicine Systems with mobile communication link support. *BioMedical Engineering Online* **2003**, *2*.

24. Merzougui, R. Design and Development of an Intelligent Mobile Health Tele-assistance System in Ambulance Practice. *International Journal of Computer Science* **2013**, *10*, 333–342.
25. Kurhe, P. S.; Agrawal, S. S. Real Time Tracking & Health Monitoring System of Remote Soldier Using Arm7. *International Journal of Engineering Trends and Technology* **2013**, *4*, 311–315.
26. Ali, S. M. U.; Aijazi, T.; Axelsson, K.; Nur, O.; Willander, M. Wireless Remote Monitoring of Glucose Using a Functionalized ZnO Nanowire Arrays Based Sensor. *Sensors (Basel, Switzerland)* **2011**, *11*, 8485–8496.
27. Jovanov, E.; Raskovic, D.; Price, J.; Chapman, J.; Moore, A.; Krishnamurthy, A. Patient monitoring using personal area networks of wireless intelligent sensors. *Biomedical Sciences Instrumentation* **2001**, *37*, 373–378.
28. Corchado, J. M.; Bajo, J.; Tapia, D. I.; Abraham, A. Using Heterogeneous Wireless Sensor Networks in a Telemonitoring System for Healthcare. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* **2010**, *14*, 234–240.
29. Zito, D.; Pepe, D.; Neri, B.; Zito, F.; de Rossi, D.; Lanatà, A. Feasibility Study and Design of a Wearable System-on-a-Chip Pulse Radar for Contactless Cardiopulmonary Monitoring. *International Journal of Telemedicine and Applications* **2008**, 2008.
30. Altini, M.; Polito, S.; Penders, J.; Kim, H.; van Helleputte, N.; Kim, S.; Yazicioglu, F. An ECG Patch Combining a Customized Ultra-Low-Power ECG SoC with Bluetooth Low Energy for Long Term Ambulatory Monitoring. In *Proceedings of the 2nd Conference on Wireless Health - WH '11*; ACM Press: New York, 2011.
31. Baldinger, J.-L.; Boudy, J.; Dorizzi, B.; Levrey, J.-P.; Andreao, R.; Perpère, C.; Delavault, F.; Rocaries, F.; Dietrich, C.; Lacombe, A. Tele-surveillance System for Patient at Home : The MEDIVILLE System. In *Verlag Berlin Heidelberg 2004*; Springer: Berlin, 2004; pp. 400–407.
32. Giorgio, A. A Miniaturized Medical Device For Health Monitoring And Teleassistance Applications. *International Journal of Bioinformatics Research* **2012**, *4*, 258–262.
33. Sorber, J.; Shin, M.-H.; Peterson, R.; Cornelius, C. T.; Mare, S.; Prasad, A.; Marois, Z.; Smithayer, E.; Kotz, D. F. An Amulet for Trustworthy Wearable mHealth. In *Proceedings of the Twelfth Workshop on Mobile Computing Systems & Applications - HotMobile '12*; ACM Press: New York, 2012.
34. Pandian, P. S.; Mohanavelu, K.; Safeer, K. P.; Kotresh, T. M.; Shakunthala, D. T.; Gopal, P.; Padaki, V. C. Smart Vest: Wearable multi-parameter remote physiological monitoring system. *Medical Engineering & Physics* **2008**, *30*, 466–477.
35. Agrawal, P.; Hingway, S. P.; Dharaskar, B. P. Innovative Approach for Wireless Health Monitoring System Using Client-Server Architecture. *International Journal of Engineering and Technology* **2013**, *4*, 1343–1348.

