



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências da Saúde

Dispositivos e sistemas de Telemonitorização: Panorama atual e tendências futuras

Liliana Tavares Machadeiro

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Ciências Biomédicas
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Pedro Dinis Gaspar
Universidade da Beira Interior
Covilhã, Portugal

Covilhã e UBI, junho de 2017

Agradecimentos

A realização da presente dissertação não teria sido possível sem o apoio, incentivo e colaboração de diversas pessoas que diretamente ou indiretamente contribuíram para esta realidade. Por todas estas razões dirijo alguns agradecimentos especiais a estas pessoas.

Dentro da instituição, Universidade da Beira Interior, direciono o meu agradecimento ao Professor Doutor Pedro Dinis Gaspar por toda a disponibilidade demonstrada ao longo da realização da presente dissertação, pela paciência, pelos ensinamentos e orientação que prontamente sempre concedeu, o incentivo e o ânimo que sempre transmitiu desde o primeiro dia, no fundo, agradeço todo o profissionalismo e amizade que contribuíram para a minha evolução académica e crescimento pessoal.

Agradeço à empresa Roche e à Doutora Paula Godinho pela cedência de documentação importante para a realização da presente dissertação.

Agradeço a todos os meus amigos por estarem ao meu lado em todos os momentos da minha vida mesmo quando tudo parecia difícil e por nunca me terem deixado desanimar nem desistir. Em particular agradeço à minha amiga Adriana Quelhas por acreditar sempre que a realização desta dissertação seria possível e por me ter incentivado e apoiado sempre a realizar o meu melhor sem nunca por em hipótese a desistência. Agradeço também às minhas amigas Joana Coelho e Ana Carolina Gonçalves por toda a amizade, apoio e colaboração.

Agradeço também ao meu primo e amigo André Silva por toda a amizade, incentivo e colaboração que prontamente me concedeu.

Por último, dirijo um agradecimento muito especial à minha mãe Lisdália Machadeiro e ao meu pai Miguel Machadeiro por ter consciência que sem o apoio incondicional deles a minha chegada até aqui não teria sido possível. Agradeço toda a educação, todo o amor, todas as oportunidades que sempre me proporcionaram e que permitiram a minha evolução académica, todo o apoio e ânimo transmitido e toda a paciência que sempre tiveram comigo. Por tudo isto e muito mais não descritível por palavras, dedico esta dissertação aos meus pais.

Resumo

A prevalência de doenças crónicas está a aumentar a par do aumento da esperança média de vida ao nascimento. No futuro, o número de idosos e doentes crónicos será bastante elevada e em muitos casos os idosos serão também doentes crónicos e a patologia existirá em muitos casos em comorbidade.

A par desta realidade, existirá um decréscimo de recursos de saúde o que leva à procura de soluções já hoje em dia para que no futuro sejam postas em prática de forma plena.

Aliar a telemonitorização ao acompanhamento por parte dos profissionais de saúde a diversas doenças crónicas é já uma realidade, existindo no mercado mundial diversas ofertas de dispositivos e sistemas de telemonitorização utilizados em doenças como a Diabetes mellitus, Doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC) e asma, Doença renal, Doenças tromboembólicas e Insuficiência cardíaca.

Estes dispositivos e sistemas de telemonitorização apresentam uma solução para o problema crescente de incapacidade dos sistemas de saúde de dar resposta ao aumento de doentes crónicos.

A massificação do uso dos dispositivos e sistemas de telemonitorização está dependente do seu aperfeiçoamento, sendo a falta de interoperabilidade de sistemas de apoio à saúde a maior falha nestes dispositivos e sistemas.

A tendência futura passa pela incorporação desta capacidade nos dispositivos e sistemas de modo a massificar a sua utilização trazendo grandes vantagens tanto ao doente crónico como aos sistemas de saúde.

Palavras-chave

Doenças crónicas; Sistemas de saúde; Telemonitorização; Dispositivo/sistema de telemonitorização

Abstract

The prevalence of chronic diseases is increasing along with the increase in the average life expectancy at birth. In the future, the number of the elderly and the chronically ill will be quite high and in many cases the elderly will also be chronically ill and the pathology will exist in many cases in Comorbidity.

Alongside this reality, there will be a decrease in health resources, which leads to the research for solutions nowadays, so that they can be fully implemented in the future.

Allying telemonitoring to the treatment of various chronic diseases is already a reality, and in the world market there are several offers of devices and telemonitoring systems used in diseases such as Diabetes mellitus, Chronic obstructive pulmonary disease and asthma, Renal disease, Thromboembolic diseases and Heart failure.

These devices and telemonitoring systems provide a solution for the growing problem of the inability of health systems in order to provide better protocols to react to the increase in chronic patients.

The widespread use of telemonitoring devices and systems is dependent on their improvement, and the lack of interoperability of health support systems is the greatest failure in these devices and systems.

The future trend is to combine this ability into devices and systems in order to improve their use, bringing great benefits to both the chronic patient and health systems.

Keywords

Chronic diseases; Health systems; Telemonitoring; Telemonitoring device/system

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice	vii
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas	xiii
Nomenclatura.....	xv
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. O problema em estudo e a sua relevância	7
1.3. Objetivos e contribuição da dissertação	8
1.4. Visão geral e organização da dissertação	9
2. Estado da Arte	11
2.1. Introdução	11
2.2. Telesaúde	11
2.2.1. História e organização da telesaúde.....	12
2.2.2. Vantagens e desvantagens da telesaúde.....	18
2.2.3. Telemonitorização	19
2.3. Certificação de dispositivos médicos.....	20
2.4. Nota conclusiva	24
3. Dispositivos de Telemonitorização.....	25
3.1. Introdução	25
3.2. Dispositivos de telemonitorização utilizados na Diabetes <i>mellitus</i>	26
3.2.1. Patologia.....	26
3.2.2. <i>HealthGo Mini</i>	28
3.2.3. <i>VITALS360</i> [®]	29
3.2.4. <i>CareHomePod</i> e <i>HomePod</i>	31
3.2.5. Estudo clínico de implementação	32
3.2.6. Comparação de especificações técnicas de dispositivos e sistemas de telemonitorização apresentados	32
3.3. Dispositivos de telemonitorização utilizados na doença pulmonar obstrutiva crónica e asma	33

3.3.1.	Patologia.....	33
3.3.2.	<i>CareHomePod e HomePod</i>	35
3.3.3.	<i>VITALS360®</i>	36
3.3.4.	<i>iSpO2®</i>	37
3.3.5.	Estudo clínico de implementação	39
3.3.6.	Comparação de especificações técnicas de dispositivos e sistemas de telemonitorização apresentados	40
3.4.	Dispositivos de telemonitorização utilizados na Doença renal crónica	41
3.4.1.	Patologia.....	41
3.4.2.	<i>EQ Connect™</i>	43
3.4.3.	<i>eNephro</i>	43
3.4.4.	Dispositivo protótipo	44
3.4.5.	Comparação de especificações técnicas de dispositivos e sistemas de telemonitorização apresentados	46
3.5.	Dispositivos de telemonitorização utilizados em Doenças tromboembólicas	46
3.5.1.	Patologia.....	46
3.5.2.	<i>eCareCompanion</i>	48
3.5.3.	<i>Genesis Telemonitor</i>	49
3.5.4.	<i>Honeywell HomMed</i>	50
3.5.5.	Estudo clínico de implementação	51
3.5.6.	Comparação de especificações técnicas dos dispositivos e sistemas de telemonitorização apresentados	52
3.6.	Dispositivos de telemonitorização utilizados na Insuficiência cardíaca.....	53
3.6.1.	Patologia.....	53
3.6.2.	<i>VITALS360®</i>	54
3.6.3.	<i>TCare Cardio Monitor</i>	55
3.6.4.	<i>Smartheart™</i>	56
3.6.5.	Estudo clínico de implementação	57
3.6.6.	Comparação de especificações técnicas dos dispositivos e sistemas de telemonitorização apresentados	58
3.7.	Nota conclusiva	59
4.	Tendências Futuras.....	61
4.1.	Introdução	61
4.2.	Propostas de implementação das TIC em dispositivos médicos e <i>Point-of-care</i> existentes no mercado atual	62
4.2.1.	Especificações dos dispositivos de telemonitorização	62
4.2.2.	Sistema de telemonitorização de Diabetes <i>Mellitus</i>	69
4.2.3.	Sistema de telemonitorização da Doença renal crónica	73
4.2.4.	Sistema de telemonitorização da Insuficiência cardíaca.....	76
4.3.	Nota conclusiva	79

5. Conclusões.....	81
5.1. Conclusões	81
5.2. Sugestões de trabalhos futuros.....	82
Referências bibliográficas	83

Lista de Figuras

Fig. 1 - Distribuição de idades de esperança média de vida ao nascimento para ambos os sexos, sendo 71,4 anos a média mundial no ano 2015, adaptado de [14].	3
Fig. 2 - Tendência de prevalência de doenças crónicas com o desenvolvimento ao longo da vida, adaptado de [19].	6
Fig. 3 - Cronograma da primeira fase de desenvolvimento da telesaúde.	14
Fig. 4 - Cronograma da segunda fase de desenvolvimento da telesaúde.	15
Fig. 5 - Dispositivo <i>HealthGo Mini</i> , adaptado de [77].	28
Fig. 6 - Dispositivo <i>VITALS360®</i> com indicação do local onde se localiza o glicómetro e outros componentes, adaptado de [83].	30
Fig. 7 - Dispositivo <i>VITALS360®</i> e a braçadeira onde se coloca o dispositivo para realizar o exame da medição da tensão arterial, adaptado de [83].	31
Fig. 8 - Dispositivo <i>VITALS360®</i> com a indicação do local do oxímetro onde o doente tem de colocar o dedo para a realização do exame, adaptado de [83].	36
Fig. 9 - Dispositivo <i>VITALS360®</i> com a indicação da colocação das mãos para a realização do exame de ECG, adaptado de [83].	37
Fig. 10 - Dispositivo <i>iSpO2®</i> conectado a um smartphone meramente ilustrativo, adaptado de [95].	38
Fig. 11 - Sistema de telemonitorização <i>Doc@Home</i> composto pelo dispositivo <i>Doc@Home</i> (à direita na imagem) ligado a um oxímetro (à esquerda na imagem), adaptado de [90].	39
Fig. 12 - Gráfico demonstrativo da diferença do custo dos diferentes anti coagulantes por dose diária definida (DDD) para os doentes em Portugal, adaptado de [111].	48
Fig. 13 - Dispositivo de telemonitorização <i>Honeywell HomMed</i> , adaptado de [116].	51
Fig. 14 - Sistema de telemonitorização <i>TCare Cardio Monitor</i> , adaptado de [125].	55
Fig. 15 - Esquema de um sistema de telemonitorização de tendência futura, adaptado de [134].	62
Fig. 16 - Dispositivo de monitorização <i>FreeStyle Libre</i> , à esquerda o sensor e à direita o leitor, adaptado de [157].	70

Fig. 17 - Arquitetura do sistema de telemonitorização proposto para o dispositivo de monitorização de glicose <i>FreeStyle Libre</i>	71
Fig. 18 - Esquema da constituição do dispositivo de monitorização <i>wearable</i> não invasivo proposto.	72
Fig. 19 - Arquitetura do sistema de telemonitorização ideal proposto para a doença renal crónica tendo como base uma proposta de evolução dos sistemas de telemonitorização abordados no capítulo 3.	74
Fig. 20 - Dispositivo <i>cobas h 232 system</i> , adaptado de [159].	76
Fig. 21 - Arquitetura do sistema de telemonitorização ideal proposto para a insuficiência cardíaca tendo como base uma proposta de evolução do dispositivo <i>point of care cobas h 232 system</i>	77

Lista de Tabelas

Tabela 1. Classificação de dispositivos médicos segundo o risco que apresentam para os utilizadores, adaptado de [68].	22
Tabela 2. Comparação de especificações técnicas de dispositivos de telemonitorização utilizados na diabetes.	33
Tabela 3. Comparação de especificações técnicas de dispositivos de telemonitorização utilizados na doença pulmonar obstrutiva crónica e asma.	40
Tabela 4. Classificação da doença renal crónica, adaptado de [100].	41
Tabela 5. Comparação de especificações técnicas de dispositivos de telemonitorização utilizados na doença renal crónica.	46
Tabela 6. Comparação de especificações técnicas de dispositivos de telemonitorização utilizados em doenças tromboembólicas.	52
Tabela 7. Comparação de especificações técnicas de dispositivos de telemonitorização utilizados na insuficiência cardíaca.....	58
Tabela 8. Comparação das características do dispositivo FreeStyle Libre e da proposta de evolução.	73
Tabela 9. Comparação das características dos sistemas de telemonitorização descritos no capítulo 3 e do sistema de telemonitorização proposto.	76
Tabela 10. Comparação das características do dispositivo <i>point of care</i> cobas h 232 system e da proposta de evolução.....	79

Nomenclatura

Acrónimos:

<i>ADC</i>	Conversor analógico-digital;
<i>AVC</i>	Acidente Vascular Cerebral;
<i>BLE</i>	Bluetooth Low Energy;
<i>CDRH</i>	Center for Devices and Radiological Health;
<i>CE</i>	Conformité Européene;
<i>DDD</i>	Dose Diária Definida;
<i>DPOC</i>	Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica;
<i>EUA</i>	Estados Unidos da América;
<i>FDA</i>	Food and Drug Administration;
<i>FID</i>	Federação Internacional de Diabetes;
<i>GINA</i>	Global Initiative for Asthma;
<i>GPRS</i>	General Packet Radio Service;
<i>GSMA</i>	World System for Mobile interchanges;
<i>INR</i>	International Normalized Ratio;
<i>IoT</i>	Internet of Things;
<i>MDD</i>	Medical Device Directive;
<i>NASA</i>	National Aeronautics and Space Administration;
<i>NBs</i>	Notifying Bodies;
<i>OMS</i>	Organização Mundial de Saúde;
<i>PDA</i>	Personal digital assistance;
<i>PMA</i>	Premarket Approval;
<i>RFID</i>	Radio Frequency Identification Devices;
<i>TFG</i>	Taxa de Filtração Glomerular;
<i>TIC</i>	Tecnologias de Informação e Comunicação;
<i>UBI</i>	Universidade da Beira Interior;
<i>UE</i>	União Europeia;
<i>UIT</i>	União Internacional das Telecomunicações;

Nomenclatura

<i>UWB</i>	Ultra-Wide Band;
<i>VIH</i>	Vírus da Imunodeficiência Humana;
<i>VSL</i>	Value of Statistical Life Approach;
<i>WEAN</i>	Wireless Body Area Network.

1. Introdução

O aumento da esperança média de vida da população, a par do aumento das doenças crónicas leva à necessidade de um aumento da resposta por parte dos sistemas de saúde, que por sua vez cada vez têm menos recursos para dar resposta a estas necessidades. A tele saúde e a telemonitorização podem ser potenciais soluções na resolução deste problema [1].

A tele saúde alia os serviços de saúde às tecnologias de informação e comunicação (TIC). Assim sendo, a possibilidade do acesso à saúde sem ser necessário a deslocação a ambientes hospitalares torna-se possível [2], [3]. A grande vantagem da implementação da tele saúde passa pela racionalização dos diversos recursos disponíveis para o setor da saúde de modo a que haja resposta eficaz para todos os doentes [2].

A telemonitorização de doenças crónicas tem dado indicações de ser promissora, trazendo diversas vantagens tanto ao doente como aos profissionais de saúde, culminando na principal vantagem que é a melhoria significativa da qualidade de vida do doente [4].

Existem já estudos que comprovam a eficácia da tele saúde e da telemonitorização aplicada nos sistemas de saúde, o que comprova que o futuro passará pela massificação desta a nível global [1], [4], [5].

Neste capítulo introdutório é feita uma abordagem a estes temas gerais, de modo a expor o problema e a apresentar uma solução.

1.1. Enquadramento

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define tele saúde (*tele-health*), que se enquadra na e-saúde (*e-health*), como “o uso de telecomunicações e tecnologias virtuais para prestar cuidados de saúde fora dos tradicionais centros de saúde” [6]. Já a e-saúde é definida como “a utilização de Tecnologias de informação e comunicação para a saúde”, ou seja, passa pela difusão de informação através de meios eletrónicos com o objetivo de apoiar a prestação de serviços de saúde e da organização de sistemas de saúde [7].

A nível mundial tem havido avanços significativos na saúde, devido essencialmente aos avanços na tecnologia, na ciência e na medicina, não esquecendo também as infraestruturas que têm vindo a ser melhoradas [8].

Nos últimos anos registaram-se evoluções drásticas nas TIC que proporcionaram e proporcionam mudanças significativas nos sistemas e serviços de saúde, pois o uso destas tecnologias (e-saúde) não demonstra sinais de abrandamento. A importância das TIC associadas à saúde reside não só na facilidade de troca de informação, como também na capacidade que estas tecnologias têm em aproximar pessoas, permitindo a formação de parcerias ou programas de ação conjunta onde se torna possível uma tomada de decisão melhorada e uma rentabilização dos recursos disponíveis [8].

A ligação das TIC com o setor da saúde passa por poder vir a ser o ponto fundamental na sustentabilidade futura deste setor, cujo reconhecimento por parte dos governos de diferentes países tem vindo a aumentar. A importância da parceria destes dois sectores é reconhecida mundialmente por agências das Nações Unidas para a saúde e para as telecomunicações, Organização Mundial de Saúde e pela União Internacional das Telecomunicações (UIT), respetivamente, que culmina no reconhecimento da e-saúde e no incentivo de todos países desenvolverem estratégias específicas para a sua massificação [9].

Hoje em dia, a e-saúde é já um ponto essencial na prestação de cuidados de saúde diários, onde cada vez mais são necessárias a comunicação de informação e a utilização de tecnologias que permitam esta comunicação rápida e eficaz em todos os países. Os benefícios que advêm da utilização destas tecnologias de informação e comunicação na saúde são inúmeros e são já evidentes há mais de uma década, porém foi necessária uma crise neste sector em vários países para que a e-saúde se tornasse um ponto fulcral do planeamento estratégico de saúde [9].

A e-saúde torna-se assim responsável, de diversas maneiras, pela promoção de cobertura a nível mundial da saúde. Esta promove o fornecimento de serviços a populações remotas e populações onde o atendimento é inexistente ou com severas deficiências, sendo exemplo a falta de profissionais de saúde ou de equipamentos clínicos colmatada através do uso de tele-saúde ou m-saúde (*m-health*) [10]. A m-saúde que é também reconhecida como saúde móvel, é descrita como o uso de dispositivos móveis tais como telemóveis, dispositivos móveis de monitorização de doentes, dispositivos sem fios, para a prática médica [11]. A e-saúde melhora o diagnóstico e o tratamento de doentes através do fornecimento de informações precisas, podendo ser a telemonitorização fundamental a nível do tratamento. A nível da educação, o *e-learning* (ensino eletrónico) pode ser essencial na formação de profissionais de saúde que se encontrem em zonas mais isoladas. A utilização das TIC melhora também a

eficiência financeira e o direcionamento de recursos financeiros disponíveis para os sistemas de saúde [10].

As vantagens da ligação das TIC ao setor da saúde são diversas e os grandes beneficiários desta parceria são os doentes que utilizam frequentemente recursos de saúde, maioritariamente doentes crónicos e idosos. Devido ao aumento da esperança média de vida ao nascimento, a população idosa é cada vez mais numerosa. Sendo que esta população tende a ser portadora também doenças crónicas, percebe-se que os beneficiários da introdução das TIC na saúde abrange uma boa percentagem populacional [12].

A nível mundial, a esperança média de vida ao nascimento tem vindo a aumentar mais de 3 anos a cada 10 anos desde 1950, exceto nos anos 90, onde não houve incremento devido à amplificação da epidemia do Vírus da Imunodeficiência Humana (VIH) na região Africana, e na Europa devido ao aumento da mortalidade após o colapso da União Soviética. A partir do ano de 2000 até 2015 houve um aumento global de 5 anos na esperança média de vida ao nascimento. A esperança média de vida global é de 71,4 anos, sendo que a esperança média de vida ao nascimento feminina é superior à esperança média de vida ao nascimento masculina, 73,8 e 69,1 anos respetivamente [13]. Na Figura 1 encontra-se representada a distribuição mundial de idades de esperança média de vida segundo a OMS, reforçando assim a ideia de que a esperança média de vida é alta [14].

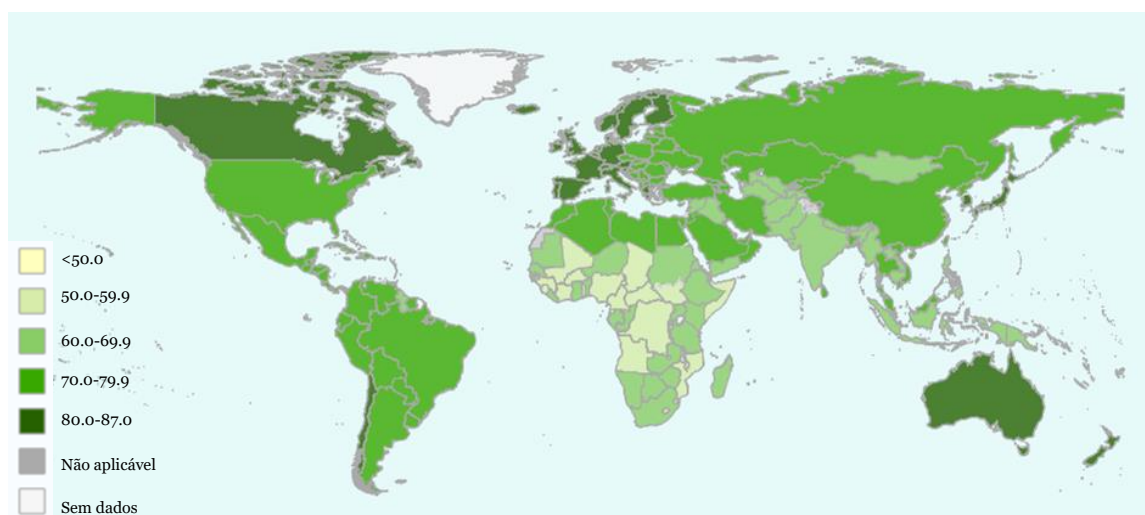


Fig. 1 - Distribuição de idades de esperança média de vida ao nascimento para ambos os sexos, sendo 71,4 anos a média mundial no ano 2015, adaptado de [14].

Hoje em dia, a esperança média de vida mundial continua a aumentar levando a mudanças populacionais o que consequentemente leva a uma procura crescente de serviços de saúde melhorados. Paralelamente, os recursos humanos e financeiros de muitos destes serviços estão a diminuir ou não são suficientes para colmatar a procura providenciando um serviço de excelência, podendo vir futuramente a haver incapacidade de resposta por parte dos sistemas de saúde para com a população. Perante este cenário, os diversos países devem focar-se no gasto racional e ponderado de todos os fundos tanto financeiros como humanos para que culminem numa gestão sustentável [9].

A tendência de adoção da e-saúde a nível global está a crescer e neste momento existe já 58% de países com estratégias de adoção de e-saúde. O uso dos meios de comunicação baseados nas TIC são papel fulcral para transmitir e concretizar o objetivo da cobertura de saúde universal, que passa por garantir serviços de saúde a toda a população de forma equitativa [11].

A e-saúde faz parte dos sistemas de saúde na Europa há décadas, porém enquanto no passado e mesmo hoje em dia é vista em termos do seu potencial para melhorar a produtividade, no futuro passará a ser peça fulcral dos sistemas de saúde que se centrará no cidadão/doente. As doenças crónicas (como Doenças cardíacas, Cancro e Diabetes *mellitus*) e Acidentes vasculares cerebrais (AVC) são a principal causa de morte na Europa. O diagnóstico atempado e a monitorização adequada podem atrasar o aparecimento destas doenças como também podem evitar consequências que possam delas advir. A junção das TIC no préstimo de cuidados nestas doenças pode facilitar em todos os aspetos os cuidados necessários para que haja uma diminuição de mortes devido a estas doenças [8].

A m-saúde, podendo ser considerada como uma subárea da e-saúde, torna-se assim também bastante importante, dando um grande contributo para a cobertura universal de saúde, tornando disponíveis diferentes serviços de saúde para populações remotas e para diferentes comunidades, permitindo a troca de dados sobre doentes e serviços. A m-saúde ajuda tanto a fornecer serviços de saúde em áreas remotas, como também pode ajudar na monitorização de doentes à distância possibilitando troca de dados com profissionais de saúde. Nestes casos, a nível financeiro, torna-se mais viável fornecer tecnologias de comunicação do que contratar mais profissionais de saúde para atender a estas populações [11].

Em suma, a interação do sector da saúde com as TIC é inevitável devido à digitalização mundial que assistimos diariamente. Este mundo digital é impulsionado por mudanças culturais e sociais, pelo investimento económico nesta área e também pelos avanços tecnológicos. A principal consequência que advém da junção destes dois sectores centra-se na prestação de cuidados de saúde seguros, de alta qualidade e equitativos a todos os cidadãos [9]. Hoje em dia, as TIC deixaram de ser vistas apenas como uma tecnologia presente na saúde passando a

ser vista como uma ferramenta fundamental no que toca à sustentabilidade dos sistemas de saúde a nível mundial. Estas tecnologias permitem então que os profissionais de saúde tomem decisões melhoradas e atempadas sobre tratamentos, permitem também que os hospitais disponibilizem cuidados de qualidade e seguros, permitem que os cidadãos façam escolhas sobre os tratamentos mais adequados. No fundo, estes permitem conectar as pessoas à informação necessária para que os sistemas de saúde sejam eficazes, eficientes e equitativos. As TIC têm criado oportunidades de melhorias nos sistemas de saúde, por isso surge o interesse em expandir o investimento nestas tecnologias. Deste modo, pretende-se que estas tecnologias sejam acessíveis e fáceis de usar abrangendo o maior número populacional possível, sendo os doentes crónicos uma parcela importante e significativa de população que deve ser tida em conta [8], [12].

Hoje em dia, as doenças crónicas já ultrapassaram em larga escala as doenças infecciosas em parâmetros como a mortalidade e a morbilidade, sendo a tendência futura o aumento de doenças crónicas na população mundial. Estas doenças são já em grande parte consideradas como uma das principais causas de morte a nível global, apresentando uma elevada taxa de mortalidade principalmente nos países ditos desenvolvidos. Cerca de 63 % das mortes globais foram devido a doenças crónicas no ano de 2010, equivalente a 36 milhões de mortes de um total de 57 milhões [15]. Estudos recentes demonstram que as doenças crónicas têm afetado significativamente a economia dos países desenvolvidos, isto é, que os custos das doenças afetam negativamente as economias pela elevada carga económica que exercem sobre os sistemas de saúde de cada país. Nestas cargas exercidas pelas doenças crónicas, tanto contam com programas de prevenção, na medida de minimizar os riscos para a doença, como também os programas de tratamento destas mesmas doenças [16], [17].

Existem diversos fatores que levam ao desenvolvimento destas doenças na população, como por exemplo o tabaco e o excesso de peso. Contudo, o facto da esperança média de vida estar substancialmente a aumentar, contribui também para que existam pessoas mais velhas, que por sua vez são mais suscetíveis a desenvolver patologias crónicas. É demonstrado na Figura 2 que a maior incidência de doenças crónicas passa pela fase adulta. Sendo que futuramente esta será a maior fatia da população mundial, rapidamente se percebe a dimensão de doentes crónicos que no futuro irão necessitar de cuidados médicos [18].

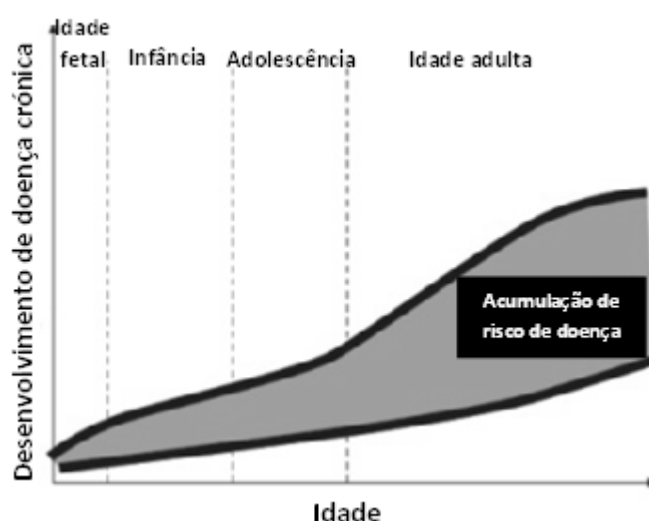


Fig. 2 - Tendência de prevalência de doenças crônicas com o desenvolvimento ao longo da vida, adaptado de [19].

