



Relatório de Projeto

Mestrado em Engenharia Informática – Computação Móvel

***MOVIDA.EROS – PRESCRIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE
EXERCÍCIO FÍSICO PARA PACIENTES EM PROGRAMAS
DE REABILITAÇÃO CARDÍACA***

Emanuel Quaresma Moreira da Silva

Leiria, *outubro* de 2018



Relatório de Projeto

Mestrado em Engenharia Informática – Computação Móvel

***MOVIDA.EROS – PRESCRIÇÃO INDIVIDUALIZADA
DE EXERCÍCIO FÍSICO PARA PACIENTES EM
PROGRAMAS DE REABILITAÇÃO CARDÍACA***

Emanuel Quaresma Moreira da Silva

Projeto de Mestrado realizado sob a orientação do Doutor Ricardo Martinho, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, e coorientação do Doutor Rui Rijo, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, e do Doutor Rui Pinto, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, *outubro* de 2018

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

Aproveito esta secção para agradecer a todos aqueles que, de alguma forma, me ajudaram ao longo do Mestrado em Engenharia Informática – Computação Móvel. Todo o apoio prestado por estas e por outras pessoas foi imprescindível para a conclusão bem-sucedida do curso, e por tal deixo aqui as minhas palavras de agradecimento para com elas.

Agradeço aos meus orientadores, o Dr. Ricardo Martinho, o Dr. Rui Rijo e o Dr. Rui Pinto, pelo apoio e auxílio prestados ao longo do desenvolvimento do projeto. Agradeço também aos meus colegas de gabinete pela disponibilidade demonstrada para darem o seu *feedback* sobre o projeto quando tal era necessário.

Agradeço ao Centro Hospitalar de Leiria e aos profissionais de saúde responsáveis pelo programa de reabilitação cardíaca, o Dr. Alexandre Antunes e a Dr.^a Filipa Januário, por toda a disponibilidade demonstrada e pelo apoio que prestaram no desenvolvimento e no aperfeiçoamento do projeto. Agradeço ainda aos pacientes do programa de reabilitação cardíaca por terem concordado em testar o projeto e por terem dado o seu valioso *feedback* à equipa de desenvolvimento.

Por último, agradeço à minha família, em especial à minha mãe, ao meu pai, ao meu irmão e à minha namorada, por toda a compreensão demonstrada e por todo o apoio prestado ao longo desta fase tão importante do meu percurso, especialmente nos momentos de maior carga académica e emocional.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Resumo

Atualmente, a situação dos programas de reabilitação cardíaca em Portugal necessita de algumas melhorias para poder atender melhor os vários pacientes que sofrem de problemas cardíacos no país. Embora os benefícios da reabilitação cardíaca sejam amplamente reconhecidos, estes programas não estão a ser implementados com a celeridade que a evidência científica aconselha, principalmente devido à distribuição irregular dos centros de reabilitação pelo país. Neste contexto, surgiu a oportunidade de desenvolver um projeto que ajudasse, de alguma forma, a colmatar esta lacuna, tendo em consideração que projetos relacionados existentes não só não existem em português, como não se adequam às necessidades específicas da realidade portuguesa.

O objetivo do projeto MOVIDA.eros é aumentar a adesão dos pacientes aos programas de reabilitação cardíaca e ajudar os profissionais de saúde a monitorizar a saúde destes pacientes a partir de qualquer lugar e a qualquer momento. No âmbito do presente trabalho, desenvolveu-se, então, uma aplicação *web* (denominada *backoffice*) através da qual os profissionais de saúde podem monitorizar a atividade física dos pacientes pelos quais são responsáveis, emitindo prescrições de exercício físico adaptadas às necessidades de cada paciente e modificando as prescrições conforme se mostre necessário ao longo do tempo. Por outro lado, desenvolveu-se, também, uma aplicação móvel onde os pacientes podem consultar as prescrições e realizar os exercícios que lhes foram atribuídos, necessitando apenas de um dispositivo móvel (neste caso, um *smartphone*) para o fazer. Tanto a aplicação móvel como o *backoffice* foram testados junto dos pacientes e dos profissionais de saúde do Centro Hospitalar de Leiria, respetivamente, como forma de avaliar a usabilidade de ambas as aplicações e corrigir eventuais erros encontrados. Após a obtenção de um *feedback* positivo por parte dos utilizadores e após a implementação de todas as sugestões facultadas, o projeto deu-se, então, como concluído, tendo sido alcançado um nível de adequação, robustez e satisfação positivo e tendo cumprido todos os requisitos definidos inicialmente.

Palavras-chave: Aplicação Móvel, Computação Móvel, Monitorização da Atividade Física, Saúde e Bem-estar, Tecnologias para a Qualidade de Vida

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

The cardiac rehabilitation backdrop in Portugal is lacking much-needed improvements in order to better serve patients with different heart conditions. Although the beneficial results of cardiac rehabilitation are widely acknowledged, it is not being implemented in an optimal way, with few rehabilitation centers irregularly distributed throughout the country. In this context, the opportunity arose to develop a project that would help to fill in this gap, considering there are currently no related projects that would fit the specific needs of the Portuguese context.

The MOVIDA.eros project aims to bring more people into cardiac rehabilitation programs and help physicians monitor their health anywhere they are. As part of the project, the team developed a web application (backoffice) which healthcare providers can use to monitor their patients' physical activity, as well as issue new physical exercise prescriptions or change existing prescriptions as necessary over time. On the other hand, a mobile application was also developed, which patients can use to access their prescriptions and perform any exercises that have been prescribed to them, which can be done simply by using a mobile device (in this case, a smartphone). Both the mobile application and the web application were tested with patients and healthcare providers at CHL (Centro Hospitalar de Leiria), respectively, in order to assess the usability of both apps and fix any problems that were found. After receiving positive feedback from every user and after implementing every suggestion given to the team, the project was then considered to be completed, having reached a positive degree of both robustness and satisfaction by all stakeholders and meeting every requirement that had initially been established.

Keywords: Mobile App, Mobile Computing, Physical Activity Monitoring, Health and Well-Being, Technologies for Quality of Life

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de figuras

Figura 1 - Aplicação Cardihab	6
Figura 2 - Aplicação PatientConnect	7
Figura 3 - Portal ClinicianConnect	7
Figura 4 - Aplicação Heart Failure Health Storylines.....	8
Figura 5 - Aplicação Vida Health	9
Figura 6 - Aplicação The Heart App.....	10
Figura 7 - Aplicação MyTherapy	10
Figura 8 - Metodologia Scrum	15
Figura 9 - Arquitetura do projeto	22
Figura 10 - Diagrama de instalação UML.....	24
Figura 11 - Backoffice - Página "Login"	29
Figura 12 - Serviço de autenticação do Firebase	30
Figura 13 - Métodos de login do serviço de autenticação do Firebase	31
Figura 14 - Firebase "Authentication" - Reposição da palavra-passe.....	31
Figura 15 - Backoffice - Erro na autenticação do utilizador.....	32
Figura 16 - Firebase "Database" - Tabela "Doctors"	33
Figura 17 - Backoffice - Página "Lista de Pacientes"	34
Figura 18 - Backoffice - Página "Registar Paciente"	34
Figura 19 - E-mail enviado após o registo de um novo utilizador.....	35
Figura 20 - Backoffice - Página "Paciente"	37
Figura 21 - Backoffice - Gráfico dos exercícios fora dos parâmetros	38
Figura 22 - Backoffice - Avisos de sintomas.....	38
Figura 23 - Backoffice - Página "Editar Prescrição"	39
Figura 24 - Backoffice - Área de acesso rápido para editar a prescrição.....	39
Figura 25 - Backoffice - Gráfico de uma prescrição editada	40
Figura 26 - Backoffice – Visualização das alterações à prescrição	40
Figura 27 - Backoffice - Caixa pop-up "Detalhes do Exercício"	41
Figura 28 - Backoffice - Página "Detalhes do Exercício"	42
Figura 29 - Backoffice - Página "Adicionar Prescrição"	42
Figura 30 - Escala de Borg.....	44
Figura 31 - Backoffice - Página "Histórico de Prescrições"	46

Figura 32 - Backoffice - Página "Mensagens"	48
Figura 33 - Backoffice - Aviso de novas mensagens na página "Lista de Pacientes"	48
Figura 34 - Backoffice – Visualização da mensagem.....	49
Figura 35 - Backoffice - página "Perfil do Paciente"	50
Figura 36 - Backoffice - Página "Editar Perfil do Médico"	51
Figura 37 - Backoffice - Modo Administrador: Gestão de Utilizadores	52
Figura 38 - Backoffice – Remoção de um profissional de saúde	52
Figura 39 - Aplicação móvel - Página "Login"	54
Figura 40 - Aplicação móvel - Exercícios - Hoje	55
Figura 41 - Aplicação móvel - Exercícios - Próximos.....	55
Figura 42 - Aplicação móvel - Exercícios - Não realizados	55
Figura 43 - Aplicação móvel - Exercícios - Realizados	55
Figura 44 - Aplicação móvel – Inserção da pulsação inicial	56
Figura 45 - Aplicação móvel – Início do exercício	56
Figura 46 - Aplicação móvel – Finalização do exercício	56
Figura 47 - Aplicação móvel - Sair do exercício	57
Figura 48 - Aplicação móvel – Inserção da pulsação final.....	57
Figura 49 - Aplicação móvel - Avaliação do esforço do exercício	57
Figura 50 - Aplicação móvel - Escala de Borg.....	57
Figura 51 - Aplicação móvel - Sintomas	58
Figura 52 - Aplicação móvel - Lista de sintomas	58
Figura 53 - Aplicação móvel - Exercício concluído	58
Figura 54 - Aplicação móvel - Detalhes do exercício realizado.....	60
Figura 55 - Aplicação móvel – Lista de prescrições.....	61
Figura 56 - Aplicação móvel - Detalhes da prescrição.....	61
Figura 57 - Aplicação móvel - Dieta	61
Figura 58 - Aplicação móvel – Visualização de mensagens	62
Figura 59 - Aplicação móvel – Envio de mensagem.....	62
Figura 60 - Aplicação móvel - Notificações push	63
Figura 61 - Aplicação móvel – Perfil do utilizador	64
Figura 62 - Aplicação móvel – Edição do perfil.....	64
Figura 63- Aplicação móvel – Recorte de imagem	65
Figura 65 - Aplicação móvel – Exercício realizado em modo offline.....	66
Figura 64 – Aplicação móvel – Modo offline.....	66

Figura 66 - Aplicação móvel – Exercício guardado no armazenamento local	67
Figura 67 - Dispositivo BLE - ESP32.....	69
Figura 68 - Dispositivo BLE - MAX30100	69
Figura 69 - Dispositivo BLE - Wemos Battery Shield	70
Figura 70 - Dispositivo BLE - Protótipo.....	70
Figura 71 – Aplicação móvel – Ícone de “relógio”.....	73
Figura 72 – Aplicação móvel – Página "Procurar dispositivos"	73
Figura 73 - Dispositivo BLE – Dispositivo emparelhado.....	73
Figura 74 - Aplicação móvel - Medição da pulsação em curso	74
Figura 75 - Dispositivo BLE - Medição da pulsação do paciente.....	74
Figura 76 - Dispositivo BLE - Erro na medição da pulsação	74
Figura 77 - Dispositivo BLE - Pulsação máxima excedida	74
Figura 78 - Erro na aplicação móvel comunicado durante os testes	80
Figura 79 - Estatísticas dos testes realizados	82
Figura 80 - Programa diário de marcha. Folha onde os pacientes registam os dados solicitados pelo profissional de saúde	93

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de tabelas

Tabela 1 - Tabela de comparação entre aplicações semelhantes	12
Tabela 2 - Códigos de erro do projeto.....	32
Tabela 3 - Tabela descritiva dos componentes de hardware do dispositivo BLE.....	94
Tabela 4 - Registo de versões do projeto MOVIDA.eros	95

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de siglas

API - Application Programming Interface

AVC - Acidente Vascular Cerebral

BLE – Bluetooth Low Energy

BPM – Batimentos por minuto

CES - Comissão de Ética para a Saúde

CHL – Centro Hospitalar de Leiria

CSS - Cascading Style Sheets

GATT - Generic Attribute Profile

GPS - Global Positioning System

HTML - Hypertext Markup Language

HTTP - Hypertext Transfer Protocol

HTTPS - Hypertext Transfer Protocol Secure

IDE - Integrated Development Environment

NoSQL – No Structured Query Language

PC – Personal Computer

PM – Pulsação Máxima

PMR – Pulsação Máxima Recomendada

PR – Pulsação em Repouso

PWA – Progressive Web App

SDK – Software Development Kit

SNS – Serviço Nacional de Saúde

UML - Unified Modeling Language

URL - Uniform Resource Locator

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XIII
LISTA DE SIGLAS	XV
ÍNDICE	XVII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Descrição do problema	1
1.2. Proposta de solução	2
1.3. Estrutura do relatório	4
2. REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1. A reabilitação cardíaca e as tecnologias móveis	5
2.2. Aplicações móveis identificadas e relacionadas com a reabilitação cardíaca	6
2.2.1. Cardihab	6
2.2.2. PatientConnect	7
2.2.3. Heart Failure Health Storylines	8
2.2.4. Vida Health	9
2.2.5. The Heart App	10
2.2.6. MyTherapy	10
2.2.7. Análise e comparação das aplicações	11
2.3. Desafios do projeto	13
3. METODOLOGIA	15
3.1. Desenvolvimento do projeto e iterações	16
3.2. Reuniões com o cliente	17
3.3. Ferramentas de gestão do projeto	17
4. ARQUITETURA E TECNOLOGIAS UTILIZADAS	19

4.1.	Principais requisitos do projeto	19
4.1.1.	Requisitos funcionais	19
4.1.2.	Requisitos não-funcionais	20
4.2.	Arquitetura do projeto	21
4.3.	Soluções tecnológicas utilizadas	24
4.3.1.	Aplicação móvel	25
4.3.2.	Aplicação <i>web</i> de <i>backoffice</i>	26
4.3.3.	Servidor aplicacional (Plataforma Firebase)	26
5.	FUNCIONALIDADES IMPLEMENTADAS	29
5.1.	Aplicação <i>web</i> de <i>backoffice</i>	29
5.1.1.	Autenticação	29
5.1.2.	Consulta e registo de pacientes	33
5.1.3.	Visualização e monitorização de pacientes	36
5.1.4.	Edição da prescrição em curso	38
5.1.5.	Visualização dos detalhes do exercício	41
5.1.6.	Adição de novas prescrições	42
5.1.7.	Histórico de prescrições	46
5.1.8.	Mensagens e notificações <i>push</i>	47
5.1.9.	Perfil do paciente	50
5.1.10.	Perfil do profissional de saúde	50
5.1.11.	Modo de administrador	51
5.2.	Aplicação móvel	53
5.2.1.	Autenticação	54
5.2.2.	Exercícios	54
5.2.3.	Realização do exercício	56
5.2.4.	Exercícios realizados	59
5.2.5.	Prescrições de exercício	60
5.2.6.	Dieta	61
5.2.7.	Mensagens	62
5.2.8.	Perfil do paciente	63
5.2.9.	Modo <i>offline</i>	65
5.3.	Dispositivo BLE – Registo automático de pulsações	68
5.3.1.	Especificações de <i>hardware</i> e <i>software</i>	69

5.3.2.	Descrição do serviço BLE	71
5.3.3.	Utilização do dispositivo BLE com a aplicação móvel	72
6.	VALIDAÇÃO E RESULTADOS OBTIDOS	75
6.1.	Testes realizados e resolução dos problemas detetados	75
6.1.1.	Testes contínuos	75
6.1.2.	Testes da versão alfa	76
6.1.3.	Testes da versão beta	78
6.1.4.	Testes piloto	79
6.1.5.	Testes em contexto real	80
6.2.	Análise aos testes realizados	81
7.	CONCLUSÃO	85
7.1.	Discussão dos resultados	85
7.2.	Desenvolvimentos subsequentes e propostas de trabalho futuro	86
	BIBLIOGRAFIA	88
	ANEXOS	93
Anexo 1.	Folha de registo para o programa diário de marcha	93
Anexo 2.	Tabela descritiva dos componentes de <i>hardware</i> do dispositivo BLE	94
Anexo 3.	Registo de versões do projeto MOVIDA.eros	95
Anexo 4.	Artigo científico	98

1. Introdução

As doenças cardiovasculares continuam no topo da lista das doenças que mais afetam a população portuguesa. Apesar de se ter constatado uma evolução positiva no combate a estas doenças nos últimos anos, estas continuam a ser a principal causa de morte na Europa, tendo uma expressão muito significativa em Portugal. De facto, cerca de 35 mil portugueses morrem anualmente por doenças cardiovasculares, o que representa um terço de toda a mortalidade da população [1]. Considerando a dimensão do problema no nosso país, e sabendo que o sedentarismo é um dos fatores que em muito contribui para a incidência, prevalência e reincidência de doenças cardiovasculares e para a recuperação ineficiente de pacientes que já sofreram episódios cardíacos, é necessário considerar a importância da implementação de estratégias de reabilitação que ajudem estes pacientes a ter uma vida longa e saudável. Neste sentido, tendo em conta o benefício comprovado da atividade física na recuperação de pacientes que sofrem de doenças cardíacas ou que foram submetidos a algum procedimento para tratamento deste tipo de doença, torna-se necessário promover programas de reabilitação cardíaca que permitam evitar recaídas e contribuam para uma boa recuperação destes pacientes, melhorando, em última instância, a sua qualidade de vida [2].

1.1. Descrição do problema

A reabilitação cardíaca é uma parte importante dos programas de saúde cardiovascular e é um método eficaz com resultados comprovados para tratar pacientes que sofreram algum tipo de episódio cardíaco, como, por exemplo, Acidente Vascular Cerebral (AVC) ou insuficiência cardíaca, ou que foram submetidos a procedimentos cirúrgicos ao coração (p. ex., angioplastia) [3]. Embora os seus resultados sejam evidentes e amplamente reconhecidos, o sistema de saúde português pode melhorar no que toca à presença de programas de reabilitação cardíaca no país. De facto, segundo consta em [2], seriam necessários pelo menos 100 programas de reabilitação cardíaca em Portugal para dar resposta a todos os pacientes que necessitam deste tipo de intervenção; porém, há menos de um quinto dos programas necessários em Portugal, sendo que muitos deles recebem menos de 50 admissões por ano. Além disso, os centros de reabilitação cardíaca existentes, além de escassos, são caracterizados por uma distribuição irregular e difusa, como se pode ver pelo facto de não existirem centros de reabilitação no Minho, em Trás-os-Montes, nas Beiras, no Ribatejo, no Alentejo e nas regiões insulares [4].

Já no que toca ao Centro Hospitalar de Leiria, embora os profissionais de saúde responsáveis pelo programa de reabilitação cardíaca prescrevam exercícios que os pacientes devem realizar em casa como complemento ao processo de reabilitação presencial, o método de controlo e monitorização destes exercícios não é realizado em tempo real, sendo apenas disponibilizada uma folha onde os pacientes registam os dados solicitados pelo profissional de saúde, como se pode ver no Anexo 1.

Estudos mostram que a probabilidade de adesão aos programas de reabilitação é muito menor se a participação nos programas for exclusivamente presencial e exigir que os pacientes percorram longas distâncias, o que coloca a acessibilidade no topo da lista de motivos que limitam a adesão a esta componente tão importante da reabilitação cardíaca. Além dos problemas de acessibilidade, os custos associados à deslocação aos centros de reabilitação são outro fator importante que restringe a participação nos programas. Outro aspeto importante a considerar é a falta de motivação para praticar exercício físico, o que pode dever-se à própria cultura de sedentarismo que continua a caracterizar o nosso país ou às próprias limitações dos pacientes, já que muitos deles sofrem de problemas que condicionam a sua vida diária, tanto a nível físico como a nível psicológico. Neste sentido, é de destacar a incidência de comorbidades em pacientes que já sofreram algum tipo de episódio cardíaco, como é o caso dos sintomas depressivos e outros problemas psicológicos, o que também dificulta a adesão aos tratamentos [5].

Por outro lado, no que toca aos próprios serviços e profissionais de saúde, a falta de formação em reabilitação cardíaca é também uma questão importante que coloca um entrave ao progresso dos programas de reabilitação cardíaca em Portugal. Em combinação com a falta de recursos financeiros e os limites de participação impostos, constata-se, portanto, um panorama no serviço de saúde português que restringe o sucesso dos programas de reabilitação e impede a melhoria da qualidade de vida de pacientes que sofrem deste tipo de doença.

Neste sentido, mostrou-se necessário encontrar uma solução que eliminasse ou reduzisse a necessidade de deslocação dos pacientes aos centros de reabilitação como forma de reduzir os custos para os mesmos e que, conseqüentemente, permitisse aumentar as taxas de adesão aos tratamentos e a permanência dos pacientes nos respetivos programas. Além disso, a solução deveria também possibilitar um acompanhamento remoto dos pacientes que permitisse monitorizar a sua situação em tempo real e, eventualmente, entrar em contacto com os mesmos caso se verificasse alguma situação irregular (p. ex., caso o paciente deixasse de realizar os exercícios prescritos). Era, ainda, importante assegurar que os profissionais de saúde pudessem acompanhar mais pacientes em simultâneo, uma vez que isso iria aumentar significativamente a capacidade de resposta e, em última instância, a eficiência do programa de reabilitação. Neste sentido, e considerando todos os requisitos referidos, a solução proposta neste trabalho consiste, então, na implementação de uma plataforma digital que liga os pacientes aos profissionais de saúde remotamente e que, dessa forma, visa colmatar estas mesmas lacunas, como veremos mais adiante.

1.2. Proposta de solução

Considerando o problema apresentado acima, a solução proposta consiste na implementação de uma plataforma digital associada ao programa de reabilitação cardíaca do Centro Hospitalar de Leiria que visa reduzir a deslocação dos pacientes ao centro de reabilitação sem aumentar os custos e a necessidade de recursos para os hospitais e profissionais de saúde. Esta solução surge numa realidade em que a reabilitação cardíaca está essencialmente

baseada numa componente presencial, em que os pacientes se deslocam às próprias instalações do hospital para realizar o processo de reabilitação (como acontece no Centro Hospitalar de Leiria).

Segundo o estudo de [6], que compara os efeitos da reabilitação cardíaca em regime ambulatorio com a reabilitação presencial em centros destinados a essa finalidade, ambos os regimes de reabilitação demonstram benefícios semelhantes e custos equivalentes para os pacientes. De acordo com o estudo, não se verificaram diferenças em termos de mortalidade, episódios cardíacos, qualidade de vida e custos de saúde, o que significa que os programas de reabilitação cardíaca ambulatorios têm uma eficácia semelhante aos realizados em centros específicos para esta finalidade. Deste modo, considerando os custos equivalentes e a eliminação da necessidade de deslocação a um centro de reabilitação, a utilização de programas de reabilitação em regime ambulatorio, nomeadamente através de uma aplicação remota, é uma opção atrativa para os pacientes que possivelmente poderá aumentar as suas taxas de adesão.