36. Teaw, E.; Gouzman, M.; Tang, K. W.; Kesluk, A.; Kane, M.; Farrell, J. A Wireless Health Monitoring System. In *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Information Acquisition*; IEEE, 2005; pp. 247–252.
37. Sidén, J.; Skerved, V.; Gao, J.; Forsström, S.; Nilsson, H.-E.; Kanter, T. G.; Gulliksson, M. Home Care with NFC Sensors and a Smart Phone. In *Proceedings of the 4th International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies - ISABEL '11*; ACM Press: New York, 2011.
38. Shin, M.-H. Secure Remote Health Monitoring with Unreliable Mobile Devices. *Journal of Biomedicine & Biotechnology* **2012**, 2012, 5.
39. Dinkar, P.; Gulavani, A.; Ketkale, S.; Kadam, P.; Dabhade, S. Remote Health Monitoring using Wireless Body Area Network. *International Journal of Engineering and Advanced Technology* **2013**, 2, 399–402.
40. Abidoeye, A. P.; Azeez, N. A.; Adesina, A. O.; Agbele, K. K.; Nyongesa, H. O. Using Wearable Sensors for Remote Healthcare Monitoring System. *Journal of Sensor Technology* **2011**, 1, 22–28.
41. Marinkovic, S.; Popovici, E. Ultra Low Power Signal Oriented Approach for Wireless Health Monitoring. *Sensors (Basel, Switzerland)* **2012**, 12, 7917–7937.
42. Caldeira, J. M. L. P.; Moutinho, J. A. F.; Vaidya, B.; Lorenz, P.; Rodrigues, J. J. P. C. Intra-body Temperature Monitoring Using a Biofeedback Solution. In *2010 Second International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine*; IEEE: St. Maarten, 2010; pp. 119–124.
43. Gay, V.; Leijdekkers, P. A Health Monitoring System Using Smart Phones and Wearable Sensors. *International Journal of ARM* **2007**, 8, 29–36.
44. Jalaliniya, S.; Pederson, T. A Wearable Kids' Health Monitoring System on Smartphone. In *Proceedings of the 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction Making Sense Through Design - NordiCHI '12*; ACM Press: New York, 2012; pp. 791–796.
45. Lv, Z.; Xia, F.; Wu, G.; Yao, L.; Chen, Z. iCare: A Mobile Health Monitoring System for the Elderly. In *2010 IEEE/ACM Int'l Conference on Green Computing and Communications & Int'l Conference on Cyber, Physical and Social Computing*; IEEE: Hangzhou, 2010; pp. 699–705.
46. Lorenz, A.; Oppermann, R. Mobile health monitoring for the elderly: Designing for diversity. *Pervasive and Mobile Computing* **2009**, 5, 478–495.
47. Ryu, U. J.; Kim, E. T.; An, K. H.; Woo, S. H.; Chang, Y. S. A Bluetooth based 5-HD Measurement System for u-Healthcare. *International Journal of Control and Automation* **2013**, 6, 141–150.

48. Burns, W.; Nugent, C. D.; Mccullagh, P.; Finlay, D.; Cleland, I.; Mcclean, S.; Scotney, B.; Mccann, J. A Smart Garment for Older Walkers. In *10th International Conference on Smart Homes and Health Telematics*; 2012; pp. 4–7.
49. Panou, M.; Touliou, K.; Bekiaris, E.; Tsaprounis, T. Mobile Phone Application To Support the Elderly. *International Journal of Cyber Society and Education* **2013**, *6*, 51–56.
50. Shahriyar, R.; Bari, F.; Kundu, G.; Ahamed, S. I. Intelligent Mobile Health Monitoring System (IMHMS). *International Journal of Control and Automation* **2009**, *2*, 13–28.
51. Verulkar, S. M.; Limkar, M. Real Time Health Monitoring Using GPRS Technology. *International Journal of Computer Science and Network* **2012**, *1*, 3–10.
52. Bourouis, A.; Feham, M. Ubiquitous Mobile Health Monitoring System For Elderly (UMHMSE). *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)* **2011**, *3*, 74–82.
53. Goñi, A.; Rodríguez, J.; Burgos, A.; Illarramendi, A.; Dranca, L. Real-Time Monitoring of Mobile Biological Sensor Data-Streams: Architecture and Cost-Model. In *2008 9th International Conference on Mobile Data Management Workshops, MDMW*; IEEE: Beijing, 2008; pp. 97–105.
54. Wang, C.-S.; Wang, T.-W.; Lee, J.-H.; Liu, C.-W. Mobile and Wireless Technologies on Sphygmomanometer and Pulsometer for Patients Setting Pacemaker and Complicating with Other Cardiovascular Disease. In *2008 2nd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*; IEEE: Shanghai, 2008; pp. 1347–1350.
55. Wang, C.-S.; Wang, T.-W.; Lee, J.-H.; Liu, C.-W.; Huang, S.-F.; Chen, K.-H. Mobile and Bluetooth Technologies for Telecare and Emergency Announcement. In *2009 3rd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*; IEEE: Beijing, 2009.
56. Lee, D. H. Development of a Mobile Phone Based e-Health Monitoring Application. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* **2012**, *3*, 38–43.
57. Wang, C.-S.; Liu, C.-W.; Wang, T.-W. Tele-care for emergency announcements. *Journal of Biomedical Science and Engineering* **2010**, *3*, 822–827.
58. Chester, M.; Hollinger, J.; Sturgess, T.; Tran, J. Wireless ECG, University of Victoria, 2012, p. 22.
59. Liu, Y.; Hu, X.; Zhu, C.; Seet, B.; Leung, V. C. M.; Chu, T. H. S.; Chan, H. C. B. Collaborative Mobile E-Health Employing Data Mining and Social Networking. In *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2013*; Hong Kong, 2013; Vol. II.
60. J., E. O. J. A.; Adewusi, E. Development of a GPS Powered Mobile Health Assistant for Improved Health Care Delivery in Africa : A Nigerian Case Study. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences* **2012**, *3*, 100–111.