A prevalência de doenças crônicas na população mundial está a aumentar a par da esperança média de vida, havendo em muitos casos a incidência de mais do que uma doença crónica no mesmo indivíduo. Estas condições acarretam aos serviços de saúde elevados custos, que por sua vez não têm recursos suficientes para atender a esta tendência crescente num futuro próximo. A necessidade de monitorização destas doenças é fundamental, sendo necessário encontrar formas de aplicar os recursos existentes para atender a estes doentes, permitindo a existência de uma monitorização eficaz [20], [21].

A nível mundial, segundo o método económico *Value of statistical life (VSL) approach*, estimava-se que os encargos económicos totais com todas as doenças crónicas rondavam os 22,8 milhões de milhões de dólares em 2010 e estima-se que atinjam os 43,3 milhões de milhões de dólares em 2030 [22]. É evidente através destes números que os encargos económicos com doenças crónicas a nível global são enormes e tornar-se-ão significativamente maiores caso não haja uma rápida solução de modo a abrandar estes encargos para os sistemas de saúde [17], [22], [23].

O rápido aumento de doenças crónicas, que deverá seguir uma tendência crescente cada vez mais acentuada, irá fazer aumentar ainda mais o número de doentes com uma ou mais doenças crónicas. Esta tendência ditará enormes custos económicos, recursos humanos e sociais para os sistemas de saúde, que num futuro próximo não terão capacidade de resposta para estes doentes. No caso particular da Europa, os custos com doenças crónicas atingem cerca de 70 a 80% dos custos totais com saúde, rondando os 700 milhares de milhões de euros ao ano [24],

aqui onde se vive em clima de austeridade, a pressão sobre os sistemas de saúde é superior, o que leva à procura incessante de soluções viáveis e rentáveis para que no futuro se possa dar resposta no tratamento e vigilância dos doentes crónicos de modo eficaz [18].

1.2. O problema em estudo e a sua relevância

As diversas doenças crónicas, que segundo a Organização Mundial de Saúde podem também ser denominadas de doenças não transmissíveis [25], têm aumentado. O aumento significativo da esperança média de vida ao nascimento nos últimos anos é um fator importante e contributivo, resultando num maior enfoque da doença em idosos que futuramente serão a grande parte da população. Estas doenças são responsáveis em grande parte pela despesa dos sistemas nacionais de saúde, que hoje em dia enfrentam grandes problemas com escassez de recursos financeiros e também humanos. Do ponto de vista do doente crónico, as despesas com a doença são elevadas devido ao acompanhamento que a doença exige [26]. Os doentes crónicos são considerados como os principais responsáveis pelo maior uso de serviços médicos, hospitalares e de emergência, necessitando assim de cuidados especiais que passam pela monitorização de determinados parâmetros físicos e biológicos associados à doença [27].

A par do aumento da esperança média de vida, existe uma diminuição de recursos de saúde, tanto a nível financeiro como a nível humano, sendo uma consequência inevitável num futuro próximo a incapacidade de resposta dos sistemas de saúde para com a grande fatia populacional de doentes crónicos [26], [27].

A necessidade de encontrar soluções de modo oferecer cuidados de saúde onde haja uma boa gestão de doenças crónicas, aplicando os recursos existentes para o setor da saúde de forma eficaz, colmatando o problema da escassez de profissionais de saúde [28], é crescente e acredita-se que passa pela telesaúde [29]. A telesaúde, a e-saúde, a m-saúde e a telemonitorização estão em rápida evolução e fazem já parte dos sistemas de saúde. Contudo, no futuro, a telemonitorização pode tornar-se fundamental no tratamento de doenças crónicas [27].

A utilização de dispositivos e sistemas de telemonitorização pode oferecer uma monitorização a estes doentes segura e eficaz, através da medição de parâmetros físicos e biológicos essenciais para o tratamento da doença e o seu respetivo envio para profissionais de saúde, que consequentemente avaliam os dados e tomam decisões no sentido de alterar ou manter prescrições ou cuidados de saúde para o doente monitorizado [28], [30].

A telemonitorização associa diversas vantagens tanto para os doentes que possuem patologias crónicas como também para os sistemas de saúde. A nível de benefícios para o doente, a telemonitorização, permite a promoção de um melhor autocontrolo que resulta numa melhor qualidade de vida [26]. No fundo, permite a deteção precoce de sinais de alerta que consequentemente diminui os internamentos destes doentes [28].

A nível dos sistemas de saúde, a falta de profissionais de saúde e a falta de recursos financeiros podem ser colmatados com a telemonitorização destes doentes, pois as infraestruturas de saúde futuramente sofrerão uma incapacidade de atendimento e internamento de doentes devido à crescente tendência de esperança média de vida ao nascimento [28].

Percebe-se que existe um problema a nível dos sistemas de saúde que se agravará tendencialmente num futuro próximo, a nível mundial, que pode ser colmatado com a massificação das TIC no setor da saúde. Neste caso, a solução pode passar pela telemonitorização de doentes com diferentes doenças crónicas.

Estima-se que com o uso de dispositivos médicos de telemonitorização em algumas doenças crónicas, possam ser reduzidos cerca de 200 milhares de milhões de dólares nos sistemas de saúde dos EUA nos próximos 25 anos. A partir destas estimativas pode-se estabelecer uma fonte de poupança nos sistemas de saúde, que à partida poderá surgir também na Europa e em Portugal caso a massificação da telemonitorização se verifique [31].

1.3. Objetivos e contribuição da dissertação

A presente dissertação tem como objetivo avaliar e expor o panorama atual mundial de dispositivos e sistemas de telemonitorização existentes no mercado e em alguns casos em fase de desenvolvimento, descrevendo as suas características e suas vantagens para os doentes e sistemas de saúde.

Numa segunda vertente, expõe propostas de implementação de novos dispositivos e sistemas de telemonitorização de apoio e gestão de doenças crónicas que apresentem características ideias de telemonitorização para a doença em causa, adaptados de dispositivos e sistemas já existentes sem funcionalidades de telesáude ou sem as funcionalidades ideias de um sistema de telemonitorização.

1.4. Visão geral e organização da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos. O primeiro capítulo é composto pela introdução onde se faz o enquadramento do tema, exposição do problema em estudo e a sua relevância e por fim os objetivos e contribuição da dissertação.

No segundo capítulo é descrito o estado da arte. Aqui, a abordagem passa pela descrição histórica e organização da telesaúde, abordando-se as suas vantagens e desvantagens, e define-se e caracteriza-se a telemonitorização. Neste capítulo é também feita a descrição de como é realizada a certificação de dispositivos médicos.

Relativamente ao terceiro capítulo, este contém a descrição de cinco patologias crónicas e de dispositivos ou sistemas de telemonitorização existentes no mercado ou em fase de desenvolvimento utilizados na telemonitorização de doentes com estas patologias. As patologias apresentadas são a Diabetes *mellitus*, Doença pulmonar obstrutiva crónica e Asma, Doença renal crónica, Doenças tromboembólicas e Insuficiência cardíaca. Para cada patologia são apresentados três dispositivos ou sistemas de telemonitorização, sendo apresentado em quadros a comparação de especificações técnicas destes.

No quarto capítulo apresentam-se propostas de sistemas de telemonitorização com características ideias dirigidos à Diabetes *mellitus*, Doença renal crónica e à Insuficiência cardíaca.

Por fim, no quinto capítulo são apresentadas as conclusões retiradas da realização da presente dissertação, assim como as sugestões de trabalho futuro.

2. Estado da Arte

2.1. Introdução

A telesaúde é uma das aplicações principais das TIC e as primeiras ações que puderam ser consideradas como telesaúde deram-se em meados do século XX. O início da telesaúde não foi o esperado e não teve um grande impacto. Com o decorrer dos anos foi crescendo, conseguindo assim ganhar popularidade no setor da saúde. Deve-se em parte a diversos projetos-piloto realizados que demonstraram a eficácia e benefícios da telesaúde e dos seus serviços incluindo a telemonitorização [32]-[34].

Apesar dos benefícios da telesaúde e dos seus serviços, existem também limitações e barreiras que ainda têm de ser contornadas para que exista uma massificação desta aplicação das TIC [35].

A evolução da tecnologia aliada à saúde tornou a indústria de dispositivos médicos, como os usados em monitorização e em telemonitorização de doentes, como uma das mais inovadoras com pedidos de patente constantes [36]. Esta evolução levou à necessidade de existir certificação de dispositivos médicos, sendo realizada na União Europeia (UE) pela *Medical Device Directive* (MDD), em Portugal pelo INFARMED, I.P e nos Estados Unidos da América pela *Food and Drug Administration* (FDA) [36]-[38].

Neste capítulo é feita uma abordagem histórica do termo telesaúde e de todas as suas áreas e serviços, culminando no tema central da presente dissertação que é a telemonitorização, sendo abordada a burocracia inerente aos dispositivos utilizados na telemonitorização de doenças.

2.2. Telesaúde

A Organização Mundial de Saúde define telesaúde como “o uso de telecomunicações e tecnologias virtuais para prestar cuidados de saúde fora dos tradicionais centros de saúde” [6]. Para esta entidade, telesaúde tem exatamente o mesmo significado de telemedicina sendo

estes termos sinónimos [39], [40]. Na presente dissertação, irá ser adotada esta terminologia dada pela OMS, sendo tele-saúde e telemedicina sinónimos.

A e-saúde é definida, segundo a OMS, como “o uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC) para a saúde” [7]. Esta abordagem utiliza uma gama mais ampla de tecnologias de informação e comunicação do que a tele-saúde, que apenas exige o acesso às telecomunicações. Posto isto, pode-se considerar que a tele-saúde é um elemento mais básico da e-saúde [6].

A tele-saúde incluiu exemplos como os préstimos de saúde virtuais a partir de casa de doentes, como doentes crónicos e também idosos. Estes recebem orientações para certos procedimentos a tomar sem terem que se deslocar a uma unidade de saúde. A troca de informações entre profissionais de saúde, distanciados fisicamente entre si, é também possível com a tele-saúde. Neste mesmo contexto, também a aprendizagem sobre variados temas de saúde por parte da população como de profissionais de saúde é possível com a tele-saúde e com a e-saúde, desde que disponham de serviço de internet [6].

Serviços de tele-saúde podem melhorar o acesso à saúde e os resultados dos cuidados de saúde, em particular nos cuidados de saúde de doentes crónicos e grupos vulneráveis. Este serviço oferece orientação aos doentes de modo a que estes consigam gerir os seus sintomas, sendo que em alguns casos pode mesmo recorrer-se a consultas através de vídeo [6], [41]. Através da utilização da comunicação remota entre o doente e os profissionais de saúde, torna-se possível reduzir o número de visitas aos serviços de saúde, por parte destes doentes, atenuando assim as lacunas existentes a nível de recursos disponíveis no setor da saúde [6].

2.2.1. História e organização da tele-saúde

A palavra “tele-saúde” usada no fim do século XX é hoje em dia vastamente encontrada em diversos documentos e na internet. Na última metade do século XIX e no início do século XX, as aplicações médicas rapidamente tiraram partido dos progressos da telefonia analógica. Esta tecnologia permitiu a transmissão de eletrocardiogramas através de linhas telefónicas e através do telégrafo entre hospitais. Permitted também aos doentes a possibilidade de contactarem médicos via telefone, dando assim a possibilidade a estes últimos de prestarem indicações médicas via telefone caso não fosse possível a deslocação ao encontro do doente [42], [43].

O propósito de tele-saúde não é propriamente novo, pois já no passado era utilizado, porém não era assim denominado. Eram já transmitidas, por volta do século XIV, informações a médias e

longas distâncias, como está documentada a transmissão da informação da peste negra na Europa usando heliografias ou fogueiras [44], [45].

No ano de 1900, aquando da introdução do telefone, a comunicação telefónica bidirecional em tempo real entre profissionais de saúde ou entre profissionais de saúde e doentes era já uma realidade, sendo possível aos doentes recorrerem aos seus médicos pedindo aconselhamento médico ou para marcação de consultas [43].

A especialidade de radiologia foi primordial no que toca a utilizar a técnica de telesaúde com possibilidade de existir interação visual, sendo possível em 1929 o envio de radiografias por telegramas [46].

Em 1930 foi já utilizado o rádio para transmitir informações médicas, em particular em áreas remotas, como o Alasca e a Austrália [45], porém só passados cerca de 30 anos passou a haver o uso da técnica de telesaúde para outros fins [46].

A chamada forma moderna de telesaúde teve o seu início nos anos 60, muito devido ao setor militar e ao setor espacial, sendo a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) a grande impulsionadora no desenvolvimento de uma nova era de telecomunicações [39], [43]. Os rápidos avanços das tecnologias de satélite permitiram então a existência da denominada telesaúde moderna [43]. Nestes anos, a transmissão de imagens radiológicas era feita através da chamada “televisão em dois sentidos” atingido já alguns quilómetros de distância. Um marco importante da história da telesaúde assinala-se em 1964, aquando da realização da primeira comunicação de vídeo interativo entre o instituto de psiquiatria de Nebraska em Omaha e o hospital estatal Norfolk que distavam cerca de 180 km. Contudo, somente em 1967 se construiu o primeiro sistema completo de televisão interativa, em tempo real, entre o doente e o médico, sendo testado entre o aeroporto de Boston e o hospital de Massachusetts [44].

Em 1970 era já possível a transmissão de variadas imagens, onde se incluíam radiografias esqueléticas, sendo a distância de transmissão possível cerca de 32 km [46].

Foi através destes acontecimentos que se deram os primeiros passos na telesaúde, ou seja, em cuidados médicos prestados remotamente [42]. Estas tentativas iniciais que duraram até aos anos 90, são conhecidas como a primeira fase do desenvolvimento da telesaúde que se encontra resumida na Figura 3, pautada por grandes obstáculos tecnológicos, resultado das enormes limitações ao nível de equipamentos tecnológico daquela altura [44]. Estas iniciativas eram vistas como demonstrações interessantes, porém os equipamentos utilizados eram muito caros e pouco maneáveis, não suportando tecnicamente a adoção rotineira a nível clínico [46].

No entanto, já naquela época ficou demonstrado que as telecomunicações eram importantes na saúde, reduzindo tempos de espera na transferência de dados médicos, na deslocação de profissionais de saúde, aumentando e melhorando assim os cuidados médicos prestados às populações [44], [45].

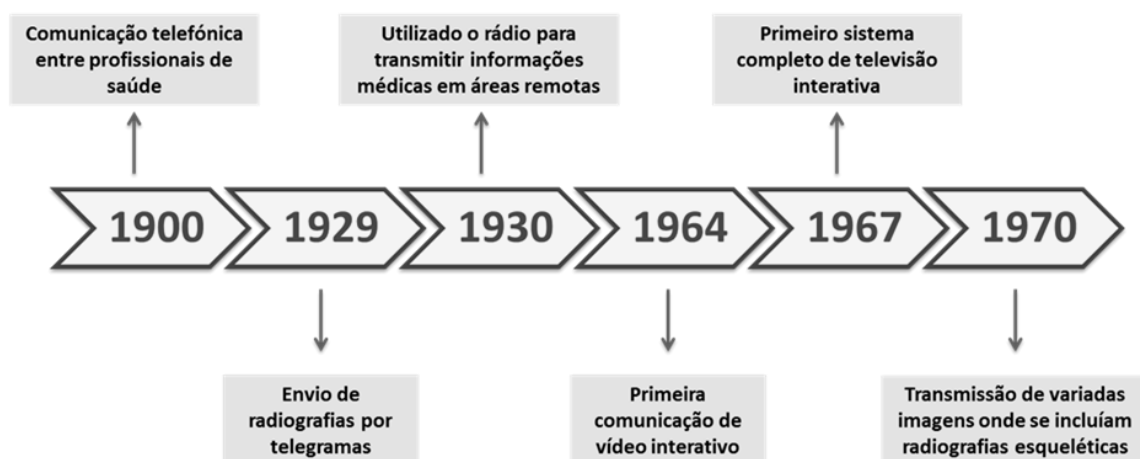


Fig. 3 - Cronograma da primeira fase de desenvolvimento da tele saúde.

A segunda fase de desenvolvimento da telemedicina, resumida na Figura 4, começou por volta do ano de 1990 e alonga-se até à atualidade [44]. Os avanços nas tecnologias nesta década revolucionaram enormemente a tele saúde, sendo a internet a grande responsável por esta mudança [43]. Neste contexto cibernético, em 1997 nasceu a e-saúde com a promessa de aliar a informação e as telecomunicações de modo a melhorar a saúde e os sistemas de saúde [44]. Na palavra “e-saúde” o prefixo “e” tem como significado “eletrónico”, que tem como objetivo transmitir a ideia da existência de dados digitais, contrariando os dados analógicos convencionais como os registos médicos em papel, as impressões de eletrocardiogramas, os filmes de raio-x, entre outros. Na inexistência desta digitalização, seria impossível o processamento automático de dados e também o intercâmbio imediato destes dados via digital. Quanto ao termo “saúde” este refere-se a dois aspetos principais, à saúde pública e aos cuidados de saúde [42].

O termo e-saúde encontra-se numa evolução gradual e tem como objetivo referir-se a todas as funções dos sistemas de saúde e não apenas aos cuidados de saúde. Trata-se de recorrer a tecnologias de modo a introduzir melhorias nos sistemas de saúde e assim avançar para a melhoria da saúde à escala global [42], [44].

A e-saúde engloba diferentes aspetos relacionados com informações digitais ligadas à saúde, tais como, instrumentos de monitorização contínua em doentes de ambulatório, sistemas de cirurgia assistida por computador, serviços de prescrição de receitas digitais onde o *software* verifica medicamentos incompatíveis, contraindicações e níveis de dosagem, serviços de informação para doentes, etc. Os sistemas, serviços e produtos de e-saúde são independentes da localização, isto é, estes podem ser utilizados localmente, por exemplo em hospitais e consultórios médicos, mas também podem ser utilizados remotamente onde é utilizado o termo “tele”, passando assim a existir especialidades como a teledermatologia, telecirurgia, entre outras [42].

Apesar dos avanços significativos que se deram na telesaúde nos anos 90, atualmente as tecnologias móveis usadas pela população em geral estão a ter um papel importante na telesaúde originando assim o aparecimento da m-saúde [43].

Os cuidados de saúde prestados usando dispositivos móveis (m-saúde) é já uma realidade em diversos países, incluindo países em desenvolvimento onde existe sinal de telefone móvel em níveis satisfatórios e onde o acesso a dispositivos móveis é muitas vezes mais fácil do que o acesso a unidades prestadoras de serviços de saúde, sendo utilizado na maioria para a vigilância de cuidados domiciliários. Tem sido demonstrada a utilidade da m-saúde que passa por lembretes aos doentes crónicos para a toma de medicações, lembretes de consultas clínicas e outros cuidados de saúde aos doentes, entre outras, que conseqüentemente podem ajudar na redução de visitas hospitalares por parte dos doentes [47].

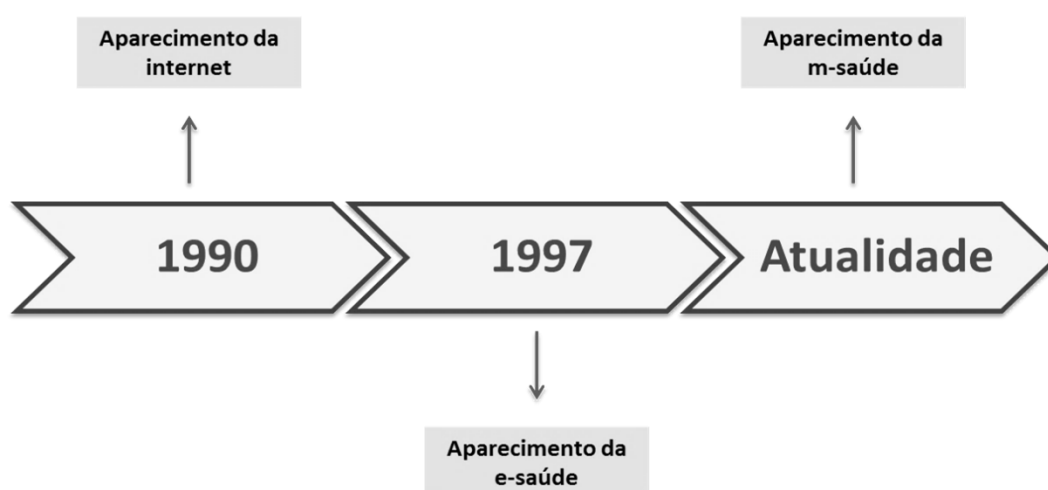


Fig. 4 - Cronograma da segunda fase de desenvolvimento da telesaúde.

Ligada à e-saúde e à m-saúde surgiram as aplicações de saúde para dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets*. Estas aplicações acabam por ter grande visibilidade em todo o mundo devido à crescente e fácil acessibilidade de qualquer cidadão a um dispositivo móvel deste tipo [43].

Estas aplicações de telesaúde são cada vez mais utilizadas pela sociedade e são também cada vez mais úteis para diferentes tipos de público. A utilização destas aplicações inclui a monitorização, podendo ser em tempo real ou não, de diferentes parâmetros biológicos de doentes. Aqui, a telemonitorização pode incluir também a entrega de informações pertinentes a profissionais de saúde, podendo ser o exemplo de parâmetros biológicos recolhidos de doentes. Abrangem ainda a possibilidade de os doentes terem consultas através do dispositivo móvel, podendo receber diagnósticos e prescrições médicas. As aplicações de telesaúde e a telesaúde estão a transformar enormemente a maneira de como os cuidados de saúde são prestados, tornando-os mais convenientes, menos dispendiosos e mais preventivos [43].

Categorias da telesaúde

A telesaúde encontra-se dividida em duas categorias principais, telesaúde em *store and forward* e telesaúde em *real time* [45].

Telesaúde em *store and forward* não exige que as duas partes intervenientes estejam em contacto quando existe a troca de dados, isto é, os dados são recolhidos, organizados e armazenados em dispositivos móveis ou em *cloud* e só depois são enviados para o destino pretendido, de forma segura, para serem analisados e ser feito um diagnóstico [48]. É exemplo desta categoria, fotografias de lesões cutâneas que são enviadas por correio electrónico, juntamente com o histórico de saúde do doente, a um profissional de saúde da especialidade para posteriormente avaliar e poder fazer um diagnóstico. O profissional de saúde pode trabalhar na mesma unidade de saúde ou pode trabalhar noutra unidade de saúde remota [45], [49].

Quanto à telesaúde em *real time*, esta difere da *store and forward* pelo facto de os intervenientes terem de estar em contacto aquando da troca de dados. Ou seja, esta troca de dados é feita em tempo real. Esta inclui videoconferência e pode ser auxiliada de dispositivos de exames físicos remotos, como por exemplo estetoscópios electrónicos [45], [49].

Estas duas categorias de telesaúde constituem um grande sistema de dados importante para servir doentes que se encontrem fisicamente distantes de unidades de saúde, sendo um serviço que pode prevenir diversos internamentos de doentes [48].

Serviços de telesaúde

A necessidade de prestar cuidados de saúde de maneira equitativa e eficaz às populações, levou à implementação da telesaúde em diversos setores que por sua vez levou ao aparecimento de diversos serviços de telesaúde [50].

Os serviços de telesaúde incluem serviços de teleconsulta, onde existe uma consulta com especialistas através de videoconferência, incluindo já diversas especialidades clínicas [45]. Entre as especialidades que mais se destacam estão a teleradiologia, telepatologia e telecardiologia, sendo que destas três, a primeira é a mais comum nos sistemas de saúde [44]. Em algumas especialidades, o serviço de telesaúde usado passa por envio de exames para o especialista através de e-mail, ao contrário da consulta por videoconferência, sendo o diagnóstico realizado posteriormente e não em tempo real [45].

A telecirurgia é outro serviço de telesaúde. Neste caso, as cirurgias ditas normais são substituídas por processos cirúrgicos comandados à distância. Isto é, a cirurgia é realizada por um robô que por sua vez é comandado remotamente por um cirurgião, sendo que junto ao doente e ao robô estará sempre uma equipa de profissionais de saúde [51]. Este serviço de telesaúde traz vantagens às cirurgias pelo facto de a tecnologia que participa nestas cirurgias permitir menores incisões devido à reduzida dimensão dos instrumentos cirúrgicos, uma ampliação de pormenores anatómicos e também revelar uma grande precisão que muitas das vezes não é conseguida por humanos [52].

Numa outra perspetiva, a formação de profissionais de saúde muitas vezes não é possível por não existir um formador qualificado em todas as unidades de saúde. Deste problema nasceu a solução que passa por mais um serviço de telesaúde, a teleformação. Esta consiste na formação de profissionais de saúde, ou também de doentes e familiares, que se encontrem fisicamente distantes do formador, sobre assuntos ligados à saúde [53].

A telemonitorização que é também conhecida como o acompanhamento de doentes à distância, consistindo precisamente no acompanhamento e monitorização de parâmetros biológicos e físicos de doentes, essencialmente crónicos. Este serviço inclui a aquisição, processamento e envio de dados dos doentes para os profissionais de saúde, permitindo a estes a análise dos dados e a tomada de decisão em relação a uma possível intervenção [54].

2.2.2. Vantagens e desvantagens da tele saúde

A massificação da tele saúde a nível mundial ainda não é uma realidade, existindo diversas vantagens comprovadas que a apoiam. Porém, existem também algumas barreiras que levam que esta massificação tenha sofrido alguns atrasos ao longo dos anos. A tendência futura passa por dar ênfase às vantagens e por tentar implementar políticas que contornem as barreiras, muitas vezes a análise e o balanceamento dos prós e dos contras pode levar à implementação da tele saúde [55].

As vantagens que advém da implementação da tele saúde são diversas e beneficiam tanto os doentes como também os profissionais de saúde [55]. Os benefícios para os doentes passam pela melhoria do acesso a cuidados de saúde tanto para doentes que vivem em áreas isoladas como também para os que habitam em locais onde os recursos físicos de saúde são insuficientes para atender estes doentes [56]. A facilidade de trocar informação com os médicos e da própria formação dos doentes que passa a ser possível com a ajuda de recursos de tele saúde constitui também uma vantagem. Por fim, a qualidade de vida dos doentes aumenta também pelo facto de haver uma melhor e maior prestação de cuidados de saúde [56].

Os doentes têm a possibilidade, através do serviço de telemonitorização, de ter autonomia e fazer a autogestão da sua própria doença e têm também a possibilidade de receber cuidados de saúde de forma mais contínua do que apenas tendo consultas presenciais, cuja frequência pode ser abaixo do recomendado pela limitação da disponibilidade do profissional de saúde [57].

Da ótica do profissional de saúde também existem vantagens, tais como a partilha de opiniões médicas rápida e segura que possibilita uma tomada de decisão mais acertada por parte destes. O isolamento dos profissionais de saúde diminui, pois estes passam a ter possibilidade de contactarem com maior facilidade com outros profissionais de saúde que se encontrem distantes [56]. As formas de trabalho dos profissionais de saúde podem melhorar também quando a tele saúde está incorporada no sistema de saúde, permitindo que estes possam consultar dados dos doentes com maior facilidade e possam adequar medicações ou fazer recomendações a estes fora do ambiente de consulta presencial [57].

Quanto às desvantagens e barreiras que estão associadas à implementação da tele saúde, as questões tecnológicas constituem ainda uma das principais barreiras. Estas passam pelos custos que ainda envolvem as tecnologias necessárias para a implementação da tele saúde. Estes custos tendem a diminuir futuramente pelo facto das tecnologias fazerem cada vez mais parte do cotidiano de qualquer pessoa [23], [58].

Questões éticas como a dificuldade de aceitação de tecnologias por parte de alguns doentes ainda é uma realidade principalmente por doentes crônicos que utilizam a telemonitorização como forma de controlo da doença. É importante salientar que estas doenças atingem uma grande fatia de população idosa, cuja apetência e facilidade para a utilização destas tecnologias é reduzida [55], [57]. A aceitação das tecnologias que envolvem a tele saúde, por parte de doentes como profissionais de saúde mais idosos, não tem sido a melhor por estes terem maior dificuldade na aprendizagem como também um certo ceticismo em relação a estas tecnologias. Espera-se que esta barreira da tele saúde caia brevemente, sendo que os futuros utilizadores destas tecnologias são hoje em dia jovens que lidam diariamente com tecnologias [23], [58], [59].