Neste contexto, é fundamental referir o papel da tecnologia e dos meios digitais na área da saúde, cuja utilização se estende a urgências hospitalares, blocos operatórios, departamentos hospitalares, entre outros. De facto, as ferramentas e dispositivos tecnológicos são extremamente valiosos para várias áreas distintas do setor da saúde e os programas de saúde cardiovascular e reabilitação cardíaca não são exceção [7].

São estas ferramentas e dispositivos que permitem a realização de programas de reabilitação em regime ambulatorio, permitindo a comunicação remota dos pacientes com os profissionais de saúde. Esta facilidade de comunicação deve-se essencialmente à utilização disseminada das tecnologias móveis que presenciamos atualmente, como é o caso dos *smartphones* e dos *tablets*. Estes facilitam a ligação entre o profissional de saúde e o paciente e possibilitam uma monitorização remota de todos os pacientes envolvidos sem aumentar os custos associados para o serviço de saúde, já que um mesmo médico pode monitorizar vários pacientes em simultâneo através de um simples dispositivo.

À luz do exposto, a solução proposta para colmatar as lacunas referidas anteriormente consiste numa plataforma digital que, por um lado, permite aos profissionais de saúde prescrever exercícios físicos e outras recomendações aos pacientes pelos quais são responsáveis e monitorizar a sua atividade física e o seu progresso e, por outro, permite aos pacientes consultar as prescrições do profissional de saúde e realizar os exercícios prescritos pelo mesmo. A plataforma MOVIDA.eros está, portanto, dividida em duas aplicações: uma aplicação *web* (denominada *backoffice*), utilizada pelos profissionais de saúde, e uma aplicação móvel, utilizada pelos pacientes. Deste modo, embora o profissional de saúde e o paciente não estabeleçam contacto presencial para a realização dos exercícios sob supervisão, estes mantêm um contacto constante e contínuo através da plataforma, que permite ao profissional de saúde estar sempre a par da situação dos pacientes pelos quais é responsável, prescrevendo exercícios personalizados e específicos para a condição do paciente e verificando o seu cumprimento das prescrições e recomendações indicadas.

1.3. Estrutura do relatório

O presente relatório divide-se em sete capítulos que, em conjunto, representam e detalham todo o trabalho desenvolvido ao longo do projeto em causa.

No primeiro capítulo, que corresponde ao presente capítulo introdutório, é descrito o atual panorama dos programas de reabilitação cardíaca em Portugal. Neste capítulo, é apresentada uma descrição do problema que levou à necessidade de desenvolvimento do projeto MOVIDA.eros, nomeadamente as debilidades que caracterizam os atuais programas de reabilitação existentes no país. É também apresentada a solução proposta para este problema, que passa, então, pela criação de um projeto que visa aperfeiçoar os programas existentes com a inclusão de uma componente ambulatória nos mesmos.

No segundo capítulo, apresenta-se o estudo da arte efetuado, onde são analisadas várias aplicações semelhantes no contexto em questão. Esta análise mostra as vantagens e desvantagens das várias aplicações analisadas e compara-as entre si, constituindo uma componente importante para entender as soluções que já estão disponíveis no mercado e apurar aquilo que o projeto em questão poderia vir acrescentar.

No terceiro capítulo é descrita a metodologia de trabalho utilizada no projeto, bem como os fatores considerados para a seleção da metodologia em questão. São também descritas as várias etapas/iteraões do projeto e as ferramentas de gestão do projeto que foram utilizadas para orientar o trabalho a realizar.

O quarto capítulo descreve a arquitetura do projeto e as tecnologias utilizadas para desenvolver o mesmo. São também descritos os requisitos funcionais e não-funcionais que serviram de base à sua conceção.

No quinto capítulo, são descritas todas as funcionalidades do projeto de forma mais detalhada, sendo também referidas as principais dificuldades encontradas ao longo do projeto e as soluções encontradas para as mesmas.

Já no sexto capítulo, apresenta-se uma análise dos resultados do projeto, inclusive uma descrição dos testes realizados e todos os problemas que foram sendo detetados ao longo da implementação das várias versões do projeto.

Por fim, o sétimo e último capítulo diz respeito à conclusão e foca-se na discussão dos resultados obtidos e em possíveis desenvolvimentos subsequentes e propostas de trabalho futuro, incluindo uma reflexão sobre o balanço final do projeto.

2. Revisão da literatura

Conforme mencionado anteriormente, os regimes de reabilitação cardíaca em caráter ambulatorio demonstram benefícios comparáveis aos programas de reabilitação presenciais [3]. Além disso, o avanço da tecnologia e a sua associação ao setor da saúde, nomeadamente a esta área específica, suporta ainda mais a implementação de programas domiciliários, baseados na utilização de plataformas e aplicações que permitem estabelecer uma ligação constante entre o profissional de saúde e o paciente.

2.1. A reabilitação cardíaca e as tecnologias móveis

Segundo [4], os programas de reabilitação cardíaca baseados na utilização de *smartphones* proporcionam uma flexibilidade consideravelmente maior aos pacientes, especialmente aos que se encontram em áreas rurais e remotas, onde o acesso às infraestruturas de saúde é limitado e os recursos são escassos. Esta flexibilidade e acessibilidade são algo que os dispositivos móveis vieram reforçar, permitindo que os pacientes estejam em constante contacto com o seu médico mesmo que seja impossível ou inconveniente deslocarem-se ao centro de reabilitação.

Atualmente, estima-se que existam 5 mil milhões de utilizadores de dispositivos móveis em todo o mundo [5] e esta abrangência deverá aumentar para cerca de 7 mil milhões no futuro, representando 95% da população mundial. Estes dados demonstram uma excelente oportunidade para aproveitar a disseminação das tecnologias e implementá-las em áreas onde a sua utilização ainda é subvalorizada, uma vez que, embora a chamada “saúde eletrónica” (*ehealth*) [6] seja utilizada em várias outras áreas da medicina, a reabilitação cardíaca ainda não demonstra um aproveitamento útil destas tecnologias.

O estudo de [7] visa testar a eficácia de uma aplicação de reabilitação cardíaca e, para tal, compara dois grupos de pacientes: um em que a reabilitação cardíaca é feita de modo tradicional e outro onde se utiliza uma aplicação móvel. Segundo o estudo, os pacientes atribuídos ao grupo onde se utilizava a aplicação demonstraram uma redução significativa do peso e da pressão arterial, além de apresentarem uma taxa significativamente menor de reinternamento e deslocação à urgência hospitalar (-40%), o que, mais uma vez, vem comprovar os benefícios da abordagem que se pretende implementar.

Já no estudo de [8], no qual se pretendia testar a usabilidade de várias versões de uma aplicação de reabilitação cardíaca (uma primeira versão e, posteriormente, versões revistas dessa mesma aplicação), concluiu-se que os pacientes mostraram um vasto interesse na funcionalidade de controlo das métricas de saúde (peso, pressão arterial, etc.). Além disso, os pacientes classificaram a probabilidade de utilizarem a aplicação numa escala de 0 a 100 e atribuíram uma pontuação de 76 e 87 à versão inicial e às versões revistas, respetivamente.

Estes dados comprovam que a utilização de tecnologias móveis na área de reabilitação cardíaca constitui um possível fator de adesão para os pacientes, comportando uma elevada atratividade para os mesmos.

2.2. Aplicações móveis identificadas e relacionadas com a reabilitação cardíaca

No contexto da atividade física e da saúde, muitas são as aplicações que podemos encontrar para registar uma série de dados biomédicos e controlar o progresso em relação às metas de exercício estabelecidas. No que toca à reabilitação cardíaca, existem algumas aplicações que podem ser utilizadas neste âmbito, nomeadamente por pacientes com doenças cardíacas ou outros problemas de saúde, embora muitas delas não sejam específicas de programas de reabilitação cardíaca.

De entre as soluções investigadas, foram selecionadas seis aplicações móveis que se encontram disponíveis na App Store (no caso do sistema operativo iOS) e na Google Play Store (no caso do sistema operativo Android). Estas aplicações foram selecionadas em detrimento de outras pelo facto de já estarem ou poderem ser incluídas num programa de reabilitação cardíaca, o que as tornaria equiparáveis à plataforma MOVIDA.eros. Além disso, considerou-se também o facto de serem aplicações que se encontram em funcionamento na atualidade e que estão disponíveis na Google Play Store ou na App Store (embora não seja possível descarregar algumas delas em Portugal).

Deste modo, o que se pretende nesta secção é apresentar algumas aplicações semelhantes à plataforma MOVIDA.eros e demonstrar as características de algumas das soluções já disponíveis no mercado, efetuando uma comparação entre elas como forma de construir um panorama geral do estado da arte atual.

2.2.1. Cardihab

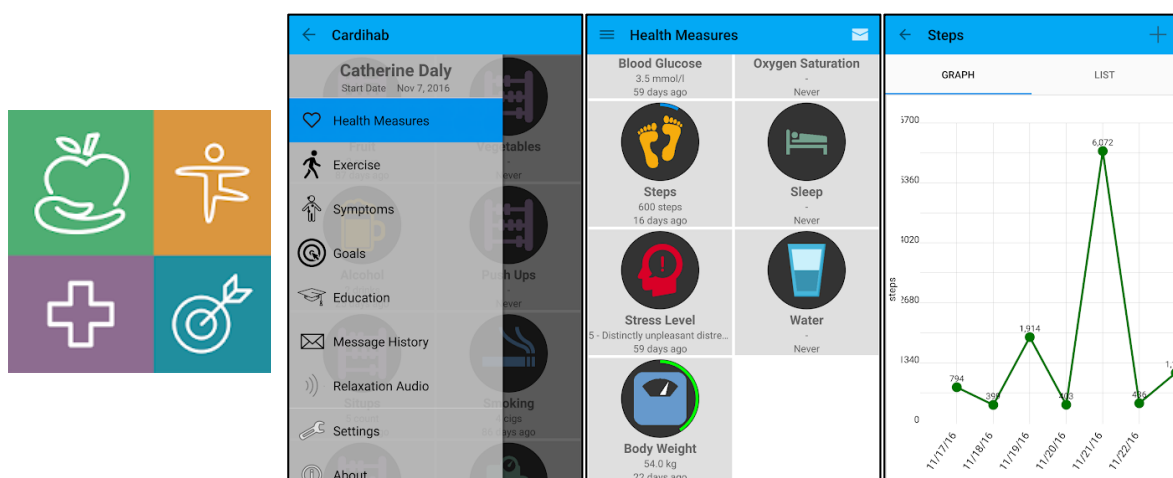


Figura 1 - Aplicação Cardihab

A aplicação Cardihab (Figura 1) consiste numa aplicação de reabilitação cardíaca que se divide numa aplicação móvel para *smartphones* e num portal para os profissionais de saúde, que complementam os programas de reabilitação tradicionais. A aplicação permite que os pacientes registem dados relevantes para o seu programa, nomeadamente métricas de saúde (p. ex., contagem de passos, pressão arterial, horas de sono, níveis de *stress* e outros componentes configurados pelo profissional de saúde através do portal), sessões de exercício físico e eventuais sintomas. A aplicação permite, ainda, monitorizar o cumprimento dos objetivos estabelecidos pelo paciente em conjunto com o médico, ler materiais educativos e receber notificações motivacionais ao longo do programa [9].

Nesta aplicação, a aquisição de dados consiste numa combinação de recolha manual e automática, sendo possível utilizar os sensores do telefone (p. ex., contador de passos) e outros dispositivos integrados. Além disso, o portal Cardihab oferece três modelos de reabilitação que os profissionais de saúde podem escolher consoante as necessidades específicas dos pacientes. Estes modelos são:

Reabilitação cardíaca tradicional – os pacientes frequentam um programa de reabilitação cardíaca tradicional e utilizam a aplicação para registar os seus dados. Contudo, e embora os dados introduzidos pelo paciente estejam disponíveis para o profissional de saúde, o contacto com o paciente é feito exclusivamente durante as sessões presenciais.

Reabilitação cardíaca remota – os pacientes realizam o seu programa de reabilitação cardíaca remotamente e estabelecem contacto com o profissional de saúde através de chamadas telefónicas.

Reabilitação cardíaca híbrida – os pacientes frequentam o programa de reabilitação cardíaca tradicional, mas têm a opção de realizar o programa remotamente caso não possam frequentar as sessões presenciais.

Esta aplicação está também disponível na App Store e na Google Play Store (embora não esteja disponível em Portugal). Contudo, destina-se apenas a pacientes integrados em programas de reabilitação cardíaca afiliados.

2.2.2. PatientConnect



Figura 2 - Aplicação PatientConnect

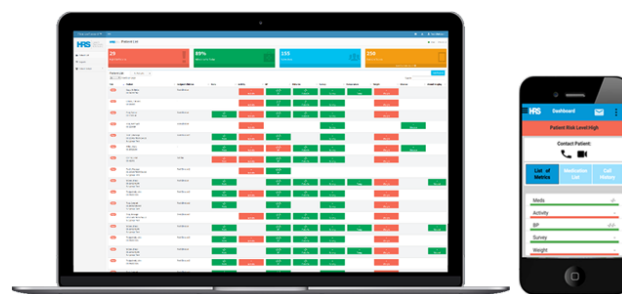


Figura 3 - Portal ClinicianConnect

A aplicação PatientConnect (Figura 2) é uma aplicação destinada a pacientes que sofrem de insuficiência cardíaca, diabetes, doença pulmonar obstrutiva crónica, entre outras doenças.

A aplicação fornece uma série de materiais educativos que ajudam os pacientes a tratar e gerir a sua condição específica e permite estabelecer metas associadas a um plano de cuidados específico. Além disso, o paciente pode, ainda, receber lembretes para tomar a sua medicação e registar dados biomédicos como peso, pressão arterial, temperatura, etc., e partilhá-los com o seu médico. Esta aplicação inclui também uma vertente de comunicação que permite que o paciente estabeleça contacto com o profissional de saúde através de chamadas de voz e chamadas de vídeo com a ajuda do portal ClinicianConnect (Figura 3). O profissional de saúde recebe, ainda, atualizações em tempo real sobre eventuais alterações ao estado de saúde do paciente [10].

Embora a aplicação não tenha sido desenvolvida especificamente para pacientes inscritos em programas de reabilitação cardíaca, esta pode ser utilizada nesse contexto, como comprova o estudo de [11], que demonstrou que os pacientes que utilizaram um *tablet* com a aplicação instalada no seu programa de reabilitação cardíaca apresentaram uma taxa de readmissão hospitalar de 8% em comparação a uma percentagem de 28% no caso dos pacientes que não utilizaram o *tablet*. Além disso, a percentagem de adesão foi de 84,38% e a adesão aos exercícios físicos foi de 77,09%, o que constitui uma boa taxa de adesão ao programa.

Esta aplicação é, portanto, disponibilizada aos pacientes num *tablet* fornecido pelo próprio hospital associado, não estando disponível ao público em geral. Além disso, os pacientes recebem ainda uma série de outros dispositivos que os ajudam a controlar a sua condição e a registar os seus dados biomédicos.

2.2.3. Heart Failure Health Storylines

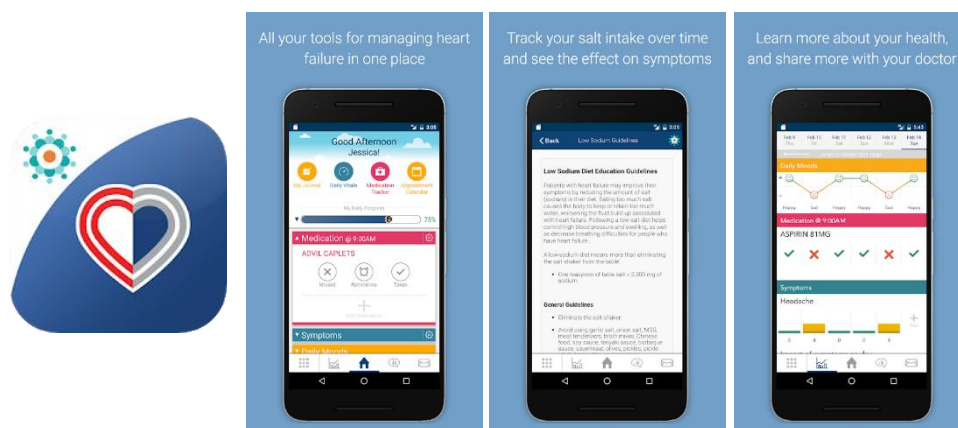


Figura 4 - Aplicação Heart Failure Health Storylines

A aplicação Heart Failure Health Storylines (Figura 4) destina-se a pacientes que sofrem de insuficiência cardíaca e inclui uma série de funcionalidades que visam promover a saúde e o bem-estar destes pacientes. A aplicação permite registar e visualizar dados como peso, índice de gordura corporal e pressão arterial sistólica e diastólica e permite introduzir medicações e configurar lembretes associados às mesmas. A aplicação permite, ainda, efetuar um registo de sintomas e efeitos secundários da medicação e permite sincronizar dados de outras aplicações e dispositivos. Além disso, oferece ainda um calendário onde o

paciente pode anotar as suas consultas, exames e outros procedimentos. Esta aplicação não inclui uma componente de contacto com o profissional de saúde, mas o paciente pode partilhar os dados registados com o mesmo [10].

A aplicação está igualmente disponível da App Store e na Google Play Store e é totalmente gratuita.

2.2.4. Vida Health

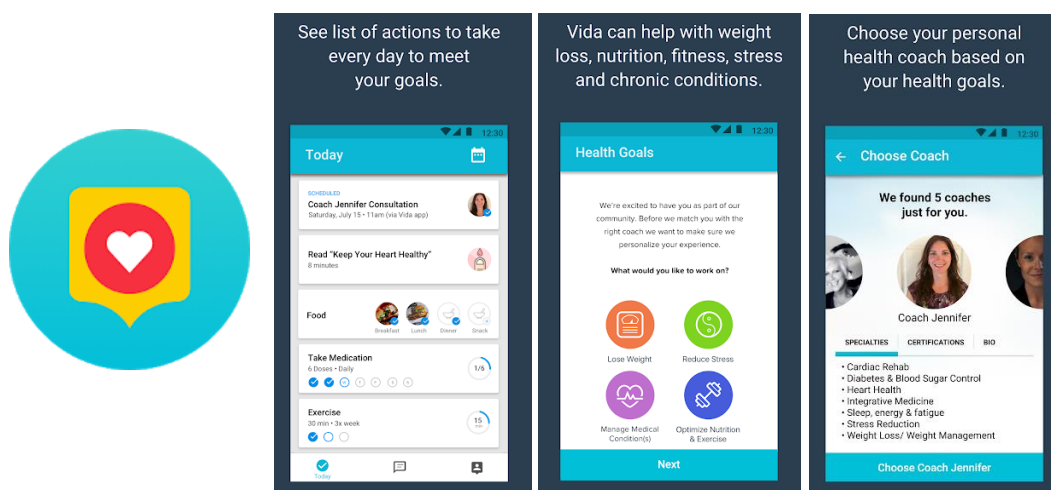


Figura 5 - Aplicação Vida Health

A aplicação Vida Health (Figura 5) consiste numa plataforma que ajuda os utilizadores a prevenir e tratar doenças como diabetes, hipertensão, ansiedade, apneia do sono, etc. A aplicação permite que o utilizador escolha um treinador pessoal para o ajudar a lidar com a sua condição específica e a cumprir os seus objetivos, que podem variar entre perder peso, deixar de fumar ou até reduzir o nível de *stress*. Com a ajuda do treinador, o utilizador elabora um plano adaptado às suas necessidades específicas e estabelece as metas que pretende atingir ao longo do plano, podendo, posteriormente, estabelecer contacto com o treinador por mensagem ou por videoconferência. O utilizador pode controlar o seu progresso através de gráficos simplificados e pode registar os seus dados diretamente na aplicação ou sincronizar os dados através de outros dispositivos e aplicações [12].

Embora a aplicação Vida Health não seja específica para pacientes integrados em programas de reabilitação cardíaca, esta pode ser utilizada nesse âmbito, tal como comprova o estudo [13], que testou a aplicação durante quatro semanas em pacientes que sofreram enfarte agudo do miocárdio. Os resultados do estudo foram positivos e os pacientes demonstraram um grande nível de satisfação com a aplicação, afirmando terem conseguido manter um bom nível de atividade física através do programa estabelecido com o treinador pessoal.

A aplicação está disponível da App Store e na Google Play Store e disponibiliza três pacotes de subscrição diferentes: subscrição de um mês – 75 US\$/mês; subscrição de 3 meses – 70 US\$/mês; subscrição de 12 meses – 65 US\$/mês. Todos os pacotes incluem um período experimental gratuito de 7 dias.

2.2.5. The Heart App

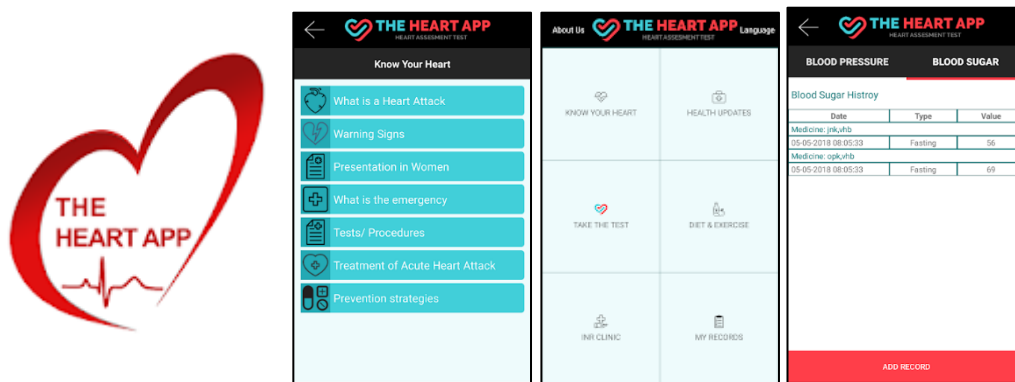


Figura 6 - Aplicação The Heart App

A aplicação The Heart App (Figura 6) destina-se à população geral e tem como objetivo ajudar uma pessoa a determinar se a dor ou desconforto que sente no peito se deve a problemas do coração. Considerando que existem vários sinais e sintomas que denunciam o possível início de um ataque cardíaco, esta aplicação pretende prevenir a sua ocorrência através de um sistema baseado em perguntas e respostas que ajuda o utilizador a determinar a probabilidade de sofrer um ataque cardíaco consoante os sintomas referidos. A aplicação fornece, ainda, um conjunto de informações importantes sobre doenças cardíacas que reforça ainda mais esta vertente de prevenção [14].

Especificamente, a aplicação contém uma secção de registos onde o utilizador pode manter um diário dos seus valores (p. ex., pressão arterial, glicemia, etc.) e registar a sua medicação. Contém também uma secção sobre alimentação e atividade física, que fornece informações relevantes sobre como manter um estilo de vida saudável.

A aplicação é gratuita e está disponível na App Store e na Google Play Store.