61. Brezmes, T.; Cotrina, J.; Gorricho, J.-L.; Rersa, M. User activity monitoring using conventional cell phones. In *Orlando Congress*; Orlando, 2009.
62. Maki, H.; Ogawa, H.; Matsuoka, S.; Yonezawa, Y.; Caldwell, W. M. A daily living activity remote monitoring system for solitary elderly people. In *33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*; PubMed, 2011; pp. 5608–5611.
63. eMarketer *Nearly Half of UK Consumers Will Use Smartphones This Year*; 2013.
64. Deloitte *The smartphone generation gap: over-55? there's no app for that*; 2013.
65. Bluetooth SIG About Bluetooth® Low Energy Technology <http://www.bluetooth.com/Pages/low-energy-tech-info.aspx> (accessed May 13, 2014).
66. Fraunhofer IIS ULTRA LOW-CURRENT WAKEUP RECEIVER.
67. Habbal, M. Bluetooth Low Energy – Assessment within a Competing Wireless World. **2004**.
68. Smith, P. Comparing Low-Power Wireless Technologies <http://www.digikey.com/en-US/articles/techzone/2011/aug/comparing-low-power-wireless-technologies> (accessed May 13, 2014).
69. Fyfe, K. Low-power wireless technologies for medical applications 2009.
70. Texas Instruments Wireless Connectivity for Medical Applications 2009.
71. Freescale Low-Energy Wireless: Just What the Doctor Ordered [http://www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?code=784\\_LPBB\\_LOWENGYWLSS](http://www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?code=784_LPBB_LOWENGYWLSS) (accessed May 13, 2014).
72. Touati, F.; Tabish, R. U-Healthcare System: State-of-the-Art Review and Challenges. *Journal of medical systems* **2013**, *37*, 20.
73. Gomez, C.; Oller, J.; Paradells, J. Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology. *Sensors (Basel, Switzerland)* **2012**, *12*, 11734–11753.
74. Heydon, R. *Bluetooth Low Energy - The Developer's Handbook*; Goodwin, B.; Fuller, J.; Ryan, E.; Russell, B., Eds.; 1st ed.; Prentice Hall, 2012; p. 345.
75. Gupta, N. *Inside Bluetooth Low Energy*; 1st ed.; Artech House, 2013; p. 360.
76. Texas Instruments Bluetooth® Low Energy Software Developer's Guide 2013, 57.
77. Townsend, K.; Cufí, C.; Davidson, A.; Davidson, R. *Getting Started with Bluetooth Low Energy*; 1st ed.; O'Reilly Media, 2014; p. 180.

78. Apple Core Bluetooth Programming Guide 2013.
79. Leite, A. Metodologia de desenvolvimento de Software. *DEVMedia* 2006.
80. Wikipedia Bluetooth low energy [http://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth\\_low\\_energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_low_energy) (accessed May 20, 2014).
81. Bluetooth SIG Bluetooth Smart and Smart Ready products now available <http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth-Smart-Devices-List.aspx> (accessed May 20, 2014).
82. WPBar Windows Phone 8.1 to hit devices only between June to August, but “Developer” Preview will be available earlier <http://wmpoweruser.com/windows-phone-8-1-to-hit-devices-only-between-june-to-august-but-developer-preview-will-be-available-earlier/> (accessed May 20, 2014).
83. Gartner *Market Share Analysis: Mobile Phones, Worldwide, 4Q13 and 2013; 2014*.
84. NetMarketShare Mobile/Tablet Operating System Market Share <http://www.netmarketshare.com/operating-system-market-share.aspx?qprid=8&qpcustomd=1> (accessed May 20, 2014).
85. Apple *iOS Human Interface Guidelines*; Apple, Inc., 2014.
86. Apple App Store Distribution <https://developer.apple.com/support/appstore/> (accessed May 20, 2014).
87. Google Design <https://developer.android.com/design/index.html>.
88. Silva, C. Persistência - Desenvolvimento em iOS 2011.
89. Neto, A. M. Persistencia de dados em aplicações Android 2011.
90. Almeida, C. Introdução ao Teste de Software <http://www.linhadecodigo.com.br/artigo/2775/introducao-ao-teste-de-software.aspx> (accessed May 26, 2014).
91. Neto, A. *Engenharia de Software Magazine*. 2007, pp. 54–59.
92. GSMarena Apple iPad mini Wi-Fi [http://www.gsmarena.com/apple\\_ipad\\_mini\\_wi-fi-5070.php](http://www.gsmarena.com/apple_ipad_mini_wi-fi-5070.php) (accessed May 30, 2014).
93. Google Nexus 7 <http://www.google.com/nexus/7/> (accessed May 30, 2014).
94. Bluetooth SIG Profiles <https://developer.bluetooth.org/gatt/profiles/Pages/ProfilesHome.aspx> (accessed May 30, 2014).