Uma das desvantagens mais importante reside nos custos de implementação da tele saúde, i.e. nos custos que estão associados às TIC. Estes são valores ainda considerados elevados que levam a que a tele saúde ainda não seja implementada em alguns locais. Questões de segurança, como a privacidade e a confidencialidade do doente podem ser postas em causa com a utilização da tele saúde, principalmente quando é utilizada internet [55].

Existem outras barreiras que atrasam a massificação da tele saúde, tais passam por, pouca literacia dos doentes que dificulta a aceitação das TIC, limitações a nível de legislação e de cobertura de internet, etc [55].

2.2.3. Telemonitorização

A telemonitorização consiste no acompanhamento de doentes à distância, podendo estes ser acompanhados remotamente no conforto do seu lar ou para além dele [54]. Isto é, é efetuada uma monitorização, automática ou não, de parâmetros biológicos e físicos do doente fora do ambiente hospitalar, sendo os dados transmitidos usando as TIC. Inicialmente, os dados recolhidos pelo doente ao efetuar um teste de rotina eram enviados com recurso a tecnologias por cabo, necessitando sempre de profissionais de saúde para analisar todos os dados e dar indicações aos doentes [23]. Contudo, ao acompanhar a evolução tecnológica, os sistemas de telemonitorização passaram a ser mais completos. Quando implementados de forma otimizada, os doentes passam a estar conectados eletronicamente com os profissionais de saúde, que habitualmente os acompanham, recebendo os dados de monitorização dos parâmetros biológicos e físicos dos doentes, fazendo a avaliação e tomando decisões enviando indicações diretamente para o doente. Estas decisões passam por aconselhamentos, alterações de medicação ou mesmo indicação de deslocação, por parte do doente, a um serviço hospitalar [54].

As doenças que estão diretamente ligadas a sistemas de telemonitorização são as doenças crônicas. Não sendo necessariamente apenas estas doenças as utilizadoras deste serviço de telesaúde, pode-se dizer que são as grandes responsáveis por projetos que envolvam telemonitorização, muito devido às taxas de morbidade e à despesa de saúde que estas doenças apresentam para os sistemas de saúde [60]. O aumento da esperança média de vida ao nascimento tem vindo a acompanhar também o aumento de doenças crônicas na população, sendo que a tendência futura será a existência de mais do que uma doença crónica em cada doente. Consequentemente, a telemonitorização veio revolucionar os sistemas de saúde, na medida que permitiu aos doentes crónicos fazerem uma melhor auto gestão da doença, e os sistemas de saúde passarem a ter uma melhor capacidade de resposta para doentes para além dos doentes crónicos [61].

O grande objetivo da telemonitorização passa por proporcionar aos doentes maior comodidade e autonomia na gestão da sua doença. Este serviço de telesaúde disponibiliza dispositivos médicos aliados a sistemas que monitorizam parâmetros biológicos específicos e relevantes para a doença e transmitem-nos para os profissionais de saúde. Este serviço disponibiliza também materiais educativos ajustados a cada doença que são transmitidos através do próprio dispositivo médico em forma de alertas ou mensagens automáticas. Estes dispositivos médicos permitem a consulta do historial clínico da doença em causa, sendo possível a verificação de gráficos de tendência com parâmetros de relevo, sendo o acesso a aconselhamento médico mais simplificado. Por fim, a tomada de decisão por parte de profissionais de saúde pode-se tornar mais criteriosa, sendo possível analisar os dados recebidos dos doentes e efetuar triagens a nível de encaminhamentos para meios hospitalares. Não havendo esta necessidade possibilitam a realização de ajustes de medicação à distância ou apenas aconselhamentos evitando hospitalizações, e custos associados, desnecessárias [54].

No serviço de telemonitorização são usados geralmente diferentes dispositivos médicos devidamente certificados para efetuar a recolha, processamento e envio de dados para os profissionais de saúde. Contudo, sobretudo devido aos grandes avanços na tecnologia, hoje em dia a facilidade de acesso a um *smartphone* é uma realidade comum. Devido a esta facilidade, o *smartphone* tem vindo, em alguns casos, a substituir ou complementar o típico dispositivo médico [62], [63].

2.3. Certificação de dispositivos médicos

Segundo a OMS, um dispositivo médico é definido como “*qualquer instrumento, aparelho, utensílio, máquina, implante, reagente de utilização in vitro, software, material ou outro similar que é destinado pelo fabricante a ser utilizado, sozinho ou em combinação com outro,*

por seres humano para uma ou mais finalidades médicas específicas, o efeito no corpo humano não é atingido por meios farmacológicos, imunológicos ou metabólicos porém estes podem ajudar para atingir o fim pretendido”. As finalidades médicas específicas passam pelo diagnóstico, prevenção, monitorização, tratamento, alívio ou compensação de doença, investigação, substituição ou modificação anatômica ou fisiológica, suporte básico de vida, controlo de conceção humana, desinfeção de dispositivos médicos, fornecimento de informações médicas [64].

A regulamentação de dispositivos médicos passou a existir apenas a partir dos anos 80. Anteriormente apenas era feito um controlo muito limitado que não autorizava a comercialização de dispositivos de muito baixa qualidade. Esta regulamentação tem por finalidade avaliar a qualidade, segurança e eficácia dos diferentes dispositivos médicos. Esta regulamentação varia de país para país ou de regiões para regiões. Contudo, a uniformização e harmonização das diferentes regulamentações é ainda uma necessidade para que a comercialização de dispositivos médicos seja uma realidade universal e não meramente de algumas regiões ou mesmo países [37].

A regulação da segurança e comercialização de dispositivos médicos na União Europeia é realizada pela *Medical Device Directive* desde os anos 90, contudo a regulamentação nos países membros da UE pode diferir desde que estes estejam de acordo com os “requisitos essenciais” impostos pela MDD [37], [65].

As diretivas da União Europeia que constituem a regulamentação dos dispositivos médicos são: (1) (90/385/CEE) relativa a dispositivos médicos implantáveis ativos; (2) (93/42/CEE) relativa a dispositivos médicos; e (3) (98/79/CE) relativa a dispositivos médicos de diagnóstico *in vitro*. Estas três diretivas são as principais tendo já sido complementadas. Estas diretivas têm como objetivo assegurar um alto nível de proteção da saúde e das pessoas ao nível da segurança na utilização dos dispositivos médicos. Pretendem também que o mercado de dispositivos médicos funcione da melhor forma possível [66].

A comercialização dos dispositivos médicos na UE apenas pode ser realizada se seguir os “requisitos essenciais”, sendo que um deles é a marcação dos dispositivos com a marca *Conformité Européene* (CE). Esta marca é exibida nos dispositivos médicos pelos fabricantes para que seja garantido que os dispositivos são seguros e adequados ao uso para o fim a que se destinam, isto é, cumprem todas as normas para que possam ser comercializados na UE. A marcação CE é realizada por organizações privadas acreditadas pela UE, conhecidas como *notifying bodies* (NBs) [37], [65].

A avaliação, nomeação e observação dos NBs é realizada pelos estados membros relevantes da UE através das autoridades nacionais competentes, sendo que as empresas de fabrico de dispositivos médicos têm o direito de escolher quaisquer NBs que estejam nomeados pela UE. Estas organizações têm como função a certificação de dispositivos médicos, indicando o tipo de dispositivo, avaliando e verificando a qualidade dos sistemas, e realizando um dossiê de revisão para dispositivos de alto risco. Os NBs trabalham para que haja uma resposta rápida para com os fabricantes evitando burocracias adicionais [37].

Independentemente da classificação do dispositivo médico, todos têm que cumprir três regras: (1) satisfazer os requisitos essenciais, incluindo todas as informações que os fabricantes têm de dar sobre especificações dos dispositivos; (2) serem marcados com a marca CE e por fim; (3) sujeitarem-se a uma vigilância para averiguar a credibilidade do dispositivo médico [67].

A avaliação dos dispositivos médicos é feita segundo alguns critérios. Para auxiliar na avaliação dos dispositivos, a classificação é realizada segundo alguns parâmetros. Segundo o risco que os dispositivos médicos apresentam para o seu utilizador, estes podem ser classificados segundo quatro classes, classe I, classe IIa, classe IIb e classe III. Na tabela 1 estão descritas as classes e o tipo de risco correspondente [68].

Tabela 1. Classificação de dispositivos médicos segundo o risco que apresentam para os utilizadores, adaptado de [68].

Classe	Risco
I	Baixo risco
IIa	Médio risco
IIb	Alto risco
III	Risco máximo

De modo a que a classificação por classes dos dispositivos médicos seja correta, são avaliados alguns parâmetros segundo algumas regras. Os parâmetros tidos em conta para classificar dispositivos médicos são a duração de contacto com o utilizador, o grau de invasão do dispositivo médico para com o utilizador, a região do corpo afetada pela utilização do dispositivo e a atividade do dispositivo médico [67].

Para uma classificação correta do dispositivo, a duração de contacto do dispositivo com o corpo humano é tida em conta [68]. A duração pode ser por uso contínuo por menos de 60 minutos que é considerada duração passageira. Quando a utilização é contínua por não mais de 30 dias é considerada duração de curta duração, e por fim, aquando de uma utilização contínua por mais de 30 dias é considerado de longa duração. Assume-se que uma utilização contínua é uma utilização efetiva ininterrupta do dispositivo para o fim a que se destina, sendo que quando a interrupção de utilização de um dispositivo médico é realizada para substituição por outro dispositivo igual ou semelhante é considerada utilização contínua [67].

O grau de invasão do dispositivo incorpora três categorias, dispositivos invasivos, orifício no corpo e dispositivos cirurgicamente invasivos, sendo que nesta última categoria podem ser adicionados os dispositivos implantáveis [67]. Entende-se por dispositivo invasivo, todo o dispositivo que, na totalidade ou parte dele, penetre no interior do corpo através de um orifício corporal ou através da superfície da pele. Dispositivos implantáveis são dispositivos que são totalmente introduzidos no corpo humano. Substituições epiteliais e de superfície do olho são também consideradas implantáveis, através de intervenção cirúrgica para permanecer no local pelo menos 30 dias [68].

A parte corporal afetada pelo dispositivo médico tem de ser tida em conta, sendo que se afetar o sistema nervoso central ou o sistema circulatório central, é considerado de alto risco [67], [68].

Por fim, a atividade dos dispositivos médicos é também um parâmetro analisado para a classificação de dispositivos. Neste parâmetro é analisado se o dispositivo médico é ativo ou passivo [67]. Considera-se que um dispositivo é ativo quando a intervenção depende de uma fonte de energia elétrica ou de qualquer fonte de energia que não seja diretamente gerada pelo corpo humano [68].

Em Portugal a entidade competente para regular e supervisionar o setor dos dispositivos médicos é o INFARMED, I.P, certificando a qualidade, segurança e desempenho assegurando a proteção da saúde dos seus utilizadores. Esta supervisão e regulação são feitas seguindo as diretivas europeias [38].

No que toca à regulamentação da comercialização de dispositivos médicos, outra grande entidade é a FDA nos Estados Unidos da América. O departamento *Center for Devices and Radiological Health* (CDRH) da FDA é responsável pela supervisão da pré e pós comercialização dos dispositivos médicos [37].

Contrariamente à UE, nos EUA a classificação geral dos dispositivos médicos é feita em apenas três classes, sendo a classe I, II e III as adotadas para classificar o dispositivo segundo a sua segurança e eficácia. A classe I corresponde ao controlo geral, a classe II ao controlo geral e controlo especial e por fim, a classe III ao controlo geral e aprovação de pré-venda [69].

A classe I é atribuída quando existe a certeza de que os controlos gerais, tais como regulamentação ligada à rotulagem e à fabricação, entre outros, são suficientes para garantir a segurança e eficácia do dispositivo médico. A classe II é relativa a dispositivos que já têm um risco maior e daí serem necessários controlos adicionais especiais, necessitando também de ser apresentado, por parte do fabricante à FDA, uma notificação de pré-venda denominada 510 (k). Por fim, a classe III é composta por dispositivos que constituem a sustentabilidade da vida humana ou têm grande relevo para a vida humana. Por serem de grande importância, o controlo é maior sendo necessário ao fabricante obter um *premarket approval* (PMA) da FDA antes de ser lançado no mercado [37], [69].

A notificação de pré-venda 510 (k), consiste num processo de revisão rigoroso, não tanto quanto o PMA, para provar que o dispositivo é seguro e eficaz. Neste documento, o novo dispositivo é comparado com dispositivos já comercializados nos EUA, para demonstrar que é comercializável. Quanto ao PMA, este requer ensaios clínicos que demonstrem a segurança e eficácia do dispositivo médico de classe III [37].

2.4. Nota conclusiva

Neste capítulo foi descrita a evolução da tele saúde até aos dias de hoje, sendo que atualmente tudo indica que a telemonitorização se apresenta como a solução de futuro para o apoio a doenças crónicas. Existem hoje em dia, dispositivos com esta vertente de telemonitorização. É importante perceber a oferta de mercado existente para as diversas patologias crónicas que possam ser sujeitas a telemonitorização. No capítulo seguinte é feita a descrição do panorama atual dos dispositivos e sistemas de telemonitorização existentes no mercado mundial.

3. Dispositivos de Telemonitorização

3.1. Introdução

As doenças crónicas constituem um dos maiores desafios para os sistemas de saúde na Europa. As mais comuns passam por Doenças cardiovasculares, Doenças respiratórias, Diabetes *mellitus* e Cancro. A tendência destas doenças é que exista em comorbidade, sendo responsáveis pela maioria dos óbitos registados na Europa [70].

A tendência de aumento das doenças crónicas é causada, em parte, devido a fatores de risco que a população contacta diariamente, incluindo a má alimentação, a falta de atividade física, álcool e tabaco [70].

A crescente prevalência de doenças crónicas exerce uma pressão enorme nos sistemas de saúde, que já hoje em dia se mostram incapazes de responder a estes doentes de forma plena, e futuramente prevê-se que a situação se agrave. Esta situação torna a necessidade de existência de novas soluções para que haja uma resposta eficaz e equitativa, por parte dos sistemas de saúde, para com os doentes crónicos [71]. Segundo estudos da OMS em 23 países desenvolvidos e em desenvolvimento, os custos associados apenas a três das principais doenças crónicas (Diabetes *mellitus*, Doenças cardíacas e tromboembólicas) rondou os 83 mil milhões de dólares numa década (entre 2006 e 2015) [72]. A auto-monitorização e telemonitorização podem ser o caminho certo a seguir de modo a diminuir os custos associados a estas doenças [71].

A telemonitorização consiste na troca remota de parâmetros fisiológicos entre o doente e a equipa médica, que segue o doente, para auxiliar a correta monitorização, efetuar ajustes e dar indicações se necessário. Nesta comunicação existe um dispositivo médico, utilizado pelo doente, que adquire parâmetros biológicos necessários e envia para um dispositivo, presente em meio hospitalar, através de tecnologias sem fios [73].

Esta função de telemonitorização tem como finalidade melhorar a gestão clínica hospitalar e também a autogestão da doença para os doentes e conseqüentemente reduzir os custos de saúde [74].

É essencial a introdução de dispositivos e sistemas de telemonitorização no cotidiano de doentes crónicos. Sendo já este desígnio uma realidade, é feito de seguida a descrição de alguns destes dispositivos e sistemas de telemonitorização que já existem aplicados a diferentes patologias crónicas.

A seleção de doenças crónicas descritas foi realizada segundo dois critérios, o primeiro passou pela prevalência de doenças crónicas, tendo sido dada preferência às que têm maior incidência na população. O segundo critério de seleção passou pela frequência de informação encontrada em bases de dados académicas e científicas, como a Pubmed, IEEE e B-on.

A pesquisa de dispositivos e sistemas de telemonitorização foi realizada nas bases de dados Pubmed, IEEE e B-on. Foi também realizada em páginas web de empresas fabricantes de dispositivos e/ou sistemas de telemonitorização referenciadas em relatórios elaborados pelo *Market Reports Center*.

3.2. Dispositivos de telemonitorização utilizados na Diabetes *mellitus*

3.2.1. Patologia

A Diabetes *mellitus* é caracterizada como sendo uma doença metabólica na qual existe uma hiperglicemia resultante de defeitos de secreção de insulina, da ação da insulina ou de ambos. A hiperglicemia crónica da diabetes está associada a danos a longo prazo, tais como a disfunção e falha de vários órgãos, especialmente olhos, rins e coração [75].

A maioria dos casos de diabetes pode ser classificado em dois tipos: (1) diabetes tipo 1; e (2) diabetes tipo 2 [75]. A diabetes tipo 1 caracteriza-se por uma destruição autoimune das células β pancreáticas que são as responsáveis pela produção de insulina, essencial na regulação da glicose no sangue, havendo ausência de produção de insulina. Este tipo de diabetes é desenvolvido essencialmente em crianças e jovens, podendo também surgir na idade adulta sendo este caso mais raro. Estes doentes dependem de injeções de insulina para sobreviver [70].

A diabetes tipo 2 resulta da combinação da insuficiente produção de insulina, que não consegue regular a glicose ingerida com a resistência à insulina [75]. Este tipo de diabetes

é o mais comum e atinge cerca de 95% dos casos de diabetes globalmente. Ocorre geralmente em pessoas em idade adulta, mas a tendência é cada vez mais afetar crianças e adolescentes que estejam numa situação de obesidade [70].

Um pouco menos comum é um terceiro tipo de diabetes, a diabetes gestacional, caracterizada por intolerância à glicose durante a gestação [70].

A monitorização da glicose no sangue é fundamental para um devido tratamento da diabetes *mellitus* e assim prevenir o aparecimento de outras doenças consequentes da má gestão da diabetes [76].

Em 2011 na Europa, segundo a Federação Internacional de Diabetes (FID), 35 milhões de adultos eram portadores da doença diabetes tipo 1 ou tipo 2. A estimativa para 2030 passa pela existência 43 milhões de adultos portadores da doença [70].

Só na Europa, a gestão da diabetes implica enormes custos para os sistemas de saúde. No ano de 2011 foram gastos 89 milhões de euros no tratamento da diabetes e suas complicações, não estando contabilizados custos indiretos que podem aumentar os custos associados drasticamente [70]. No ano de 2013, a FID contabilizou cerca de 206 milhões de diabéticos diagnosticados globalmente. Os custos associados apenas aos doentes diabéticos tipo 2 são cerca de duas a três vezes mais comparativamente com uma pessoa do mesmo sexo e com a mesma idade sem a doença. Cerca de 80% dos custos que esta doença acarreta para os sistemas de saúde, passam pelo tratamento de complicações que advém de uma má gestão da doença [71].

Segundo as FID, os custos relacionados com a diabetes aumentarão muito devido não só ao aumento previsto do número de doentes, como também aos custos associados devido às complicações originadas por uma má gestão da doença [70].

A monitorização da glicémia nos doentes diabéticos é essencial. Este gesto, repetido ao longo do dia, juntamente com a tomada da correta medicação é essencial para evitar complicações da doença. Estes doentes têm contacto direto com o médico da especialidade em média de 3 em 3 meses ou de 4 em 4 meses, onde são efetuados ajustes na terapêutica. Nos intervalos destas consultas, as dosagens de medicação podem ter de ser alteradas para uma eficácia da gestão da doença. Isto torna-se difícil pelo facto de o doente não ter o aconselhamento médico para o fazer [71].

De seguida é apresentado um conjunto de dispositivos de telemonitorização da diabetes *mellitus* disponíveis comercialmente.

3.2.2. *HealthGo Mini*

O *HealthGo Mini* é um sistema de telemonitorização da empresa *eDevice* que trabalha nos EUA, na Ásia e na Europa sendo a sede desta última em França [77], [78].

O sistema de telemonitorização é indicado para a monitorização da *Diabetes mellitus*, tendo a possibilidade de realização de exames para esta doença. O *HealthGo Mini* é constituído por uma plataforma, apresentada na Figura 5, que tem capacidade de se conectar com dispositivos médicos convencionais e recolher os dados por eles adquiridos através de conexão *Bluetooth* ou USB. Posteriormente, esta plataforma envia os dados recolhidos para uma base de dados onde os profissionais de saúde têm acesso para análise de dados e consequente tomada de decisão clínica [77].



Fig. 5 - Dispositivo *HealthGo Mini*, adaptado de [77] .

O doente deve realizar os testes de glicose como a medição da tensão arterial e a sua pesagem com a frequência definida pelo médico especialista ou sempre que sentir necessidade de o realizar. O exame principal começa com a realização do teste de glicose, como referido anteriormente. O doente coloca uma gota de sangue numa tira de teste previamente colocada no medidor e ao fim de alguns segundos o valor medido surge no ecrã. Este valor é enviado através de ligação USB para o *HealthGo Mini*, que por sua vez envia os dados para uma base de dados. Os dados são analisados por profissionais de saúde que tomam decisão de qual a ação a tomar. A pesagem é realizada quando necessário e o valor do peso é transmitido via *Bluetooth* para a plataforma, tal como a medição de tensão arterial com um esfigmomanómetro digital. Neste exame, o doente coloca a braçadeira no braço, sentado e imóvel com o braço apoiado na mesa realiza o exame, que ao fim de alguns segundos envia os resultados para a plataforma [77].

A interface não é personalizável mas acaba por ser de fácil compreensão para doentes que necessitem da sua utilização.

3.2.3. VITALS360®

O dispositivo VITALS360® é um dispositivo de telemonitorização que recolhe 6 parâmetros biológicos diferentes. Devido a este facto, este dispositivo é adaptável à monitorização de 3 diferentes doenças crónicas, podendo ser utilizado por doentes que apenas sejam portadores de uma doença, de duas ou das três. Estas doenças são a Diabetes *mellitus*, DPOC /Asma e Insuficiência cardíaca [79].

Este dispositivo é comercializado pela empresa de dispositivos médicos norte-americana VoCare®, sendo que esta comercializa o dispositivo neste país e outros, incluindo Portugal, no valor de 499 dólares, acrescentando o valor de 25 dólares por 1 caixa de tiras de teste para o exame de glicose [80], [81].

Este dispositivo pode funcionar como *Point of care* ou como dispositivo de telemonitorização domiciliário. Neste último caso, o doente possui o dispositivo para realizar a monitorização da doença em casa. O dispositivo deve ser aconselhado por um médico ou profissional de saúde, para que possa ter acesso aos dados recolhidos pelo dispositivo [79], [82].

O dispositivo é semelhante a um *smartphone*, funcionando de modo semelhante inclusive, dando para realizar chamadas, o que se torna uma vantagem para alguns doentes pelo facto de lidarem diariamente com os seus *smartphones* particulares. A interface máquina-homem é facilitada por linguagem simples escrita e até mesmo falada, por gráficos e tabelas. O menu do dispositivo é intuitivo, apresentando um vídeo de instruções de utilização para facilitar a sua utilização [83].

Na monitorização da diabetes é necessário que haja medição dos níveis de açúcar no sangue, sendo utilizado para esse efeito um glicómetro. No VITALS360®, o glicómetro situa-se na lateral, como apresentado na Figura 6. Para se obter o valor da glicose na corrente sanguínea do doente, este tem de colocar uma tira de teste na zona do glicómetro e seleccionar o ícone do glicómetro no dispositivo, obter uma gota de sangue através de uma punção capilar no dedo e colocar a gota de sangue na fita. O dispositivo indica o valor de glicémia no sangue visualmente para o doente e envia o valor através de *wi-fi* para a *cloud Vocare*®, que é consultada em tempo real pelo médico especialista que

segue o doente ou pela equipa médica especializada, podendo os valores serem também consultados pelo doente e por familiares dos doentes. O médico ao analisar os valores na *cloud* pode enviar mensagens escritas ou realizar videochamadas com o doente se achar necessário, caso considere os valores de glicémia anormais. Pode também providenciar o envio de cuidados médicos ao encontro do doente ou aconselhar o doente a deslocar-se a uma unidade de saúde. O envio de cuidados médicos é facilitado pela incorporação de GPS no dispositivo, facilitando a precisão territorial de onde se encontra o doente diabético [79], [83].

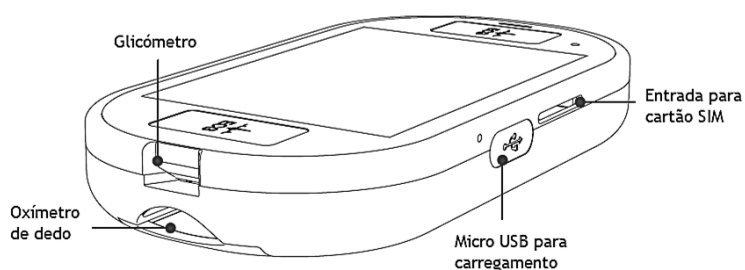


Fig. 6 - Dispositivo VITALS360® com indicação do local onde se localiza o glicómetro e outros componentes, adaptado de [83].

Na diabetes, a medição da tensão arterial pode ser importante. Para este exame, o dispositivo VITALS360® tem de ser colocado num acessório braçadeira, ilustrado na Figura 7, que vai permitir a correta recolha de dados [83].

Para o doente proceder à realização do exame, tem primeiramente de seleccionar a funcionalidade de medição de tensão arterial no dispositivo, e seguidamente colocar o VITALS360® na braçadeira. A braçadeira é colocada no braço para efetuar a medição. Durante esta medição, o doente deve permanecer sentado e com o braço apoiado numa mesa, em silêncio e imóvel para que os resultados sejam fidedignos. No caso de o dispositivo estar incorretamente colocado, este emite mensagens escritas com procedimentos para que o doente coloque o dispositivo na posição devidamente correta [83].

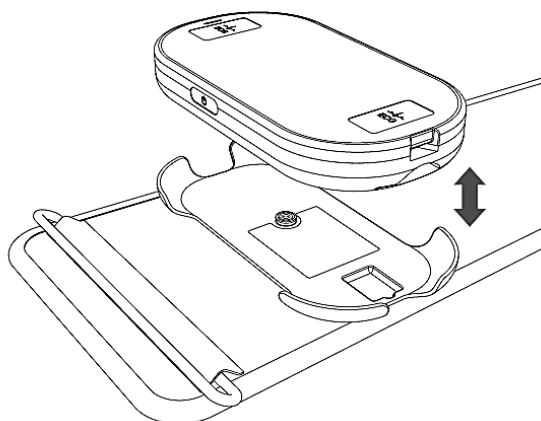


Fig. 7 - Dispositivo VITALS360® e a braçadeira onde se coloca o dispositivo para realizar o exame da medição da tensão arterial, adaptado de [83].

3.2.4. CareHomePod e HomePod

Os sistemas de telemonitorização *CareHomePod* e *HomePod* foram desenvolvidos pela *TelehealthSolutions* que faz parte do grupo *Microtech*. Estes sistemas de telemonitorização estão integrados em todo o Reino Unido e têm possibilidade de monitorizar a *Diabetes mellitus* tipo 1 e a DPOC. Podem ser usados no caso de o doente ser portador das duas doenças ou de apenas uma. Estes diferem apenas no meio onde são utilizados, sendo o *CareHomePod* utilizado em casas com múltiplos residentes, como por exemplo, uma casa de cuidados especiais, e o *HomePod* pode ser utilizado em qualquer tipo de casa domiciliar [84], [85].

Os sistemas de telemonitorização são constituídos por um *tablet* de 10 polegadas personalizável e de fácil manuseamento e por dispositivos de medição de parâmetros adequados à doença. Na *Diabetes*, o dispositivo é um glicómetro e um medidor de cetonas no sangue (aquando de valores de glicose elevados no sangue há formação de cetonas que podem ser quantificadas com este teste) [84].

O doente deve realizar os testes de glicose como de cetonas no sangue com a frequência definida pelo médico especialista ou sempre que sentir necessidade de o realizar. O exame começa com a realização do teste de glicose. O doente coloca uma gota de sangue numa tira de teste previamente colocada no medidor e ao fim de alguns segundos o valor medido é apresentado no ecrã. Este valor é enviado através de *Bluetooth* para o *tablet*, que por sua vez envia os dados para uma base de dados. Os dados são analisados por profissionais de saúde que tomam decisão de qual a ação a tomar. Esta ação pode passar por enviar

mensagens escritas ao doente, realizar uma videochamada com o doente de modo a transmitir informação necessária ou mesmo encaminhar ajuda médica para junto do doente [84].