2.2.6. MyTherapy



Figura 7 - Aplicação MyTherapy

A aplicação MyTherapy (Figura 7) consiste numa aplicação cuja principal função é a emissão de lembretes para lembrar os utilizadores de tomar a sua medicação no momento apropriado. A aplicação destina-se a qualquer pessoa (quer sofra de algum problema de saúde específico ou não) e permite que o utilizador introduza manualmente os dados da medicação que precisa de tomar e defina horas e doses específicas de acordo com as instruções prescritas pelo seu médico. Com estes dados, a aplicação envia alarmes e notificações *pop-up* para o dispositivo do utilizador e torna mais fácil a adesão aos tratamentos prescritos pelo médico. Além disso, a aplicação inclui, ainda, um diário de saúde digital que permite que os utilizadores registem sintomas, efeitos secundários da medicação e dados biomédicos como pressão arterial e peso.

Embora esta aplicação não seja específica para pacientes incluídos em programas de reabilitação cardíaca, esta pode ser utilizada nesse âmbito, uma vez que estes pacientes necessitam, muitas vezes, de tomar medicação para controlar a sua condição de saúde [15]. A aplicação não inclui, porém, uma componente de contacto entre o profissional de saúde e o utilizador, não podendo o primeiro monitorizar as prescrições e as restantes informações introduzidas pelo utilizador em tempo real. O utilizador pode, no entanto, imprimir o seu diário digital (que inclui gráficos simplificados para facilitar a leitura) e partilhá-lo com o médico. Esta aplicação constitui apenas um exemplo de aplicações que funcionam como lembretes de medicação, havendo outras que podem ser utilizadas para a mesma finalidade. Contudo, esta inclui algumas funcionalidades adicionais que lhe acrescentam algum valor em relação a outras aplicações do mesmo género e está um pouco mais orientada para o campo em questão no presente relatório, motivo pelo qual foi incluída nesta análise.

Esta aplicação está disponível na App Store e na Google Play Store e é totalmente gratuita.

2.2.7. Análise e comparação das aplicações

As aplicações referidas acima foram selecionadas pelas diversas características e funcionalidades que apresentam no contexto da tecnologia para a saúde. Embora todas as aplicações possam ser utilizadas por pessoas com problemas cardíacos (além de outros problemas de saúde), muitas delas não são específicas de programas de reabilitação cardíaca. De facto, apenas as aplicações Cardihab e PatientConnect estão especificamente integradas em programas deste tipo, tendo sido concebidas com funcionalidades e recursos específicos para tratar os pacientes inscritos nos mesmos. Por este motivo, e considerando o âmbito do projeto MOVIDA.eros e do presente relatório, considera-se que estas aplicações são as que mais se diferenciam das restantes pelo seu carácter específico e especializado. São, também, as únicas que não estão disponíveis ao público em geral, destinando-se apenas a pacientes inscritos em programas de reabilitação cardíaca.

Observando as várias funcionalidades que caracterizam as aplicações referidas, é possível constatar que têm algumas características em comum e outras que as diferenciam, como podemos ver na Tabela 1. Por exemplo, é possível observar que todas as aplicações permitem que o paciente registe os seus dados biomédicos (p. ex., peso, pressão arterial, frequência cardíaca, etc.) e que apenas uma (The Heart App) não permite o registo de atividade física.

Podemos, ainda, verificar que há três aplicações (MyTherapy, The Heart App e Heart Failure Health Storylines) que não incluem a vertente de comunicação com o profissional de saúde e monitorização e prescrição de atividade física pelo mesmo, que são funcionalidades bastante importantes no contexto da reabilitação cardíaca.

Segue-se a Tabela 1, que compara as diferentes funcionalidades das aplicações em estudo.

Tabela 1 - Tabela de comparação entre aplicações semelhantes

Funcionalidades	CardiHab	PatientConnect	Heart Failure Health Storylines	Vida Health	The Heart App	MyTherapy
Lembretes de medicamentos/consultas	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Registo de sintomas	Sim	Não	Sim	Não especificamente	Sim	Sim
Registo de dados biomédicos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Monitorização pelo profissional de saúde	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
Registo de atividade física	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Prescrição de atividade física pelo profissional de saúde	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
Aplicação integrada num programa de reabilitação cardíaca	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
Comunicação com o profissional de saúde (mensagens, videochamada, etc.)	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
Acesso ao público em geral	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Utilização de sensores do <i>smartphone</i> ou sensores externos	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Materiais educativos sobre como manter um estilo de vida saudável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não

Como podemos ver, embora nenhuma das aplicações inclua todas as funcionalidades mencionadas, há duas aplicações que se destacam, nomeadamente as aplicações Cardihab e PatientConnect. Estas incluem o maior número de funcionalidades e são as mais específicas para o contexto em questão, comportando, assim, uma maior relevância para o panorama da reabilitação cardíaca. Contudo, estas aplicações, bem como a aplicação Heart Failure Health Storylines, não estão disponíveis em Portugal, o que restringe a sua abrangência. Além disso, nenhuma delas foi desenvolvida para o contexto da reabilitação cardíaca em Portugal, o que sugere, portanto, a possível necessidade de uma aplicação concebida especificamente para hospitais nacionais.

Outro aspeto importante a referir é que há aplicações que, apesar de incluírem o registo de atividade física, não acompanham o paciente no exercício, ou seja, não permitem monitorizar a execução em tempo real de um exercício específico através do GPS ou do pedómetro do dispositivo. Por este motivo, estas aplicações têm a desvantagem de não permitir registar a distância percorrida de forma automática nem monitorizar o ritmo, a pulsação e o esforço exercido pelo paciente durante o exercício, sendo que, sem estes dados, os profissionais de saúde não conseguem adaptar as prescrições de exercício físico às necessidades específicas dos pacientes.

Em suma, constata-se a existência de uma variedade relativa de aplicações que podem ser utilizadas no mesmo contexto que o projeto associado ao presente relatório. Contudo, algumas delas não incluem funcionalidades especificamente projetadas para monitorizar a saúde de pessoas com problemas cardíacos, o que suscita a necessidade de aplicações que sejam possivelmente mais específicas e especializadas e que, principalmente, se destinem ao contexto específico da reabilitação cardíaca em Portugal.

2.3. Desafios do projeto

Considerando o âmbito do projeto MOVIDA.eros e a sua especificidade para a área da reabilitação cardíaca, o principal desafio que se impôs foi a inexistência de uma plataforma especificamente desenhada para ser implementada nos programas existentes a nível nacional, em particular no programa de reabilitação do Centro Hospitalar de Leiria, no qual o projeto se centra. Embora tenhamos visto que existem aplicações semelhantes com funcionalidades que podem ser aplicadas neste campo, nenhuma delas foi desenvolvida especialmente para o contexto português, sendo que algumas nem estão disponíveis no país. Deste modo, constata-se uma falha no sistema de saúde português, surgindo, assim, a necessidade de implementar aplicações e plataformas pioneiras que sejam específicas para cada programa de reabilitação existente em cada hospital nacional.

Um outro desafio que convém mencionar refere-se às características demográficas da população a quem o projeto se destina. Embora as doenças cardíacas possam surgir em qualquer idade, a verdade é que, muitas vezes, surgem em idades mais avançadas, o que significa que grande parte da população-alvo deverá ter cerca de 50 anos ou mais. Posto isto, surge uma barreira tecnológica que exige a criação de uma aplicação que seja intuitiva e

simplificada, uma vez que os pacientes com mais idade podem não se sentir totalmente à vontade com a tecnologia e os dispositivos utilizados (*smartphone, tablet*). Por outro lado, os profissionais de saúde podem também necessitar de um período de adaptação e, possivelmente, alguma formação para implementar efetivamente uma aplicação remota nos respetivos programas de reabilitação, uma vez que, por muito intuitivo que seja o sistema, não se pode ignorar o facto de que o método de trabalho irá inevitavelmente mudar. Contudo, considerando o carácter intuitivo e remoto do projeto, espera-se, em última instância, reduzir o trabalho para os profissionais de saúde sem aumentar os custos para o hospital, o que também constitui um dos objetivos do projeto.

Relativamente aos desafios técnicos do projeto, um dos que se destaca é a necessidade de conceber uma aplicação que permita ao paciente recolher os dados da atividade física realizada apenas com o seu *smartphone*, evitando a utilização de dispositivos externos dispendiosos. Este desafio vai ao encontro de um dos principais objetivos do projeto – a minimização dos custos para os hospitais, estabelecimentos de saúde e pacientes. Por último, constatou-se, também, a necessidade de garantir o contacto com o profissional de saúde e a sincronização dos dados do paciente em tempo real, o que assegura uma monitorização eficaz e atempada por parte do médico responsável. Deste modo, superados estes desafios e implementadas estas funcionalidades, pretende-se que a aplicação tenha o melhor resultado possível no contexto específico do programa de reabilitação cardíaca do Centro Hospitalar de Leiria, ajudando os respetivos pacientes no seu processo de recuperação.

3. Metodologia

No momento da seleção da metodologia de trabalho que se iria utilizar no projeto, foi necessário considerar uma série de fatores, uma vez que cada metodologia se adapta melhor a um tipo de projeto distinto. Um dos fatores iniciais foi a dimensão do projeto em si, ou seja, o número de pessoas que iriam participar no desenvolvimento da plataforma, considerando-se, também, a existência, ou não, de uma grande quantidade de documentação associada ao projeto. Deste modo, considerando que se trata de um projeto de média dimensão que não exige uma quantidade significativa de documentação, a solução que parecia fazer mais sentido era, portanto, a utilização de uma metodologia ágil de desenvolvimento de *software*.

Este tipo de metodologia apresenta vantagens e benefícios em relação às metodologias tradicionais, especialmente no tipo de projeto que se pretendia implementar. Visto que se trata de um projeto em que se pretendia fazer uma implementação rápida no hospital, com testes e validações agilizados que permitissem uma aplicação atempada no estabelecimento em questão, esta metodologia parecia ser a mais adequada à situação. Além disso, esta metodologia não exige um conhecimento de todos os requisitos do projeto logo no início do mesmo e permite aos desenvolvedores alterar funcionalidades a meio do projeto caso tal seja necessário por algum motivo, havendo, portanto, mais espaço de manobra para possíveis alterações em fases intermédias.

Embora existam várias metodologias ágeis que poderiam ser aplicadas ao projeto, a selecionada assemelha-se, em grande parte, à metodologia *Scrum*. Contudo, esta não foi seguida na íntegra pelo facto de o projeto ser constituído por um único programador (em colaboração com os respetivos gestores de projeto), seguindo-se apenas algumas diretrizes aplicáveis ao projeto em questão.

A Figura 8 ilustra a metodologia *Scrum* de forma esquematizada:

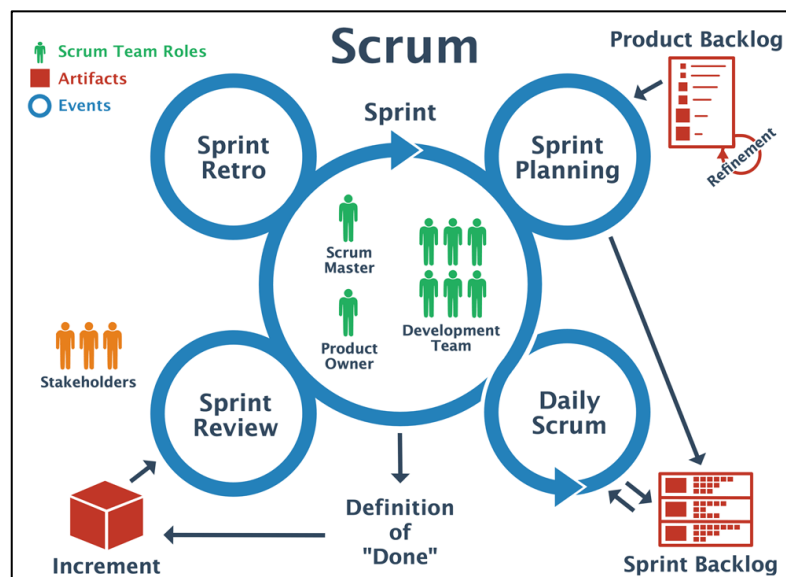


Figura 8 - Metodologia Scrum

Tal como se pode ver na Figura 8, existem vários papéis atribuídos dentro desta metodologia, nomeadamente o *Product Owner*, que, neste caso, foi atribuído ao Prof. Rui Pinto e cuja função é liderar estrategicamente o projeto e estabelecer o elo de ligação com o cliente e os membros da equipa; os *Scrum Masters*, cuja função é coordenar o projeto e garantir que a equipa cumpre as regras e as práticas do *Scrum*, facilitando e potencializando o seu trabalho (estas funções foram assumidas pelo Prof. Ricardo Martinho e pelo Prof. Rui Rijo); a equipa de desenvolvimento, que, neste caso, era constituída por um único elemento (o autor do presente relatório, Emanuel Silva); e os clientes ou *stakeholders*, que eram os profissionais de saúde responsáveis pelo programa de reabilitação cardíaca do Centro Hospitalar de Leiria (o Dr. Alexandre Antunes e a Dr.^a Filipa Januário) e os próprios pacientes a quem o projeto se destina.

3.1. Desenvolvimento do projeto e iterações

O desenvolvimento do projeto foi realizado com base em iterações, às quais se dá o nome de *sprints* na metodologia *Scrum*. Essencialmente, as iterações consistem num ciclo de desenvolvimento em que se definem e validam requisitos num determinado intervalo de tempo pré-estabelecido entre os membros da equipa. No caso do projeto MOVIDA.eros, determinou-se que este intervalo de tempo seria de duas semanas, após as quais a equipa se reunia para validar o trabalho realizado e definir novos requisitos. Além disso, estabeleceu-se uma reunião intermédia entre iterações, o que significa que a equipa acabava por se reunir todas as semanas, embora a finalidade das reuniões intermédias e das reuniões quinzenais fosse diferente.

Em cada reunião quinzenal, ou seja, em cada iteração do projeto, a equipa reunia-se para validar as tarefas realizadas na *sprint* anterior (*Sprint Demo*) e definir as funcionalidades (*User Stories*) a serem desenvolvidas na *sprint* seguinte (*Sprint Planning*). Nestas reuniões, os orientadores do projeto realizavam testes à aplicação e aprovavam, ou não, o trabalho desenvolvido. Esta era, também, a altura em que se identificavam eventuais problemas e erros e se definia a respetiva solução a implementar. Por fim, definiam-se as funcionalidades a aplicar na *sprint* seguinte e as funcionalidades que deveriam ser desenvolvidas ou melhoradas até à reunião seguinte. Já na reunião semanal, o objetivo não era definir requisitos, mas sim avaliar o ponto da situação em relação às tarefas atribuídas e, caso necessário, resolver eventuais problemas de forma imediata de modo a minimizar os atrasos no desenvolvimento do projeto.

Além das reuniões entre os membros da equipa, foi também necessário organizar reuniões com o cliente, que ocorriam, sensivelmente, uma vez por mês. Estas reuniões são essenciais, uma vez que permitem obter *feedback* valioso do cliente (*Sprint Review*), que é posteriormente utilizado para melhorar o trabalho desenvolvido, como veremos no ponto a seguir.

3.2. Reuniões com o cliente

As reuniões com o cliente são uma parte fundamental de qualquer projeto. É nelas que a equipa de desenvolvimento obtém *feedback* do cliente relativamente ao trabalho desenvolvido e sugestões sobre aspetos a melhorar ou a acrescentar ao projeto.

Conforme indicado acima, as reuniões com o cliente ocorriam, em média, uma vez por mês, o que se considerou ser um intervalo de tempo apropriado para o projeto em questão e para as iterações estabelecidas. Nestas reuniões (realizadas no próprio Centro Hospitalar de Leiria), os profissionais de saúde acediam à plataforma *web* através do computador do hospital e podiam ver as funcionalidades desenvolvidas até ao momento e experimentar a plataforma em si, acompanhados pela equipa do projeto. Deste modo, pretendia-se dar uma pequena “formação” aos médicos para que entendessem o funcionamento da plataforma e conseguissem aplicá-la ao programa de reabilitação pelo qual eram responsáveis. Pretendia-se, também, saber qual a experiência dos médicos com a plataforma e o que deveria ser melhorado ou alterado na sua opinião.

Já no caso da aplicação móvel, esta era instalada nos dispositivos dos pacientes e era também dada uma pequena “formação” por parte da equipa do projeto para que pudessem utilizá-la durante a sua reabilitação cardíaca fora do hospital. Deste modo, os pacientes podiam testar a aplicação no contexto real e avaliar a sua utilidade e usabilidade. Isto é algo bastante importante, uma vez que se tratam de pacientes reais que são candidatos genuínos à utilização da aplicação desenvolvida.

Por fim, é de referir a importância de estar presente numa sessão real de reabilitação cardíaca e retirar ideias e sugestões para, subsequentemente, aplicar no projeto. Além disso, ao assistir pessoalmente a uma sessão de reabilitação e ver qual o sistema atualmente utilizado pelos profissionais de saúde para realizar o programa, foi possível compreender as limitações que este apresenta e a necessidade de modernização do mesmo através da implementação de uma componente remota que permita dar a continuidade ao programa fora do contexto hospitalar.

3.3. Ferramentas de gestão do projeto

Como forma de organizar o projeto de modo estruturado, surgiu a necessidade de utilizar uma plataforma de gestão do desenvolvimento do projeto. O objetivo desta plataforma era organizar o trabalho a desenvolver e controlar o progresso das várias tarefas atribuídas. A plataforma selecionada foi o Trello [16], que se trata de uma plataforma de gestão de projetos baseada na *web* com uma interface simples e centralizada, sem limitação do número de utilizadores. Esta plataforma permite personalizar a *interface* consoante as necessidades do projeto e permite ver de forma intuitiva as tarefas atribuídas aos vários membros de uma equipa em forma de quadros Kanban [17] com várias etapas. Através desta plataforma, os vários participantes do projeto podem, então, consultar o estado de desenvolvimento do projeto, não sendo necessário organizar reuniões diárias para averiguar a sua evolução.

Além da plataforma de gestão do projeto, a equipa também recorreu à utilização de *e-mails* para comunicar entre si, caso se verificasse essa necessidade. O *e-mail* foi, também, o método utilizado para comunicar com os médicos do Centro Hospitalar de Leiria e trocar informações com os mesmos.

Por fim, convém referir que foi utilizado um repositório para fins de *backup* no projeto, nomeadamente o GitHub, como forma de prevenir eventuais perdas de dados e também de realizar o controlo de versões.

4. Arquitetura e tecnologias utilizadas

Conforme referido anteriormente, o projeto MOVIDA.eros tem como objetivo informatizar o programa de reabilitação cardíaca do Centro Hospitalar de Leiria e, deste modo, permitir a sua realização de forma remota. Essencialmente, o projeto pressupõe o desenvolvimento de duas aplicações distintas – uma aplicação *web* (destinada aos profissionais de saúde) e uma aplicação móvel (destinada aos pacientes do programa de reabilitação) - cada uma com funcionalidades e propósitos específicos. Por um lado, a aplicação *web* (o chamado *backoffice*) consiste num portal ao qual apenas os médicos podem aceder e através do qual estes podem prescrever exercícios aos pacientes e analisar os respetivos resultados. Por outro lado, a aplicação móvel permite que os pacientes consultem as suas prescrições e realizem os exercícios recomendados aproveitando os sensores do *smartphone* para tal.

Nesta secção, pretende-se, portanto, demonstrar os principais requisitos associados ao projeto e definir a arquitetura de toda a plataforma MOVIDA.eros. Além disso, serão também referidas as soluções tecnológicas que foram selecionadas para a implementação das funcionalidades de cada componente do projeto.

4.1. Principais requisitos do projeto

O projeto MOVIDA.eros foi desenvolvido seguindo uma série de requisitos que serviram de base à sua implementação. Em consonância com o conceito de metodologia ágil, e embora se tenha estabelecido alguns requisitos a cumprir no início do projeto, nem todos foram definidos numa fase inicial. Pelo contrário, vários requisitos foram acrescentados ou alterados durante a fase de desenvolvimento, em grande parte como resultado das reuniões realizadas com o cliente.

Segue-se uma descrição mais detalhada dos vários requisitos do projeto, que foram divididos em requisitos funcionais e não-funcionais.

4.1.1. Requisitos funcionais

Os principais requisitos funcionais do projeto são representados abaixo e foram divididos consoante a sua associação ao *backoffice* ou à aplicação móvel:

Requisitos funcionais do *backoffice*:

- O profissional de saúde deve conseguir aceder ao *backoffice* mediante autenticação (*e-mail* e palavra-passe);
- O profissional de saúde deve conseguir registar um novo paciente no *backoffice*;
- O profissional de saúde deve conseguir prescrever um plano de exercícios para um paciente (definindo aspetos como o intervalo da escala de Borg [18] em que o

paciente deve situar-se durante o exercício, a duração do exercício, a frequência cardíaca máxima a atingir durante o exercício e a dieta que o paciente deve seguir);

- O profissional de saúde deve conseguir consultar os detalhes de uma prescrição através de um painel com gráficos de fácil interpretação que permitam verificar facilmente se o paciente está a cumprir os objetivos do plano;
- O profissional de saúde deve conseguir consultar o histórico de prescrições de um paciente;
- O profissional de saúde deve conseguir ajustar uma prescrição em curso, caso tal se mostre necessário;
- Deve existir uma área de mensagens que possibilite a comunicação entre o profissional de saúde e o paciente.

Requisitos funcionais da aplicável móvel:

- O paciente deve autenticar-se antes de começar a utilizar a aplicação;
- O paciente deve conseguir consultar os detalhes das prescrições em curso;
- O paciente deve conseguir realizar o exercício prescrito utilizando o *smartphone* e os respetivos sensores para registar a duração do exercício, a frequência cardíaca antes, durante e após a realização do exercício, a distância percorrida durante o exercício e o valor na escala de Borg, que classifica o esforço exercido durante o exercício;
- Após a realização do exercício, a aplicação deve enviar automaticamente os valores registados para o *backoffice* com a maior brevidade possível, de modo a que o profissional de saúde possa analisá-los;
- O paciente deve conseguir consultar o seu histórico de prescrições;
- O paciente deve conseguir consultar a dieta prescrita pelo profissional de saúde;
- O paciente deve ter um perfil com informações pessoais e uma fotografia que o identifique;
- Deve, também, existir uma área de mensagens que possibilite a comunicação entre o paciente e o profissional de saúde.

4.1.2. Requisitos não-funcionais

No que toca aos principais requisitos não-funcionais do projeto, segue-se, também, uma lista dividida em requisitos do *backoffice* e da aplicação móvel:

Requisitos não-funcionais do *backoffice*:

- Deve ser acessível pela Internet através de um *site*;
- Deve ser suportado por dois *browsers* – Google Chrome e Mozilla Firefox;
- A *interface* do *backoffice* deve ser simples e intuitiva, de modo a facilitar a sua utilização por parte dos profissionais de saúde.

Requisitos não-funcionais da aplicação móvel:

- Deve estar disponível na App Store e na Google Play Store, para *smartphones* com os sistemas operativos iOS e Android, respetivamente (as versões mínimas são Android 4.4 e iOS 10.3, considerando-se que a maior parte dos pacientes terá um *smartphone* dentro da gama de versões referidas);
- Exige ligação à Internet para funcionar na sua plenitude;
- A *interface* da aplicação deve ser simples e intuitiva, de tal modo que até mesmo utilizadores com alguma dificuldade em utilizar as novas tecnologias consigam utilizar a aplicação sem qualquer problema;
- Deve ser atrativa e interessante para os utilizadores, de modo a aumentar a adesão ao programa de reabilitação cardíaca;
- Deve respeitar as novas regras sobre a privacidade dos dados (nomeadamente o Regulamento Geral de Proteção de Dados ou RGPD) no que toca à segurança das informações dos utilizadores, devendo estes aceitar os termos e condições para poderem utilizar a aplicação.