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## ***Anexo A – Testes de Usabilidade para a Aplicação Móvel +Social Saúde Móvel***

O presente anexo apresenta os resultados dos testes efetuados para validar a facilidade e intuitividade da aplicação móvel +Social Saúde Móvel. Na realização deste teste foi definido um conjunto de tarefas, Capítulo 5 - Tabela 10, de forma a pôr à prova a utilização da aplicação por pessoas reais. Na realização destes testes o importante é o registo do tempo demorado em cada tarefa, de forma a perceber se o sistema está ou não adequado para uma fácil utilização para o público em geral. Assim, de seguida, na Tabela 12, são apresentados as idades, o sexo e os tempos, em segundos, resultantes da realização das tarefas pelos utilizadores sujeitos ao teste.

**Tabela 12 - Dados da Realização das Tarefas do Teste de Usabilidade**

|       | Utilizador |      |      |      |      |       |      |      |       |
|-------|------------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|
|       | 1          | 2    | 3    | 4    | 5    | 6     | 7    | 8    | 9     |
| Idade | 48         | 18   | 52   | 26   | 73   | 84    | 36   | 68   | 71    |
| Sexo  | F          | F    | M    | M    | M    | F     | F    | M    | M     |
| T1    | 70,4       | 22,9 | 72,9 | 35,5 | 98,3 | 122,8 | 44,1 | 58,9 | 147,1 |
| T2    | 42,3       | 14,2 | 51,4 | 21,1 | 63,8 | 74,3  | 36,4 | 42,1 | 61,8  |
| T3    | 27,1       | 8,3  | 19,1 | 13,4 | 44,7 | 35,6  | 15,8 | 25,2 | 43,3  |

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## **Anexo B – Testes de Aceitação da Solução**

O presente anexo apresenta os resultados dos testes efetuados para validar e verificar o bom funcionamento da solução. Esses testes foram efetuados com 5 voluntários com idades acima dos sessenta anos, com a média de idades de setenta e quatro e um desvio padrão de onze. Os utilizadores encontravam-se de boa saúde e eram tecnologicamente iletrados. Destes, três eram do sexo masculino e dois do sexo feminino. Os utilizadores foram monitorizados quanto à sua frequência cardíaca durante um período de 10 horas e, na Tabela 13 são apresentados os resultados dos testes.

**Tabela 13 - Resultados da Medição dos Valores de Frequência Cardíaca**

| Sujeito | Número de Medição |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|         | 1                 | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| A       | 52                | 56 | 54 | 55 | 49 | 53 | 57 | 60 | 62 | 59 | 60 | 58 | 55 | 52 | 55 |
| B       | 73                | 69 | 65 | 68 | 74 | 76 | 73 | 78 | 77 | 84 | 82 | 79 | 76 | 78 | 77 |
| C       | 62                | 67 | 65 | 68 | 70 | 72 | 69 | 64 | 67 | 66 | 63 | 61 | 59 | 62 | 65 |
| D       | 59                | 58 | 60 | 65 | 63 | 60 | 64 | 68 | 69 | 67 | 64 | 63 | 65 | 62 | 59 |
| E       | 77                | 73 | 75 | 72 | 69 | 72 | 73 | 75 | 78 | 80 | 76 | 73 | 69 | 71 | 73 |
| Sujeito | Número de Medição |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|         | 16                | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| A       | 56                | 50 | 53 | 54 | 56 | 53 | 55 | 51 | 57 | 55 | 51 | 53 | 54 | 52 | 56 |
| B       | 78                | 76 | 73 | 75 | 72 | 70 | 71 | 69 | 67 | 70 | 74 | 76 | 73 | 72 | 69 |
| C       | 63                | 64 | 66 | 64 | 68 | 71 | 67 | 64 | 65 | 68 | 67 | 63 | 66 | 68 | 65 |
| D       | 63                | 65 | 62 | 63 | 61 | 64 | 66 | 65 | 63 | 63 | 61 | 64 | 63 | 65 | 62 |
| E       | 74                | 75 | 72 | 74 | 72 | 68 | 70 | 73 | 76 | 75 | 74 | 72 | 71 | 75 | 74 |

De acordo com a idade, os parâmetros biofísicos, as patologias e com os medicamentos tomados de cada utilizador podemos ver na Tabela 14 os valores máximos e mínimo que são aceites para a frequência cardíaca.

**Tabela 14 - Valores Máximos e Mínimos para a Frequência Cardíaca de cada Utilizador**

| Sujeito | Idade | Máximo | Mínimo |
|---------|-------|--------|--------|
| A       | 60    | 80     | 45     |
| B       | 87    | 90     | 50     |
| C       | 67    | 90     | 50     |
| D       | 84    | 90     | 50     |
| E       | 62    | 90     | 50     |