3.2.5. Estudo clínico de implementação

O estudo de implementação da telemonitorização em doentes diabéticos tem como objetivo demonstrar os efeitos que este procedimento pode trazer ao cotidiano destes doentes, assim como os possíveis benefícios no setor da saúde, caso haja no futuro a massificação da telesaúde a nível mundial [86]. O caso de estudo contou com 30 doentes diabéticos que através de sensores não invasivos colocados em pontos específicos do corpo, recolheram dados fisiológicos para além da glicose, como a temperatura corporal, a frequência cardíaca e a tensão arterial. Os dados eram recolhidos com a frequência previamente definida pelo médico especialista. Os dados eram transmitidos dos sensores corporais para uma unidade de enfermagem através de tecnologia *ZigBee*. De notar que este estudo de caso foi realizado em doentes que eram acompanhados por uma unidade de enfermagem local. Da unidade de enfermagem, após análise de anormalidades, alertavam o médico especialista ou alertavam o doente para proceder a determinados cuidados. Os dados eram enviados da unidade de enfermagem para o médico especialista através de GSM [86].

O estudo foi bem-sucedido, tendo demonstrado com grande eficácia que a telemonitorização aplicada à Diabetes traz melhorias no controlo da doença, reduzindo picos glicémicos e evitando consequentemente internamentos hospitalares. Os benefícios a nível hospitalar também surgem, dando origem à diminuição de gastos e rentabilização de recursos [86].

3.2.6. Comparação de especificações técnicas de dispositivos e sistemas de telemonitorização apresentados

Na Tabela 2 apresenta-se a comparação das especificações técnicas dos dispositivos de telemonitorização de diabetes descritos anteriormente. Esta comparação serve para comparar e avaliar as características mais relevantes destes dispositivos de telemonitorização, e de algum modo proceder como que à elaboração de um ranking. Conclui-se que todos os dispositivos descritos apresentam especificações técnicas muito

similares, sendo apenas distinguidos pelas funcionalidades relacionadas com a conectividade, que são fundamentais para qualquer dispositivo de telemonitorização, assim como pelo interface homem-máquina. Uma característica que nenhum dispositivo dos testados disponibiliza e que é relevante no futuro da telemonitorização é a capacidade de interoperabilidade entre sistemas e dispositivos. Todavia, enquanto não houver uma normativa internacional que regule e obrigue os fabricantes a proporcionarem esta funcionalidade nos seus dispositivos, todos continuarão a fazer uso de sistemas proprietários fechados. É importante recordar que a interoperabilidade entre sistemas e dispositivos terá que ser acompanhada de fortes normas relacionadas com a encriptação de dados para assegurar a confidencialidade dos mesmos.

Tabela 2. Comparação de especificações técnicas de dispositivos de telemonitorização utilizados na diabetes.

	Dispositivo 1	Dispositivo 2	Dispositivo 3
Designação	HealthGo Mini	VITALS360®	CareHomePod e HomePod
Portabilidade	Sim	Sim	Sim
Invasibilidade	Sim	Sim	Sim
Interface	Não personalizado e simples	Personalizado e simples	Não personalizado e simples
Conetividade	Bluetooth USB Wi-fi	Wi-fi	Bluetooth Wi-fi
Interoperabilidade	Não	Não	Não

3.3. Dispositivos de telemonitorização utilizados na doença pulmonar obstrutiva crónica e asma

3.3.1. Patologia

A Doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC) é uma doença bastante comum e é caracterizada por uma diminuição progressiva da capacidade pulmonar e por exacerbações respiratórias agudas pontuais [74]. Na DPOC existe uma limitação do fluxo respiratório progressivo, que pode ser parcial ou totalmente irreversível, associado a uma resposta inflamatória crónica que aumenta as partículas ou gases nocivos nas vias aéreas e nos

pulmões [87]. Nesta doença, a perda de função do músculo respiratório e a obstrução das vias aéreas respiratórias é progressiva [87], dando origem a internamentos hospitalares frequentes, incapacidade para o doente portador desta doença e também depressão [73].

Estes doentes sofrem com o agravamento gradual de alguns sintomas e também da função pulmonar durante alguns dias, como exacerbações, taquicardia sinusal, dispneia e hipoxemia. O reconhecimento atempado por parte dos doentes destes sintomas graves, nem sempre é conseguido de modo a evitar internamentos hospitalares. Estes eventos sintomatológicos contribuem significativamente para um agravamento da doença, ao deteriorar a saúde respiratória do doente, e consequentemente contribuem também para uma menor qualidade de vida para o doente [74], [87].

Estima-se que até 2020 os custos associados à doença nos EUA cheguem aos 49 mil milhões de dólares anualmente. Estes custos devem-se na sua maioria a internamentos hospitalares devido a exacerbações [88].

A Asma, que se pode designar como uma forma de DPOC, é uma doença que apresenta problemas à escala global e afeta tanto a qualidade de vida dos doentes portadores, como também os sistemas de saúde por ser uma doença que acarreta altos custos [89].

Esta doença é definida segundo a *Global Initiative for Asthma* (GINA) como “sendo uma doença caracterizada por uma inflamação crónica das vias aéreas que se manifesta segundo sintomas como pieira, dispneia, sensação de obstrução no peito e tosse, variáveis no tempo e na intensidade” [90].

Esta doença é umas das patologias crónicas mais frequentes e tem vindo a aumentar a sua frequência na última década [90]. Só na Europa e nos Estados Unidos atinge cerca de 5 a 6% da população. Só em Portugal, esta doença atinge 5% da população adulta e 11% da população infantil [91].

A Asma e outras formas de DPOC necessitam de gestão, autogestão e monitorização com o objetivo de controlar os sintomas da doença com terapias ajustadas ao estado de cada doente e também de modo a diminuir o risco de exacerbações [87], [90]. A grande maioria dos doentes asmáticos fazem terapias com corticosteroides por inalação e com fármacos designados por agonistas β -adrenérgicos, sendo que uma percentagem destes doentes necessita de fármacos adicionais como corticosteroides orais [90].

Alguns parâmetros biológicos são importantes tanto para o diagnóstico da doença, como também para a sua monitorização a nível do meio hospitalar e diariamente a nível

domiciliário. A função pulmonar é um parâmetro biológico que encaixa na perfeição nesta definição [89].

Quando existe um internamento, estes doentes têm altas rapidamente, tendo necessidades especiais no meio domiciliário que passam por ventilação, oxigénio e também por monitorização de alguns parâmetros, como referido anteriormente [91].

Nestas patologias percebe-se que existe uma necessidade de deteção precoce de eventos críticos. Devido a esta necessidade, surgiu a solução através da criação de dispositivos de telemonitorização, de modo a existir troca não invasiva de informações sobre os doentes através de dispositivos eletrónicos e tecnologias de telecomunicação. Esta telemonitorização engloba a troca de parâmetros biológicos e informações clínicas sobre o doente que são relevantes para a doença, permitindo a recolha destes dados remotamente e de forma regular, e o envio para os profissionais de saúde. A análise dos dados é feita por profissionais de saúde em alguns casos, contudo o desenvolvimento e implementação de sistemas de apoio à decisão é já uma realidade. Estes têm como finalidade a diminuição de erro e tempo na análise de dados, já que com o aumento de doentes se pode mesmo tornar impossível a análise por parte de profissionais de saúde. Com este método pretende-se que haja promoção da autogestão da doença, de modo a controlá-la o mais possível, prevenir internamentos hospitalares e consequentemente aumentar a qualidade de vida destes doentes [87], [89]-[94].

De seguida são apresentados alguns dispositivos de telemonitorização disponíveis comercialmente.

3.3.2. CareHomePod e HomePod

Como referido anteriormente, estes sistemas de telemonitorização estão integrados em todo o Reino Unido e têm possibilidade de monitorizar a DPOC/asma e a diabetes *mellitus* tipo 1, conforme descrição realizada no ponto 3.2.4 para a diabetes *mellitus* [84], [85].

A frequência de realização de exames relacionados com a DPOC é definida pelo médico especialista ou então o doente pode realizar sempre que sentir necessidade de o fazer. O exame começa com a realização do teste de oxímetro de pulso. O dedo é colocado no oxímetro e ao fim de alguns segundos o valor medido é apresentado no ecrã. Tal como no caso da monitorização da diabetes, o valor é enviado através de Bluetooth para o *tablet* que por sua vez envia os dados para uma base de dados. Os dados são analisados por

profissionais de saúde que tomam decisão de qual a ação a tomar, que pode passar por enviar mensagens escritas ao doente, realizar uma videochamada com o doente de modo a transmitir informação necessária ou mesmo encaminhar ajuda médica para junto do doente [84].

3.3.3. VITALS360®

Como referido na patologia da diabetes *mellitus* no ponto 3.2.3, o dispositivo VITALS360® monitoriza diversas doenças tais como a diabetes, insuficiência cardíaca e também a DPOC/Asma [79].

A medição da quantidade de oxigênio transportado pelos eritrócitos no sangue é um parâmetro biológico importante na DPOC. A telemonitorização deste parâmetro é possível com o dispositivo VITALS360®. Para este efeito, o doente coloca o dedo no oxímetro incorporado no dispositivo, como ilustrado na Figura 8, seleciona o início do teste no dispositivo de monitorização e ao fim de alguns segundos surge os resultados [83], [95]. Estes resultados são enviados para a *cloud Vocare®* através de *wi-fi* onde são armazenados e consultados online pelo médico da especialidade que analisa os dados recolhidos. Caso detete alguma anomalia, contacta com o doente através de mensagens ou videochamada. O médico pode também optar por direcionar o doente para uma unidade de saúde ou mesmo encaminhar uma equipa médica ao doente que é facilmente detetado devido ao GPS incorporado no dispositivo de telemonitorização [79].

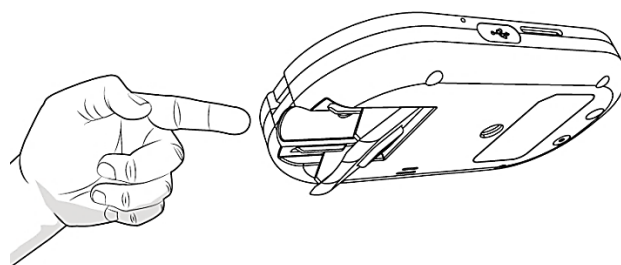


Fig. 8 - Dispositivo VITALS360® com a indicação do local do oxímetro onde o doente tem de colocar o dedo para a realização do exame, adaptado de [83].

Outro exame importante a ser realizado perante DPOC e asma é um eletrocardiograma (ECG). Neste dispositivo de telemonitorização, o doente realiza o exame selecionando o ícone do ECG e colocando os dedos polegares no local de recolha de dados de ECG sem apertar o dispositivo, como indicado na Figura 9. O teste deve ser realizado pelo doente num local calmo, com pouco ruído e este deve estar calmo e imóvel [83].

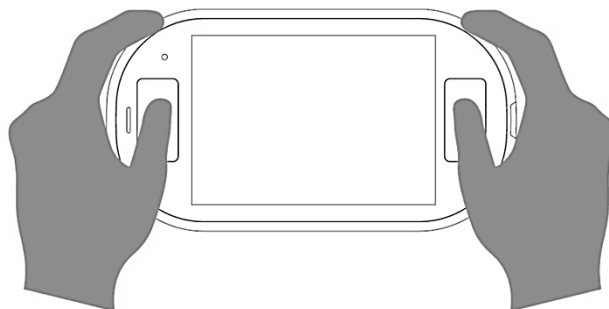


Fig. 9 - Dispositivo VITALS360® com a indicação da colocação das mãos para a realização do exame de ECG, adaptado de [83].

Após o exame concluído, os dados são enviados, armazenados e processados exatamente da mesma maneira que os restantes dados adquiridos neste dispositivo, que foi já descrito anteriormente.

3.3.4. *iSpO2*®

O dispositivo de telemonitorização *iSpO2*® é um dispositivo adaptável a um *smartphone android* ou *iOS*, que funciona como oxímetro de pulso [96]. Este dispositivo é comercializado pela empresa *Masimo*, sediada na Califórnia, apenas nos EUA, pelo valor de 249 dólares [97], [98].

Este sistema de telemonitorização é adaptado a doentes com DPOC e asma, pois o oxímetro mede a quantidade de oxigénio presente no sangue. Indica também o número de pulsos por minuto e indica a força do fluxo sanguíneo, cujo resultado pode revelar variações na circulação sanguínea [96].

Para o doente conseguir monitorizar a sua doença de forma correta, tem de primeiramente fazer o *download* da aplicação gratuita inerente ao dispositivo *iSpO2*[®]. Esta aplicação, *Masimo Personal Health*, encontra-se disponível para sistemas operativos *iOS* e *android*, abrangendo assim uma grande percentagem de *smartphones* disponíveis no mercado e que a maioria da população possui. É de notar que o *smartphone* terá que ter acesso à internet para fazer o *download* da aplicação e para enviar o *e-mail* com os resultados da medição ao médico ou profissional de saúde [96].

O doente tem de conectar o *iSpO2*[®] ao seu *smartphone*, como se verifica na Figura 10 e carregar no ícone da aplicação para poder iniciar o teste. O doente deve estar imóvel e sentado, apoiado numa mesa e deve colocar o sensor no dedo. Ao fim de alguns segundos os resultados do teste são exibidos no *smartphone*. O doente terá que escolher se quer guardar ou repetir o exame. Caso o exame tenha sido corretamente realizado, o doente guarda o exame e envia por *e-mail* os resultados para o seu médico especialista ou para um profissional de saúde. O médico ao analisar a informação toma medidas interventivas junto do doente caso ache que existe essa necessidade [96].

A interface máquina-homem é de entendimento simples, tendo uma linguagem escrita e gráfica de fácil entendimento. Pode a sua utilização, todavia, constituir o maior problema em casos específicos de população [96].

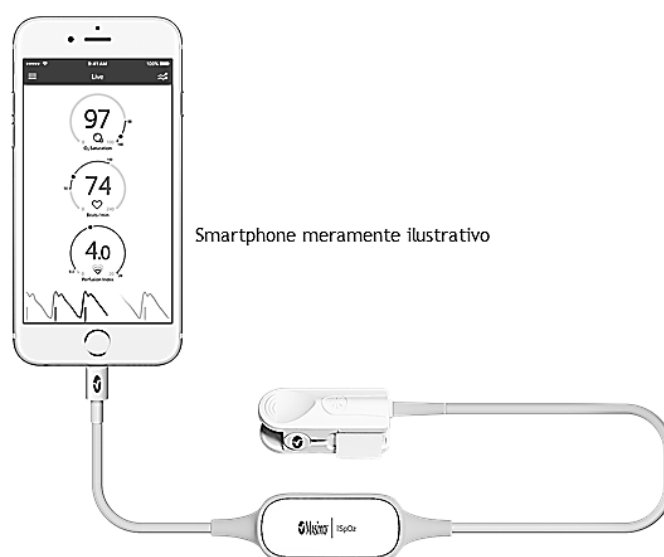


Fig. 10 - Dispositivo *iSpO2*[®] conectado a um *smartphone* meramente ilustrativo, adaptado de [96].

3.3.5. Estudo clínico de implementação

O estudo de implementação de um sistema de telemonitorização para as doenças DPOC e asma tem como objetivo demonstrar a eficiência e eficácia deste sistema em relação ao sistema de monitorização. Este estudo foi realizado em Portugal com a cooperação do Hospital de Pulido Valente em Lisboa e com o Hospital do Espírito Santo em Évora. O estudo contou com 51 doentes insuficientes respiratórios crónicos, sendo que doentes com DPOC podem ter insuficiência respiratória sendo uma consequência da doença, e 21 doentes asmáticos, num total de 72 doentes telemonitorizados num estudo durante 9 meses [91]. O sistema de telemonitorização utilizado no estudo foi o *Doc@Home*, ilustrado na Figura 11, que é constituído por um ecrã 3" x 2" que mostra várias questões pré-programadas que os doentes respondem através de botões que estão à volta do ecrã. Na parte lateral do ecrã, existem sensores que permitem a recolha de sinais ECG através do toque com as palmas das mãos dos doentes. Adicionalmente a este dispositivo, foi também adicionado um oxímetro (BCI 3303) para alguns doentes apenas [91].



Fig. 11 - Sistema de telemonitorização *Doc@Home* composto pelo dispositivo *Doc@Home* (à direita na imagem) ligado a um oxímetro (à esquerda na imagem), adaptado de [91].

A frequência de medição de parâmetros recolhidos pelo oxímetro foi realizada durante 10 minutos diários e um registo noturno semanal, sendo transmitidos para os profissionais de saúde através do *Doc@Home*. Quando os dispositivos não estavam a ser utilizados, eram colocados numa base com linha telefónica para haver transferência de dados para o profissional de saúde, sendo que este observava os dados numa página de Internet de acesso reservado, apresentando as devidas medidas de segurança. O profissional de saúde ao analisar os dados transmitidos tanto de ECG como do oxímetro, enviava questões para o doente responder no ecrã do *Doc@Home* diariamente [91].

Notou-se neste estudo alguma renitência por parte de alguns participantes que abandonaram o programa a meio do estudo, por apresentarem dificuldade na aceitação de novas tecnologias, sendo que apenas 65 doentes terminaram o estudo. Foi demonstrado o benefício com este estudo, as vantagens de implementação da telemonitorização, apesar de alguns problemas técnicos com o dispositivo de telemonitorização e alguns problemas de aceitação por parte dos doentes. Nestes doentes, a telemonitorização traz vantagens por conseguir desenvolver competências de autogestão da doença, aumento da eficácia farmacológica e é possível através da análise dos registos por parte dos profissionais de saúde, a deteção precoce de exacerbações o que permite por consequência uma intervenção médica atempada e eficaz. Há um ganho para o doente, por melhoria da sua qualidade de vida e também para os sistemas de saúde pela redução de hospitalizações e internamentos e conseqüente redução de gastos. Ficou demonstrado com este estudo que a telemonitorização é benéfica para doentes respiratórios, porém mais melhorias são necessárias para que estes sistemas de telemonitorização funcionem sem problemas. Este estudo demonstra assim que o caminho a seguir no futuro passará pela telesaúde [91].

3.3.6. Comparação de especificações técnicas de dispositivos e sistemas de telemonitorização apresentados

Tal como na seção anterior, na Tabela 3 são comparadas especificações técnicas dos dispositivos de telemonitorização dirigidos à DPOC e Asma. Os objetivos são semelhantes, e os resultados comparativos apresentam as mesmas conclusões.

Tabela 3. Comparação de especificações técnicas de dispositivos de telemonitorização utilizados na doença pulmonar obstrutiva crónica e asma.

	Dispositivo 1	Dispositivo 2	Dispositivo 3
Designação	CareHomePod e HomePod	VITALS360®	iSpO2®
Portabilidade	Sim	Sim	Sim
Invasibilidade	Não	Não	Não
Interface	Personalizado e simples	Personalizado e simples	Personalizado e simples
Conetividade	Bluetooth Wi-fi	Wi-fi	Ligação direta ao <i>smartphone</i> Wi-fi
Interoperabilidade	Não	Não	Não

3.4. Dispositivos de telemonitorização utilizados na Doença renal crónica

3.4.1. Patologia

A Doença renal crónica é uma doença progressiva que compromete a estrutura e função dos rins de forma irreversível [99].

A doença renal crónica está associada a uma elevada morbilidade, mortalidade e também a uma alta despesa de saúde. Fatores como a Diabetes *mellitus*, Hipertensão e Doenças cardiovasculares podem contribuir para o aparecimento da Doença renal crónica. Assim, a prevalência da doença renal crónica está a aumentar a nível global [100].

A Doença renal crónica é classificada segundo a taxa de filtração glomerular (TFG) expressa em ml/min/1,73m², sendo que pode ser classificada em cinco estádios diferentes que estão devidamente organizados na Tabela 4 [101].

Tabela 4. Classificação da doença renal crónica, adaptado de [101].

Estádio	TFG (ml/min/1,73m ²)	Descrição
1	≥ 90	TFG normal ou aumentada com evidência de outros danos nos rins.
2	= 60 - 89	TFG levemente reduzida com evidências de outros danos nos rins.
3 A	= 45 - 59	TFG moderadamente reduzida com ou sem evidências de outros danos nos rins.
3 B	= 30 - 44	TFG moderadamente reduzida com ou sem evidências de outros danos nos rins.
4	= 15 - 29	TFG gravemente reduzida com ou sem evidências de outros danos nos rins.
5	< 15	Falha renal.

Os estádios 1 e 2 são normalmente assintomáticos e raramente detetados. O estágio 3 necessita de monitorização e por fim, os estádios 4 e 5 necessitam de terapias de reposição da função renal [99]. Neste último estágio da doença, para que o doente sobreviva, a função renal é assegurada por hemodiálise ou por um transplante renal [101].

Para além da hemodiálise e transplante renal, existe também a opção de diálise peritoneal que cada vez é mais utilizada pelas variadas vantagens que oferece. A diálise peritoneal é realizada diariamente em casa pelo doente [102].

No ano de 2006, nos EUA, estimou-se que a prevalência de doentes crónicos renais na população adulta com idade superior a 65 anos no estágio 3 era de 7,6 milhões de doentes, no estágio 4 de 400 mil doentes e no estágio 5 de 300 mil doentes [103].

Doentes crónicos renais nos estádios iniciais da doença podem ser assintomáticos, levando à falta de procura de cuidados médicos. Os cuidados atempados para com estes doentes pode levar à diminuição de morbilidade, mortalidade, custos associados à doença, como também a redução do número de consultas necessárias para o doente, já que a capacidade de resposta por parte dos sistemas de saúde tende a diminuir [104], [105].

Os encargos económicos para os sistemas de saúde aumentam com o avanço nos estádios da doença, sendo que os maiores encargos se situam no último estágio que envolve a diálise, hemodiálise ou o transplante renal. Evitar chegar a estes estádios é importante. Controlar a doença é fundamental impedindo a sua progressão e consequentemente aliviar o encargo económico, minimiza as hospitalizações e melhorar a qualidade de vida do doente [101].

Em algumas situações não chegar ao último estágio da doença torna-se impossível. A diálise peritoneal torna-se a melhor solução para estes doentes. A telemonitorização aliada à diálise torna-se um ponto fundamental, sendo assim cada vez maior a aposta nesta área [102].

De modo a existir a assistência ideal para estes doentes, a telemonitorização passa a ser uma componente essencial dos sistemas de saúde no cuidado de doentes renais crónicos [104]. A telemonitorização aliada à auto monitorização nestes doentes é essencial na prevenção da progressão da doença e consequentemente na redução de hospitalizações [105].

Muitos sistemas de telemonitorização aplicados à doença renal crónica estão ainda em desenvolvimento. Na seguinte descrição dos dispositivos, apenas o primeiro já se encontra no mercado. Com todos os restantes foram apenas feitos estudos de caso para verificar se são eficazes na doença, tendo todos tido grande sucesso, com eficácia comprovada.

3.4.2. *EQ Connect™*

O *EQ Connect™* é uma aplicação de saúde criada pela empresa *eQOL Inc.* que tem possibilidade de integrar sistemas de telemonitorização da doença renal crónica quando os doentes realizam diálise peritoneal [106]-[108].

Esta aplicação permite a comunicação e troca de informação entre o doente renal crónico e o profissional de saúde que acompanha a sua monitorização. O sistema de telemonitorização é constituído pelo portal do doente e pelo portal de suporte. O primeiro é destinado ao doente que utiliza um *tablet* com a aplicação instalada, que permite realizar a monitorização no conforto da sua casa. Quanto ao portal de suporte, é destinado aos profissionais de saúde que através de computadores se conectam aos doentes [106].

O doente introduz os dados pedidos previamente pelo profissional de saúde na aplicação *EQ Connect™*, como sejam os dados da monitorização da pressão arterial e do peso, cálculos relativos à diálise, sintomas importantes a referir e indicações relativas ao material usado na realização da diálise. Estes dados são enviados para uma base de dados, via internet, e o profissional de saúde através do portal de suporte tem acesso em tempo real a todos os dados introduzidos pelo doente. Este método permite a deteção atempada de possíveis complicações da diálise que estes doentes realizam sendo possível a intervenção do profissional de saúde de modo a solucionar o problema [106], [108]. O profissional de saúde através do portal de suporte pode enviar mensagens escritas para o doente com indicações importantes sobre a doença, assim como enviar lembretes com o agendamento de consulta com o médico especialista [106].

A interface da aplicação é simples e tem possibilidade de fornecer vídeos explicativos do funcionamento da aplicação, como também vídeos e informação escrita sobre a doença renal crónica e sobre a diálise peritoneal. A linguagem utilizada é escrita e falada, tornando a interface simplificada para o doente [106].

3.4.3. *eNephro*

A aplicação *web eNephro* foi desenvolvida exclusivamente para integrar um sistema de telemonitorização de doentes renais crónicos, sendo possível aceder a ela a partir de qualquer navegador web. Este sistema de telemonitorização foi desenvolvido pela cooperação entre médicos nefrologistas e o *Lorraine Research Laboratory in Computer Science and its Applications* [104].

O sistema de telemonitorização que incorpora a aplicação *eNephro* possibilita a recolha de parâmetros medidos pelo doente como o peso corporal, temperatura corporal, pressão arterial e alguns sintomas importantes e também parâmetros obtidos por meio de análises clínicas realizadas em laboratórios. O doente realiza estas medições com a frequência estabelecida pelo médico especialista. Ao introduzir os dados na aplicação, estes são enviados para um servidor que através de um algoritmo de apoio à decisão filtra os dados. O algoritmo está definido para determinados limites. Caso os valores recebidos ultrapassem esses valores, é enviado um alerta para um enfermeiro coordenador que assegura a vigilância diária dos doentes telemonitorizados. Os alertas e toda a informação são processados por este profissional de saúde que dentro das suas competências interfere com o doente e o que não lhe compete transmite para o médico especialista que acompanha o doente. Os alertas são importantes por permitirem a deteção precoce nos doentes de desidratação/hiperhidratação, pressão arterial desregulada, proteinúria elevada, etc. O médico especialista tem acesso a toda a informação inserida pelo doente na aplicação e aos alertas gerados pelo doente e pelo enfermeiro, tendo oportunidade através da aplicação de responder aos alertas e modificar a terapêutica do doente caso seja necessário [104].

A conexão à aplicação tanto pelo doente como pelo profissional de saúde que segue o doente é realizada através de um login com o nome de utilizador e palavra passe. O profissional de saúde utiliza o seu computador pessoal para aceder à aplicação enquanto ao doente é fornecido um *tablet* [104].

A interface da aplicação é simples com linguagem escrita e linguagem gráfica de auxílio à percepção da tendência de evolução da doença [104].

3.4.4. Dispositivo protótipo

O sistema de telemonitorização descrito em [102] é um sistema em desenvolvimento que é designado por protótipo e destina-se a doentes renais crónicos que realizem diálise peritoneal. Com este sistema torna-se possível o acompanhamento, tratamento e controlo destes doentes.

O sistema de telemonitorização conta com duas aplicações *android* para *smartphones*. Uma destinada ao doente renal crónico e a outra destinada ao médico especialista ou profissionais de saúde que seguem o doente renal crónico. Esta comunica com uma aplicação web, permitindo ao médico a consulta de dados também num computador com

ligação à internet. Estas aplicações funcionam sob internet e é por esta mesma via que comunicam e trocam dados e alertas [102].

A aplicação destinada ao doente permite que este registe os dados relativos a cálculos realizados por ele para perceber se está a perder ou a reter líquidos, dados relativos a análises clínicas realizadas em laboratórios de análises clínicas com a frequência definida pelo médico ou profissionais de saúde que o acompanham, a consulta de notificações deixadas pelo profissional de saúde que o acompanha, a consulta de gráficos de tendência gerados pela aplicação utilizando os dados introduzidos pelo doente dando a perceção do estado clínico do doente, a consulta do histórico clínico e por fim permite a introdução de dados pessoais do doente de modo a que exista um perfil autêntico do doente [102].