4.2. Arquitetura do projeto

A arquitetura do projeto partiu dos requisitos funcionais e não-funcionais indicados acima, que serviam de base à sua conceção. Como veremos mais adiante, a arquitetura estabelece uma divisão entre três nós diferentes – o *backoffice*, a aplicação móvel e o servidor aplicacional. Cada um destes nós tem finalidades distintas e específicas, mas é o funcionamento simultâneo dos três que resulta na eficiência e eficácia de todo o projeto.

A Figura 9 esquematiza a arquitetura do projeto MOVIDA.eros e os nós que o constituem.

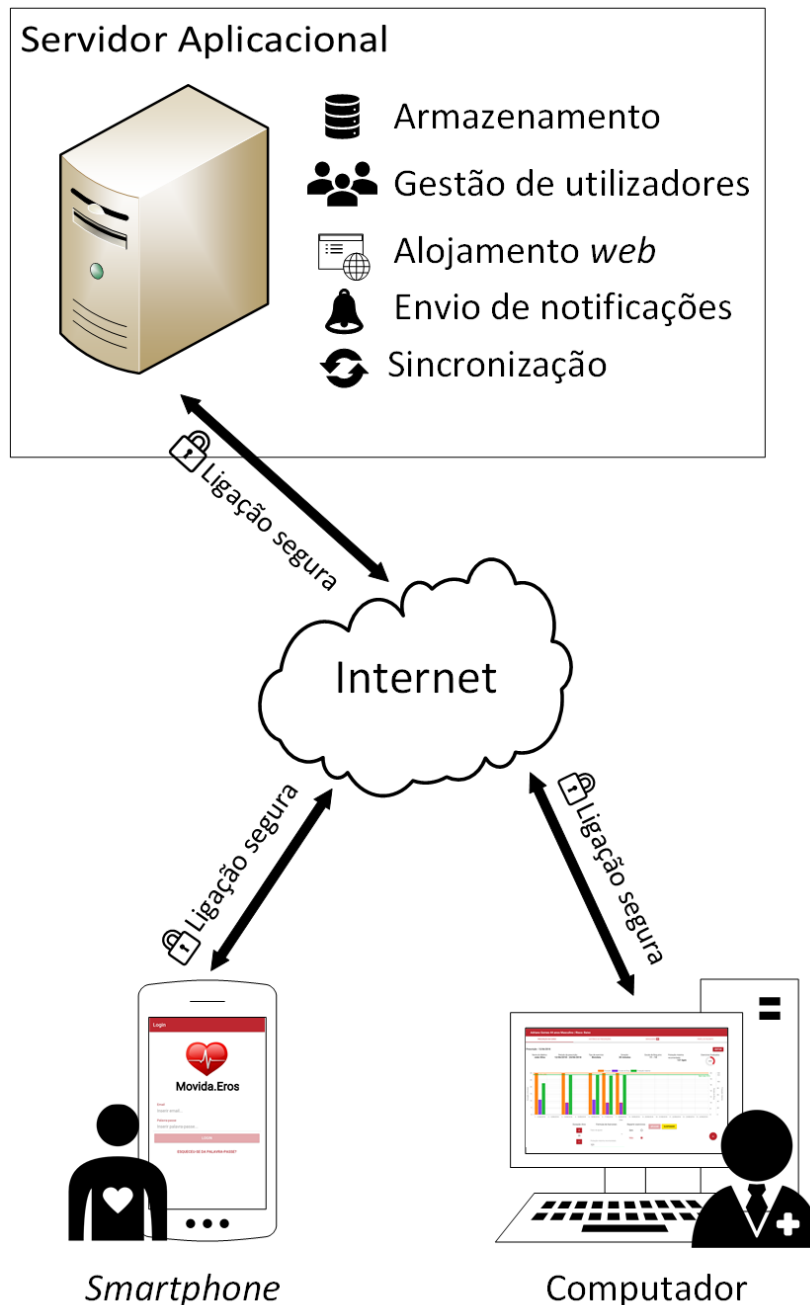


Figura 9 - Arquitetura do projeto

No que toca ao *backoffice* e à aplicação móvel, é de notar a divisão propositada entre estes dois nós, uma vez que se destinam a públicos diferentes. De facto, esta divisão deve-se à necessidade de estabelecer uma separação entre as funcionalidades destinadas aos profissionais de saúde e as destinadas aos pacientes do programa de reabilitação, respetivamente, uma vez que as ações a realizar por cada um deles são substancialmente distintas. Deste modo, constatou-se que a melhor solução seria implementar duas alternativas independentes que melhor se adequassem à finalidade de cada uma das partes.

Do lado dos profissionais de saúde, desenvolveu-se, portanto, uma aplicação *web* (o chamado *backoffice*), que deveria ser acessível a partir da Internet, nomeadamente a partir

de um *browser* da *web*. Este “portal” permitiria aos profissionais de saúde utilizar o computador do hospital para consultar os dados dos seus pacientes e monitorizar a sua evolução. A escolha de um *backoffice* acessível pelo *browser* não surge, contudo, sem uma ponderada consideração, uma vez que também era possível criar uma aplicação móvel que os profissionais de saúde poderiam utilizar para o mesmo fim, tal como foi feito para os pacientes. No entanto, após considerar o que se pretendia que os profissionais de saúde fizessem na plataforma e as funcionalidades que esta deveria ter, chegou-se à conclusão que uma aplicação móvel não seria a melhor solução. O principal motivo que levou a equipa a descartar a hipótese de criar uma aplicação móvel para esta finalidade foi a dificuldade que os médicos teriam em visualizar todas as informações e gráficos sobre o desempenho dos pacientes num ecrã tão pequeno como o ecrã de um *smartphone*. A utilização de *tablets* em vez de *smartphones* poderia, porém, ser uma solução, mas não era possível garantir que o hospital teria este tipo de recurso à sua disposição, o que inviabilizou esta alternativa. Pelo contrário, o que, de facto, se pôde constatar foi que os profissionais de saúde tinham acesso a computadores com ligação à Internet no hospital, o que confirmou, mais uma vez, que a utilização de um *backoffice* acessível pelo *browser* constituía a melhor solução, apresentando a melhor usabilidade e, conseqüentemente, facilitando o trabalho dos profissionais de saúde.

Relativamente ao lado dos pacientes, a utilização de uma aplicação *web* também era uma alternativa possível. Contudo, considerando as funcionalidades que se pretendia disponibilizar aos pacientes, esta não era a melhor solução, uma vez que a utilização de uma plataforma acessível pelo computador elimina o carácter móvel e portátil que se pretendia conferir ao projeto no que toca à experiência dos pacientes. Isto prende-se, essencialmente, com a necessidade de permitir aos pacientes registar os seus valores biomédicos em tempo real, durante a realização do próprio exercício, o que é menos viável com uma plataforma concebida para ser utilizada num computador.

Uma outra solução era a criação de um dispositivo específico a ser utilizado exclusivamente pelos pacientes do programa de reabilitação cardíaca em regime remoto. Contudo, embora esta fosse uma opção possível, não era uma opção viável, considerando os custos e a grande quantidade de recursos que este tipo de projeto exigiria. Posto isto, e considerando, ainda, que grande parte das pessoas já tem um *smartphone* (sendo que a maioria dos *smartphones* atuais já inclui uma série de sensores incorporados, como GPS, Wi-Fi, etc.), considerou-se que a melhor solução seria o desenvolvimento de uma aplicação móvel para os sistemas operativos Android e iOS, possibilitando, assim, que os pacientes utilizassem a aplicação em qualquer lugar, recorrendo aos sensores do *smartphone* para registar os seus valores em tempo real.

Por último, resta referir o terceiro nó do projeto, que possibilita e gere toda a comunicação entre os dois nós mencionados acima. Este nó é o servidor aplicacional e serve como uma espécie de “mediador” entre os outros nós.

O servidor aplicacional tem como função armazenar os dados provenientes do *backoffice* e da aplicação móvel (p. ex., prescrições, resultados dos exercícios realizados, etc.), incluindo

um mecanismo de sincronização automática que garante a sua atualização em tempo real em ambos os lados. Além disso, o servidor permite, ainda, o envio de notificações para a aplicação móvel, de modo a que o paciente seja notificado sempre que haja uma alteração à sua prescrição ou sempre que o profissional de saúde lhe envia alguma mensagem. Esta é uma componente essencial que assegura a comunicação oportuna entre os pacientes e os seus médicos.

Uma outra funcionalidade do servidor aplicacional é garantir a segurança das comunicações estabelecidas entre o *backoffice* e a aplicação móvel, o que é feito por meio de um protocolo de encriptação. Além disso, este nó oferece, ainda, um serviço de autenticação dos utilizadores dos outros dois nós, de modo a controlar os utilizadores que podem aceder ao *backoffice* (i.e., os profissionais de saúde) e os que podem utilizar a aplicação móvel (i.e., os pacientes). Esta é, também, uma funcionalidade de segurança, uma vez que os pacientes nunca deveriam ter acesso aos dados de outros pacientes, que também são apresentados na *interface* do *backoffice*.

Por último, o servidor aplicacional inclui, ainda, métodos de gestão de utilizadores que permitem adicionar um novo utilizador e alterar a sua palavra-passe e *e-mail*, tanto na aplicação móvel como no *backoffice*, enviando, também, um *e-mail* de recuperação de palavra-passe em caso de esquecimento. Além disso, o servidor é o elemento que garante o alojamento do *backoffice*, permitindo que os profissionais de saúde possam aceder ao mesmo pela Internet.

4.3. Soluções tecnológicas utilizadas

Após a definição das principais características dos três nós utilizados – a aplicação móvel, o *backoffice* e o servidor aplicacional -, foi necessário determinar a melhor solução tecnológica para cada um, de modo a permitir a implementação eficiente de todas as respetivas funcionalidades.

A Figura 10 representa os nós referidos acima num diagrama de instalação UML, com as respetivas tecnologias já definidas:

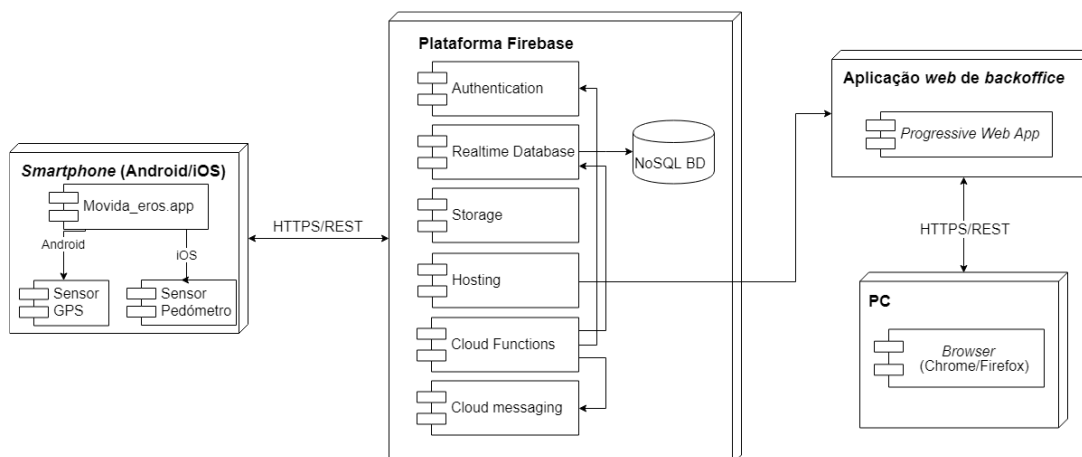


Figura 10 - Diagrama de instalação UML

Segue-se uma descrição mais detalhada de cada nó com a respetiva justificativa da solução tecnológica selecionada para cada um deles.

4.3.1. Aplicação móvel

No que toca à aplicação móvel, o que se pretendia era desenvolver uma aplicação que chegasse ao maior número possível de utilizadores, a fim de tornar o projeto o mais abrangente possível. Neste sentido, determinou-se que a aplicação deveria ser criada para os sistemas operativos Android e iOS, visto serem os mais amplamente utilizados hoje em dia. Contudo, após a determinação deste requisito, constatou-se a possibilidade de utilizar uma de duas abordagens distintas para criar a aplicação pretendida: o desenvolvimento de uma aplicação nativa, ou seja, uma aplicação concebida especificamente para um determinado sistema operativo, ou o desenvolvimento de uma aplicação híbrida, i.e., uma aplicação concebida para funcionar em vários sistemas operativos (neste caso, em Android e iOS).

Por um lado, o desenvolvimento de uma aplicação nativa apresenta uma série de vantagens, uma vez que permite tirar o máximo partido dos recursos de cada dispositivo móvel. Além disso, por estar adaptada ao próprio sistema operativo, a aplicação seria mais versátil em termos de funcionalidades, uma vez que o programador tem a possibilidade de explorar tudo aquilo que o próprio dispositivo oferece para criar uma aplicação altamente otimizada ao sistema operativo em questão. Contudo, e considerando que se pretendia desenvolver uma aplicação para dois sistemas operativos distintos, a viabilidade desta opção foi posta em causa, pois isso implicaria o desenvolvimento de duas aplicações diferentes em linguagens distintas (em Swift, no caso do sistema iOS, e em Java, no caso do sistema Android). Isto implicaria o conhecimento destas duas linguagens e resultaria num aumento significativo do tempo de desenvolvimento, algo que era importante evitar no projeto. Além disso, no que toca à manutenção da aplicação, a existência de duas aplicações diferentes levantaria alguns problemas no que toca à correção de erros e alteração ou adição de funcionalidades posteriores, uma vez que seria necessário fazê-lo em duas linguagens distintas.

Por outro lado, o desenvolvimento de uma aplicação híbrida permite programar uma única aplicação que é posteriormente compilada para os vários sistemas operativos móveis que se pretende utilizar. Isto vem colmatar as dificuldades referidas acima, uma vez que permite reduzir significativamente o tempo de implementação do projeto e facilita a manutenção posterior da aplicação. Contudo, embora apresente uma série de vantagens, é certo que o desenvolvimento de uma aplicação híbrida também apresenta algumas desvantagens, nomeadamente os eventuais problemas de compatibilidade que podem surgir com as funcionalidades nativas do dispositivo. Isto porque a aplicação não é otimizada para um sistema operativo específico, o que, por vezes, pode afetar a utilização de algumas funcionalidades do dispositivo (p. ex., GPS, câmara, acelerómetro, etc.), embora as aplicações híbridas tenham vindo a melhorar nesse aspeto nos últimos tempos.

Deste modo, apesar dos inconvenientes referidos acima, decidiu-se que a melhor opção seria desenvolver uma aplicação híbrida que pudesse ser implementada nos dois sistemas operativos referidos, uma vez que esta abordagem não só permitia poupar tempo, como

também já previa a futura manutenção da aplicação, que deveria ser o mais simples possível. A *framework* escolhida para este propósito foi, portanto, a plataforma Ionic [19], mais especificamente o Ionic 3, que consiste numa *framework* multiplataforma grátis e *open-source* que permite desenvolver aplicações móveis e aplicações *web*. Esta *framework* multiplataforma permite criar aplicações móveis em iOS e Android e as chamadas aplicações *web* progressivas (*Progressive Web Apps* ou PWA [20]) com uma única *codebase*, utilizando as tecnologias HTML, CSS, JavaScript, TypeScript [21] e AngularJS [22]. Por este motivo, e considerando que também se pretendia criar uma aplicação *web* para os profissionais de saúde, considerou-se que a plataforma Ionic seria a mais adequada para o projeto.

4.3.2. Aplicação *web* de *backoffice*

No que toca, então, ao *backoffice*, considerou-se que a melhor solução seria, portanto, aproveitar a plataforma Ionic para desenvolver uma PWA, que é o tipo de aplicação *web* que a *framework* permite desenvolver. A escolha de uma PWA é, também, uma alternativa vantajosa para os profissionais de saúde, uma vez que se trata de um *website* que utiliza funcionalidades da *web* modernas e oferece ao utilizador uma experiência semelhante à de uma aplicação móvel. Além disso, uma PWA é uma aplicação responsiva que se ajusta a qualquer formato de ecrã, permitindo que os profissionais de saúde utilizem o *backoffice* no computador, num *tablet*, num *smartphone*, etc., sempre através do *browser* (neste caso, as PWA desenvolvidas na plataforma Ionic apenas suportam os *browsers* Chrome e Firefox).

Neste sentido, a utilização da plataforma Ionic para desenvolver tanto a aplicação móvel como o *backoffice* pareceu ser, portanto, a alternativa mais viável para o projeto, pois permitiu padronizar o *design* das duas *interfaces*, o que facilitou o processo de desenvolvimento. Deste modo, foi possível criar uma aplicação móvel híbrida para os pacientes que é compatível tanto com o sistema operativo Android como com o sistema operativo iOS e uma PWA para os profissionais de saúde que oferece um elevado nível de acessibilidade e fiabilidade, o que é essencial para o trabalho que irão realizar.

4.3.3. Servidor aplicacional (Plataforma Firebase)

Por último, resta referir a tecnologia utilizada para implementar o terceiro nó referido – o servidor aplicacional – para o qual foram estudadas duas alternativas. A primeira alternativa analisada passava pela configuração de raiz de um servidor aplicacional, o que implicaria a seleção do motor de base de dados a ser utilizado e a implementação de uma série de serviços, como, por exemplo, o serviço de envio de *e-mails*, o serviço de envio de notificações para o *smartphone* e o serviço de autenticação e controlo do acesso dos utilizadores. Além disso, seria também necessário configurar questões de segurança associadas às comunicações dos restantes nós com o servidor aplicacional. Esta alternativa tinha como principal vantagem o elevado nível de personalização e adaptação às necessidades do projeto, uma vez que seria configurado um servidor de raiz com todas as

características que se pretendia utilizar no mesmo. Contudo, a quantidade de tempo necessária para implementar esta solução era um desafio, uma vez que o tempo disponível poderia dificultar a configuração de um servidor deste tipo.

A segunda alternativa analisada foi a utilização de uma plataforma que incluísse todos os serviços necessários num único local, com vista a reduzir o tempo de implementação. Posto isto, a tecnologia analisada para esta finalidade foi a plataforma Firebase, que consiste numa solução *back-end* completa para o desenvolvimento de aplicações móveis e aplicações *web*. Esta plataforma permite um desenvolvimento rápido e eficiente devido à sua vasta gama de serviços disponíveis, incluindo o serviço de base de dados, o serviço de autenticação, o serviço de envio de mensagens e notificações e o alojamento de aplicações *web*. Na Figura 10 acima é possível observar os vários serviços oferecidos pela plataforma Firebase atualmente.

Embora ambas as alternativas tenham as suas vantagens, por questões de tempo e velocidade de desenvolvimento, a opção selecionada foi a utilização da plataforma Firebase, pois não só permitia desenvolver as aplicações com maior rapidez, como também se adaptava bastante bem às necessidades do projeto. Deste modo, foi possível tirar partido da vasta gama de serviços que o Firebase disponibiliza, nomeadamente os que se seguem:

- **Authentication** – permite registar e autenticar os utilizadores tanto no *backoffice* como na aplicação móvel. Além disso, permite realizar a operação de recuperação da palavra-passe dos utilizadores e efetuar o controlo de acesso dos mesmos;
- **Realtime Database** – permite armazenar todos os dados necessários para o funcionamento do *backoffice* e da aplicação móvel. Além disso, este serviço permite a sincronização automática e em tempo real dos dados armazenados com o *backoffice* e a aplicação móvel, i.e., sempre que é efetuada alguma alteração aos dados, o Firebase envia essa mesma alteração a ambas as plataformas, de modo a que os seus dados estejam sempre atualizados;
- **Hosting** – permite alojar o *backoffice* para que seja disponibilizado na Internet e subsequentemente acedido pelos profissionais de saúde através do *browser*;
- **Cloud Functions** – este serviço permite a execução do código *back-end* automaticamente em resposta a eventos acionados pelos serviços do Firebase. Deste modo, é possível programar funções que podem ser acionadas sempre que houver alterações à base de dados. Estas funções podem processar e extrair novos dados a partir dos registos que vão sendo adicionados à base de dados;
- **Cloud Messaging** – este serviço é responsável por enviar notificações *push* para os *smartphones* dos pacientes com vista a informá-los sobre o estado de uma prescrição ou notificá-los quando recebem uma mensagem do profissional de saúde;
- **Storage** – Este serviço foi utilizado para armazenar todas as imagens e ficheiros dos registos do projeto MOVIDA.eros.

5. Funcionalidades implementadas

As aplicações do projeto, (i.e., a aplicação móvel e a aplicação *web*) foram desenvolvidas e implementadas por fases, seguindo a arquitetura e os requisitos mencionados anteriormente.

Nesta secção, pretende-se, portanto, demonstrar o processo de desenvolvimento e implementação das várias funcionalidades destas duas aplicações. Além disso, será também referido o dispositivo *Bluetooth* desenvolvido para registar automaticamente a pulsação dos pacientes, que foi criado especificamente para esta finalidade no âmbito do presente projeto.

5.1. Aplicação *web* de *backoffice*

Conforme referido anteriormente, o *backoffice* é a aplicação *web* utilizada pelos profissionais de saúde para emitir prescrições aos pacientes e consultar uma série de dados relativos aos mesmos. Esta aplicação apenas pode ser acedida pelos profissionais de saúde e inclui uma série de funcionalidades que serão descritas em mais detalhe nos tópicos que se seguem.

É de referir que a tecnologia utilizada para criar esta aplicação *web* progressiva (PWA) foi a tecnologia Ionic. A aplicação *web* de *backoffice* está hospedada no serviço “Hosting” do Firebase e pode ser acedida pela Internet, através do *browser* do computador.

5.1.1. Autenticação

A autenticação dos utilizadores do *backoffice* é fundamental para controlar o acesso ao mesmo. Apenas os profissionais de saúde previamente registados e com as devidas credenciais podem ter acesso ao *backoffice* do projeto MOVIDA.eros. A Figura 11 representa a página de início de sessão onde os médicos devem autenticar-se, inserindo o seu *e-mail* e a respetiva palavra-passe.

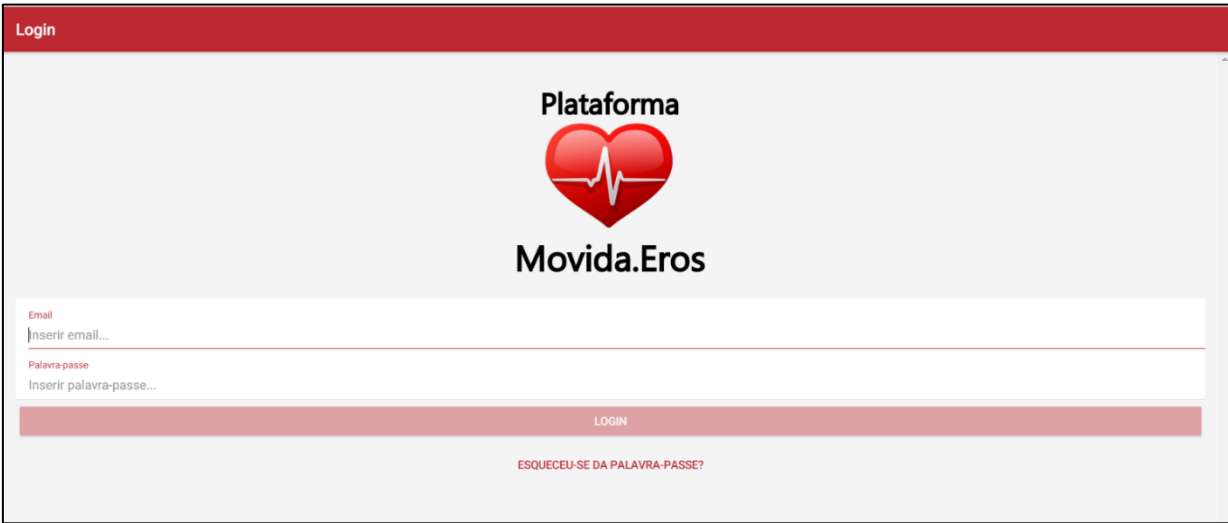


Figura 11 - Backoffice - Página "Login"

Para permitir as funções de autenticação, gestão e controlo de acesso dos utilizadores neste projeto, recorreu-se ao serviço de autenticação (“Authentication”) do Firebase. Este serviço permite autenticar e registar os utilizadores e é responsável por gerir as operações de recuperação e alteração da palavra-passe e alteração do *e-mail* do utilizador. Além disso, permite ainda gerar um identificador único para cada utilizador como forma de associar os utilizadores do serviço de autenticação a uma tabela de utilizadores na base de dados.

Para que o *backoffice* pudesse aceder ao conjunto de serviços fornecidos pelo Firebase, foi necessário instalar uma série de bibliotecas (API) que permitissem a utilização dos serviços do Firebase tanto pelo *backoffice* como pela aplicação móvel.

Todos os serviços do Firebase utilizados no projeto MOVIDA.eros têm um modo de administrador. A Figura 12 ilustra o modo de administrador do serviço “Authentication”.

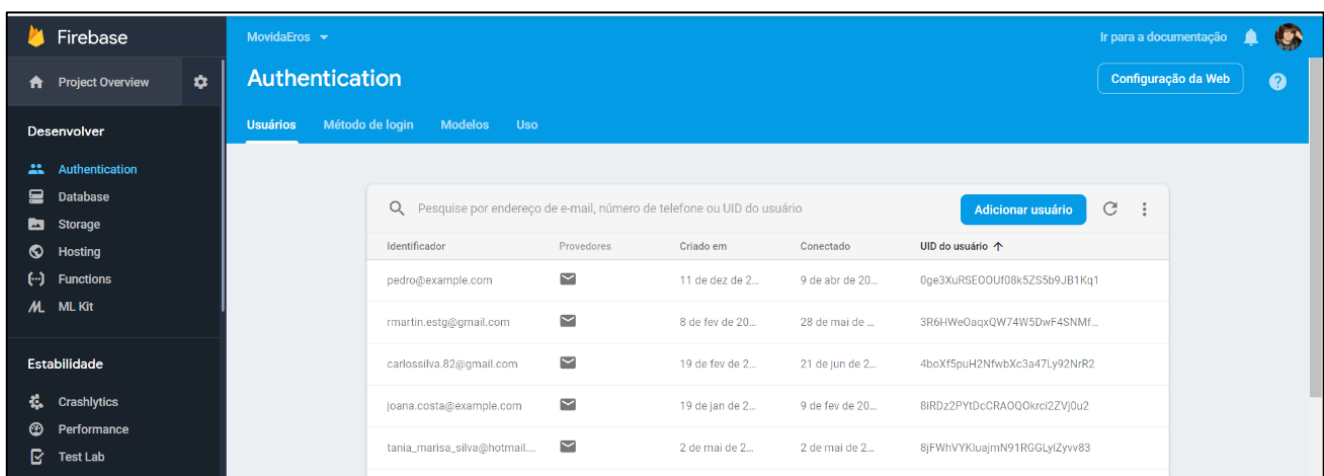


Figura 12 - Serviço de autenticação do Firebase

Este modo de administrador permite gerir os utilizadores já registados e permite registar novos utilizadores manualmente na plataforma. Além disso, também oferece a opção de configurar os métodos de autenticação disponibilizados na plataforma (p. ex., iniciar sessão com o Facebook ou o Twitter, etc.). Contudo, considerando que se trata de um projeto de acesso restrito, destinado apenas aos médicos e pacientes de um programa de reabilitação cardíaca, o único método de autenticação selecionado foi a inserção do *e-mail* e da respetiva palavra-passe por parte do utilizador, de modo a restringir o acesso aos utilizadores pretendidos (Figura 13).

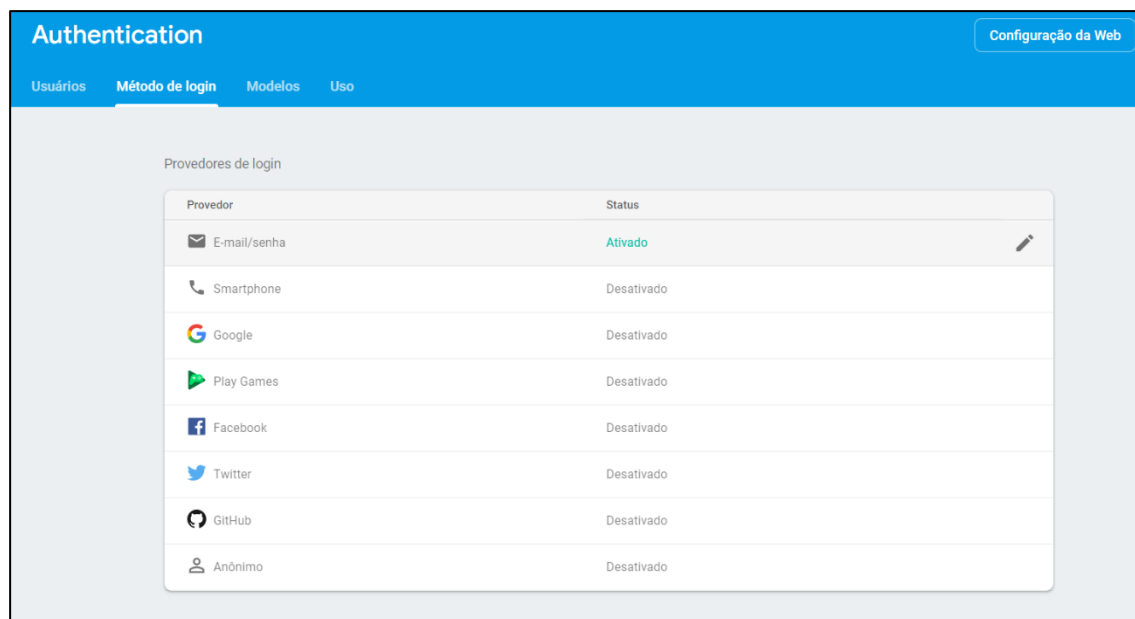


Figura 13 - Métodos de login do serviço de autenticação do Firebase

Além do referido, o serviço de autenticação do Firebase permitiu ainda implementar mais facilmente os mecanismos de recuperação e alteração do *e-mail* e da palavra-passe. É através do Firebase que é possível gerir estes pedidos de recuperação e alteração, sendo que também permite personalizar as mensagens que são enviadas aos utilizadores quando realizam estes pedidos (Figura 14).

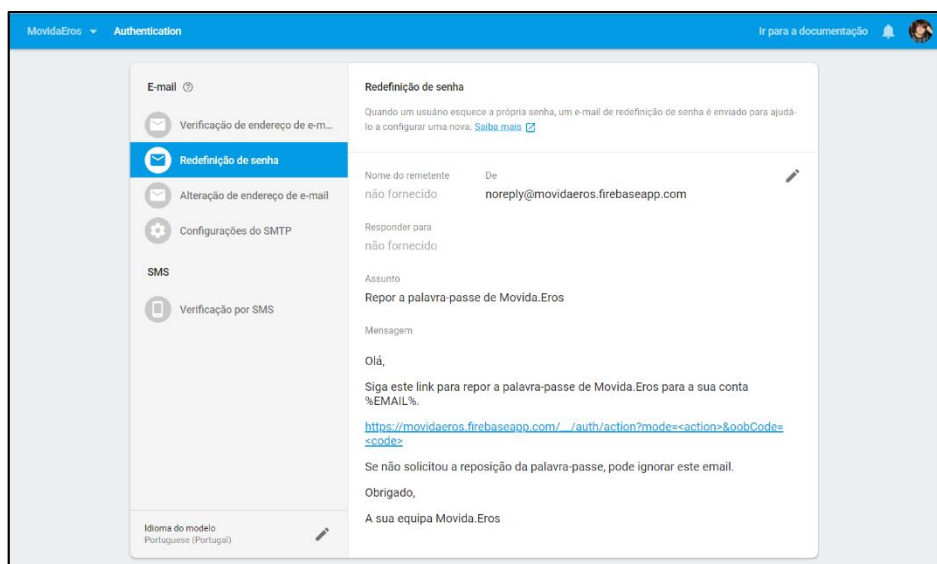


Figura 14 - Firebase "Authentication" - Reposição da palavra-passe

No que toca a problemas e erros de autenticação, o serviço de autenticação do Firebase também contém códigos que classificam os erros que ocorrem quando um utilizador se tenta autenticar na plataforma. Os códigos utilizados no projeto MOVIDA.eros (tanto no *backoffice* como na aplicação móvel) são representados na Tabela 2:

Tabela 2 - Códigos de erro do projeto

Código de erro	Mensagem
user-not-found	Erro: não há registo de um utilizador existente correspondente ao <i>e-mail</i> fornecido.
wrong-password	Erro: a palavra-passe fornecida está incorreta
email-already-exists	Erro: o <i>e-mail</i> fornecido já está a ser utilizado por outro utilizador. Cada utilizador precisa de ter um <i>e-mail</i> exclusivo.

Através da utilização destes códigos de erro, é possível mostrar mensagens de erro personalizadas aos utilizadores na própria plataforma (quer se trate do *backoffice* ou da aplicação móvel), tal como podemos ver na Figura 15.

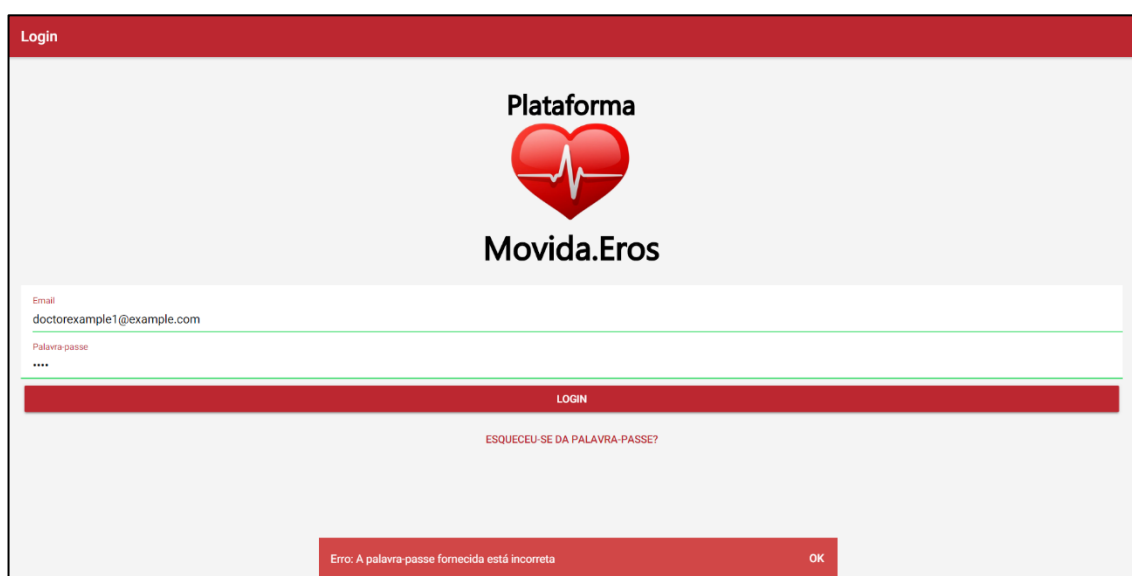


Figura 15 - Backoffice - Erro na autenticação do utilizador

Em combinação com o serviço de autenticação, foi também necessário recorrer ao serviço de base de dados do Firebase, designado por “Realtime Database”, uma vez que era necessário armazenar os dados relativos a cada utilizador. Este serviço permite armazenar e sincronizar os dados dos utilizadores em tempo real numa base de dados NoSQL, que está disponível na nuvem e permite criar tabelas diferentes para utilizadores diferentes, algo que era fundamental para a organização do projeto em questão, uma vez que existiam dois tipos de utilizadores distintos (profissionais de saúde e pacientes) que iriam utilizar duas plataformas diferentes no âmbito do programa de reabilitação.

Considerando que o *backoffice* apenas deveria ser acessível aos profissionais de saúde (tal como a aplicação móvel apenas deveria ser acessível aos pacientes), foram criadas duas tabelas diferentes – a tabela “Doctors” e a tabela “Patients” – para diferenciar os utilizadores das duas plataformas. Esta necessidade surgiu pelo facto de o serviço de autenticação do Firebase não permitir determinar se o utilizador é um profissional de saúde ou um paciente. Por outras palavras, ao utilizar apenas o serviço de autenticação do Firebase, todos os utilizadores registados no projeto podiam autenticar-se tanto no *backoffice* como na

aplicação móvel, uma vez que não é possível determinar que tipo de utilizador está a tentar autenticar-se na plataforma. Por este motivo, era necessário efetuar uma segunda validação que permitisse distinguir o tipo de utilizador em questão. Para tal, foi atribuído um identificador único a cada utilizador no serviço de autenticação do Firebase, que permite verificar em qual das tabelas da base de dados o utilizador se encontra. Se o identificador do utilizador constar na tabela “Doctors”, significa que este é um profissional de saúde, podendo, portanto, aceder ao *backoffice*. A Figura 16 representa a tabela utilizada para armazenar os dados dos profissionais de saúde na base de dados referida.

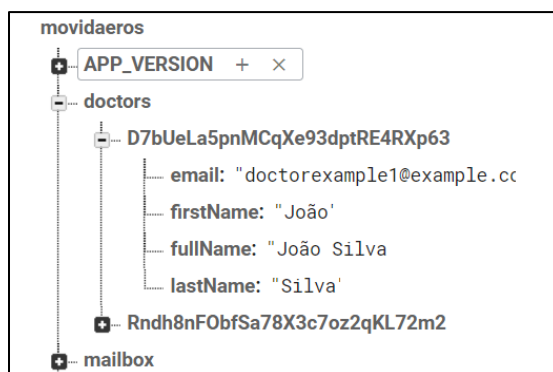


Figura 16 - Firebase "Database" - Tabela "Doctors"

A tabela “Doctors”, referente aos profissionais de saúde, é constituída pelos seguintes campos:

- **Chave** – Identificador único para cada profissional de saúde (é o mesmo identificador utilizado no serviço de autenticação do Firebase):
 - **email** – e-mail do profissional de saúde;
 - **firstName** – primeiro nome do profissional de saúde;
 - **lastName** – apelido do profissional de saúde;
 - **fullName** – nome completo do profissional de saúde.

5.1.2. Consulta e registo de pacientes

Após o processo de autenticação, o profissional de saúde será encaminhado para a página “Lista de Pacientes”, onde pode visualizar todos os pacientes registados no programa de reabilitação cardíaca (Figura 17).



Figura 17 - Backoffice - Página "Lista de Pacientes"

Os pacientes que aparecem na lista estão ordenados por ordem alfabética e é possível utilizar a barra de pesquisa para filtrar a lista pelo nome do paciente ou pelo número de utente de saúde. Isto permite que o profissional de saúde encontre mais facilmente o paciente que pretende consultar, podendo ver os seus dados e o seu progresso no plano de recuperação cardíaca.

Do lado inferior direito da página, há um botão circular que permite aceder à página "Registar Paciente", onde o profissional de saúde pode registar um novo paciente na plataforma. Nesta página (Figura 18), o profissional de saúde tem de preencher um formulário com os seguintes campos referentes ao novo paciente: "Nome", "Apelido", "Data de nascimento", "Género", "Estratificação de risco" (que pode ser alto, moderado ou baixo), "Número de utente de saúde", "N.º de telemóvel" e "E-mail". Para finalizar o registo, o profissional de saúde tem apenas de clicar no botão "Registar Paciente", que ficará ativo depois de todos os campos de preenchimento obrigatório estarem preenchidos.

Figura 18 - Backoffice - Página "Registar Paciente"

Depois do registo, é enviado um *e-mail* (ver exemplo na Figura 19) ao novo paciente com todas as informações necessárias para descarregar a aplicação móvel e todos os passos que terá de realizar para se autenticar na mesma. Para efetuar a autenticação, o paciente apenas precisa de inserir o seu *e-mail* no respetivo campo e utilizar o seu número de telemóvel como palavra-passe provisória, que poderá ser alterada mais tarde na aplicação.



Figura 19 - E-mail enviado após o registo de um novo utilizador

O processo de registo de um novo paciente por parte do profissional de saúde não foi uma tarefa fácil de implementar, uma vez que o serviço de autenticação do Firebase responsável por adicionar novos utilizadores não foi concebido para permitir que um utilizador (neste caso, o profissional de saúde) adicione outro utilizador à plataforma (i.e., o paciente). Pelo contrário, este serviço foi concebido no sentido de ser o utilizador a efetuar o seu próprio registo, algo que não se pretendia neste projeto, uma vez que os pacientes não deveriam efetuar o seu próprio registo na aplicação. Para contornar este problema, a solução utilizada foi o SDK Admin do Firebase para registar os pacientes, pois este permite aceder aos vários serviços do Firebase com privilégios de administrador e, conseqüentemente, registar novos utilizadores. Contudo, esta alternativa levantava preocupações de segurança, uma vez que os profissionais de saúde não deveriam interagir diretamente com os serviços do Firebase com privilégios de administrador. Deste modo, a solução encontrada foi armazenar os dados de registo do novo paciente numa tabela auxiliar na base de dados e utilizar o serviço “Cloud Functions” do Firebase para detetar quando os dados do novo utilizador eram inseridos nessa tabela e executar uma determinada função que permitisse realizar o registo desse utilizador no serviço autenticação do Firebase. Ou seja, sempre que o profissional de saúde registava um novo paciente, esta informação era inserida na tabela auxiliar e o serviço “Cloud Functions”, após detetar esse evento, executava uma função que permita o registo definitivo do novo utilizador através do SDK Admin do Firebase. Assim, o novo utilizador registado

era adicionado ao serviço de autenticação do Firebase e os seus dados eram transferidos da tabela auxiliar para a tabela “Patients”. Deste modo, considerando que o SDK Admin é executado dentro do próprio serviço “Cloud Functions” (que é um serviço interno da plataforma Firebase), os profissionais de saúde não precisavam de privilégios de administrador para registar novos pacientes, o que permitia manter a integridade e segurança do sistema.

Segue-se uma breve esquematização do fluxo de execução utilizado para registar um novo paciente que permite compreender melhor o processo explicado acima:

1. O profissional de saúde regista o novo paciente;
2. Os dados de registo do novo paciente são guardados numa tabela auxiliar;
3. O serviço “Cloud Functions” do Firebase executa a função para registar o novo paciente;
 - a. O SDK Admin adiciona o novo utilizador ao serviço de autenticação do Firebase.
 - b. Os dados do utilizador são movidos da tabela auxiliar para a tabela “Patients”;
 - c. O identificador único gerado pelo serviço de autenticação no momento do registo é atribuído ao novo paciente guardado na tabela “Patients”.

5.1.3. Visualização e monitorização de pacientes

Após selecionar um paciente da lista, o profissional de saúde é encaminhado para uma página onde pode consultar todos os detalhes do plano de reabilitação cardíaca do paciente em questão. Esta página está dividida em quatro separadores – “Prescrição em Curso”, “Histórico de Prescrições”, “Mensagens” e “Perfil do Paciente” – sendo que a página abre, por predefinição, no separador “Prescrição em Curso”. Neste separador, o profissional de saúde pode consultar vários dados sobre a prescrição atual do paciente, nomeadamente a escala de Borg associada à prescrição, o período da prescrição, o tipo de exercício, a duração do exercício, a pulsação máxima recomendada e o número de exercícios já realizados, tal como se pode ver na Figura 20.

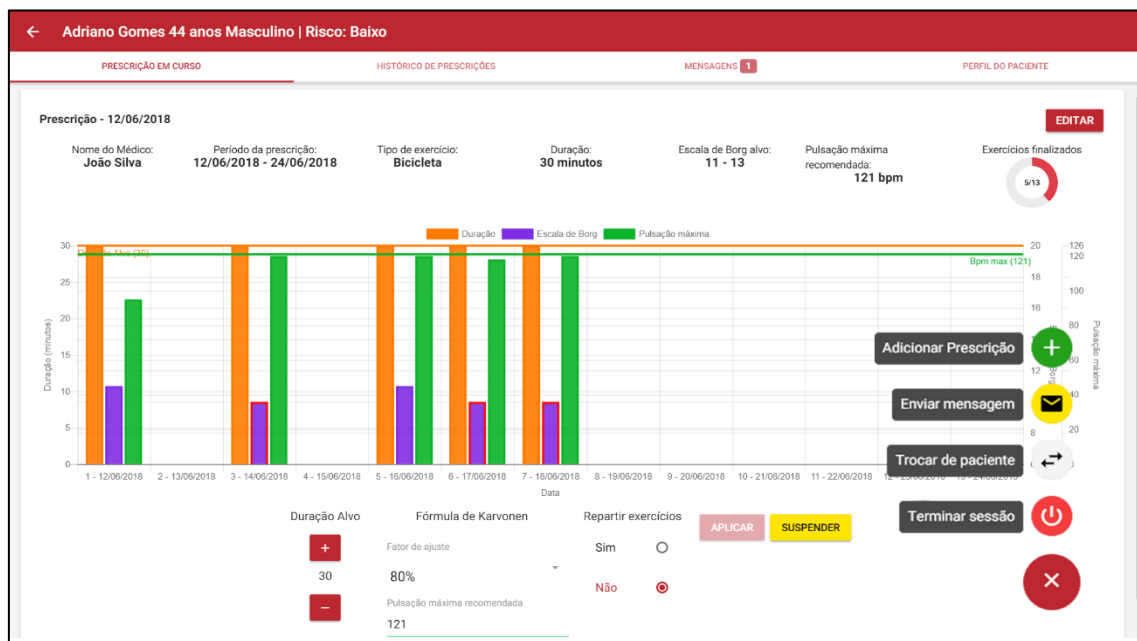


Figura 20 - Backoffice - Página "Paciente"

No gráfico de barras, estão representados os exercícios que já foram realizados pelo paciente, podendo o profissional de saúde verificar se este está a cumprir a sua prescrição corretamente ou se existem falhas a colmatar.