Quanto à aplicação destinada ao médico e/ou profissional de saúde, esta permite que este tenha acesso em tempo real aos dados introduzidos pelo doente relativos aos cálculos realizados por ele e às análises clínicas, a alarmes gerados pelo doente, definir parâmetros máximos para os valores introduzidos pelo doente, acesso ao histórico clínico do doente e permite também o envio de lembretes ao doente que passam por recomendações, lembrar ou ajustar a toma de medicação e por fim indicar o dia e hora de uma consulta física [102].

O médico e/ou profissional de saúde ao definir os parâmetros dos valores que o doente tem de introduzir relativos aos cálculos realizados sobre a retenção ou perda de líquidos, permite que existam alertas para o médico caso os dados introduzidos pelo doente ultrapassem esses parâmetros definidos. Assim é possível uma intervenção atempada sobre o doente, evitando complicações pela falta de assistência em tempo útil [102].

A interface é simples, porém não é adequada a todo o tipo de população por apenas utilizar linguagem escrita e gráfica. Este tipo de telemonitorização implica uma grande aprendizagem por parte do doente ou do seu cuidador, pelo facto de envolver a realização de cálculos complexos e muito importantes que contribuem para uma boa monitorização da doença e conseqüente qualidade de vida [102].

3.4.5. Comparação de especificações técnicas de dispositivos e sistemas de telemonitorização apresentados

Tal como na seção anterior, na Tabela 5 são comparadas de especificações técnicas dos dispositivos de telemonitorização dirigidos à Doença renal crónica. Os objetivos são semelhantes, e os resultados comparativos apresentam as mesmas conclusões.

Tabela 5. Comparação de especificações técnicas de dispositivos de telemonitorização utilizados na Doença renal crónica.

	Dispositivo 1	Dispositivo 2	Dispositivo 3
Designação	EQ Connect™	eNephro	(n.d.) Protótipo
Portabilidade	Sim	Sim	Sim
Invasibilidade	Não	Não	Não
Interface	Personalizado e simples	Personalizado e simples	Não personalizado e simples
Conetividade	Wi-fi	Wi-fi	Wi-fi
Interoperabilidade	Não	Não	Não

3.5. Dispositivos de telemonitorização utilizados em Doenças tromboembólicas

3.5.1. Patologia

A Trombose é uma patologia caracterizada pelo excesso de coagulação do sangue que existe nas paredes dos vasos, tornando-se assim o contrário desejável de hemostasia, onde existe coagulação necessária em locais específicos dos vasos onde existe lesão. Esta patologia tanto ocorre na circulação arterial como na circulação venosa e pode desencadear diferentes patologias consoante o local onde ocorre, como infarto do miocárdio, embolia pulmonar e acidente vascular cerebral isquémico [109].

Os possíveis eventos tromboembólicos são prevenidos através de terapêuticas como a toma de anticoagulantes orais, como por exemplo a varfarina, sendo que o objetivo desta terapêutica é preservar os níveis de anticoagulação ajustados, prevenindo eventos com o menor risco hemorrágico possível [110], [111].

Os anticoagulantes, como a varfarina, fazem parte da terapêutica de doentes com patologias tromboembólicas, no entanto estes apresentam interações farmacológicas e também diatélicas, levando à necessidade de mediação e vigia do valor de *International Normalized Ratio* (INR) que é dado pela razão do tempo de protrombina pelo tempo de protrombina de referência [111].

Este exame que conduz à determinação do INR é utilizado para determinar a tendência de coagulação do sangue, sendo que o intervalo numérico desejável para este exame é de 2,0 a 3,0 [110], apesar do valor de referência para um pessoa saudável ser entre 0,8 e 1. A frequência de realização do exame deve ser em casos de doença controlada de uma vez por mês, em casos específicos a frequência aumenta, conforme a gravidade da patologia que o doente apresente [111].

Percebe-se que a monitorização do valor de INR é essencial para estes doentes e que o acesso a dispositivos de monitorização que determinem o valor de INR através de sangue capilar é uma mais-valia, na medida que melhora significativamente a sua qualidade de vida [110].

Aliada à monitorização em que existe um autocontrolo por parte do doente, foram já desenvolvidos também sistemas de telemonitorização onde o doente utiliza um equipamento para medição do valor de INR e estes dados são enviados e analisados por profissionais de saúde. Estes sistemas são importantes para o doente e também para os sistemas de saúde, que vêm os custos associados a estas doenças reduzidos significativamente [111].

Contudo, há alguns anos surgiram novos anticoagulantes que dispensam a monitorização de INR. Neste caso, os doentes apenas necessitam de tomar os anticoagulantes para tratarem a patologia, evitando um excesso de coagulação do sangue nas paredes e vasos. Estes novos anticoagulantes dispensam a monitorização mas acabam por ser mais caros para o doente. Na Figura 12 é apresentada a diferença do custo entre os diferentes anticoagulantes que não necessitam de monitorização e a varfarina que tal como indicado anteriormente, necessita de aliar a monitorização de INR [112].

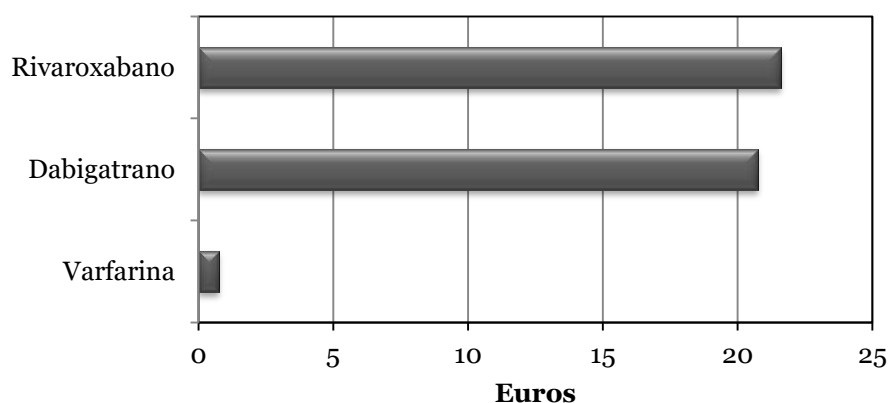


Fig. 12 - Gráfico demonstrativo da diferença do custo dos diferentes anticoagulantes por dose diária definida (DDD) para os doentes em Portugal, adaptado de [112].

Através da observação da Figura 12, percebe-se que o custo dos novos medicamentos é bastante superior ao da varfarina. Segundo dados do Infarmed de 2013, em Portugal, um mês de tratamento com varfarina custou ao doente cerca de 0,73 euros, enquanto com dabigatranato custou 20,74 euros e com rivaroxabano custou 21,60 euros, valores cerca de 30 vezes superiores. Sendo o tratamento que alia a monitorização mais barato dos que não necessitam de monitorização, a necessidade de balançar os prós e contras das distintas terapêuticas continua e por esta razão a varfarina continua a ser a mais usada apesar de estar a cair a sua utilização [112].

De seguida são apresentados alguns dispositivos e aplicações destinadas à telemonitorização de doenças tromboembólicas disponíveis comercialmente.

3.5.2. *eCareCompanion*

A aplicação *eCareCompanion* da empresa Philips é uma aplicação de auxílio a um sistema de telemonitorização de doenças crónicas como as doenças tromboembólicas [113], [114].

Este sistema de telemonitorização fornece ao doente um *eCareCompanion tablet* onde a aplicação *eCareCompanion* vem já instalada. O dispositivo de monitorização de INR pode ser acoplado ao sistema de telemonitorização e pode ser o dispositivo normal de monitorização de INR [114].

O doente realiza o exame segundo a frequência definida pelo médico. Apenas tem de realizar o teste de sangue colocando uma gota de sangue na tira de teste do dispositivo de INR. Alguns dispositivos têm Bluetooth, o que permite o envio direto para a aplicação *eCareCompanion*. Caso não ofereçam esta funcionalidade, o valor pode ser introduzido manualmente na aplicação que depois, via internet, envia os dados do doente para uma *cloud* denominada *HealthSuite*, onde posteriormente os profissionais de saúde vão retirar os dados para análise e tomar uma decisão acerca da terapêutica definida [114].

A *cloud HealthSuite* recebe os dados de todas as aplicações *eCareCompanion* que estejam instaladas em tablets de doentes crónicos que sigam este programa de telemonitorização. Os dados ficam armazenados segundo o perfil de cada doente. Quanto à aplicação *eCareCompanion*, cada doente tem de realizar o seu login com o nome e palavra-passe para aceder à sua conta que possui todos os seus dados [114].

A aplicação é de interface simples, possui linguagem gráfica, escrita e falada, o que permite abranger uma grande parte da população doente crónica. A possibilidade de realizar videochamadas e de assistir a vídeos explicativos tanto sobre a doença como sobre o funcionamento do *eCareCompanion tablet*, torna ainda mais a interface simples. Quanto à aplicação, a necessidade de realização de login, torna a aplicação mais segura e confiável. A ficha técnica que está associada à aplicação, de cada doente, torna o sistema personalizável e único para cada doente [114].

3.5.3. *Genesis Telemonitor*

O dispositivo *Genesis Telemonitor* é uma plataforma de telemonitorização de diversas doenças incluindo as doenças tromboembólicas através da monitorização de INR. O dispositivo é fabricado pela empresa norte americana *Honeywell* e comercializado nos EUA [115], [116].

O dispositivo *Genesis Telemonitor* funciona como uma plataforma de telemonitorização que permite o envio dos parâmetros biológicos recolhidos pelo doente para os profissionais de saúde. Esta plataforma tem também a funcionalidade de alertas que proporcionam a toma de medicação em horário correto ao doente, como também indica a hora de realizar o teste de INR. Estes alertas podem ser em forma texto ou sonoros através de uma voz [117].

O exame de INR é realizado no dispositivo de monitorização de INR. O doente tem de conectar o dispositivo à plataforma *Genesis Telemonitor* através do cabo de ligação e realizar o teste através da colocação de uma gota de sangue obtida por uma punção capilar no dedo. O resultado é diretamente transferido para a plataforma de telemonitorização, que envia através de linha telefónica os dados para a equipa de profissionais de saúde que acompanham o doente [116].

O interface da plataforma de telemonitorização avisa o doente todos os dias até 4 vezes para a realização do exame. Caso o doente não responda ao alerta da plataforma ou os dados que são transferidos para os profissionais de saúde estejam fora de limites previamente estabelecidos, os profissionais de saúde também são alertados para poderem tomar medidas [116].

A interface homem-máquina apresentada por este dispositivo é simples e bastante personalizável às diferentes condições dos doentes. Possui linguagem escrita, falada e também gráfica, o que permite a compreensão para praticamente todo o tipo de doentes [116].

3.5.4. *Honeywell HomMed*

O dispositivo de telemonitorização *Honeywell HomMed* é comercializado pela empresa *Honeywell* que opera nos Estados Unidos da América. Este dispositivo funciona como plataforma de telemonitorização e pode monitorizar diversas doenças, incluindo as doenças tromboembólicas [118], [119].

A plataforma de telemonitorização, ilustrada na Figura 13, tem acesso à internet e permite a conexão do dispositivo de monitorização de INR convencional que o doente utiliza normalmente. Para além dos exames que é permitido realizar com esta plataforma, ela faz diariamente questionários aos doentes acerca do seu estado de saúde geral e não só específico à doença que monitorizam [118].



Fig. 13 - Dispositivo de telemonitorização *Honeywell HomMed*, adaptado de [118].

A frequência diária de exames a realizar pelo doente é previamente definida pelo médico especialista que acompanha o doente, e é programado o dispositivo *Honeywell HomMed*. Quando o horário da realização do exame é atingido, o dispositivo liga-se automaticamente dando indicações ao doente para proceder ao exame através de linguagem escrita e falada. O doente conecta o dispositivo de INR ao dispositivo *Honeywell HomMed* e realiza o exame através da colocação pelo doente de uma gota de sangue obtida através de uma punção capilar no dedo na fita de teste que deve colocar primeiramente no dispositivo de INR. Após a realização do exame, o *Honeywell HomMed* envia o resultado do exame, via internet, para os profissionais de saúde que prescreveram a telemonitorização. Os profissionais de saúde têm acesso aos dados dos doentes através da aplicação web *LifeStream*, possibilitando a consulta dos dados em qualquer lugar e possibilitando uma resposta atempada para os doentes com indicações precisas de procedimentos que devem tomar nomeadamente na alteração de medicação [118].

3.5.5. Estudo clínico de implementação

O estudo de implementação de telemonitorização em doentes hipocoagulados (doença tromboembólica) descrito por Ferreira *et al.* [111], teve como objetivo demonstrar que os sistemas de telemonitorização nesta doença são seguros e eficazes, permitindo o controlo de hemorragias nos doentes.

O estudo contou com 453 doentes, alfabetizados e com capacidade de utilização de telemóveis, no período de 2006 a 2010 seguidos no Hospital de Santa Marta Centro Hospitalar de Lisboa Central, sendo que este estudo contou com a parceria da Vodafone. O sistema de telemonitorização contou com um dispositivo médico que quantifica o valor INR através de uma amostra de sangue obtida por uma punção capilar num dedo. O dispositivo

utilizado foi o *CoaguCheck*[®] fabricado pela empresa *Roche*. Os doentes realizaram diariamente o teste de INR com a frequência previamente definida pelo médico especialista e enviavam o valor obtido por SMS (gratuito) para os profissionais de saúde. Na fase inicial, a análise dos valores obtidos foi feita por uma equipa de enfermagem e enviada para um médico caso o valor se encontrasse fora dos limites terapêuticos do doente. A resposta do médico para o doente era dada também por SMS, dando indicações ao doente de procedimentos que deveria tomar, entre os quais a modificação de medicação a tomar. O doente podia emitir um alerta para a equipa médica sempre que necessário, através de um código definido. Após receção do alerta, os profissionais de saúde contactavam via telefone o doente [111]. Este estudo demonstrou a eficácia do sistema de telemonitorização aplicado à análise remota de INR devido à excelente adesão dos doentes, à diminuída percentagem de pedidos de elucidação, à melhoria a nível de agenda de consultas para o meio hospitalar devido às interações diárias entre o doente e os profissionais de saúde, que permitiu a existência de ajustes de medicação. Levou à melhoria significativa da qualidade de vida dos doentes e houve uma redução dos custos de saúde [111].

3.5.6. Comparação de especificações técnicas dos dispositivos e sistemas de telemonitorização apresentados

Tal como na seção anterior, na Tabela 6 são comparadas de especificações técnicas dos dispositivos de telemonitorização dirigidos às doenças tromboembólicas. Os objetivos são semelhantes, e os resultados comparativos apresentam as mesmas conclusões.

Tabela 6. Comparação de especificações técnicas de dispositivos de telemonitorização utilizados em doenças tromboembólicas.

	Dispositivo 1	Dispositivo 2	Dispositivo 3
Designação	eCareCompanion	Genesis Telemonitor	Honeywell HomMed
Portabilidade	Sim	Sim	Sim/Não
Invisibilidade	Sim	Sim	Sim
Interface	Personalizado e simples	Personalizado e simples	Personalizado e simples
Conetividade	Bluetooth Wi-fi	Wi-fi	Ligação direta ao dispositivo Wi-fi
Interoperabilidade	Não	Não	Não

3.6. Dispositivos de telemonitorização utilizados na Insuficiência cardíaca

3.6.1. Patologia

A insuficiência cardíaca é uma doença que está em crescimento em países desenvolvidos, apesar da diminuída incidência de doenças cardiovasculares. Estima-se que haja 23 milhões de pessoas que vivam com a doença no mundo [120], [121].

Esta caracteriza-se por um transtorno cardíaco estrutural ou funcional que afeta a capacidade de um ou de ambos os ventrículos ejetarem e/ou acomodarem o sangue dentro de parâmetros fisiológicos normais [122].

Devido à progressão da doença, as descompensações são frequentes, o que leva a internamentos hospitalares também mais frequentes [122]. Só nos EUA, o número de hospitalizações ultrapassa 1 milhão ao ano, o que aumenta significativamente os custos associados à doença tanto para o doente como para o sistema de saúde [120].

Segundo Liu *et al.* [123], [124], os custos que envolvem diretamente e indiretamente o tratamento da insuficiência cardíaca nos EUA rondavam os 39,2 mil milhões de dólares no ano 2010, sendo que só as re-hospitalizações foram responsáveis por cerca de 31 mil milhões de dólares gastos.

A insuficiência cardíaca é caracterizada por sintomas como falta de ar durante o repouso do doente, retenção de líquidos, e evidente diminuição do desempenho do miocárdio em repouso [122] e é também caracterizada por sinais como o aumento de alguns biomarcadores importantes como o péptido natriurético cerebral (BNP e NT-proBNP) [120].

Diferentes estudos referem que a prevalência desta doença aumenta com o aumento da idade e é mais comum em mulheres e doentes hipertensos de longa data [122]. Segundo estimativas, cerca de 20% da população europeia que sofre da doença tem mais de 65 anos. A nível futuro, a população que mais será afetada passará por ser a população idosa, o que acarretará custos associados, sendo necessário encontrar soluções viáveis [125]. A tele saúde e a telemonitorização podem contribuir para a solução para esta situação [121].

A grande vantagem da telemonitorização aplicada à insuficiência cardíaca consiste na diminuição de re-hospitalizações de doentes e consequente diminuição dos custos associados. A seleção dos parâmetros biológicos monitorizados nestes doentes deve ser

adequada a cada caso e devem permitir após a sua análise, a deteção atempada de alterações nestes doentes de modo a haver intervenção na terapêutica evitando a re-hospitalização [124].

De seguida são apresentados alguns dispositivos e aplicações destinadas à telemonitorização da insuficiência cardíaca disponíveis comercialmente.

3.6.2. VITALS360®

Este dispositivo já foi referido anteriormente para monitorização de duas doenças diferentes, a diabetes *mellitus* e a DPOC/asma, tendo sido já feita a descrição de todas as suas funcionalidades como a medição da tensão arterial e o exame de ECG que são exames importantes na monitorização da insuficiência cardíaca.

No exame de medição da tensão arterial, parâmetro importante a ter em conta na insuficiência cardíaca, o dispositivo VITALS360® tem de ser colocado num acessório braçadeira que vai permitir a correta recolha de dados [83].

Outro exame importante a ser realizado quando está presente uma condição de insuficiência cardíaca é o eletrocardiograma (ECG). Neste dispositivo de telemonitorização, o doente realiza o exame selecionando o ícone do ECG e colocando os dedos polegares no local de recolha de dados de ECG sem apertar o dispositivo. O teste deve ser realizado pelo doente num local calmo, com pouco ruído e este deve estar calmo e imóvel [83].

Após o exame concluído em ambos os parâmetros, o doente seleciona a funcionalidade de guardar os dados que são diretamente enviados para a *cloud* Vocare® através de *wi-fi* onde são armazenados. Os dados são consultados *online* pelo médico da especialidade que ao analisar os parâmetros recolhidos e detetar alguma anomalia contacta com o doente através de mensagens ou videochamada. O médico pode também optar por direccionar o doente para uma unidade de saúde ou mesmo encaminhar uma equipa de profissionais de saúde junto do doente que é facilmente detetado devido ao GPS incorporado no dispositivo de telemonitorização [79].

3.6.3. *TCare Cardio Monitor*

TCare Cardio Monitor é um sistema de telemonitorização da empresa portuguesa *TCare - Conhecimento e Saúde S.A.*, que foi fundada no ano de 2009 e comercializa dispositivos para Portugal ou para países de língua portuguesa [126].

Este sistema de telemonitorização permite a monitorização de sinais cardíacos de longa duração, em tempo real com a análise de sinais recolhidos feita por profissionais de saúde especializados apresentando uma interface de carácter fácil [127].

Este sistema de telemonitorização, representado na Figura 14, possui um dispositivo médico ECG composto por eléctrodos que são colocados no corpo do doente (wearable) de modo a monitorizar os sinais cardíacos. Este dispositivo transmite através de Bluetooth os dados recolhidos (traçado eletrocardiográfico) para um telemóvel denominado *personal digital assistance* (PDA), que faz parte do sistema de telemonitorização, que por sua vez transmite os dados para o Centro de tratamento de parâmetros de saúde da *TCare* via GSM/HDSPA onde os dados são admitidos, analisados e relatados por profissionais de saúde onde se incluem médicos 24 horas por dia [127].



Fig. 14 - Sistema de telemonitorização *TCare Cardio Monitor*, adaptado de [127].

Este tipo de monitorização pode durar entre 24 horas e várias semanas consoante a necessidade de monitorização do doente. O dispositivo de monitorização pode ser usado em qualquer lugar. O acesso ao traçado eletrocardiográfico, como a anotações e relatórios, realizados no centro *TCare* e armazenados numa base de dados, pode ser consultado via internet a qualquer momento e por qualquer profissional de saúde do centro *TCare* e pelo médico prescritor da monitorização [127].

A colocação correta dos elétrodos é importante, tal como a renovação de elétrodos danificados na medida de obter sinais claros e corretos. O facto de este sistema de telemonitorização incorporar um centro *TCare* a funcionar 24 horas por dia permite que os profissionais de saúde detetem estas falhas e contactem com os doentes para que a situação seja devidamente resolvida ou pelo doente ou por um profissional de saúde [127].

Este sistema de telemonitorização está no início da sua atividade em Portugal, sendo que a empresa prepara-se também para o lançar em Angola [126].

3.6.4. *Smarterheart*[™]

A empresa *SHL Telemedicine* oferece um sistema de telemonitorização destinado a doentes com insuficiência cardíaca. Esta empresa tem sede principal em Israel e na Europa possui sede na Alemanha. Os dispositivos médicos comercializados por esta empresa não podem ser adquiridos diretamente à empresa. Esta vende os dispositivos a entidades ligadas ao setor da saúde, como por exemplo hospitais [128]-[130].

O sistema de telemonitorização pode incluir diferentes dispositivos móveis ECG, sendo que o mais recente apresentado pela empresa é o *smarterheart*[™]. Este dispositivo é um ECG de 12 derivações que permite obter um traçado bastante completo e realista [131].

O sistema de telemonitorização funciona com o *smarterheart*[™] é um *smartphone* ou *tablet*. O doente deverá instalar a aplicação fornecida pela empresa *SHL Telemedicine* no *smartphone* para que o traçado do ECG seja conseguido. O teste deve ser realizado com a frequência necessária e definida pelo médico da especialidade que acompanha o doente, tal como a frequência que deverão ser enviados os dados para o médico ou profissional de saúde [131].

Aquando da realização de um exame, o doente deve colocar o *smarterheart*[™] no peito e apertar a fita à volta do peito, colocar os elétrodos no sítio certo e abrir a aplicação no *smartphone* ou *tablet*. Caso os elétrodos não estejam devidamente posicionados, a aplicação emite um alerta para que o doente possa corrigir a posição destes. Quando tudo estiver corretamente colocado, surge na aplicação a possibilidade de iniciar o exame. O doente selecciona a opção e ao fim de alguns minutos o exame é concluído e é emitido uma mensagem sonora indicando nesse sentido. Os dados recolhidos pelo *smarterheart*[™] são transmitidos para o *smartphone* ou *tablet* através de Bluetooth. Após a conclusão do exame, os dados são enviados para um call center da empresa que está ativo 24 horas por

dia e onde tem uma equipa de profissionais de saúde especializados, incluindo médicos da área da cardiologia, que recebem os dados em tempo real e os analisam. Aqui é tomada a decisão de intervir ou não junto do doente [128], [131]

A interface homem-máquina é de carácter fácil e bastante adaptada à população em geral, possuindo comunicação falada, escrita e gráfica [128], [131].

3.6.5. Estudo clínico de implementação

O estudo de implementação descrito por Martín-Lesende *et al.* [130] assenta sobre um sistema de telemonitorização aplicado à insuficiência cardíaca e avaliou a eficácia da telemonitorização para reduzir o número e duração de internamentos hospitalares destes doentes.

O estudo teve foi realizado em Espanha durante 12 meses e teve em conta 58 doentes com insuficiência cardíaca e/ou doença pulmonar crónica com idade igual ou superior a 14 anos e que no ano anterior ao estudo tiveram 2 ou mais internamentos hospitalares derivados à doença [132].

O estudo foi realizado com o auxílio de profissionais de saúde de centros de saúde, médicos e enfermeiros, que apenas trabalhavam de segunda a sexta-feira. Assim sendo, os dados que eram transmitidos dos doentes para os profissionais de saúde apenas eram analisados durante a semana e apenas puderam tomar ações junto dos doentes durante a semana. Durante o fim de semana, os doentes tiveram de chamar os serviços de emergência médica através do sistema de telemonitorização quando precisaram de apoio [132].

A telemonitorização consistiu na transmissão diária durante a semana de medições com dispositivos médicos, como sejam o oxímetro, esfigmómetro, ECG, peso corporal e temperatura, para um *smartphone personal digital assistant* (PDA). Os valores obtidos através do oxímetro, esfigmómetro e ECG são transmitidos via Bluetooth para o PDA. Os restantes eram inseridos no PDA via manual. Para além dos dados recolhidos pelos diferentes dispositivos médicos, os doentes tiveram que responder diariamente a questionários sobre o seu estado de saúde geral. Os dados recolhidos pelo PDA eram enviados para uma plataforma *online* onde eram consultados diariamente pela equipa de profissionais de saúde dos centros de saúde. Consoante os dados analisados pelos

profissionais de saúde, eram tomadas decisões sobre o possível caminho de tratamento dos doentes e caso houvesse necessidade, encaminhar o doente para o meio hospitalar [132].

Este sistema de telemonitorização tinha sistemas de alerta que eram despoletados caso os valores dos parâmetros biológicos recolhidos estivessem fora dos limites definidos para cada doente pela equipa de profissionais de saúde. Estes alertas eram emitidos para os profissionais de saúde que analisavam os dados juntamente com os questionários. Estes tomavam decisões sobre o possível caminho de tratamento dos doentes e caso houvesse necessidade encaminhar o doente para o meio hospitalar ou deslocar uma equipa médica de emergência junto do doente [132].

O estudo foi bem sucedido, tendo demonstrado com grande eficácia que a telemonitorização aplicada à insuficiência cardíaca acompanhada ou não por doença respiratória, diminui os internamentos hospitalares e consequentemente melhora a vida do doente e reduz gastos hospitalares [132].

3.6.6. Comparação de especificações técnicas dos dispositivos e sistemas de telemonitorização apresentados

Tal como na seção anterior, na Tabela 7 são comparadas de especificações técnicas dos dispositivos de telemonitorização dirigidos à insuficiência cardíaca. Os objetivos são semelhantes, e os resultados comparativos apresentam as mesmas conclusões.

Tabela 7. Comparação de especificações técnicas de dispositivos de telemonitorização utilizados na insuficiência cardíaca.

	Dispositivo 1	Dispositivo 2	Dispositivo 3
Designação	VITALS360®	TCare Cardio Monitor	Smartheart™
Portabilidade	Sim	Sim	Sim
Invasibilidade	Não	Não	Não
Interface	Simple e personalizada	Simple e personalizada	Simple e personalizada
Conetividade	Wi-fi	Bluetooth GSM/HDSPA	Bluetooth Wi-fi
Interoperabilidade	Não	Não	Não

3.7. Nota conclusiva

Neste capítulo foi feita a descrição dos dispositivos e sistemas de telemonitorização existentes no mercado ou em fase de estudo aplicados a diferentes patologias crónicas. Foi perceptível que existem diversas falhas nestes e que necessitam de melhorias para se atingirem dispositivos e sistemas de telemonitorização ideias e assim conseguir usufruir de todas as vantagens que a telesaúde trás.

No capítulo seguinte são expostas propostas de dispositivos e sistemas de telemonitorização com características ideias de implementação no futuro.

4. Tendências Futuras

4.1. Introdução

A necessidade de interconexão de vários dispositivos do dia-a-dia levou ao aparecimento da IoT (*Internet of Things*). A IoT pode ser definida como um “*sistema com diferentes dispositivos conectados em rede que são capazes de comunicar uns com os outros, enviam e recebem dados da Internet*” [133].

As áreas de aplicação da IoT são diversificadas visto que esta traz solução na maioria das áreas do dia-a-dia da população. A área da saúde e mais concretamente a área da tele saúde é uma das que beneficia com as características e funcionalidades da IoT [134], [135].

Diversas características da IoT fazem com que esta permita a conexão perfeita entre máquina-máquina, homem-máquina e homem-homem. Estas características consistem na capacidade de a internet ser usada em qualquer lugar, em qualquer momento, para qualquer contexto, para qualquer dispositivo, por qualquer pessoa, para qualquer negócio ou serviço e usando qualquer rede [133].