Cada exercício tem uma data associada e três barras que dizem respeito aos parâmetros de duração, escala de Borg e pulsação máxima, obtidos pelo paciente durante a realização do mesmo. Estes parâmetros permitem ao profissional de saúde avaliar se o exercício foi realizado de acordo com as metas definidas na prescrição. Se estes parâmetros não estiverem de acordo com o pretendido, o profissional de saúde deve receber esta informação imediatamente a fim de poder efetuar todos os ajustes necessários à prescrição, uma vez que a eficácia do programa de reabilitação cardíaca depende da correta execução do exercício e do cumprimento dos parâmetros estabelecidos.

Para que o profissional de saúde saiba se determinado parâmetro está fora do valor prescrito, a barra correspondente a esse parâmetro fica com o contorno a vermelho e, caso um parâmetro seja excedido (como, por exemplo, a pulsação máxima), a barra ultrapassa a linha horizontal do gráfico que representa a meta definida pelo profissional de saúde. Na Figura 21, é possível observar que os valores obtidos nos exercícios realizados não estão de acordo com as metas da prescrição (p. ex., pretendia-se que a duração do exercício do dia 06/03/2018 fosse de 35 minutos e o paciente apenas realizou o exercício durante 20 minutos; além disso, a pulsação máxima ultrapassa a linha horizontal, o que significa que foi excedida durante o exercício). No que toca à escala de Borg, esta não está representada nas linhas horizontais do gráfico por opção dos profissionais de saúde do programa de reabilitação cardíaca do Centro Hospitalar de Leiria, que foram consultados ao longo de todo o desenvolvimento do projeto MOVIDA.eros. O motivo é o facto de a escala de Borg consistir num intervalo fixo (de 11 a 13) para todos os pacientes.

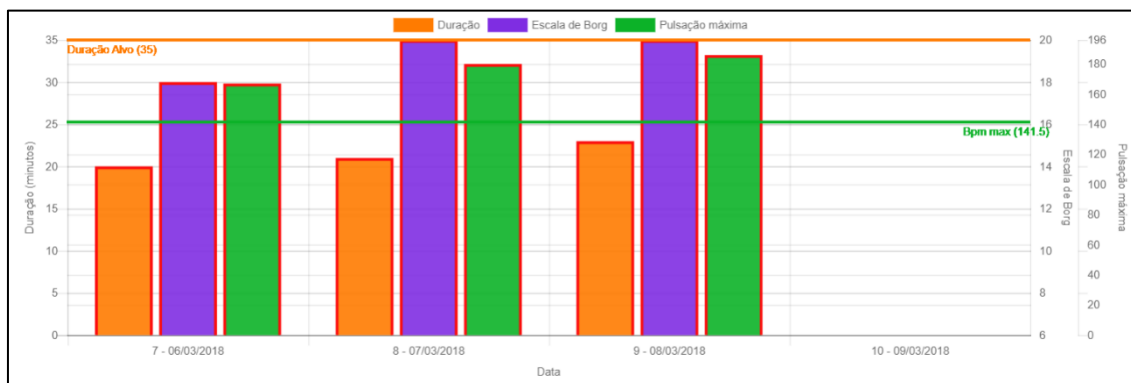


Figura 21 - Backoffice - Gráfico dos exercícios fora dos parâmetros

Por fim, vale a pena referir que todos os exercícios com sintomas associados (registados pelo paciente durante a realização do exercício) apresentam um aviso sinalizado a vermelho no canto inferior direito da página “Prescrição em Curso”, abaixo do gráfico dos exercícios (Figura 22). Este aviso serve para chamar a atenção do profissional de saúde para os exercícios que têm algum tipo de sintomas associados, permitindo que este identifique mais rapidamente todos os exercícios em que o paciente sentiu algum sintoma. Este aviso também se encontra representado no separador “Histórico de Prescrições” (vide Secção 5.1.7).

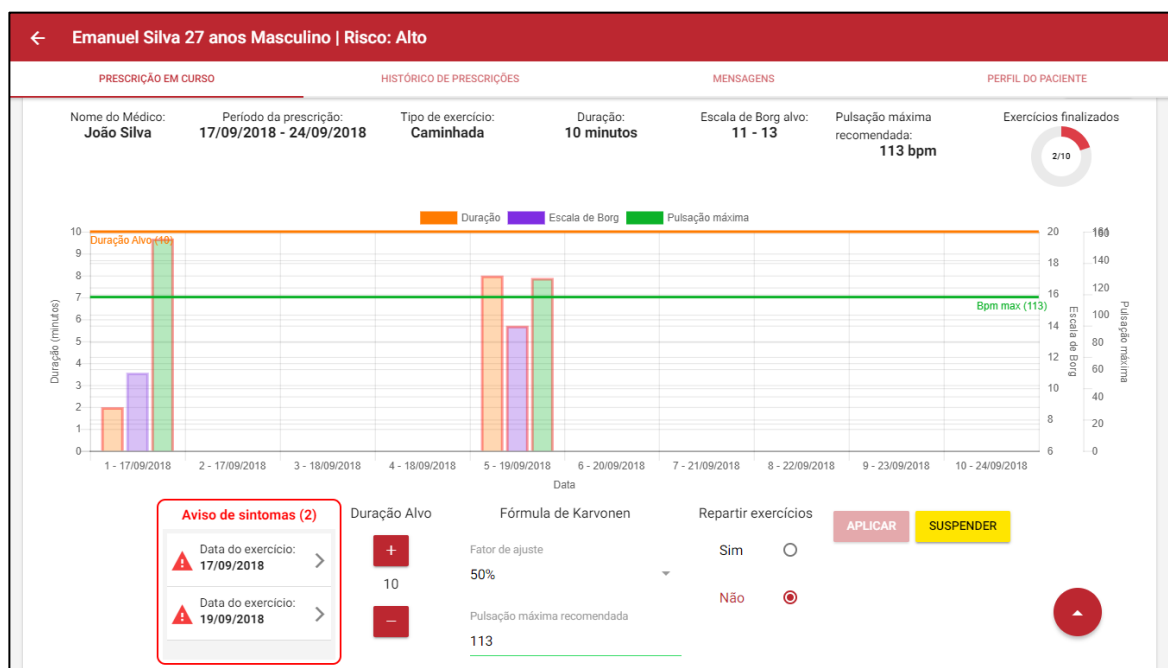


Figura 22 - Backoffice - Avisos de sintomas

5.1.4. Edição da prescrição em curso

Além de poder consultar os detalhes dos exercícios realizados pelo paciente, o profissional de saúde, se assim o entender, pode alterar os parâmetros da prescrição em curso. Para tal, pode clicar no botão “Editar” para aceder à página que contém o formulário de edição da prescrição e editar todos os parâmetros necessários (Figura 23).

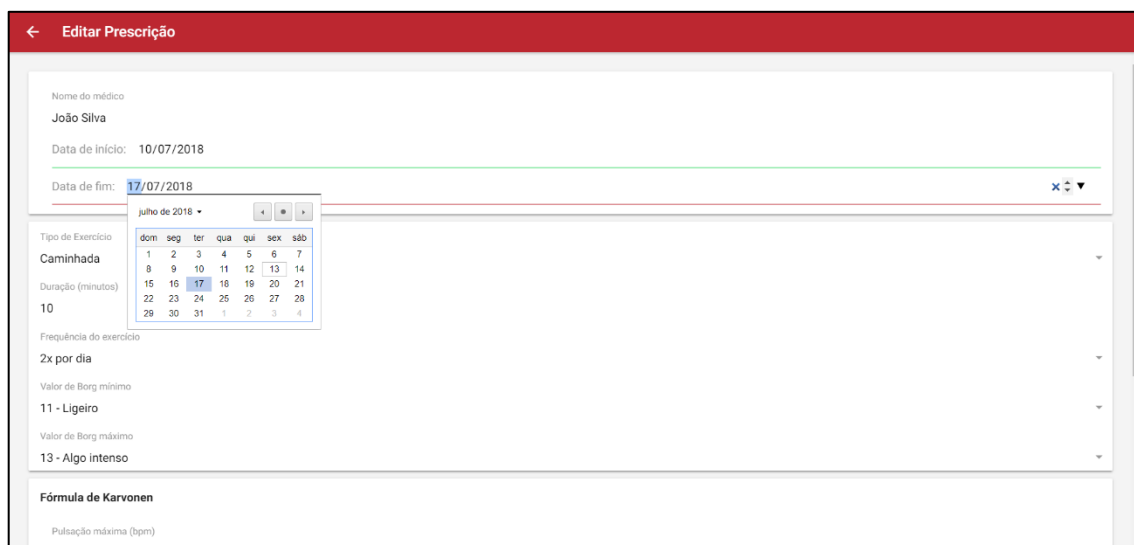


Figura 23 - Backoffice - Página "Editar Prescrição"

Sempre que é efetuada uma alteração à prescrição, é necessário atualizar a sua lista de exercícios associada, que foi gerada no momento em que a prescrição foi criada pelo profissional de saúde (vide Secção 5.1.6). Para tal, é utilizado o serviço “Cloud Functions” do Firebase, que, ao detetar uma modificação dos parâmetros da prescrição na base de dados, executa uma função que atualiza os exercícios associados à prescrição de modo a corresponderem aos novos parâmetros atualizados. Além disso, atribui, ainda, uma data de modificação à prescrição, que permite saber que uma determinada prescrição sofreu alterações aos seus parâmetros iniciais.

Em alternativa, o profissional de saúde pode alterar os parâmetros numa área de acesso rápido, localizada abaixo do gráfico de exercícios (Figura 24). Esta área permite alterar facilmente a duração-alvo e a pulsação máxima recomendada da prescrição e permite definir se os exercícios devem, ou não, ser repartidos na mesma (p. ex., dois exercícios mais curtos por dia, em vez de um só exercício mais longo). Além disso, o profissional de saúde também pode suspender a prescrição em curso a qualquer momento.



Figura 24 - Backoffice - Área de acesso rápido para editar a prescrição

Quando uma prescrição é editada pelo profissional de saúde, é necessário que a data da alteração fique registada, sendo também necessário representar no gráfico o momento em que a alteração deve ter efeito sobre os exercícios do paciente. A Figura 25 ilustra uma prescrição atualizada pelo profissional de saúde, onde se pode ver tanto a data de emissão da prescrição como a data de atualização da mesma (os exercícios realizados antes da atualização são representados com cores esbatidas e os exercícios realizados depois da

atualização são representados com cores vivas). Deste modo, o profissional de saúde consegue verificar se o paciente respondeu bem à atualização da sua prescrição, comparando os resultados dos exercícios realizados antes da atualização aos resultados dos exercícios realizados depois da mesma.

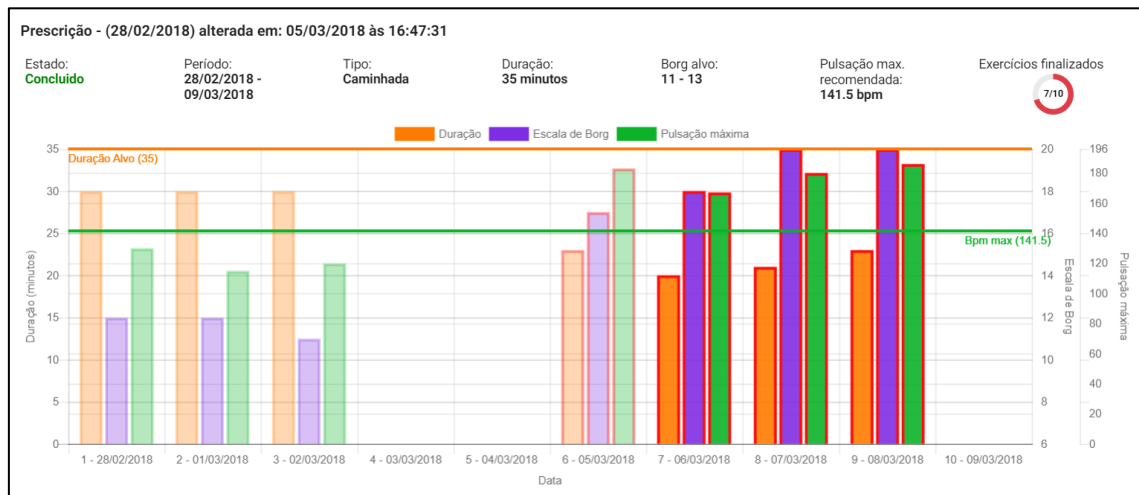


Figura 25 - Backoffice - Gráfico de uma prescrição editada

Se o profissional de saúde colocar o cursor sobre as barras do gráfico de um exercício anterior à atualização, as barras ficam com cores vivas e os valores das linhas horizontais (que representam a duração.alvo e a pulsação máxima recomendada) são atualizados para os valores que estavam em vigor no momento da realização do exercício em questão. A Figura 26 ilustra esta funcionalidade, que permite que o profissional de saúde visualize todas as alterações a que a prescrição foi sujeita desde a sua data de criação.

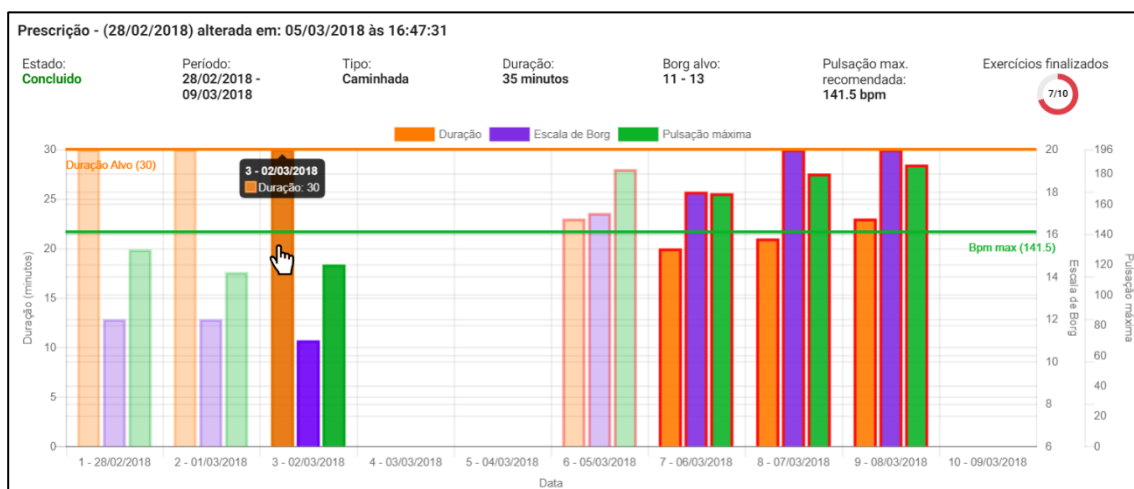


Figura 26 - Backoffice - Visualização das alterações à prescrição

5.1.5. Visualização dos detalhes do exercício

Para visualizar um determinado exercício realizado pelo paciente em mais detalhe, o profissional de saúde tem apenas de clicar nas barras do gráfico para fazer surgir uma caixa *pop-up* com informações sobre o exercício selecionado (Figura 27). Nesta caixa, o profissional de saúde tem acesso aos valores obtidos nos parâmetros definidos para o exercício em questão, tal como a duração, a pulsação máxima, o valor da escala de Borg, a distância percorrida e a velocidade média, sendo que, se algum desses parâmetros estiver fora dos valores prescritos, este ficará destacado a vermelho para alertar o profissional de saúde para a situação em questão.

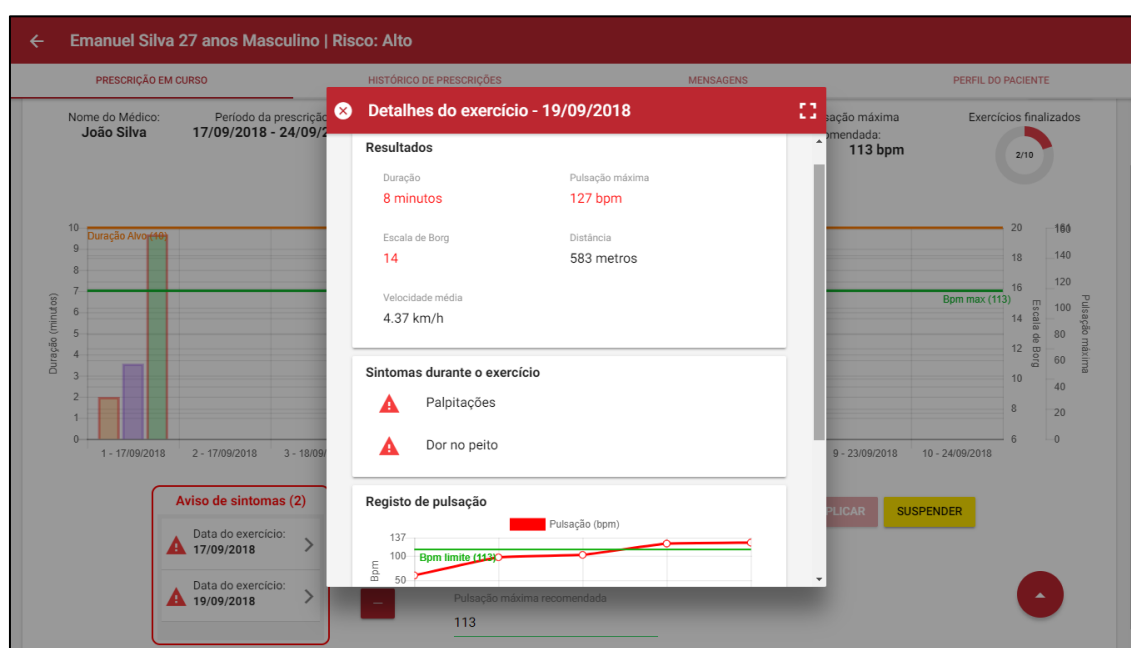


Figura 27 - Backoffice - Caixa *pop-up* "Detalhes do Exercício"

Além disso, nesta caixa *pop-up* é possível visualizar o registo dos sintomas que o paciente sentiu durante a realização do exercício, além de um gráfico que apresenta o registo da pulsação do paciente durante o mesmo. O profissional de saúde pode também expandir os detalhes do exercício e visualizá-los numa página dedicada, o que facilita a sua consulta (Figura 28).

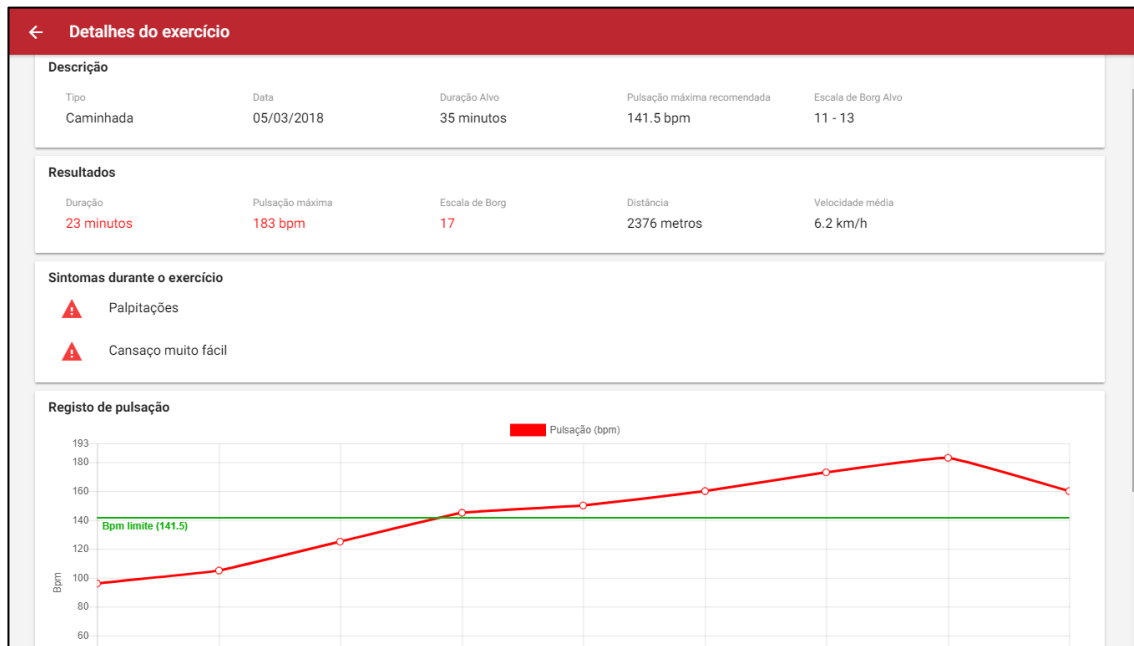


Figura 28 - Backoffice - Página "Detalhes do Exercício"

5.1.6. Adição de novas prescrições

Para adicionar uma nova prescrição, o profissional de saúde apenas necessita de clicar no botão circular que se encontra no canto inferior direito da página "Paciente" (conforme se pode ver na Figura 20 supra) e escolher a opção "Adicionar Prescrição", que abre uma página com o mesmo nome (Figura 29).

Adicionar Prescrição

João Silva

- Data de início: 19/07/2018
- Data de fim: dd/mm/aaaa

Tipo de Exercício

Duração (minutos)

Frequência do exercício

1x por dia

Valor de Borg mínimo

11 - Ligeiro

Valor de Borg máximo

13 - Algo intenso

Fórmula de Karvonen

- Pulsção máxima (bpm)
- 165
- Pulsção em repouso (bpm)
- 60
- Fator de ajuste
- 75%
- Pulsção máxima recomendada durante o exercício (bpm)
- 139

Dieta

Inserir dieta

GUARDAR

Figura 29 - Backoffice - Página "Adicionar Prescrição"

Nesta página, o profissional de saúde pode configurar todos os parâmetros relativos aos exercícios que pretende prescrever ao paciente, de acordo com as suas necessidades específicas. Os parâmetros que constituem uma prescrição de exercício físico são os seguintes:

- **Nome do médico** – é necessário para identificar o profissional de saúde que adicionou ou atualizou uma prescrição (preenchido automaticamente com o nome do profissional de saúde autenticado no momento);
- **Data de início/fim** – a prescrição de exercício está associada a um período de execução definido pelo profissional de saúde, após o qual este tem de adicionar uma nova prescrição. O facto de a prescrição não ser renovada automaticamente após o seu término prende-se com aspetos relativos à condição clínica dos pacientes, uma vez que esta pode ser instável e pode exigir ajustes ao longo do tempo. Deste modo, pelo facto de os pacientes necessitarem de uma monitorização contínua ao longo do programa, os profissionais de saúde podem ter de modificar as prescrições dos mesmos, o que impossibilita a renovação automática de uma determinada prescrição;
- **Tipo de exercício** – o profissional de saúde deve definir o tipo de exercício associado à prescrição (neste caso, caminhada ou bicicleta);
- **Duração** – a duração-alvo dos exercícios da prescrição, representada em minutos;
- **Frequência do exercício** – neste campo, o profissional de saúde pode atribuir um ou dois exercícios ao paciente por dia. Um dos motivos pelos quais se adotou a possibilidade de atribuir mais do que um exercício por dia foi o facto de, por vezes, poder ser necessário repartir um exercício em dois como forma de diminuir o esforço exercido pelo paciente. Deste modo, o profissional de saúde pode optar por atribuir dois exercícios ao paciente e, no campo “Duração”, designar uma duração mais curta para cada um dos exercícios, de modo a dividir o esforço do exercício para pacientes que tenham uma capacidade física mais limitada. Por outro lado, o profissional de saúde também pode atribuir mais exercícios como forma de aumentar a carga física para determinado paciente, caso tal se mostre pertinente;
- **Valor mínimo/máximo na escala de Borg** – o profissional de saúde deve seleccionar o intervalo da escala de Borg que pretende associar aos exercícios da prescrição. A escala de Borg permite classificar o esforço exercido durante a realização do exercício físico prescrito. A escala de Borg utilizada no projeto MOVIDA.eros é a mesma que a escala utilizada no programa de reabilitação cardíaca do Centro Hospitalar de Leiria e está compreendida entre valores de 6 e 20 (como se pode ver na Figura 30, uma fotografia do cartaz informativo que se encontra afixado na sala que se destina ao programa de reabilitação cardíaca do hospital), embora tenha sido definido um intervalo fixo de 11 a 13 para todos os pacientes do programa de reabilitação cardíaca em questão.