A popularidade da IoT é cada vez maior [134] e muito se deve à enorme utilização diária da internet, como também ao enorme número de utilizadores desta. Uma das grandes vantagens da IoT é a diminuição do custo da conexão devido ao uso de redes Wi-Fi e do grande número de dispositivos conectados [133].

A IoT apresenta alguns desafios que têm de ser ultrapassados num futuro próximo. Estes desafios são: (1) armazenamento de dados; (2) segurança; (3) confidencialidade de informações; (4) deteção de queda de rede em dispositivos conectados à internet e resolução instantânea da falha; (5) o alto consumo energético devido à largura de banda e conectividade dos dispositivos; (6) complexidade gerada devido à conexão de muitos dispositivos diferentes; (7) e adaptabilidade às necessidades e exigências dos clientes [133].

Algumas soluções são propostas neste capítulo, sendo apresentado um modelo ideal de um sistema de telemonitorização aplicado à monitorização de doenças crónicas. Apresentam-se também propostas de evolução de dispositivos de monitorização, existentes no mercado como dispositivos de auto monitorização ou como dispositivos de *point-of-care* (estes são apenas utilizados por profissionais de saúde em ambiente hospitalar), a dispositivos de telemonitorização.

4.2. Propostas de implementação das TIC em dispositivos médicos e *Point-of-care* existentes no mercado atual

4.2.1. Especificações dos dispositivos de telemonitorização

A tendência futura de um sistema de telemonitorização, esquematizada na Figura 15, reside na constituição por quatro elementos essenciais que passam por (1) o doente que tem necessidade de ser monitorizado; (2) sensor/sistema ou dispositivo que mede os parâmetros biológicos adequados à doença em causa; (3) plataformas que recolhem e enviam as informações recolhidas da medição dos parâmetros biológicos; (4) destinos finais que permitam o acesso aos dados recolhidos por parte dos profissionais de saúde e cuidadores [136].

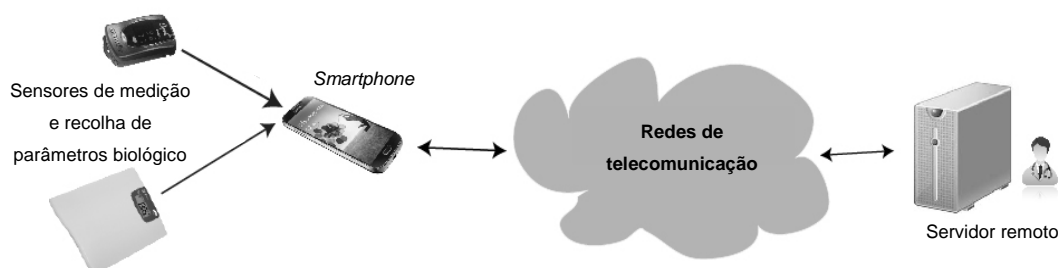


Fig. 15 - Esquema de um sistema de telemonitorização de tendência futura, adaptado de [136].

Estes elementos são integrados numa rede de telecomunicações que permite que os dados sejam transferidos desde os sensores que os recolhem, até ao destino final que passa por servidores remotos [136].

4.2.1.1. Portabilidade dos dispositivos médicos

Num sistema de telemonitorização, a portabilidade do sensor que recolhe os parâmetros biológicos e do dispositivo que recebe os dados é importante, de modo a oferecer uma vida normal e sem limitações aos doentes crónicos [137], [138]. Os sensores *wearable* são já bastante comuns e no futuro poderão ser essenciais na telemonitorização. Estes têm características como o tamanho reduzido e o fácil manuseamento, aliando também portabilidade e não dificuldade da mobilidade e dos movimentos dos doentes. Estes sensores são colocados junto ao corpo do doente que é monitorizado [137], [139].

Quando se verifica a existência de várias patologias crónicas no mesmo doente ou uma patologia que implique a recolha de vários parâmetros biológicos distintos, a telemonitorização ideal destes doentes passará pelo uso de sensores denominados *Wireless Body Area Network* (WBAN) que são sensores *wearable* colocados no corpo sob um esquema em rede [140]. O sensor deve ser combinado com um microcontrolador, trazendo vantagens como a capacidade de incorporação de precisão analógica e baixo consumo energético [140]. O microcontrolador é um circuito integrado que contém um CPU que acopla memória e contém também periféricos, tais como conversores analógico-digital (ADC), conversores analógico-digital (DAC), dispositivos de comunicação entre outros componentes [137]. O dispositivo de monitorização *wearable* é formado pelo sensor de recolha dos parâmetros biológicos, por um microcontrolador e por um circuito integrado ou antena para transmissão dos dados para uma plataforma de recolha dos dados [137], [140].

Quanto às plataformas que recebem os dados recolhidos pelos dispositivos de monitorização *wearables*, a tendência futura está focada em *smartphones* [136]. A massificação do uso de *smartphones* e de todas as tecnologias que possam ser adicionadas a estes dispositivos, permitem que a monitorização de doentes crónicos seja mais fácil e centrada exclusivamente nestes [138]. Os *smartphones* são grandes potenciais na utilização da maioria dos sistemas de telemonitorização. Estes têm cada vez mais a sua utilização generalizada à escala mundial, têm diferentes interfaces de comunicação sem fios e também têm uma elevada capacidade de processamento de dados [141]. O uso de *smartphones* é cada vez mais comum, sendo assim, as empresas fabricantes destes

dispositivos cada vez mais disponibilizam versões melhoradas a preços mais acessíveis [133].

Segundo a *World System for Mobile interchanges Association (GSMA)*, em 2020 haverá cerca de 24 mil milhões de dispositivos inteligentes (*smart devices*) interconectados em rede, o que fornecerá um lucro de 1,2 milhões de milhões de dólares a empresas de telecomunicações [142].

As características do *smartphone* como ser um dispositivo inteligente, ser pequeno, leve, fácil de transportar, ter um preço razoável e tecnologias avançadas (alta definição e fortes processadores), tornam-o atrativo para os sistemas de telemonitorização [143], [144]. A maior desvantagem destes equipamentos eletrónicos é o tempo útil de bateria poder ser relativamente reduzido. Contudo, algumas técnicas são propostas para minimizar esta característica [144].

Hoje em dia, metade da população adulta possui um *smartphone*. Até 2020, a percentagem subirá até 80%, sendo que a nível mundial, o mercado de *smartphones* cresceu 13% em 2 quartos do ano de 2015 registando 341,5 milhões de vendas [144].

Proposta: Num sistema de telemonitorização ideal, a portabilidade do sensor de medição dos parâmetros biológicos adequados à doença crónica e do dispositivo que recebe os dados é essencial. A proposta é que o dispositivo de monitorização seja composto por um sensor *wearable* e que este transmita os dados para um *smartphone*.

4.2.1.2. *Conetividade dos dispositivos médicos*

A recolha dos parâmetros biológicos necessários é efetuado pelo sensor *wearable*, que transfere a informação para o microcontrolador, mais propriamente para o conversor ADC que converte o sinal analógico para digital e armazenando-o em memória [140].

A transmissão de dados dos dispositivos de monitorização *wearable* pode ser feita de diversas maneiras, as mais comuns são tecnologias de comunicação wireless como *Bluetooth* ou *Zigbee*, tecnologias de *Radio Frequency Identification Devices (RFID)*. Na comunicação entre sensores *wearable*, a mais comum é *Ultra-Wide Band (UWB)* [137]. O *Bluetooth* é uma especificação de rede de comunicação sem fios de curto alcance, que mantém altos níveis de segurança. Através desta forma de comunicação é possível que um

dispositivo ou sensor comunique simultaneamente com até sete outros dispositivos, o que torna esta forma de comunicação atraente para as WBAN [145]. Uma versão do *Bluetooth* é o *Bluetooth Low Energy* (BLE), onde o consumo de energia, como o nome indica, é baixo. Esta especificação é possível devido a uma operação de baixo ciclo de trabalho. Trata-se também uma versão de baixo custo (*low-cost*). Estes dois diferem também no tempo de sincronização dos sensores com outros sensores ou dispositivos. No *Bluetooth*, esta operação acontece em segundos e no BLE acontece em milissegundos. A quantidade de dados possível de transferir no *Bluetooth* é de 3Mbps enquanto no BLE é de 1 Mbps e este pode coexistir com Wi-Fi [145], [146]. O *ZigBee* é uma especificação de tecnologia de rede sem fios utilizada em dispositivos ou sensores de baixa potência. Este tipo de telecomunicação é direcionado para uma baixa transferência de dados e é bastante segura nesta transferência. Este tipo de transferência opera em bandas de frequência 868 MHz, 915 MHz e 2,4 GHz, o que pode constituir uma desvantagem a nível de interferências nas transferências sem fios, principalmente na banda 2,4 GHz que é onde muitas redes sem fios operam [145], [147]. Esta forma de comunicação não é muitas vezes suportada por *smartphones*, podendo constituir uma desvantagem em sistemas de telemonitorização [141]. A transferência de dados através de RFID é feita com auxílio de etiquetas de RFID. Estas etiquetas (tags) são circuitos integrados simples. A leitura da tag por um leitor RFID, permite a transferência sem fio de dados, que à posteriori poderão ser transmitidos para uma base de dados [140] por um outro sistema de comunicação. Ao minimizar o custo de transmissão de dados entre o dispositivo de monitorização *wearable* e o *smartphone*, aumenta-se o gasto energético. Nesta perspetiva, o uso de comunicação através de *Bluetooth Low Energy* é o ideal [141]. Quanto à transferência de informação do *smartphone* para uma base de dados, esta pode ser feita através da Internet sob ligação de GSM (*Global System for Mobile Communications*) e/ou GPRS (*General Packet Radio Service*) ou outras [140], [148]. As principais vantagens do GPRS são a possibilidade de transferência de grandes quantidades de dados em pouco tempo e o acesso simplificado a redes como a Internet [148].

A transferência de dados recolhidos pelo *smartphone* do dispositivo de monitorização *wearable* deve ser feita para uma *cloud*. Esta combinação de serviço em *cloud* é vantajosa em vários aspetos. Os dados de registos de saúde ficam guardados eletronicamente. A capacidade de armazenamento em *cloud* é grande, permitindo o armazenamento de dados de monitorização de doentes e permite a consulta destes dados por variados profissionais de saúde [138]. A *cloud* recebe os dados de monitorização dos doentes crónicos e idealmente será construída por 3 componentes: (1) componente de recolha de dados; (2) componente de processamento de dados; (3) componente de comunicação. A componente de recolha de dados funciona para recolher os dados de diferentes doentes e atribuir um

ID aos dados de cada doente, na medida de os dados estarem corretamente atribuídos ao doente. O processamento de dados é feito por algoritmos especializados e adaptados a cada patologia que decidem se existe necessidade de enviar os dados para a componente de comunicação, ou se simplesmente é suficiente o envio de mensagens com instruções para o doente realizar e posteriormente o envio de um relatório informativo para o profissional de saúde que acompanha o doente. Quanto à componente de comunicação, aqui entra a necessidade de estes sistemas estarem aptos a intervir 24 horas por dia. Um *call center* de profissionais de saúde pode ser importante para analisar dados sobre os quais o algoritmo de controlo não possui capacidade para tomar decisões. Este *call center* funciona como um local onde vários profissionais de saúde se dividem por áreas patológicas e tomam decisões segundo os dados que lhes chegam. Estas decisões podem variar entre falar com o doente para este procedeu à toma de medicação, ou realizar algum tipo de procedimento, pode ser contactar o médico que segue o doente para uma melhor tomada de decisão ou até mesmo culminar com o encaminhamento do doente para o hospital. Toda a decisão tomada nesta fase será posteriormente comunicada para o médico que acompanha o doente [149].

A segurança, confidencialidade e autenticação dos dados dos doentes crónicos são essenciais num sistema de telemonitorização. A confidencialidade dos dados pessoais como dos dados dos parâmetros monitorizados deve ser garantida, não devendo ser acedida por terceiros. Os dados dos doentes devem ser recuperáveis caso existam falhas no sistema [150]. Não adotar medidas de segurança, como a encriptação de dados, deixa uma possibilidade para os cibercriminosos e *hackers* intercetarem dados de doentes, dando-lhes assim oportunidade de cometerem diversas ilegalidades [150].

Proposta: A conectividade ideal entre o dispositivo de monitorização *wearable* e o *smartphone* é a utilização de BLE.

4.2.1.3. Autonomia energética do dispositivo médico

Um dos desafios que os sistemas de telemonitorização apresentam é o consumo de energia dos dispositivos portáteis [141].

Nos últimos anos, a técnica de captação de energia residual (*energy harvesting*) tem vindo a ser uma possível solução para o problema da curta duração das baterias de dispositivos médicos. A técnica de *energy harvesting* consiste na conversão de energia proveniente de

fontes ambientais como radiação eletromagnética, movimento mecânico, gradientes térmicos, entre outros, em energia elétrica [151]. Os dispositivos de monitorização *wearable* podem utilizar algumas técnicas de *energy harvesting* para apoiar o carregamento das suas baterias. Sensores que possam ser incorporados em roupas podem integrar células fotovoltaicas flexíveis, pois a grande exposição à luz possibilita carregar a bateria do sensor. A conversão da energia mecânica ou de vibração em energia elétrica é feita através de indução eletromagnética ou do efeito piezoelétrico. Este tipo de conversão é também uma técnica direcionada para carregamento de baterias de dispositivos de monitorização *wearable*. Gradiente térmico é outra fonte ambiental útil no carregamento de baterias de *wearables*. A transformação de um gradiente térmico entre duas superfícies num potencial elétrico é realizado por um gerador termoelétrico que é ideal para alimentar dispositivos que estejam em contacto com superfícies quentes, como pode acontecer com sensores *wearable* em contacto com o corpo do doente [151], [152]. Obter um nível de vida útil de bateria longo é possível com auxílio de algumas técnicas. Uma delas é a colocação do dispositivo em modo de baixo consumo energético (*sleep*) quando o dispositivo está em inatividade. O modo *sleep* é alternado com o modo de atividade em que o dispositivo realiza o seu trabalho. No caso de dispositivos de monitorização *wearable*, as medições de parâmetros biológicos necessários à monitorização das diversas patologias crónicas são realizadas em intervalos de tempo muito longos comparativamente à velocidade de processamento do microcontrolador. Apesar destes intervalos de tempos poderem variar consoante a doença, nos períodos de tempo em que a recolha de dados não é efetuada, o modo *sleep* é acionado (em muitos casos pode mesmo ser por milissegundos) [141], [151].

Proposta: As técnicas para potenciar o desempenho energético de dispositivos de monitorização *wearable* como de *smartphones* são a *energy harvesting* e o modo *sleep*.

4.2.1.4. *Invasibilidade biológica dos dispositivos médicos*

Na perspetiva de oferecer ao doente crónico a melhor qualidade de vida possível, mesmo tendo necessidade de monitorizar a sua doença, os dispositivos de monitorização *wearable*, sempre que possível, tendem a ser não invasivos. A não invasibilidade torna a monitorização indolor, reduz as possibilidades de infeção e irritabilidade da pele, torna-se relativamente mais fácil de usar pelo facto de estar apenas em contacto com a pele sem a

perfurar e evita a perda de sensibilidade da pele [153]. Adicionalmente, coloca o dispositivo médico na classe mais baixa de classificação.

Proposta: Sempre que seja possível, garantir resultados precisos das medições dos parâmetros biológicos sem os sensores serem invasivos. A não invasibilidade deve ser aplicada no sistema de telemonitorização.

4.2.1.5. Interface homem-máquina

Como já foi referido ao longo da dissertação, a tendência global futura aponta para o aumento da esperança média de vida acompanhada pelo aumento de doenças crónicas, tanto em faixas etárias mais altas como também nas mais baixas. Os equipamentos que recebem os dados enviados pelo dispositivo de monitorização *wearable*, os *smartphones*, têm que ser personalizados consoante a condição de saúde do utilizador, idade e doença [154]-[158].

Além da monitorização da doença crónica, as aplicações de saúde que os equipamentos possuem devem ser capazes de incluir o histórico dos valores monitorizados, de episódios da doença específicos do doente, apresentação de gráficos relacionados com os valores monitorizados ao doente, acesso a material educativo sobre a doença e capazes de emitir alertas consoante o estado de saúde e lembretes com base em atividades programadas, como por exemplo a tomada de medicação [154], [157]. A aplicação de saúde ideal num sistema de telemonitorização deve ter predefinido limiares aceitáveis dos valores dos parâmetros biológicos recolhidos. Em caso de existir uma variação desses limiares, os valores são enviados para a *cloud*, onde existe um sistema de tomada de decisão que aciona alarmes na aplicação, direcionados ao doente e/ou alarmes para os profissionais de saúde. Quando o alarme é gerado apenas para o doente, significa que a mensagem enviada permite que o doente consiga controlar a doença sozinho. Neste caso, é apenas enviado ao profissional de saúde que segue o doente um relatório informativo. Ao ser gerado um alarme para o doente e para os profissionais de saúde, significa que o doente necessita de aconselhamento médico ou até mesmo cuidados médicos. A aplicação e a *cloud* guardam dados durante um período de tempo adequado, consoante a patologia monitorizada, para consulta histórica de dados e análise detalhada destes, prevendo eventos futuros que o doente possa vir a ter [138]. Uma das características essenciais desta aplicação é que seja

de baixo consumo energético, de modo contribuir o menos possível para o gasto energético do *smartphone* [144].

Os equipamentos que recebem informação dos dispositivos de monitorização devem ter incorporado aplicações com sistemas, que de forma personalizada, adquiram todos os dados clínicos destes doentes para além dos dados diretamente ligados à doença que monitorizam. Estes sistemas tornam assim possível acesso a qualquer detalhe clínico do doente monitorizado, tanto por profissionais de saúde como também pelo próprio doente ou familiares próximos. Estes dados são adquiridos pelos dispositivos médicos e armazenados, tanto nestes, como enviados para o profissional de saúde que segue o doente, sendo à posteriori armazenado numa base de dados, podendo também ser consultada por outros profissionais de saúde [154], [155]. Este armazenamento é importante, podendo salvar doentes em estado crítico. Quando não existe o acesso a estes dados, o risco de erro médico aumenta e os cuidados prestados podem ser inadequados à condição do doente. Para que os dados sejam consultados no meio hospitalar, é necessário que existam sistemas médicos de interconexão, permitindo que haja consulta da informação clínica do doente em qualquer unidade de saúde [155]. As formas mais comuns, hoje em dia, de interação do doente com equipamento é através de interface gráfica. Estas podem ser confusas para doentes com diferentes condições, quer seja uma deficiência ou a idade avançada. A interação através da fala é já uma realidade e possível de incorporar em equipamentos. Esta tecnologia de reconhecimento da fala é para alguns doentes uma forma mais facilitada e perceptível de interação com os equipamentos [156].

Proposta: A interface da aplicação de saúde com o doente deve ser adequada e personalizada a este.

4.2.2. Sistema de telemonitorização de Diabetes Mellitus

4.2.2.1. Dispositivo de monitorização

O dispositivo de monitorização de glicose *FreeStyle Libre* da empresa *Abbott* em Portugal acaba por ser o dispositivo de monitorização da diabetes mellitus que melhores especificações técnicas apresenta, fornece o valor da glicose no sangue de um doente diabético durante 14 dias (durabilidade do sensor). O dispositivo de monitorização é

constituído por um sensor de medição da glicose e por um leitor de medições, como demonstrado na Figura 16. O sensor é colocado no braço do doente e o leitor apenas lê os valores quando é colocado junto ao sensor. A leitura pode ser feita sempre que necessário. O leitor de valores aquando de uma leitura, apresenta o valor de glicose atual lido no fluido intersticial, o histórico até 8 horas e um gráfico de tendência da glicose presente no sangue [159].



Fig. 16 - Dispositivo de monitorização *FreeStyle Libre*, à esquerda o sensor e à direita o leitor, adaptado de [159].

Segundo a Abbott, o sensor de medição da glicose é discreto e cómodo com um tamanho 35mm x 5mm e pesa 5 gramas podendo ser usado por baixo da roupa. Este sensor é invasivo, necessitando da introdução de um pequeno filamento por baixo da pele. Não requer calibração, e pode ser usado em qualquer situação do dia a dia [159]. O leitor *FreeStyle Libre*, segundo a Abbott, é compacto e leve o que torna fácil ser transportado, armazena valores lidos durante 3 meses e apresenta gráficos de fácil leitura [159]. A leitura dos valores de glicose é feita através da passagem do leitor junto a sensor, sendo que a distância entre ambos poderá ser até 4 mm [159]. A precisão do sensor foi comprovada, sendo que a leitura do valor da glicose no fluido intersticial é semelhante à lida em análises sanguíneas e em testes capilares [160]. Este dispositivo médico está à venda em Portugal pelo valor de 169,90 euros o kit inicial, que inclui um leitor e dois sensores com durabilidade de 14 dias. Após a primeira compra, é apenas necessário a compra de sensores que custam 59,90 euros cada [161].

Estas características tornam este dispositivo de monitorização num bom dispositivo alvo de proposta de evolução a dispositivo de telemonitorização, podendo trazer uma grande melhoria na qualidade de vida dos doentes diabéticos.

4.2.2.2. Proposta de evolução

A arquitetura proposta do sistema de telemonitorização que evolui do dispositivo de monitorização *FreeStyle Libre*, apresentado na Figura 17, é composto por quatro componentes (1) dispositivo de monitorização *wearable*; (2) *smartphone* (aplicação de saúde); (3) *cloud*; (4) *call center*, doente e médico.

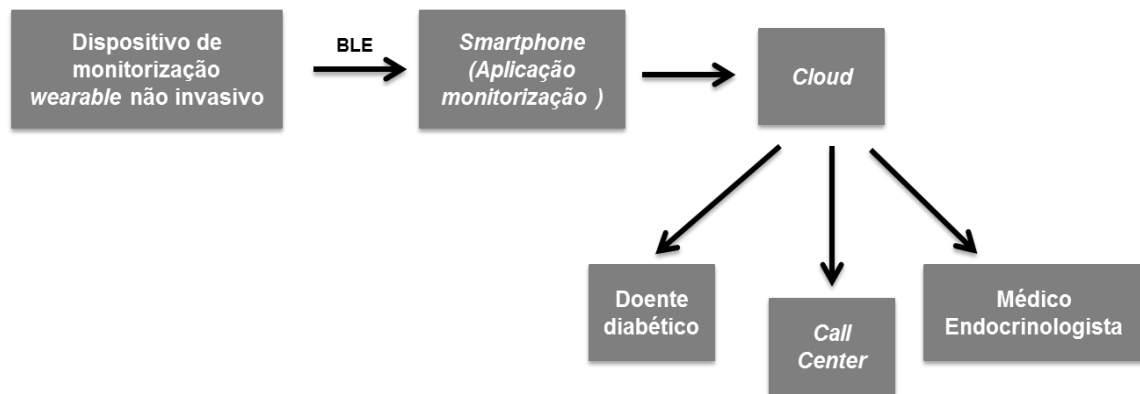


Fig. 17 - Arquitetura do sistema de telemonitorização proposto para o dispositivo de monitorização de glicose *FreeStyle Libre*.

O dispositivo de monitorização proposto é semelhante ao usado pela *Abbott*, diferindo na invasibilidade. A proposta passa por um dispositivo *wearable* e não invasivo que colocado em contacto com a pele do doente, adquire os valores de glicose através da técnica de iontoforese reversa.

Esta técnica, a iontoforese reversa, consiste em trazer a glicose para a superfície da pele através da aplicação de uma pequena corrente elétrica, provocando a migração dos iões para os eléctrodos que fazem parte do dispositivo de monitorização. A glicose é posteriormente lida por um sensor eletroquímico enzimático de glicose que faz parte também do dispositivo de monitorização. Esta técnica obtém valores semelhantes a valores obtidos pelos tradicionais dispositivos de monitorização de glicose [162].

O dispositivo de monitorização *wearable* não invasivo proposto é constituído por um sensor de medição de glicose que aplica a técnica de iontoforese reversa para conseguir medir a glicose, por um microcontrolador, por uma bateria e por um circuito integrado de BLE. A

Figura 18 esquematiza a constituição do dispositivo de monitorização *wearable* não invasivo.



Fig. 18 - Esquema da constituição do dispositivo de monitorização *wearable* não invasivo proposto.

A medição de glicose é feita em intervalos de minuto a minuto. Os dados são recolhidos pelo dispositivo de monitorização e são enviados para o *smartphone* via BLE. O *smartphone* substitui assim o leitor de glicose que necessita de estar em contacto com o sensor para conseguir ler o valor de glicose. A vantagem do *smartphone* em relação ao leitor é que não precisa de estar em contacto com o dispositivo de monitorização para adquirir o valor da glicose. Este recebe continuamente os valores de glicose sem necessidade de contacto.

No *smartphone* existe uma aplicação de saúde que recolhe e filtra numa primeira fase os dados, segundo um algoritmo que limita os valores. Estes limites devem ser ajustados e personalizadas a cada doente, sendo apenas enviados valores superiores aos de referência para a *cloud*.

Na *cloud* existe outro algoritmo que decide consoante o valor que recebe: se comunica alguma mensagem ao doente. Caso esta condição aconteça, é também enviado um relatório informativo ao médico especialista que segue o doente, neste caso médico endocrinologista. Caso seja enviado para o *call center* é porque o valor é mais grave e terá de ser decidido por médicos especialistas que procedimentos tomar, contactar com o doente de imediato dando instruções de procedimentos a tomar, contactar o serviço de emergência para se deslocar junto ao doente, ou até mesmo contactar o médico endocrinologista pessoal do doente para ajudar a tomar uma decisão.

Este sistema de telemonitorização ideal terá capacidade de interoperar com programas desenvolvidos por diferentes *software houses*, no intuito de permitir o fluxo de informação de dados clínicos dos doentes entre sistemas informáticos de apoio à saúde a diferentes níveis, assegurando a confidencialidade e segurança de dados.

As características do dispositivo proposto e do dispositivo de monitorização *FreeStyle Libre* encontram-se resumidas na Tabela 8.

Tabela 8. Comparação das características do dispositivo *FreeStyle Libre* e da proposta de evolução.

Características	FreeStyle Libre	Proposta de evolução
Portabilidade	Sim	Sim
Invisibilidade	Sim	Não
Autonomia Energética	Sensor- 14 dias (Pilha óxido de prata) Leitor- 7 dias (Pilha de ião de lítio recarregável)	Baterias recarregáveis
Interface	Interfaces personalizáveis	Interfaces personalizáveis
Conetividade	Opera na gama 13,56 MHz	BLE e wi-fi
Interoperabilidade	Não	Sim

4.2.3. Sistema de telemonitorização da Doença renal crónica

4.2.3.1. Sistema de telemonitorização

Segundo a pesquisa realizada, não se encontram disponíveis sistemas ou dispositivos de monitorização aplicada à doença renal. A proposta de evolução apresentada para esta doença passa por propor um sistema de telemonitorização ideal da doença renal crónica em fase terminal, evoluindo dos sistemas de telemonitorização já existentes e descritos no Capítulo 3.

Estes sistemas de telemonitorização são propostos para doentes renais crónicos em fase terminal que realizem diálise peritoneal.

Os sistemas de telemonitorização que foram descritos no Capítulo 3 possibilitam a recolha de parâmetros medidos pelo doente, como o peso corporal, temperatura corporal, pressão arterial, todos obtidos através de dispositivos de monitorização comuns, alguns sintomas

importantes e por fim também parâmetros obtidos por meio de análises clínicas realizadas em laboratórios. Estes sistemas operam sozinhos sem realizarem interoperabilidade com outros sistemas [104].

4.2.3.2. Proposta de evolução

A arquitetura proposta do sistema de telemonitorização ideal para a doença renal crónica, ilustrada na Figura 19, e que tem como base a evolução de um sistema de telemonitorização é composta por cinco componentes (1) dispositivo de monitorização wearable; (2) análises clínicas realizadas em laboratórios de análises (3) smartphone (aplicação de saúde); (4) cloud; (5) call center, doente e médico.

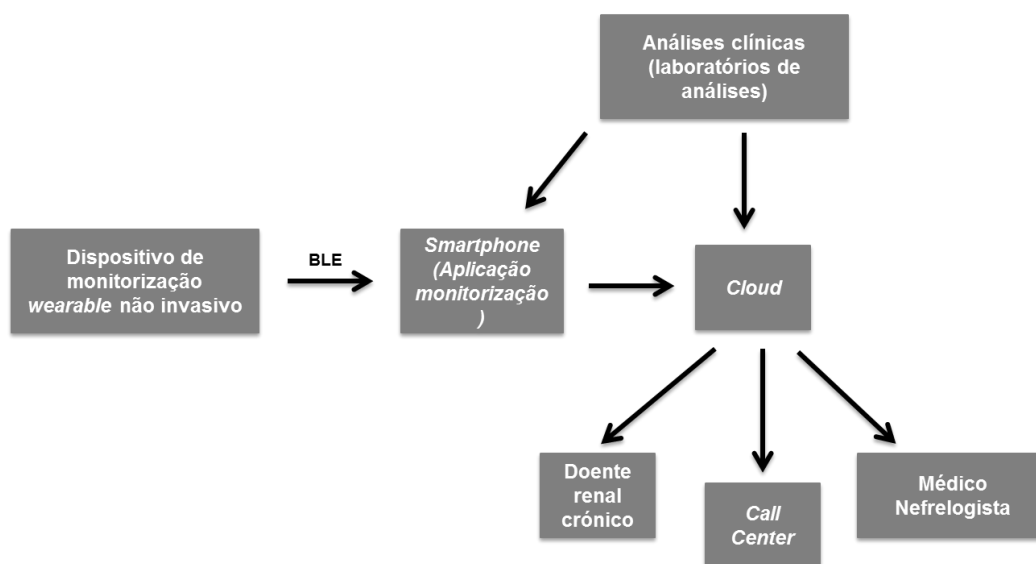


Fig. 19 - Arquitetura do sistema de telemonitorização ideal proposto para a doença renal crónica tendo como base uma proposta de evolução dos sistemas de telemonitorização abordados no capítulo 3.

O dispositivo de monitorização *wearable* e não invasivo proposto consiste na implementação de um medidor de tensão arterial e temperatura corporal numa camisola ou diretamente colocado no corpo de forma discreta, de prática utilização, discreta e confortável permitindo uma vida perfeitamente normal ao doente.

O dispositivo de monitorização *wearable* não invasivo proposto é constituído por uma rede de sensores de medição de tensão arterial e outro sensor para medir a temperatura corporal, por um microcontrolador, por uma bateria e por um circuito integrado de BLE.

Os sensores recolhem informação em intervalos predefinidos pelo médico prescritor da telemonitorização. Os intervalos variam de doente para doente, sendo essencial que estes se adaptem a cada doente. Os dados são enviados para o *smartphone* através de BLE.

No *smartphone* existe uma aplicação de saúde que recolhe e filtra numa primeira fase os dados, segundo um algoritmo que limita os valores. Estes limites devem ser ajustados e personalizados a cada doente, sendo apenas enviados valores superiores aos de referência para a *cloud*.

A aplicação de saúde instalada no *smartphone* do doente renal crónico é personalizável com todos os detalhes relevantes sobre o doente e sobre a doença. Disponibiliza vídeos explicativos sobre o funcionamento da aplicação e sobre a doença renal crónica e diálise peritoneal; dispõe de funcionalidades de alertas, escritos ou falados, que podem ser enviados e recebidos; e possui a funcionalidade de compilar os dados em gráficos, permitindo aos doentes um melhor acompanhamento e uma melhor perceção do seu estado de saúde.

Em doentes renais crónicos, a realização de análises clínicas ao sangue é essencial na medida de controlar os níveis de biomarcadores importantes e indicadores de eventos da doença. As análises clínicas devem ser realizadas segundo a frequência prescrita pelo médico.

Na *cloud* existe outro algoritmo que decide o procedimento de atuação consoante o valor que recebe: (1) se comunica alguma mensagem ao doente. Caso esta condição aconteça, é também enviado um relatório informativo ao médico especialista que segue o doente, neste caso médico nefrologista; (2) Caso seja enviado para o *call center*, é porque o valor se encontra muito alterado e terá de ser decidido por médicos especialistas que procedimentos tomar, contactar com o doente de imediato dando instruções de procedimentos a tomar, contactar o serviço de emergência para se deslocar junto ao doente, ou até mesmo contactar o médico nefrologista pessoal do doente para apoio à tomada de decisão.

Este sistema de telemonitorização ideal terá capacidade de interoperar com programas desenvolvidos por diferentes *software houses*, no intuito de permitir o fluxo de informação de dados clínicos dos doentes entre sistemas informáticos de apoio à saúde a diferentes níveis, assegurando a confidencialidade e segurança de dados.

As características do sistema de telemonitorização proposto e dos sistemas de telemonitorização descritos no Capítulo 3 estão resumidas na Tabela 9.

Tabela 9. Comparação das características dos sistemas de telemonitorização descritos no Capítulo 3 e do sistema de telemonitorização proposto.

Características	Sistemas de telemonitorização	Proposta de evolução
Portabilidade	Sim	Sim
Invasibilidade	Não	Não
Autonomia Energética	-----	Baterias recarregáveis
Interface	Interfaces personalizáveis	Interfaces personalizáveis
Conetividade	Wi-fi	BLE Wi-fi
Interoperabilidade	Não	Sim

4.2.4. Sistema de telemonitorização da Insuficiência cardíaca

4.2.4.1. Dispositivo de monitorização

O dispositivo médico cobas h 232 system apresentado na Figura 20, dispositivo comercializado pela Roche, funciona como sistema Point of care e determina os biomarcadores sanguíneos cardíacos, a Troponina T, CK-MB, mioglobina, dímero-D e NT-proBNP importantes na prevenção de eventos de doenças cardíacas [159]. Este dispositivo é apenas de utilização profissional e não pessoal [163].



Fig. 20 - Dispositivo *cobas h 232 system*, adaptado de [161].

Este dispositivo auxilia na detecção precoce de doenças como a insuficiência cardíaca ou o ataque cardíaco, visto que quando eventos destas doenças estão próximos de acontecer, os marcadores sanguíneos aumentam os seus níveis no sangue. Ao detetar estes marcadores, é possível agir de modo a evitar eventos destas doenças [161].

No caso do ataque cardíaco, os biomarcadores que aumentam de valor no sangue algum tempo antes do evento são a troponina T, a mioglobina e o CK-MB. No caso da insuficiência cardíaca, o NT-proBNP é o biomarcador que é essencial monitorizar, evitando eventos da doença [161].

4.2.4.2. Proposta de evolução

A arquitetura proposta do sistema de telemonitorização ideal para a insuficiência cardíaca, ilustrado na Figura 21, e que tem como base a evolução do dispositivo *point of care* cobas h 232 *system* é composta por cinco componentes: (1) dispositivo de monitorização *wearable*; (2) análises clínicas realizadas em laboratórios de análises; (3) smartphone (aplicação de saúde); (4) cloud; (5) call center, doente e médico.

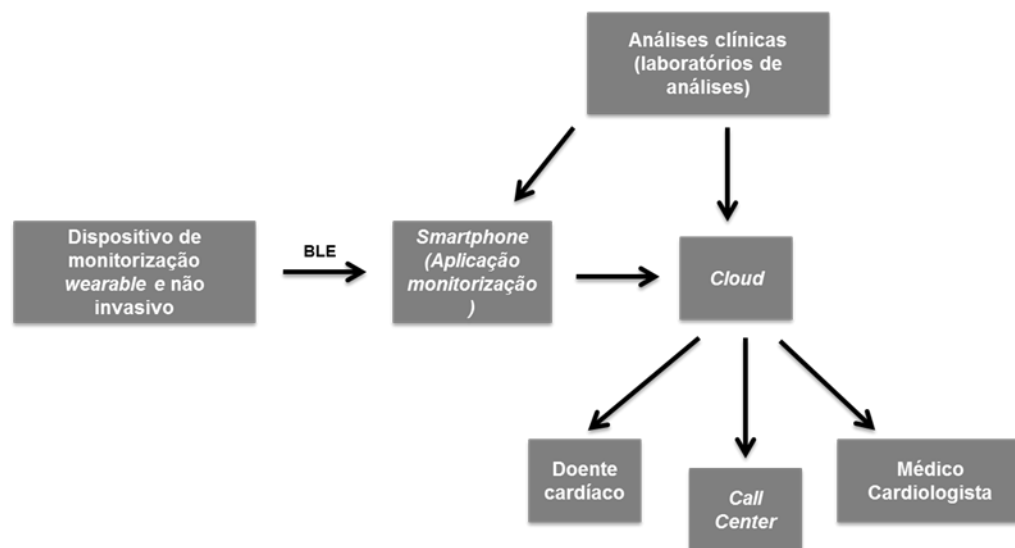


Fig. 21 - Arquitetura do sistema de telemonitorização ideal proposto para a insuficiência cardíaca tendo como base uma proposta de evolução do dispositivo *point of care* cobas h 232 *system*.

O dispositivo de monitorização *wearable* e não invasivo proposto reside na implementação de elétrodos de ECG e de medição de tensão arterial numa camisola ou diretamente colocado no corpo de forma discreta, sendo de prática utilização, discreta e confortável permitindo uma vida perfeitamente normal ao doente. Este tipo de dispositivos tem vindo a ser amplamente estudado [164], [165] e espera-se que seja o futuro dos sistemas de telemonitorização para doentes com insuficiência cardíaca.

O dispositivo de monitorização *wearable* não invasivo proposto é constituído por uma rede de sensores de ECG para registar a atividade elétrica do coração e outro sensor para medir a tensão arterial, por um microcontrolador, por uma bateria e por um circuito integrado de BLE.

Os sensores recolhem informação em intervalos predefinidos pelo médico prescriptor da telemonitorização. Os intervalos variam de doente para doente, sendo essencial que estes se adaptem a cada doente. Os dados adquiridos pelo microcontrolador são enviados para o *smartphone* através de BLE.

No *smartphone* existe uma aplicação de saúde que recolhe e filtra numa primeira fase os dados, segundo um algoritmo que limita os valores. Estes limites devem ser ajustados e personalizados a cada doente, sendo apenas enviados valores superiores aos de referência para a *cloud*.

A aplicação de saúde instalada no *smartphone* do doente cardíaco é personalizável com todos os detalhes relevantes sobre o doente e sobre a doença; oferece vídeos explicativos sobre o funcionamento da aplicação e sobre a insuficiência cardíaca; oferece funcionalidades de alertas que podem ser enviados e recebidos, podendo estes ser escritos ou falados; apresenta adicionalmente a funcionalidade de compilar os dados em gráficos, permitindo aos doentes um melhor acompanhamento e uma melhor perceção do seu estado de saúde.

Em doentes insuficientes cardíacos, a realização de análises clínicas ao sangue é essencial na medida de controlar os níveis de biomarcadores importantes e indicadores de eventos da doença. As análises clínicas devem ser realizadas segundo a frequência prescrita pelo médico, sendo que este sistema de telemonitorização tem vantagem em relação ao dispositivo *point of care cobas h 232 system* por haver envio direto dos resultados das análises para a *cloud* e para o *smartphone* do doente.

Na *cloud* existe outro algoritmo que decide consoante o valor que recebe: se comunica alguma mensagem ao doente. Caso esta condição aconteça, é também enviado um

relatório informativo ao médico especialista que segue o doente, neste caso um médico cardiologista. Caso seja enviado para o *call center*, é porque o valor se encontra muito alterado e terá de ser decidido por médicos especialistas que procedimentos tomar, contactar com o doente de imediato dando instruções de procedimentos a tomar, contactar o serviço de emergência para se deslocar junto ao doente, ou até mesmo contactar o médico cardiologista pessoal do doente para ajudar a tomar uma decisão.

Este sistema de telemonitorização ideal terá capacidade de interoperar com programas desenvolvidos por diferentes *software houses*, no intuito de permitir o fluxo de informação de dados clínicos dos doentes entre sistemas informáticos de apoio à saúde a diferentes níveis, assegurando a confidencialidade e segurança de dados.

As características do sistema de telemonitorização proposto obtidas do manual de características [166] e do dispositivo de *point of care* cobas h 232 system encontram-se resumidas na Tabela 10.

Tabela 10. Comparação das características do dispositivo *point of care* cobas h 232 system e da proposta de evolução.

Características	Cobas h 232 system	Proposta de evolução
Portabilidade	Não	Sim
Invasibilidade	Sim	Não/Sim
Autonomia Energética	Fonte de alimentação elétrica	Baterias recarregáveis
Interface	Interfaces não personalizáveis	Interfaces personalizáveis
Conetividade	Não	BLE Wi-fi
Interoperabilidade	Não	Sim

4.3. Nota conclusiva

Neste capítulo foram feitas propostas de sistemas de telemonitorização ideias, especificando as três patologias crónicas e apresentando sempre características que são indicadas por diversos autores como sendo a tendência futura dos sistemas de telemonitorização.

Apresenta-se no capítulo seguinte a conclusão retirada da realização desta dissertação.

5. Conclusões

5.1. Conclusões

Na presente dissertação apresenta-se o panorama atual a nível mundial do mercado de dispositivos e sistemas de tele saúde aplicados na monitorização de doentes portadores de patologias crónicas, como a Diabetes *mellitus*, Doença pulmonar obstrutiva crónica e Asma, Doença renal, Doenças tromboembólicas e Insuficiência cardíaca.

Os dispositivos e sistemas de telemonitorização analisados, *HealthGo Mini*, *VITALS360*[®], *CareHomePod* e *HomePod*, *iSpO2*[®], *EQ Connect*[™], *eNephro*, Dispositivo protótipo, *eCareCompanion*, *Genesis Telemonitor*, *Honeywell HomMed*, *TCare Cardio Monitor* e o *Smartheart*[™] apresentam já grandes vantagens para os doentes crónicos e para os sistemas de saúde, apesar de nenhum apresentar as características ideias que permitam a massificação destes sistemas a nível mundial.

Na apresentação de propostas de tendências futuras dos dispositivos e sistemas de telemonitorização, evidenciam-se as características ideias que estes devem ter no futuro próximo. As características ideias propostas passam pela portabilidade que os dispositivos de telemonitorização devem ter, a não invasibilidade, a longa autonomia energética com capacidade de recarregamento, uma interface simples e personalizável para o doente, a conectividade entre dispositivos que integram os sistemas de telemonitorização deve ser preferencial por tecnologias sem fios e com algum alcance, por fim a interoperabilidade entre sistemas de apoio à saúde que é a característica em falta que ressalta da análise do panorama atual dos sistemas e dispositivos de telemonitorização.

A falta de interoperabilidade entre os sistemas de apoio à saúde, o facto de, comumente, cada empresa criar o seu próprio *call center* e criar condições para que apenas os dados clínicos dos doentes circulem dentro de uma área de saúde restrita e reservada, cria problemas ao nível do fluxo de informação e conseqüentemente leva à renitência por parte de doentes e profissionais de saúde à adoção de sistemas de telemonitorização.

Com o desenvolvimento da presente dissertação é possível concluir que a telemonitorização aplicada a doentes portadores de doenças crónicas pode trazer grandes vantagens tanto para o doente como para os sistemas de saúde. Para o doente o aumento de cuidados na auto gestão da doença conseqüentemente leva a uma melhoria na condição de saúde e de qualidade de vida, para os sistemas de saúde a distribuição de recursos é conseguida de forma equitativa chegando à maioria de população crónica possível.

A massificação da utilização de dispositivos e sistemas de telemonitorização aplicados a patologias crónicas será uma realidade num futuro próximo, sem esquecer que até esta premissa se tornar real algumas lacunas terão que ser ultrapassadas como a criação de programas de interoperabilidade entre sistemas de apoio à saúde.

5.2. Sugestões de trabalhos futuros

Como sugestão de um trabalho futuro, propõem-se a revisão bibliográfica de estudos de desenvolvimento de programas de interoperabilidade entre sistemas de apoio à saúde, onde se inserem os sistemas de telemonitorização, e realização de uma proposta de programa de interoperabilidade com características ideias de modo a solucionar este problema que se irá intensificar num futuro próximo.

Referências bibliográficas

- [1] C. Dario, E. Luisotto, E. Dal Pozzo, S. Mancin, V. Aletras, S. Newman, L. Gubian, and C. Saccavini, "Assessment of Patients' Perception of Telemedicine Services Using the Service User Technology Acceptability Questionnaire," *Int. J. Integr. Care*, vol. 16, no. 2, pp. 1-11, 2016.
- [2] R. Wootton, K. Bahaadinbeigy, and D. Hailey, "Estimating travel reduction associated with the use of telemedicine by patients and healthcare professionals: proposal for quantitative synthesis in a systematic review.," *BMC Health Serv. Res.*, vol. 11, no. 1, pp. 185-195, 2011.
- [3] J. M. Rosen, L. Kun, R. E. Mosher, E. Grigg, R. C. Merrell, C. Macedonia, J. Klautt-Moreau, A. Price-Smith, and J. Geiling, "Cybercare 2.0: meeting the challenge of the global burden of disease in 2030," *Health Technol. (Berl.)*, vol. 6, no. 1, pp. 35-51, 2016.
- [4] T. Karhula, A.-L. Vuorinen, K. Raapysjarvi, M. Pakanen, P. Itkonen, M. Tepponen, U.-M. Junno, T. Jokinen, M. van Gils, J. Lahteenmaki, K. Kohtamaki, and N. Saranummi, "Telemonitoring and Mobile Phone-Based Health Coaching Among Finnish Diabetic and Heart Disease Patients: Randomized Controlled Trial.," *J. Med. Internet Res.*, vol. 17, no. 6, p. e153, 2015.
- [5] V. Wade and N. Stocks, "The Use of Telehealth to Reduce Inequalities in Cardiovascular Outcomes in Australia and New Zealand: A Critical Review," *Heart Lung and Circulation*, 2016.
- [6] World Health Organization, "Telehealth." [Online]. Available: <http://www.who.int/sustainable-development/health-sector/strategies/telehealth/en/>. [Accessed: 15-Dec-2016].
- [7] World Health Organization, "eHealth." [Online]. Available: <http://www.who.int/topics/ehealth/en/>. [Accessed: 15-Dec-2016].
- [8] J. Dzenowagis and G. Kernen, "Connecting for Health Global Vision, Local Insight," Genebra, 2005.
- [9] J. Dzenowagis, H. Eskandar, A. Powick, M. Watson, B. McCartney, and G. Chilcott, "Pacote de Ferramentas da Estratégia Nacional de eSaúde," Genebra, 2012.
- [10] M. Nour, K. Shelley, J. Dzenowagis, D. Zandi, and E. Kelley, "Atlas of eHealth country profiles. The use of eHealth in support of universal health coverage," Genebra, 2016.
- [11] P. Drury, R. Whittaker, R. Wootton, L. T. Car, R. P. Gupta, M. Kay, and P. Wilson, "Global diffusion of eHealth: Making universal health coverage achievable," Genebra, 2016.
- [12] C. Salisbury, C. Thomas, A. O'Cathain, A. Rogers, C. Pope, L. Yardley, S. Hollinghurst, T. Fahey, G. Lewis, S. Large, L. Edwards, A. Rowsell, J. Segar, S. Brownsell, and A. A. Montgomery, "TElehealth in CHronic disease: mixed-methods study to develop the TECH conceptual model for intervention design and evaluation.," *BMJ Open*, vol. 5, no. 2, p. e006448, 2015.
- [13] World Health Organization, "World Health Statistics - Monitoring Health For The SDGs," Genebra, 2016.

- [14] World Health Organization, "Life expectancy at birth." [Online]. Available: <http://apps.who.int/gho/data/node.sdg.le-1-map?lang=en#>. [Accessed: 05-Feb-2017].
- [15] A. Alwan, T. Armstrong, D. Bettcher, F. Branca, D. Chisholm, M. Ezzati, R. Garfield, D. MacLean, C. Mathers, S. Mendis, V. Poznyak, L. Riley, K. C. Tang, and C. Wild, "Global status report on noncommunicable diseases 2010," Geneva, 2010.
- [16] M. Suhrcke, R. a. Nugent, D. Stuckler, and L. Rocco, "Chronic disease: an economic perspective," Londres, 2006.
- [17] F. Sassi and J. Hurst, "The prevention of lifestyle-related chronic diseases: An economic framework," Paris, 2008.
- [18] D. Divajeva, T. Marsh, S. Logstrup, M. Kestens, P. Vemer, V. Kriaucioniene, S. Peresson, S. O'Kelly, A. Rito, and L. Webber, "Economics of chronic diseases protocol: cost-effectiveness modelling and the future burden of non-communicable disease in Europe.," *BMC Public Health*, vol. 14, no. 1, p. 456, 2014.
- [19] D. Abegunde, R. Beaglehole, S. Durivage, J. Epping-Jordan, C. Mathers, B. Shengelia, K. Strong, C. Tukuitonga, and N. Unwin, "Preventing Chronic Diseases: a Vital Investment," Geneva, 2005.
- [20] B. W. Ward, L. I. Black, N. Carolina, and S. Carolina, "State and Regional Prevalence of Diagnosed Multiple Chronic Conditions Among Adults Aged ≥ 18 Years – United States , 2014," Atlanta, 2016.
- [21] S. H. Van Oostrom, R. Gijzen, I. Stirbu, J. C. Korevaar, F. G. Schellevis, H. S. J. Picavet, and N. Hoeymans, "Time trends in prevalence of chronic diseases and multimorbidity not only due to aging: Data from general practices and health surveys," *PLoS One*, vol. 11, no. 8, pp. 1-15, 2016.
- [22] D. E. Bloom, E. Cafiero, E. Jané-Llopis, S. Abrahams-Gessel, L. Reddy Bloom, S. Fathima, A. B. Feigl, T. Gaziano, A. Hamandi, M. Mowafi, D. O'Farrell, E. Ozaltin, A. Pandya, K. Prettnner, L. Rosenberg, B. Seligman, A. Z. Stein, C. Weinstein, and J. Weiss, "The Global Economic Burden of Noncommunicable Diseases," Geneva, 2011.
- [23] K. Taylor, "Connected health - How digital technology is transforming health and social care," Londres, 2015.
- [24] European Commission, "Towards better prevention and management of chronic diseases." [Online]. Available: http://ec.europa.eu/health/newsletter/169/focus_newsletter_en.htm. [Accessed: 04-May-2017].
- [25] World Health Organization, "Noncommunicable diseases." [Online]. Available: http://www.who.int/topics/noncommunicable_diseases/en/. [Accessed: 04-Feb-2017].
- [26] T. H. I. Community, "Supporting Heart Failure Patient Transitions From Acute to Community Care With Home Telemonitoring Technology: A Protocol for a Provincial Randomized Controlled Trial (TEC4Home).," *JMIR Res. Protoc.*, vol. 5, no. 4, 2016.
- [27] H. Saner and E. Van Der Velde, "eHealth in cardiovascular medicine: A clinical update," *Eur. J. Prev. Cardiol.*, vol. 23, no. 2, pp. 5-12, 2016.
- [28] G. Paré, K. Moqadem, G. Pineau, and C. St-Hilaire, "Clinical effects of home telemonitoring in the context of diabetes, asthma, heart failure and hypertension: a systematic review.," *J. Med. Internet Res.*, vol. 12, no. 2, 2010.
- [29] C. Esteban, J. Moraza, M. Iriberry, U. Aguirre, B. Goiria, J. M. Quintana, M. Aburto, and A. Capelastegui, "Outcomes of a telemonitoring-based program (telePOC) in frequently hospitalized COPD patients," *Int. J. COPD*, vol. 11, no. 1, pp. 2919-2930,

- 2016.
- [30] I. C. Gyllensten, A. Crundall-Goode, R. M. Aarts, and K. M. Goode, "Simulated case management of home telemonitoring to assess the impact of different alert algorithms on work-load and clinical decisions," *BMC Med. Inform. Decis. Mak.*, vol. 17, no. 11, 2017.
- [31] P. Paper, "Technologies for Remote Patient Monitoring for Older Adults," Oakland, 2010.
- [32] F. Roig and F. Saigí, "Elementos facilitadores en la implantacion de servicios de telemedicina. Perspectiva de los profesionales implicados en su diseño y puesta en marcha," *An. Sist. Sanit. Navar.*, vol. 34, no. 2, pp. 235-244, 2011.
- [33] E. A. Krupinski and J. Bernard, "Standards and Guidelines in Telemedicine and Telehealth," *Healthcare*, vol. 2, pp. 74-93, 2014.
- [34] K. Rojahn, S. Laplante, J. Sloand, C. Main, A. Ibrahim, J. Wild, N. Sturt, T. Areteou, and K. I. Johnson, "Remote monitoring of chronic diseases: A landscape assessment of policies in four European countries," *PLoS One*, vol. 11, no. 5, pp. 1-15, 2016.
- [35] P. Finet, R. Le Bouquin Jeanns, O. Dameron, and B. Gibaud, "Review of current telemedicine applications for chronic diseases. Toward a more integrated system?," *IRBM*, vol. 36, no. 3, pp. 133-157, 2015.
- [36] American Chamber of Commerce to the European Union, "Revision of the medical devices and in vitro diagnostics regulatory framework Designing a safer and more robust system is crucial to safety and innovation," Bruxelas, 2015.
- [37] S. K. Gupta, "Medical Device regulations: a current perspective," *J. Young Pharm.*, vol. 8, no. 1, pp. 6-11, 2016.
- [38] Infarmed, "Dispositivos Médicos." [Online]. Available: http://www.infarmed.pt/web/infarmed/infarmed?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F&_101_assetEntryId=34197&_101_type=content&_101_urlTitle=dispositivo. [Accessed: 20-Apr-2017].
- [39] World Health Organization Global Observatory for eHealth, "Telemedicine: Opportunities and developments in Member States," Genebra, 2010.
- [40] World Health Organization, "Telemedicine." [Online]. Available: <http://www.who.int/goe/survey/2009/figures/en/index1.html>. [Accessed: 09-Feb-2017].
- [41] S. A. Hicks and V. R. Cimarolli, "The effects of telehealth use for post-acute rehabilitation patient outcomes," *J. Telemed. Telecare*, pp. 1-6, 2016.
- [42] J.-C. J. Healy, *Implementing e-health in developing countries: Guidance and principles*. Genebra, 2008.
- [43] E. J. Hurst, "Evolutions in Telemedicine: From Smoke Signals to Mobile Health Solutions," *J. Hosp. Librariansh.*, vol. 16, no. 2, pp. 174-185, 2016.
- [44] P. J. Cáceres-Méndez Ea, Castro-Díaz Sm, Gómez-Restrepo C, "Telemedicina: historia, aplicaciones y nuevas herramientas en el aprendizaje," *Univ. Médica*, vol. 52, no. 1, pp. 11-35, 2011.
- [45] H. A. Aziz and H. Abochar, "Telemedicine," *Clin. Lab. Sci.*, vol. 28, no. 4, pp. 256-260, 2015.
- [46] J. Bengner, "A review of telemedicine in accident and emergency: the story so far.," *J. Accid. Emerg. Med.*, vol. 17, no. 3, pp. 157-164, 2000.
- [47] H. Eren and J. G. Webster, *Telehealth and Mobile Health*, vol. II, no. 9. 2013.