Figura 30 - Escala de Borg

A prescrição do paciente tem associado um intervalo de Borg (um valor mínimo e um valor máximo) para classificar o esforço que se pretende que o paciente exerça. Deste modo, durante o exercício, o paciente deve tentar perceber como está a sua frequência cardíaca, a respiração, o nível de transpiração (sudorese) e a fadiga muscular. Através destas variáveis, o paciente consegue avaliar o nível de esforço exercido e classificá-lo segundo a tabela apresentada. Deste modo, consoante o valor da escala de Borg atribuído pelo paciente ao exercício realizado, o profissional de saúde consegue ver como correu o exercício e determinar se objetivo definido foi cumprido pelo paciente ou não, podendo eventualmente ajustar a escala de Borg alvo da prescrição, caso tal se mostre necessário;

- **Fórmula de Karvonen** – permite determinar a pulsação máxima que o paciente pode atingir durante a realização do exercício. Este valor tem como objetivo garantir que o paciente pode realizar o exercício em segurança, sem ultrapassar os valores recomendados. A fórmula (em que PMR = pulsação máxima recomendada; PR = pulsação em repouso; PM = pulsação máxima; fator de ajuste = entre 0 e 1 [representa uma percentagem]) é representada abaixo:

$$PMR = PR + (\text{fator de ajuste } \%) * (PM - PR)$$

Os parâmetros utilizados na fórmula de Karvonen [23] são específicos de cada paciente e são determinados pelo profissional de saúde após a realização de um exame físico ao paciente em contexto de consulta;

- **Dieta** – a prescrição também tem associada uma dieta que o paciente deve seguir. O profissional de saúde apenas precisa de escrever a dieta que pretende atribuir ao paciente na respetiva caixa de texto.

Quando o profissional de saúde adiciona uma nova prescrição e esta é inserida na base de dados, é acionada uma “função” configurada no serviço “Cloud Functions” do Firebase, que utiliza os parâmetros definidos na prescrição para gerar uma lista de exercícios que é posteriormente associada à prescrição em questão. Esta lista de exercícios consiste nos exercícios que serão realizados pelo paciente na aplicação móvel.

Para gerar esta lista de exercícios associada à prescrição, a “função” configurada no serviço “Cloud Functions” do Firebase utiliza os parâmetros “Data de início/fim” e “Frequência do exercício” para determinar o número de exercícios que é necessário gerar e em que dias esses exercícios devem ser realizados. Cada exercício tem os seguintes parâmetros:

- **Data** – data em que o exercício deve ser realizado;
- **Tipo de exercício** – pode ser “Caminhada” ou “Bicicleta”;
- **Duração alvo** – diz respeito à duração, em minutos, prescrita pelo profissional de saúde para o exercício;
- **Valor mínimo/máximo na escala de Borg** – trata-se do intervalo de valores, na escala de Borg, em que se pretende que o esforço do exercício esteja situado;
- **Pulsação máxima recomendada** – consiste na pulsação máxima que o paciente pode atingir durante um exercício para que este seja realizado com segurança;
- **Identificador da prescrição** – permite associar o exercício em causa a uma determinada prescrição;
- **Estado** – pode ser “Em curso”, “Concluído” ou “Não realizado”. Este parâmetro pode ser utilizado para filtrar os exercícios consoante o estado atribuído;
- **Duração real** – trata-se da duração efetiva do exercício realizado pelo paciente, expressa em minutos;
- **Velocidade média** – refere-se à velocidade média atingida durante o exercício, expressa em km/h;
- **Distância percorrida** – representa a distância percorrida pelo paciente em metros;
- **Valor da escala de Borg atribuído** – refere-se ao valor que o paciente atribuiu ao exercício depois da sua realização;
- **Pulsação inicial** – trata-se da pulsação registada pelo paciente antes de realizar um exercício;
- **Pulsação final** – refere-se à pulsação registada após a realização do exercício;
- **Pulsação máxima** – representa a pulsação máxima atingida pelo paciente durante a realização de todo o exercício;
- **Lista de pulsações registadas durante o exercício** – consiste numa lista das várias pulsações que o paciente foi registando ao longo do exercício. Estes valores são expressos em batimentos/minuto (BPM) e têm uma data/hora associada;

- **Sintomas** – consiste numa lista de eventuais sintomas que o paciente pode ter sentido durante o exercício.

Alguns dos parâmetros referidos já se encontram preenchidos quando o exercício é gerado, nomeadamente os parâmetros “Data”, “Tipo de exercício”, “Duração-alvo”, “Valor mínimo/máximo na escala de Borg”, “Pulsação máxima recomendada”, “Identificador da prescrição” e “Estado”. Os restantes são preenchidos automaticamente depois da realização do exercício.

5.1.7. Histórico de prescrições

No separador “Histórico de Prescrições”, o profissional de saúde pode consultar uma lista com as várias prescrições anteriores do paciente. Deste modo, é possível verificar a progressão clínica do paciente e avaliar se o programa de reabilitação cardíaca está a produzir os resultados esperados.

Esta página é composta por uma lista de prescrições, do lado esquerdo, e por um gráfico dos exercícios, do lado direito (Figura 31). Para consultar uma determinada prescrição e visualizar os seus detalhes, o profissional de saúde apenas precisa de selecionar uma prescrição da lista, o que originará o preenchimento automático do gráfico com os resultados da mesma.

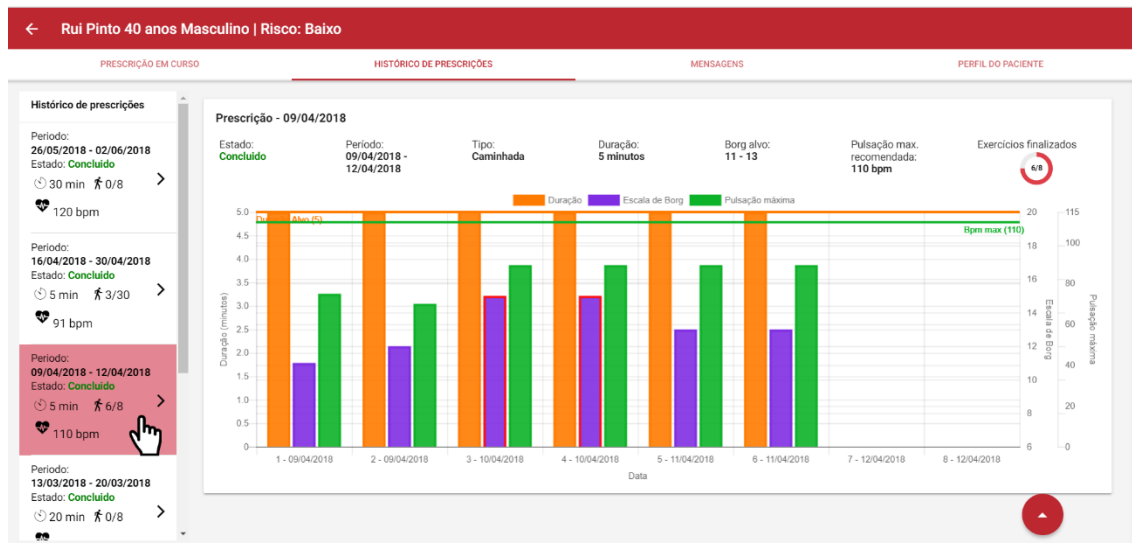


Figura 31 - Backoffice - Página "Histórico de Prescrições"

O gráfico que consta nesta página apresenta as mesmas funcionalidades que o gráfico da prescrição em curso explicado na secção anterior. Portanto, também permite visualizar os detalhes de cada exercício e verificar se uma determinada prescrição sofreu alguma alteração durante o seu período de execução.

Numa primeira versão, cada prescrição do histórico tinha um gráfico dedicado que permitia que o profissional de saúde comparasse os resultados de várias prescrições mais facilmente. Contudo, à medida que o número de gráficos do histórico de prescrições ia aumentando, a página ficava cada vez mais lenta, o que dificultava a sua utilização. A causa mais provável

para esta situação é o facto de a biblioteca “Chart.js” não estar preparada para ser utilizada em casos em que é necessário utilizar um número muito elevado de gráficos na mesma página, embora também possa ser devido a uma perda de *performance* da biblioteca devido à sua integração na *framework* Ionic. Deste modo, a solução encontrada para resolver este problema passou por aproveitar o mesmo gráfico para mostrar os dados de todas as prescrições. Sempre que o profissional de saúde selecionava uma prescrição da lista, o gráfico era atualizado com os dados dessa prescrição e, desta forma, era apenas necessário utilizar um gráfico para todo o histórico de prescrições. Isto resolveu o problema de *performance* e tornou a página mais fácil de utilizar.

5.1.8. Mensagens e notificações *push*

A comunicação entre o profissional de saúde e o paciente é essencial para garantir a eficácia do programa de reabilitação cardíaca. Sempre que for necessário, o profissional de saúde deve dispor de um mecanismo para comunicar com os seus pacientes e dar-lhes conselhos e informações ou responder a eventuais dúvidas sobre o programa de reabilitação. O que se espera é que a comunicação estreita entre as duas partes promova a motivação e o empenho do paciente e, conseqüentemente, produza os melhores resultados possíveis para o mesmo. Deste modo, era fundamental incluir no projeto MOVIDA.eros algum tipo de método de comunicação que assegurasse esta vertente tão importante do programa de reabilitação cardíaca, sempre com vista a promover uma interação contínua entre as duas partes.

Neste sentido, estabeleceu-se que a comunicação entre o profissional de saúde e o paciente seria feita através de mensagens escritas. Deste modo, o profissional de saúde poderia fornecer conselhos ou recomendações que considerasse apropriadas ao paciente e este poderia colocar dúvidas sobre a sua prescrição ou comunicar quaisquer eventos ocorridos durante um exercício. Para consultar as mensagens enviadas pelo paciente, o profissional de saúde apenas precisa de aceder ao separador “Mensagens” (Figura 32), que contém o número de mensagens por abrir à frente do título do separador. Nesta página, o profissional de saúde pode visualizar mensagens novas que ainda não foram abertas (assinaladas a laranja) e mensagens já visualizadas (assinaladas a cinzento).

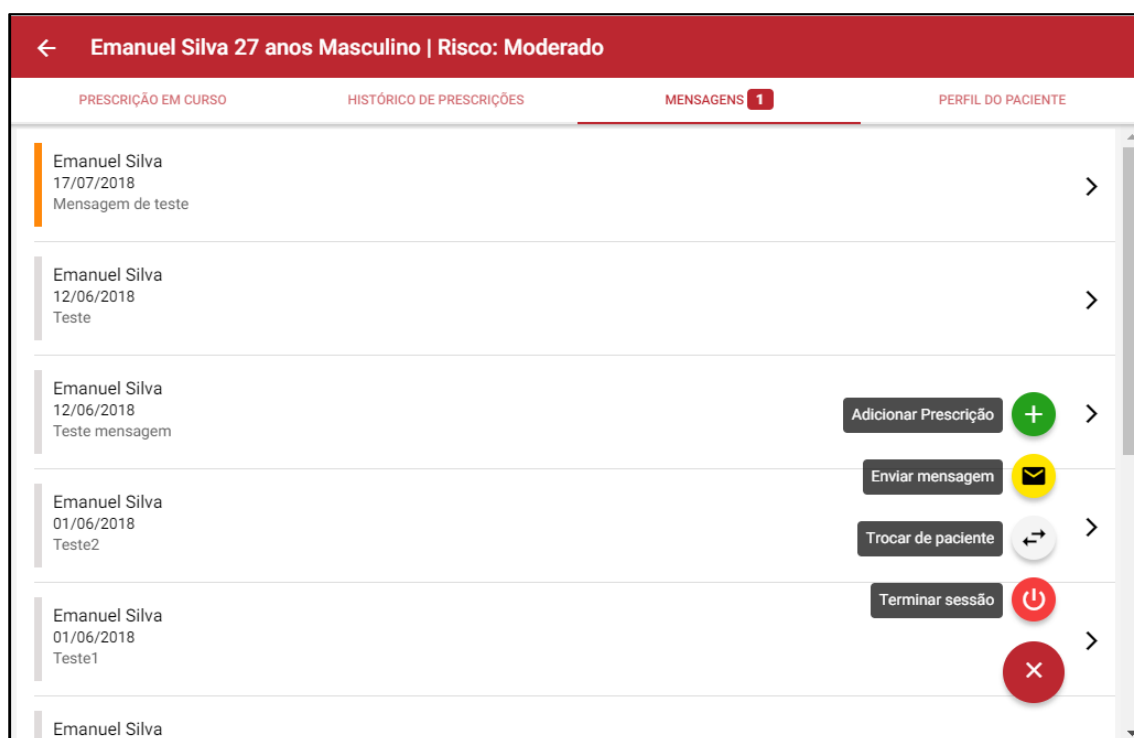


Figura 32 - Backoffice - Página "Mensagens"

Do mesmo modo, as mensagens que ainda não foram lidas pelo profissional de saúde também aparecem na "Lista de Pacientes" para informar o médico de que tem mensagens por abrir na sua caixa de correio. As mensagens são representadas por um número junto ao nome do paciente que as enviou, que corresponde ao número de mensagens por abrir (Figura 33).

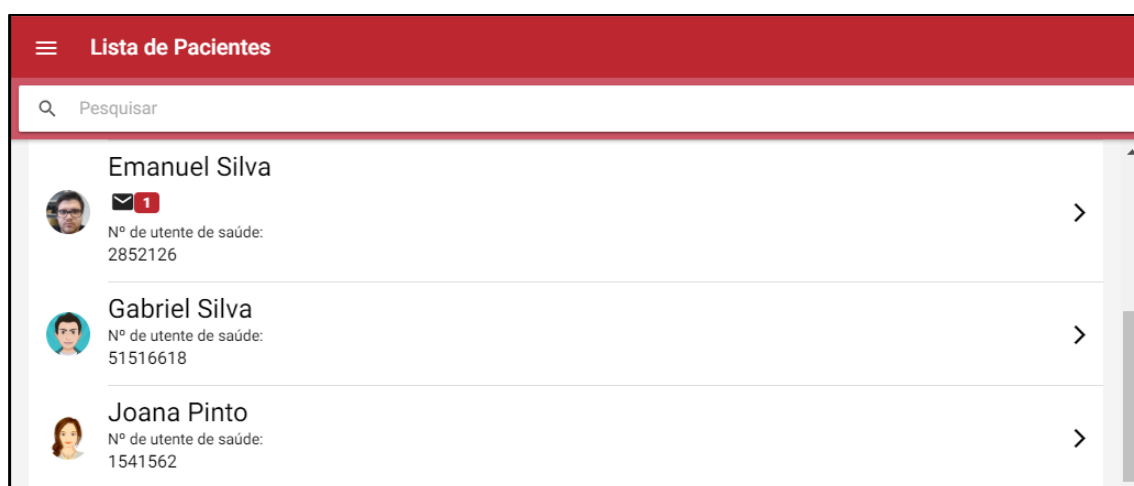


Figura 33 - Backoffice - Aviso de novas mensagens na página "Lista de Pacientes"

Por último, para visualizar uma mensagem de um paciente específico, o profissional de saúde apenas precisa de selecionar uma mensagem da lista para fazer surgir uma janela com o conteúdo da mesma (Figura 34), tendo também a opção de enviar uma mensagem de resposta.

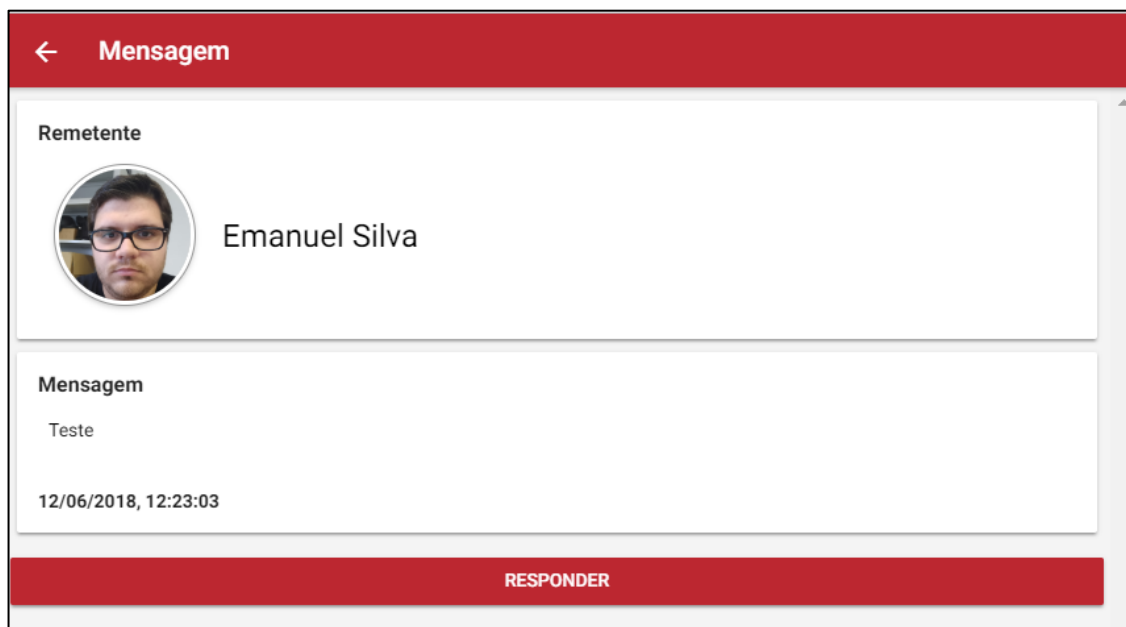


Figura 34 - Backoffice – Visualização da mensagem

Sempre que o profissional de saúde envia uma mensagem ao paciente, é enviada uma notificação *push* para o *smartphone* do mesmo. Para implementar esta funcionalidade, foi utilizado o serviço “Cloud Messaging” do Firebase, que consiste numa solução multiplataforma que permite enviar mensagens sem qualquer custo. Este serviço pode ser utilizado através do SDK Admin do Firebase, que concede permissões de administrador. Considerando que o SDK Admin do Firebase já estava instalado no serviço “Cloud Functions”, este foi aproveitado para implementar o envio de notificações *push*, implementando uma “função” que deteta a inserção de uma nova mensagem na base de dados e envia a notificação *push* para o *smartphone* do paciente.

Além de estar associado ao envio de notificações *push* quando há troca de mensagens entre profissionais de saúde e pacientes, o serviço “Cloud Functions” também está configurado para enviar uma mensagem automática e uma notificação *push* para o *smartphone* do paciente sempre que o profissional de saúde adiciona uma nova prescrição ou efetua alguma alteração a uma prescrição em curso. Isto permite que o paciente esteja sempre a par das novas prescrições emitidas pelo profissional de saúde e de todas as alterações efetuadas pelo mesmo.

5.1.9. Perfil do paciente

Para consultar as informações pessoais de um paciente, o profissional de saúde deve abrir o separador “Perfil do Paciente” (Figura 35). Além de poder consultar e, se necessário, editar as suas informações pessoais, o profissional de saúde pode também ver a fotografia do paciente (que permite identificá-lo mais facilmente) e um gráfico com o registo de peso do mesmo, ao qual pode acrescentar dados ao longo do tempo. Nesta página, existe ainda uma área de notas onde o profissional de saúde pode anotar informações que considere importantes ou que precise de recordar mais tarde, sendo que essas notas apenas estão visíveis para o profissional de saúde e não para os pacientes.

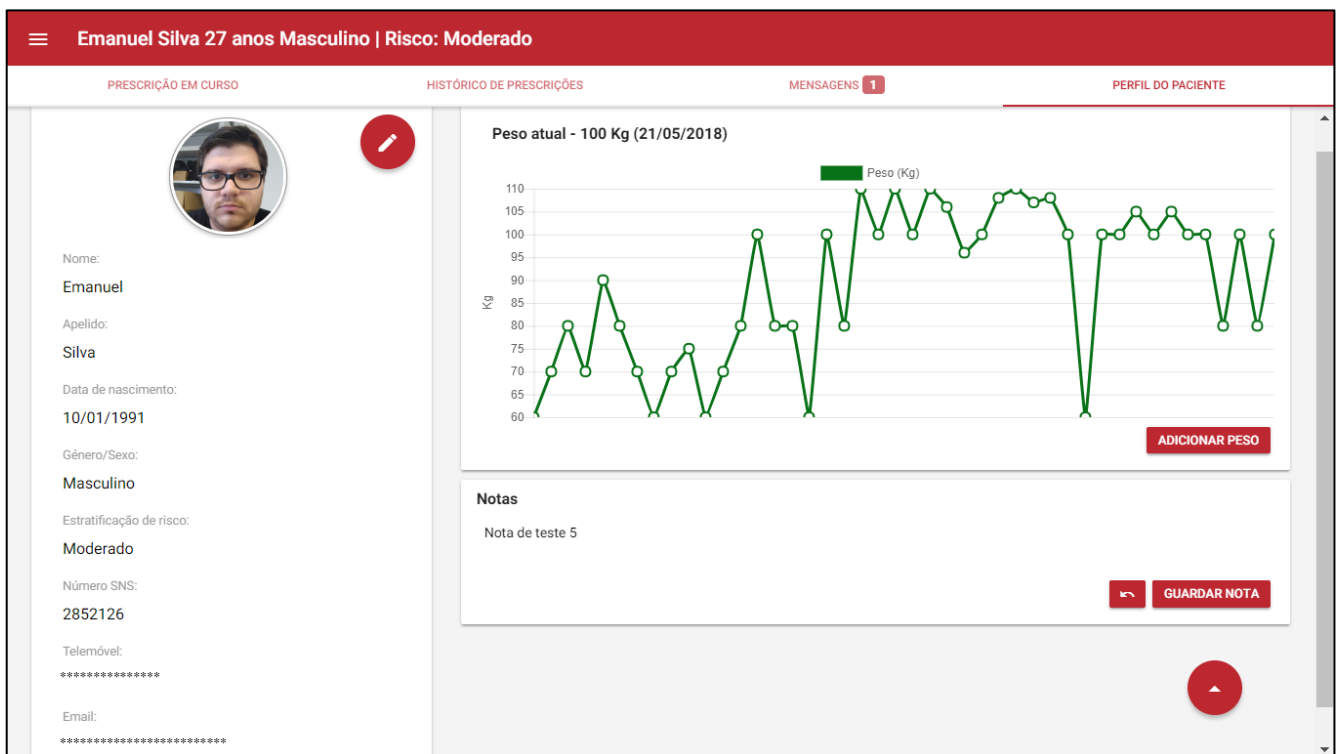


Figura 35 - Backoffice - página "Perfil do Paciente"

5.1.10. Perfil do profissional de saúde

Tal como o paciente, o profissional de saúde também tem um perfil pessoal. Neste perfil, o profissional de saúde pode alterar o seu nome, apelido e endereço de e-mail, além de poder modificar a sua palavra-passe caso seja necessário. Pode também adicionar uma fotografia para ser mais facilmente identificado pelos seus pacientes (Figura 36).