- [48] J. Wang, M. Qiu, and B. Guo, "Enabling real-time information service on telehealth system over cloud-based big data platform," *J. Syst. Archit.*, vol. 72, pp. 69-79, 2015.
- [49] C. A. Nelson, J. Takeshita, K. A. Wanat, K. D. W. Bream, J. H. Holmes, H. C. Koenig, R. R. Roth, A. Vuppalapati, W. D. James, and C. L. Kovarik, "Impact of store-And-forward (SAF) teledermatology on outpatient dermatologic care: A prospective study in an underserved urban primary care setting," *J. Am. Acad. Dermatol.*, vol. 74, no. 3, pp. 484-490, 2016.
- [50] S. AlDossary, M. G. Martin-Khan, N. K. Bradford, and A. C. Smith, "A systematic review of the methodologies used to evaluate telemedicine service initiatives in hospital facilities," *Int. J. Med. Inform.*, vol. 97, pp. 171-194, 2017.
- [51] A. Chowriappa, R. Wirz, A. R. Ashammagari, Y. W. Seo, R. L. Bashshur, G. W. Shannon, B. R. Smith, D. C. Alverson, N. Antoniotti, W. G. Barsan, N. Bashshur, E. M. Brown, M. J. Coye, C. R. Doarn, S. Ferguson, J. Grigsby, E. A. Krupinski, J. C. Kvedar, J. Linkous, R. C. Merrell, T. Nesbitt, R. Poropatich, K. S. Rheuban, J. H. Sanders, A. R. Watson, R. S. Weinstein, P. Yellowlees, B. El-Sabawi, W. Magee III, S. Katsura, T. Suzuyama, K. Ohishi, S. AlDossary, M. G. Martin-Khan, N. K. Bradford, and A. C. Smith, "Prediction from expert demonstrations for safe tele-surgery," *Int. J. Autom. Comput.*, vol. 20, no. 9, pp. 26-34, 2013.
- [52] B. El-Sabawi and W. Magee III, "The evolution of surgical telementoring: current applications and future directions," *Ann. Transl. Med.*, vol. 4, no. 20, pp. 391-391, 2016.
- [53] S. Katsura, T. Suzuyama, and K. Ohishi, "Transmission control in multilateral system for teletraining," *Electron. Commun. Japan*, vol. 93, no. 12, pp. 26-34, 2010.
- [54] R. L. Bashshur, G. W. Shannon, B. R. Smith, D. C. Alverson, N. Antoniotti, W. G. Barsan, N. Bashshur, E. M. Brown, M. J. Coye, C. R. Doarn, S. Ferguson, J. Grigsby, E. A. Krupinski, J. C. Kvedar, J. Linkous, R. C. Merrell, T. Nesbitt, R. Poropatich, K. S. Rheuban, J. H. Sanders, A. R. Watson, R. S. Weinstein, and P. Yellowlees, "The empirical foundations of telemedicine interventions for chronic disease management.," *Telemed. J. E. Health.*, vol. 20, no. 9, pp. 769-800, 2014.
- [55] C. S. Kruse, P. Karem, K. Shifflett, L. Vegi, K. Ravi, and M. Brooks, "Evaluating barriers to adopting Telemedicine worldwide: A systematic review," *J. Telemed. Telecare*, pp. 1-9, 2016.
- [56] E. Commisioner, "eHealth in Europe," *The European Files (Les Dosiers Europeens)*, no. 17, Paris, 2009.
- [57] S. T. L'Esperance and D. J. Perry, "Assessing advantages and barriers to telemedicine adoption in the practice setting: A MyCareTeam™ exemplar," *J. Am. Assoc. Nurse Pract.*, vol. 28, no. 6, pp. 311-319, 2016.
- [58] H. J. Rogove, D. McArthur, B. M. Demaerschalk, and P. M. Vespa, "Barriers to telemedicine: survey of current users in acute care units.," *Telemed. J. E. Health.*, vol. 18, no. 1, pp. 48-53, 2012.
- [59] C. Sanders, A. Rogers, R. Bowen, P. Bower, S. Hirani, M. Cartwright, R. Fitzpatrick, M. Knapp, J. Barlow, J. Hendy, T. Chrysanthaki, M. Bardsley, and S. P. Newman, "Exploring barriers to participation and adoption of telehealth and telecare within the Whole System Demonstrator trial: a qualitative study," *BMC Heal. Serv Res*, vol. 12, no. 1, p. 220, 2012.
- [60] G. C. Lamprinakos, S. Asanin, T. Broden, A. Prestileo, J. Fursse, K. A. Papadopoulos, D. I. Kaklamani, and I. S. Venieris, "An integrated remote monitoring platform towards Telehealth and Telecare services interoperability," *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 308, pp. 23-37, 2015.

- [61] G. Paré, M. Jaana, and C. Sicotte, "Systematic Review of Home Telemonitoring for Chronic Diseases: The Evidence Base," *J. Am. Med. Informatics Assoc.*, vol. 14, no. 3, pp. 269-277, 2007.
- [62] R. C. Merrell and C. R. Doarn, "m-Health," *Telemed. e-Health*, vol. 20, no. 2, pp. 99-101, 2014.
- [63] J. D. Piette, H. Valverde, N. Marinec, R. Jantz, K. Kamis, C. L. de la Vega, T. Woolley, and B. Pinto, "Establishing an independent mobile health program for chronic disease self-management support in bolivia.," *Front. public Heal.*, vol. 2, no. 95, 2014.
- [64] World Health Organization, "Medical devices." [Online]. Available: http://www.who.int/medical_devices/full_definition/en/. [Accessed: 17-Mar-2017].
- [65] A. Gilroy and C. Spontoni, "Telemedicine: comparing EU and US application regulation," *eHealth Law Policy*, vol. 2, no. 12, pp. 9-11, 2007.
- [66] European Commission, "Regulatory framework of medical devices in the EU." [Online]. Available: http://ec.europa.eu/growth/sectors/medical-devices/regulatory-framework_en. [Accessed: 20-Apr-2017].
- [67] European Commission, *Medical Devices : Guidance document*. 2010.
- [68] H. Products Regulatory Authority, *Guide to Classification of a Medical Device HPRA Guide to Classification of a Medical Device*, no. April. Dublin, 2009.
- [69] FDA, "Classification of medical devices." [Online]. Available: <https://www.fda.gov/MedicalDevices/DeviceRegulationandGuidance/Overview/ClassifyYourDevice/default.htm>. [Accessed: 18-Mar-2017].
- [70] B. Cariou, D. Eddy, P. Schwarz, J. Gumprecht, U. Smith, N. Wareham, R. Kahn, A. Nicolucci, and D. Witte, "The diabetes epidemic and its impact on Europe," in *European Diabetes Leadership Forum*, 2012, p. 44.
- [71] S. H. Wild, J. Hanley, S. C. Lewis, J. A. McKnight, L. B. McCloughan, P. L. Padfield, R. A. Parker, M. Paterson, H. Pinnock, A. Sheikh, and B. McKinstry, "Supported Telemonitoring and Glycemic Control in People with Type 2 Diabetes: The Telescot Diabetes Pragmatic Multicenter Randomized Controlled Trial," *PLOS Med.*, vol. 13, no. 7, pp. 1-16, 2016.
- [72] R. Suzman and J. Beard, "Global Health and Aging," 2011.
- [73] D. A. Fitzsimmons, J. Thompson, C. L. Bentley, and G. A. Mountain, "Comparison of patient perceptions of Telehealth-supported and specialist nursing interventions for early stage COPD: a qualitative study," *BMC Health Serv. Res.*, vol. 16, no. 1, 2016.
- [74] C. Pedone and D. Lelli, "Systematic review of telemonitoring in copd: An update," *Pneumonol. Alergol. Pol.*, vol. 83, no. 6, pp. 476-484, 2015.
- [75] M. E. Craig, A. Hattersley, and K. C. Donaghue, "Definition, epidemiology and classification of diabetes in children and adolescents," *Pediatr. Diabetes*, vol. 15, no. 20, pp. 4-17, 2014.
- [76] E. Ushigome, S. Matsumoto, C. Oyabu, H. Ushigome, I. Yokota, G. Hasegawa, N. Nakamura, M. Tanaka, M. Yamazaki, and M. Fukui, "Olmesartan with azelnidipine versus with trichlormethiazide on home blood pressure variability in patients with type II diabetes mellitus," *J. Am. Soc. Hypertens.*, vol. 11, no. 3, pp. 140-147, 2016.
- [77] "HealthGO Mini." [Online]. Available: <http://www.edevice.com/products/healthgo-mini>. [Accessed: 08-Jun-2017].
- [78] "HealthGo Mini Contact." [Online]. Available: <http://www.edevice.com/contact>.

- [Accessed: 08-Jun-2017].
- [79] “Vitals360®.” [Online]. Available: <http://vocare.com/vitals360/>. [Accessed: 06-Jun-2017].
- [80] “VoCare® Shop.” [Online]. Available: <http://vocare.com/shop/>. [Accessed: 06-Jun-2017].
- [81] “VoCare® Contact.” [Online]. Available: <http://vocare.com/vocare-team/>. [Accessed: 06-Jun-2017].
- [82] “The Best Solution: Patients & families see value in the Vitals360.” [Online]. Available: <http://vocare.com/bestsolution/>. [Accessed: 06-Jun-2017].
- [83] VoCare®, *Vitals360® User Manual*, no. 13. VoCare®, 2013.
- [84] “CareHomePod.” [Online]. Available: <https://www.thsl.co.uk/products/carehomepod>. [Accessed: 08-Jun-2017].
- [85] “CareHomePod About Us.” [Online]. Available: <https://www.thsl.co.uk/about>. [Accessed: 08-Jun-2017].
- [86] S. Vivekanandan and M. Devanand, “Remote monitoring for diabetes disorder: Pilot study using InDiaTel prototype,” *Eur. Res. Telemed.*, vol. 4, no. 2, pp. 63-69, 2015.
- [87] M. Merone, C. Pedone, G. Capasso, R. Antonelli Incalzi, and P. Soda, “A decision support system for tele-monitoring COPD-related worrisome events.,” *IEEE J. Biomed. Heal. informatics*, vol. 2194, pp. 2168-2194, 2017.
- [88] S. Mulpuru, J. Mckay, P. E. Ronksley, K. Thavorn, D. M. Kobewka, and A. J. Forster, “Factors contributing to high-cost hospital care for patients with COPD,” *Int. J. COPD*, vol. 12, pp. 989-995, 2017.
- [89] J. A. Fonseca, A. Costa-Pereira, L. Delgado, L. N. Silva, M. Magalhães, M. G. Castel-Branco, and M. Vaz, “Pulmonary function electronic monitoring devices: A randomized agreement study,” *Chest J.*, vol. 128, no. 3, pp. 1258-1265, 2005.
- [90] P. Barría, F. Holguin, and S. Wenzel, “Asma Severa En Adultos: Enfoque Diagnóstico Y Tratamiento,” *Rev. Médica Clínica Las Condes*, vol. 26, no. 3, pp. 267-275, 2015.
- [91] M. Zamith, T. Cardoso, I. Matias, and M. J. Gomes, “Home telemonitoring of severe chronic respiratory insufficient and asthmatic patients,” *Rev. Port. Pneumol.*, vol. 15, no. 3, pp. 803-846, 2009.
- [92] M. Bonini, “Electronic health (e-Health),” *Curr. Opin. Pulm. Med.*, vol. 23, no. 1, pp. 21-26, 2017.
- [93] A. H. Y. Chan, H. K. Reddel, A. Apter, M. Eakin, K. Riekert, and J. M. Foster, “Adherence Monitoring and E-Health: How Clinicians and Researchers Can Use Technology to Promote Inhaler Adherence for Asthma,” *J. Allergy Clin. Immunol. Pract.*, vol. 1, no. 5, pp. 446-454, 2013.
- [94] L. A. Matiz, L. Robbins-Milne, M. C. Krause, P. J. Peretz, and J. C. Rausch, “Evaluating the Impact of Information Technology Tools to Support the Asthma Medical Home.,” *Clin. Pediatr. (Phila)*, vol. 55, no. 2, pp. 165-70, 2016.
- [95] “Vitals360 Technical Specifications.” [Online]. Available: <http://vocare.com/tech-specs/>. [Accessed: 06-Jun-2017].
- [96] “iSpO2® Pulse Oximeter.” [Online]. Available: <http://masimopersonalhealth.com/products/ispo2-pulse-oximeter/>. [Accessed: 07-Jun-2017].
- [97] “The Leader in Pulse Oximetry.” [Online]. Available: <http://masimopersonalhealth.com/about-us/>. [Accessed: 07-Jun-2017].
- [98] “Masimo Shop.” [Online]. Available: <http://masimopersonalhealth.com/shop/>.

- [Accessed: 07-Jun-2017].
- [99] C. Wilson, S. M. Campbell, K. A. Luker, and A. L. Caress, “Referral and management options for patients with chronic kidney disease: Perspectives of patients, generalists and specialists,” *Heal. Expect.*, vol. 18, no. 3, pp. 325-334, 2015.
- [100] P. Singh, S.-E. Ricksten, G. Bragadottir, B. Redfors, and L. Nordquist, “Renal oxygenation and haemodynamics in acute kidney injury and chronic kidney disease,” *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.*, vol. 40, no. 2, pp. 138-147, 2013.
- [101] G. Trifirò, P. M. Fatuzzo, V. Ientile, V. Pizzimenti, C. Ferrajolo, D. Santoro, N. Camacho, J. Van Rosmalen, G. D’Addetta, P. Lanati, A. P. Caputi, G. Catinello, and V. Savica, “Expert opinion of nephrologists about the effectiveness of low-protein diet in different stages of chronic kidney disease (CKD),” *Int. J. Food Sci. Nutr.*, vol. 65, no. 8, pp. 1027-1032, 2014.
- [102] J. R. Cuevas, E. L. Dominguez, and Y. H. Velazquez, “Telemonitoring System for Patients with Chronic Kidney Disease Undergoing Peritoneal Dialysis,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 14, no. 4, pp. 2000-2006, 2016.
- [103] M. Raman, D. Green, R. J. Middleton, and P. A. Kalra, “Older People With Chronic Kidney Disease: Definition, and Influence of Biomarkers and Medications Upon Cardiovascular and Renal Outcomes,” *J. Ren. Care*, vol. 42, no. 3, pp. 150-161, 2016.
- [104] N. Thilly, J. Chanliou, L. Frimat, C. Combe, P. Merville, P. Chauveau, P. Bataille, R. Azar, D. Laplaud, C. Noël, and M. Kessler, “Cost-effectiveness of home telemonitoring in chronic kidney disease patients at different stages by a pragmatic randomized controlled trial (eNephro): rationale and study design,” *BMC Nephrol.*, vol. 18, no. 1, p. 126, 2017.
- [105] R. Walker, M. Marshall, and N. Polaschek, “Improving self-management in chronic kidney disease: a pilot study,” *Ren. Soc. Australas. J.*, vol. 9, no. 3, pp. 116-125, 2013.
- [106] “Our solutions empower patients to manage their care outside of the hospital.” [Online]. Available: <https://eqol.ca/index.php>. [Accessed: 11-Jun-2017].
- [107] “eQOL Mission.” [Online]. Available: <https://eqol.ca/index.php/mission>. [Accessed: 11-Jun-2017].
- [108] L. Jeffs, A. K. Jain, R. H. Man, N. Onabajo, L. Desveaux, J. Shaw, J. Hensel, P. Agarwal, M. Saragosa, T. Jamieson, I. Wong, M. Maione, and R. S. Bhatia, “Exploring the utility and scalability of a telehomecare intervention for patients with chronic kidney disease undergoing peritoneal dialysis—a study protocol,” *BMC Nephrol.*, vol. 18, no. 1, p. 155, 2017.
- [109] E. Kenne, K. F. Nickel, A. T. Long, T. A. Fuchs, E. X. Stavrou, F. R. Stahl, and T. Renné, “Factor XII: A novel target for safe prevention of thrombosis and inflammation,” *J. Intern. Med.*, vol. 278, no. 6, pp. 571-585, 2015.
- [110] A. C. O. Araújo, R. B. Domingues, and B. van Bellen, “Determinação do INR: Comparação entre método convencional e dispositivo portátil,” *J. Vasc. Bras.*, vol. 13, no. 2, pp. 88-93, 2014.
- [111] F. Ferreira, E. Antunes, R. C. Neves, F. Farias, P. Malveiro, H. Choon, A. Galrinho, and R. Cruz Ferreira, “INR telemonitoring: Efficacy and safety of a telemonitoring program in 453 patients,” *Acta Med. Port.*, vol. 25, no. 5, pp. 297-300, 2012.
- [112] C. A. S. Furtado and A. Silva, “Anticoagulantes 2000-2013,” 2014.
- [113] “Philips About.” [Online]. Available: <http://www.usa.philips.com/healthcare/about/philips>. [Accessed: 09-Jun-2017].

- [114] “eCareCompanion patient app.” [Online]. Available: <http://www.usa.philips.com/healthcare/product/HCTN483/ecarecompanion-patient-app-your-patients-gateway-to-care>. [Accessed: 09-Jun-2017].
- [115] “Contact Us.” [Online]. Available: <https://www.honeywelllifecare.com/contact-us/>. [Accessed: 09-Jun-2017].
- [116] “No Title.” [Online]. Available: <https://www.honeywelllifecare.com/lifestream-products/legacy-products-and-software/genesis-telemonitor/>. [Accessed: 09-Jun-2017].
- [117] “Genesis Telemonitor - Targeted Solution.” [Online]. Available: <https://www.honeywelllifecare.com/lifestream-products/legacy-products-and-software/genesis-telemonitor/>. [Accessed: 09-Jun-2017].
- [118] “Continuous Monitoring.” [Online]. Available: <http://pyramidhhs.com/index.php/services/home-health/missouri-telemonitoring-remote-disease-management>. [Accessed: 09-Jun-2017].
- [119] “Contact Us.” [Online]. Available: <http://pyramidhhs.com/index.php/contact-us>. [Accessed: 09-Jun-2017].
- [120] M. Tadic, E. Pieske-Kraigher, C. Cuspidi, M. Genger, D. A. Morris, K. Zhang, N. A. Walther, and B. Pieske, “Left ventricular strain and twisting in heart failure with preserved ejection fraction: an updated review,” *Heart Fail. Rev.*, vol. 22, no. 3, pp. 371-379, 2017.
- [121] L. Knox, R. J. Rahman, and C. Beedie, “Quality of life in patients receiving telemedicine enhanced chronic heart failure disease management: A meta-analysis,” *J. Telemed. Telecare*, pp. 1-11, 2016.
- [122] P. Pazos-López, J. Peteiro-Vázquez, A. Carcía-Campos, L. García-Bueno, J. P. A. de Torres, and A. Castro-Beiras, “The causes, consequences, and treatment of left or right heart failure,” *Vasc. Health Risk Manag.*, vol. 7, no. 1, pp. 237-254, 2011.
- [123] S. X. Liu, R. Xiang, C. Lagor, N. Liu, and K. Sullivan, “Economic Modeling of Heart Failure Telehealth Programs: When Do They Become Cost Saving?,” *Int. J. Telemed. Appl.*, 2016.
- [124] N. N. Castellano, J. A. Gazquez, R. M. Garcia Salvador, A. Gracia-Escudero, M. Fernandez-Ros, F. Manzano-Agugliaro, S. Emani, T. Karhula, A.-L. Vuorinen, K. Raapysjarvi, M. Pakanen, P. Itkonen, M. Tepponen, U.-M. Junno, T. Jokinen, M. van Gils, J. Lahteenmaki, K. Kohtamaki, N. Saranummi, G. C. Lamprinakos, S. Asanin, T. Broden, A. Prestileo, J. Fursse, K. A. Papadopoulos, D. I. Kaklamani, I. S. Venieris, R. C. Merrell, C. R. Doarn, G. Paré, M. Jaana, C. Sicotte, J. D. Piette, H. Valverde, N. Marinec, R. Jantz, K. Kamis, C. L. de la Vega, T. Woolley, B. Pinto, and K. Taylor, “Remote Monitoring to Reduce Heart Failure Readmissions,” *J. Med. Internet Res.*, vol. 14, no. August, pp. 23-37, 2015.
- [125] R. Danielsen, G. Thorgeirsson, H. Einarsson, Ö. Ólafsson, T. Aspelund, T. B. Harris, L. Launer, and V. Gudnason, “Prevalence of heart failure in the elderly and future projections: the AGES-Reykjavík study,” *Scand. Cardiovasc. J.*, pp. 1-7, 2017.
- [126] “TCare Empresa.” [Online]. Available: <http://www.tcare.pt/empresa/>. [Accessed: 04-Jun-2017].
- [127] “TCare Cardio Monitor.” [Online]. Available: <http://www.tcare.pt/servicos/tcare-cardio-monitor/>. [Accessed: 04-Jun-2017].
- [128] “Cardiac Monitoring Service.” [Online]. Available: <http://www.shl-telemedicine.com/solutions-products/consumers/cardiac-monitoring-service/>. [Accessed: 08-Jun-2017].
- [129] “Contact Us.” [Online]. Available: <http://www.shl-telemedicine.com/contact-us>

- 2/. [Accessed: 08-Jun-2017].
- [130] “Our Clients.” [Online]. Available: <http://www.shl-telemedicine.com/about-us/our-clients/>. [Accessed: 08-Jun-2017].
- [131] “SmartHeart.” [Online]. Available: <http://www.shl-telemedicine.com/portfolio/smartheart/>). [Accessed: 08-Jun-2017].
- [132] I. Martín-Lesende, E. Orruño, A. Bilbao, I. Vergara, M. C. Cairo, J. C. Bayón, E. Reviriego, M. I. Romo, J. Larrañaga, J. Asua, R. Abad, and E. Recalde, “Impact of telemonitoring home care patients with heart failure or chronic lung disease from primary care on healthcare resource use (the TELBIL study randomised controlled trial),” *BMC Health Serv. Res.*, vol. 13, no. 118, 2013.
- [133] J. C. Talwana and H. J. Hua, “Smart World of Internet of Things (IoT) and Its Security Concerns,” in *Smart World of Internet of Things (IoT) and Its Security Concerns*, 2016, pp. 240-245.
- [134] A. Park, H. Chang, and K. J. Lee, “Action Research on Development and Application of Internet of Things Services in Hospital,” *Helatcare Res. Inf.*, vol. 23, no. 1, pp. 25-34, 2017.
- [135] F. Wortmann and K. Flüchter, “Internet of Things: Technology and Value Added,” *Bus. Inf. Syst. Eng.*, vol. 57, no. 3, pp. 221-224, 2015.
- [136] I. Bisio, F. Lavagetto, M. Marchese, and A. Sciarrone, “Comparison of situation awareness algorithms for remote health monitoring with smartphones,” in *IEEE Globecom 2014 - Symposium on Selected Areas in Communications: GC14 SAC e-Health*, 2014, pp. 2454-2459.
- [137] K. S. Velrani and G. Geetha, “Sensor based healthcare information system,” in *2016 IEEE Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR)*, 2016, pp. 86-92.
- [138] S. S. Mathew, S. Paul, and P. P. D., “Continuous Health Monitoring using Smartphones - A Case-Study for Monitoring Diabetic Patients in UAE,” in *12th International Conference on Innovations in Information Technology (IIT Continuous)*, 2016, pp. 61-65.
- [139] M. Hassanali, A. Page, T. Soyata, G. Sharma, M. Aktas, G. Mateos, B. Kantarci, and S. Andreescu, “Health Monitoring and Management Using Internet-of-Things (IoT) Sensing with Cloud-Based Processing: Opportunities and Challenges,” in *Proceedings - 2015 IEEE International Conference on Services Computing, SCC 2015*, 2015, pp. 285-292.
- [140] S. F. Khan, “Health Care Monitoring System in Internet of Things (IoT) by Using RFID,” in *2017 the 6th International Conference on Industrial Technology and Management Health*, 2017, pp. 198-204.
- [141] S. Alma, N. Jasmin, S. Nermin, and M. Aljo, “Improving energy-efficiency of real-Time health monitoring using wireless sensors and smartphones,” 2016, pp. 396-399.
- [142] A. Majeed, “Internet of Things (IoT): A verification framework,” in *IEEE*, 2017, pp. 2-4.
- [143] C. Pereira, A. Pinto, D. Ferreira, and A. Aguiar, “Experimental Characterisation of Mobile IoT Application Latency,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 4662, 2017.
- [144] N. Zaman and F. A. Almusalli, “Review : Smartphones Power Consumption & Energy,” in *Conference: 2017 International Conference on Innovations in Electrical Engineering and Computational Technologies (ICIEECT)*, 2017.
- [145] R. Negra, I. Jemili, and A. Belghith, “Wireless Body Area Networks: Applications and Technologies,” in *The Second International Workshop on Recent Advances on*

- Machine-to-Machine Communications*, 2016, vol. 83, pp. 1274-1281.
- [146] A. Del Campo, L. Cintoni, S. Spinsante, and E. Gambi, "Analysis and tools for improved management of connectionless and connection-oriented BLE devices coexistence," *Sensors*, vol. 17, no. 4, 2017.
- [147] E. Leão, F. Vasques, P. Portugal, R. Moraes, and C. Montez, "Alternative Path Communication in Wide-Scale Cluster-Tree Wireless Sensor Networks using Inactive Periods," *submetido para Sensors J.*, pp. 1-32, 2016.
- [148] D. Zhong, H. Lv, J. Han, and Q. Wei, "A practical application combining wireless sensor networks and internet of things: Safety management system for tower crane groups," *Sensors*, vol. 14, no. 8, pp. 13794-13814, 2014.
- [149] K. A. Parane, N. C. Patil, S. R. Poojara, and T. S. Kamble, "Cloud based Intelligent Healthcare Monitoring System," in *2014 International Conference on Issues and Challenges in Intelligent Computing Techniques (ICICT)*, 2014, pp. 697-701.
- [150] S. Supriya and S. Padaki, "Data Security and Privacy Challenges in Adopting Solutions for IOT," in *2016 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*, 2016, pp. 410-415.
- [151] H. Jayakumar, K. Lee, W. S. Lee, A. Raha, Y. Kim, and V. Raghunathan, "Powering the internet of things," in *Proceedings of the 2014 international symposium on Low power electronics and design*, 2014, pp. 375-380.
- [152] D. H. Gawali and V. M. Wadhaj, "Recent trends in energy management of wireless wearable bio sensor design," in *Proceedings of 2017 11th International Conference on Intelligent Systems and Control, ISCO 2017*, 2017, pp. 408-412.
- [153] A. Sugathan, G. G. Roy, G. J. Kirthyvijay, and J. Thomson, "Application of Arduino based platform for wearable health monitoring system," in *2013 IEEE 1st International Conference on Condition Assessment Techniques in Electrical Systems, IEEE CATCON 2013 - Proceedings*, 2013, pp. 1-5.
- [154] K. K. Patil and B. P. Vijayakumar, "A cognitive based context-aware personalized medical assistance, A mobile application," in *Proceedings of the 2012 World Congress on Information and Communication Technologies, WICT 2012*, 2012, pp. 634-638.
- [155] E. Park and H. S. Nam, "A service-oriented medical framework for fast and adaptive information delivery in mobile environment," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 13, no. 6, pp. 1049-1056, 2009.
- [156] M. Mehrabani, S. Bangalore, and B. Stern, "Personalized speech recognition for Internet of Things," in *IEEE World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2015 - Proceedings*, 2016, pp. 369-374.
- [157] A. Triantafyllidis, C. Velardo, S. Shah, L. Tarassenko, T. Chantler, C. Paton, and K. Rahimi, "Supporting Heart Failure Patients Through Personalized Mobile Health Monitoring," in *Proceedings of the 4th International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare - "Transforming healthcare through innovations in mobile and wireless technologies,"* 2014, pp. 287-290.
- [158] Y. L. Chen, Y. P. Huang, H. H. Chiang, and T. T. Lee, "Ubiquitous knowledge-based framework for personalized home healthcare systems," in *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, ICNSC 2014*, 2014, pp. 673-678.
- [159] Abbott, "FreeStyle Libre," 2017. [Online]. Available: <https://www.freestylelibre.pt/>. [Accessed: 21-May-2017].

- [160] A. F. Ólafsdóttir, S. Attvall, U. Sandgren, S. Dahlqvist, A. Pivodic, S. Skrtic, E. Theodorsson, and M. Lind, "A Clinical Trial of the Accuracy and Treatment Experience of the Flash Glucose Monitor FreeStyle Libre in Adults with Type 1 Diabetes," *Diabetes Technol. Ther.*, vol. 19, no. 3, pp. 164-172, 2017.
- [161] Abbott, "Sensor." [Online]. Available: <http://www.freestylelibre.pt/freestyle-libre-kit-sensor-pt.html>. [Accessed: 21-May-2017].
- [162] A. J. Bandodkar, W. Jia, C. Yard, X. Wang, J. Ramirez, and J. Wang, "Tattoo-Based Noninvasive Glucose Monitoring: A Proof-of-Concept Study," *Analytical Chem.*, vol. 87, no. 1, pp. 394-398, 2015.
- [163] *Cobas h 232 Manual do Operador Versão do manual*. Amadora: Roche, 2016.
- [164] M. Noro, D. Anzai, and J. Wang, "Common-mode noise cancellation circuit for wearable ECG," *Healthc. Technol. Lett.*, vol. 4, no. 2, pp. 64-67, 2017.
- [165] N. Lokare, L. Gonzalez, and E. Lobaton, "Comparing Wearable Devices with Wet and Textile Electrodes for Activity Recognition," in *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2016 IEEE 38th Annual International Conference of the*, 2016, pp. 3539-3542.
- [166] *Cobas h 232 Descrição de Características*. Amadora: Roche, 2017.