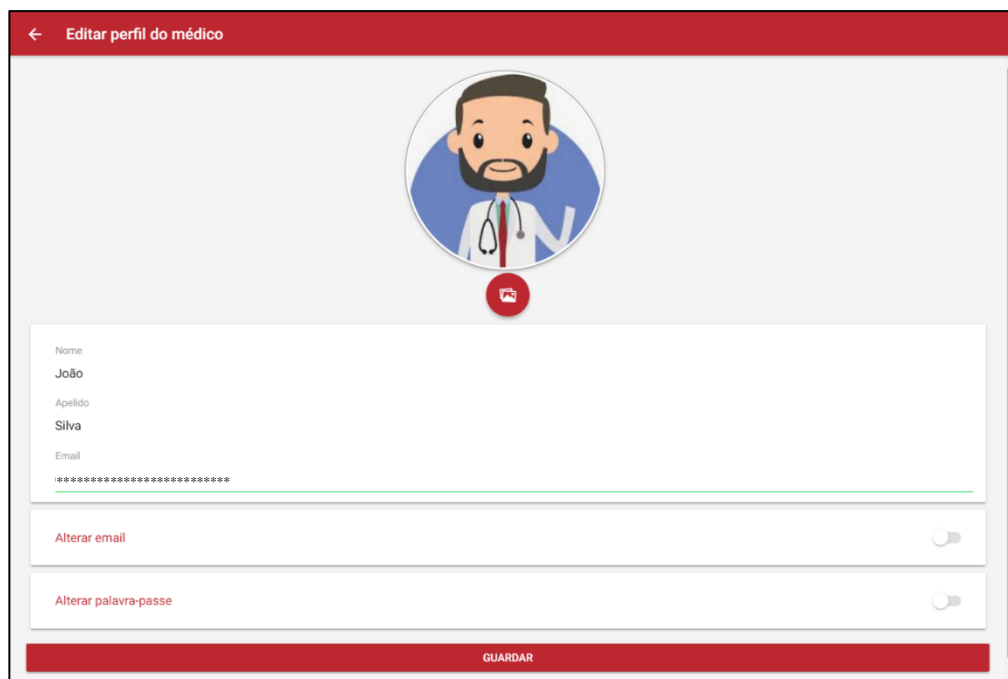


Figura 36 - Backoffice - Página "Editar Perfil do Médico"

5.1.11. Modo de administrador

O modo de administrador foi desenvolvido com o propósito de melhorar o processo de gestão dos utilizadores da plataforma MOVIDA.eros. Antes do desenvolvimento desta funcionalidade, apenas era possível adicionar um novo profissional de saúde e remover pacientes/profissionais de saúde na página de gestão da plataforma Firebase. Estas operações não eram automáticas, pelo que era necessário alterar a base de dados do projeto manualmente, tal como acontecia no serviço “Authentication” do Firebase quando era necessário remover/adicionar contas de utilizadores.

A implementação do modo de administrador veio, portanto, facilitar a realização destas tarefas na plataforma MOVIDA.eros. O administrador da plataforma (um papel que pode ser atribuído, por exemplo, a um dos profissionais de saúde) apenas necessita de se autenticar na aplicação *web* de *backoffice* com as credenciais de administrador para navegar até à página “Modo Administrador: Gestão de Utilizadores” (Figura 37).

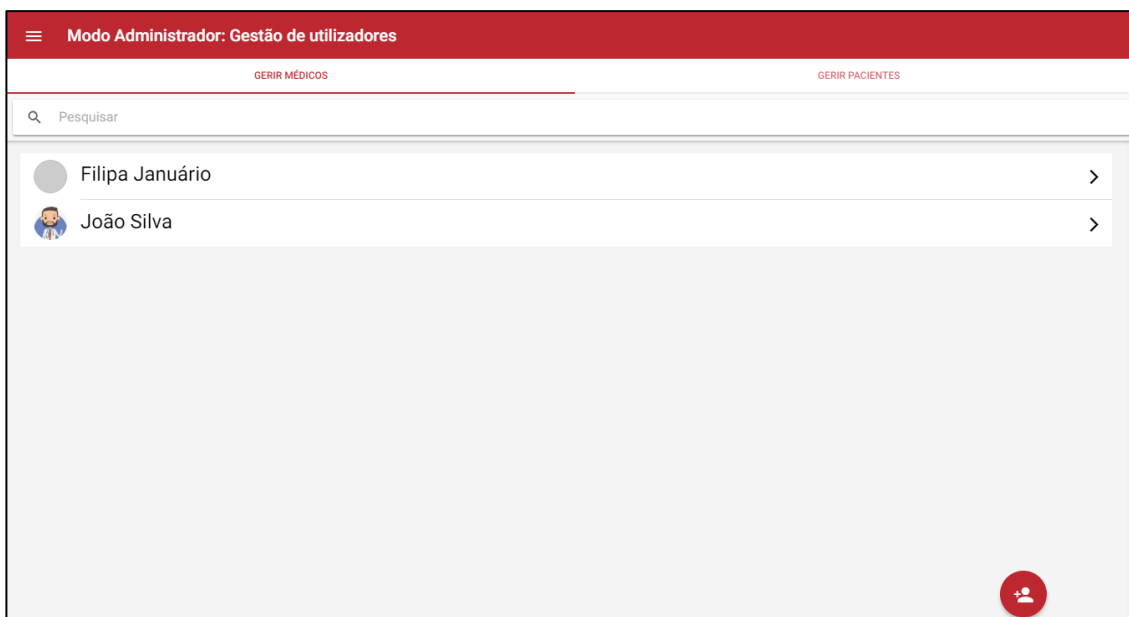



Figura 37 - Backoffice - Modo Administrador: Gestão de Utilizadores

Esta página está dividida em dois separadores, nomeadamente o separador “Gerir Médicos” e o separador “Gerir Pacientes”. No separador “Gerir Médicos”, é apresentada uma lista com os profissionais de saúde registados na plataforma MOVIDA.eros, sendo possível utilizar a barra de pesquisa para filtrar os médicos da lista por nome. Para registar um novo profissional de saúde na plataforma, apenas é necessário clicar no botão circular  e preencher o formulário da página “Registar Médico” com o nome, apelido e *e-mail* do profissional de saúde. De seguida, será enviado um *e-mail* para o profissional de saúde com as credenciais de acesso à plataforma (*e-mail* e palavra-passe provisória).

Para remover um profissional de saúde da plataforma, basta seleccioná-lo na lista para abrir uma página (Figura 38) com a sua fotografia de perfil e os seus detalhes e clicar no botão “Eliminar Utilizador”, que permite a sua remoção da plataforma.

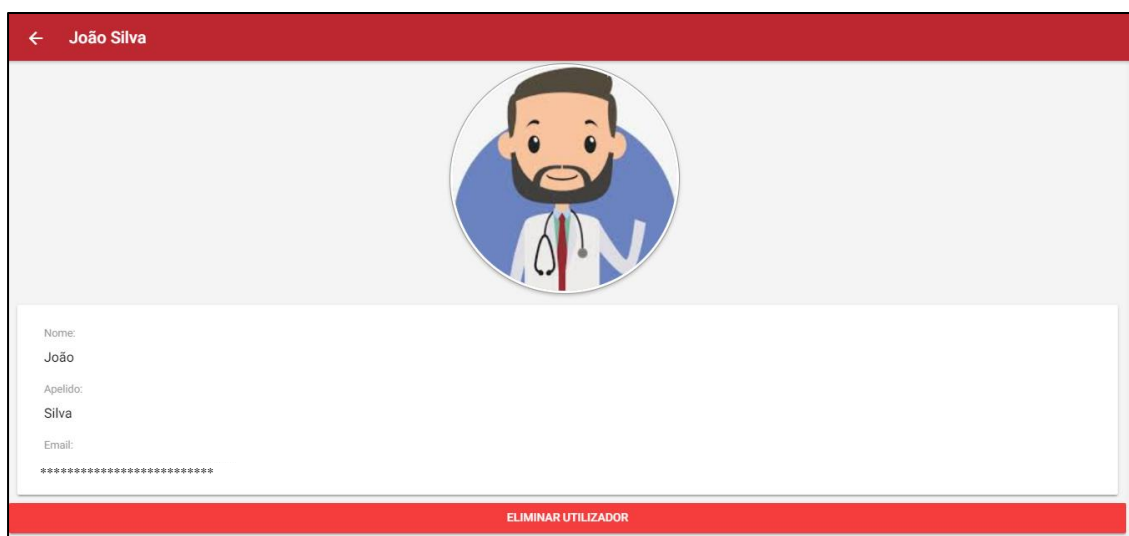


Figura 38 - Backoffice – Remoção de um profissional de saúde

No separador “Gerir Pacientes”, há uma lista com todos os pacientes da plataforma que permite filtrar os pacientes por nome e pelo número de utente de saúde. Para remover um paciente, o processo é semelhante ao caso do profissional de saúde, sendo apenas necessário seleccioná-lo e, na página de detalhes do paciente, clicar no botão “Eliminar Utilizador”. Contudo, no caso dos pacientes, o modo de administrador apenas permite remover pacientes da plataforma MOVIDA.eros e não registá-los, uma vez que o registo é uma tarefa realizada pelos profissionais de saúde.

No que toca à adição e remoção de utilizadores (profissionais de saúde e pacientes) da plataforma MOVIDA.eros, recorreu-se a um processo muito semelhante ao registo de pacientes na plataforma, que foi anteriormente explicado na Secção 5.1.2. Sempre que o administrador remove um utilizador, os dados do utilizador a ser removido (identificador único, nome, apelido e *e-mail*) são inseridos numa tabela auxiliar (“removeDoctorAux” no caso dos profissionais de saúde e “removePatientAux” no caso dos pacientes). A cada uma destas tabelas auxiliares está associada uma “função” no serviço “Cloud Functions” do Firebase, que é acionada sempre que são inseridos novos utilizadores a serem removidos nas tabelas. Utilizando o identificador único, é possível remover os registos desse utilizador da base de dados, ao passo que, com o recurso SDK Admin do Firebase (que é utilizado dentro do serviço “Cloud Functions”), é possível remover a conta do utilizador do serviço “Authentication” do Firebase. Por último, é enviado um *e-mail* ao utilizador a informar que a sua conta foi removida da plataforma MOVIDA.eros, sendo os dados posteriormente removidos da tabela auxiliar.

Relativamente ao registo de um novo profissional de saúde, o processo é também muito semelhante. Na verdade, o que difere é o facto de ser utilizada a tabela auxiliar “doctorCreateAux”, sendo que a respetiva “função” do serviço “Cloud Functions” insere os dados do novo profissional de saúde na tabela “Doctors” e utiliza o SDK Admin do Firebase para adicionar um novo utilizador no serviço “Authentication”. No final deste processo, é gerada aleatoriamente uma palavra-passe provisória de 8 caracteres e esta é enviada por *e-mail* ao profissional de saúde registado, juntamente com as credencias de acesso ao *backoffice*.

5.2. Aplicação móvel

Como foi referido anteriormente, a aplicação móvel destina-se aos pacientes que estão integrados no programa de reabilitação cardíaca e registados pelos profissionais de saúde no projeto MOVIDA.eros. A aplicação móvel foi desenvolvida utilizando a *framework* Ionic e está disponível para *download* na App Store e na Google Play Store.

5.2.1. Autenticação

O processo de autenticação dos pacientes na aplicação móvel do projeto MOVIDA.eros é muito semelhante ao processo de autenticação dos profissionais de saúde no *backoffice*. Tal como acontece no caso do *backoffice*, ao qual apenas os profissionais de saúde têm acesso, os únicos utilizadores que podem aceder à aplicação móvel são os pacientes, uma vez que se trata de uma aplicação desenvolvida especificamente para os mesmos. A Figura 39 representa a página de início de sessão onde os pacientes devem autenticar-se inserindo o seu *e-mail* e a sua palavra-passe provisória, que corresponde ao seu número de telemóvel. Posteriormente, o paciente pode alterar a palavra-passe da sua conta se assim o desejar.

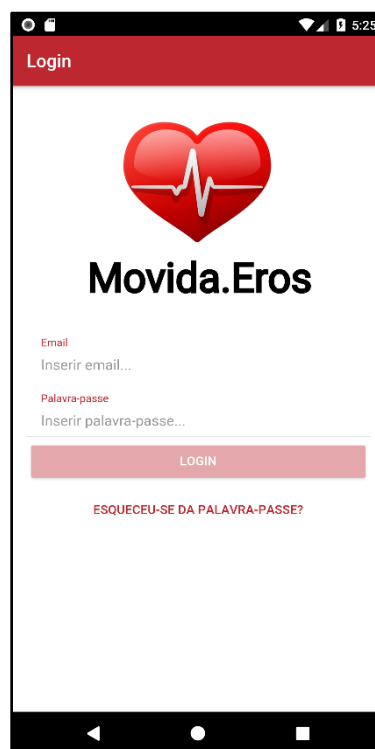


Figura 39 - Aplicação móvel - Página "Login"

5.2.2. Exercícios

Depois de iniciar sessão na aplicação, o paciente é encaminhado para a página “Exercícios”, onde pode consultar os exercícios da prescrição em curso. Os exercícios que constam nesta página são apresentados em listas e estão divididos em quatro separadores, que se encontram na parte superior da página. O primeiro separador, representado pelo ícone 🕒 (Figura 40), apresenta os exercícios do dia, ou seja, os exercícios que o paciente deve realizar no dia em questão; já o segundo separador, representado pelo ícone 📅 (Figura 41), mostra os exercícios agendados para os dias seguintes; o separador representado pelo ícone ❌ (Figura 42) mostra os exercícios que o paciente não realizou; e o separador representado pelo ícone

☑ (Figura 43) apresenta uma lista dos exercícios já realizados e os respectivos resultados, nomeadamente o valor na escala de Borg atribuído pelo paciente, a pulsação máxima atingida durante o exercício, a duração real do exercício e a distância percorrida pelo paciente.



Figura 40 - Aplicação móvel - Exercícios - Hoje

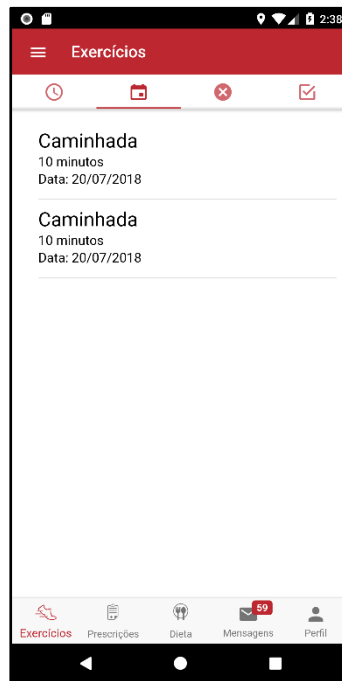


Figura 41 - Aplicação móvel - Exercícios - Próximos

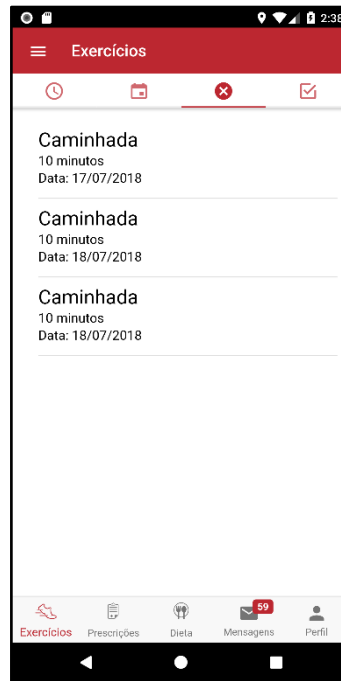


Figura 42 - Aplicação móvel - Exercícios - Não realizados

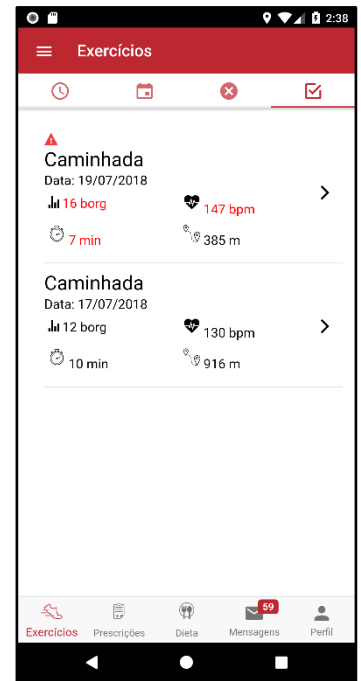


Figura 43 - Aplicação móvel - Exercícios - Realizados

Cada exercício tem um “estado” associado na base de dados do Firebase que permite filtrar os exercícios e distribuí-los pelos quatro separadores referidos acima. Quando o profissional de saúde adiciona uma nova prescrição, os exercícios gerados pela mesma são associados por predefinição ao estado “Em curso”, sendo que, à medida que os exercícios vão sendo realizados pelo paciente, o seu estado é alterado para “Concluído”. Por outro lado, caso o paciente não realize algum dos exercícios, deixando passar o dia destinado à sua realização, o seu estado é alterado para “Não realizado”. Para permitir a alteração do estado do exercício para “Não realizado”, foi utilizado o serviço “cron-job.org” [24], que permite programar pedidos HTTP/HTTPS para um determinado URL com uma periodicidade específica. Deste modo, foi implementado no serviço “Cloud Functions” do Firebase uma rota que, no momento em que eram recebidos os pedidos enviados todos os dias à 01h00 pelo serviço “cron-job.org”, verificava todos os exercícios de todas as prescrições e de todos os pacientes e alterava o estado dos exercícios para “Não realizado” caso a data de realização do exercício já tivesse sido ultrapassada e o exercício não tivesse sido realizado. Também foi utilizado um processo muito semelhante para atualizar o estado das prescrições à medida que iam sendo finalizadas. Estas rotas implementadas no serviço “Cloud Functions” estão protegidas pelo protocolo HTTPS e por uma chave de 85 caracteres aleatórios que impede que as rotas respondam a pedidos ilegítimos.

5.2.3. Realização do exercício

Para realizar um exercício da prescrição em curso, o paciente deve levar o seu dispositivo móvel consigo para o local onde pretende realizar o exercício e aceder à página “Exercícios” e, de seguida, ao separador que contém os exercícios prescritos para o dia em questão (representado pelo ícone 🕒). Depois de clicar no exercício a realizar, abre-se uma nova página com um temporizador e um botão para inserir a pulsação inicial antes da realização do exercício (Figura 44). Neste ecrã também consta a distância percorrida pelo paciente (representada pelo ícone 📍) e o último registo de pulsação inserido pelo mesmo (representado pelo ícone ❤️), além da pulsação máxima recomendada para o exercício. Se o paciente exceder a pulsação máxima, o valor da pulsação fica a vermelho (como se pode ver na Figura 46).

Depois de inserir a pulsação, o paciente tem apenas de clicar no botão “Iniciar” e começar a realizar o exercício (Figura 45). Durante a realização do exercício, a aplicação utiliza o GPS (caso se trate de um dispositivo Android) ou o pedómetro (caso se trate de um dispositivo iOS) para calcular a distância percorrida. Além disso, se assim o desejar, o paciente pode ir introduzindo pulsações durante a atividade, de modo a que o profissional de saúde possa analisar as variações de pulsação que o paciente apresentou durante o exercício e determinar qual foi a pulsação máxima atingida durante o mesmo.

O ecrã do exercício em curso também inclui o botão “Terminar exercício” (Figura 46), que permite que o paciente termine o exercício a qualquer momento caso não consiga realizá-lo até ao fim (devido a cansaço excessivo ou por outros motivos). Se, porém, o paciente realizar o exercício na totalidade, ou seja, se o temporizador chegar ao fim, o telemóvel vibra e emite um aviso sonoro para alertar o paciente de que o exercício terminou.

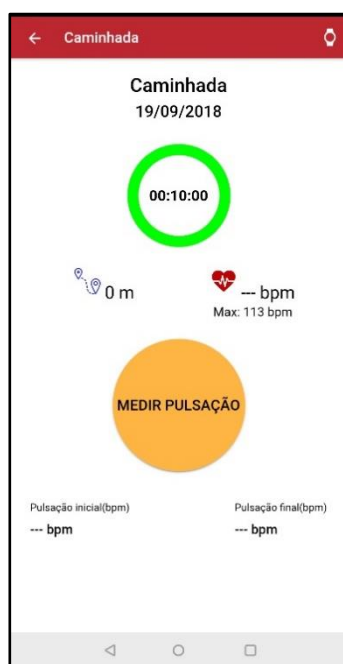


Figura 44 - Aplicação móvel – Inserção da pulsação inicial

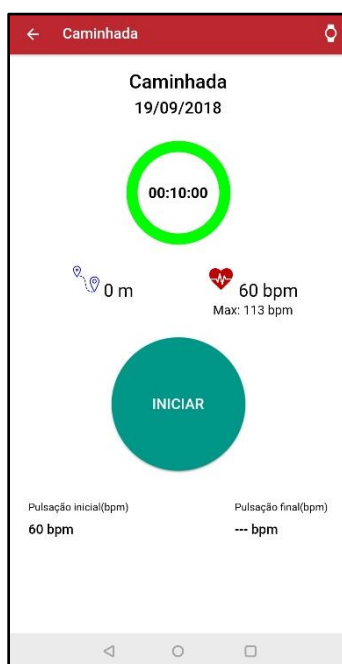


Figura 45 - Aplicação móvel – Início do exercício

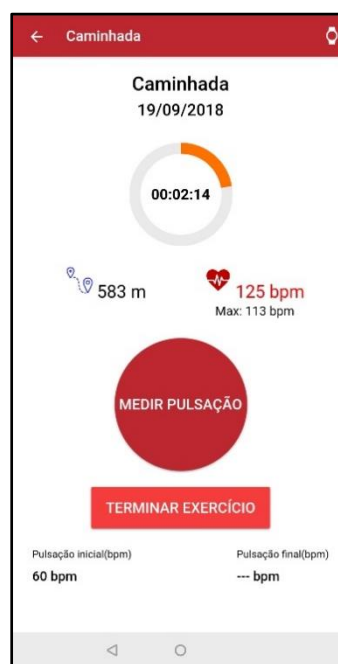



Figura 46 - Aplicação móvel – Finalização do exercício

Se o paciente tentar sair do ecrã de realização do exercício clicando na seta para retroceder , surge uma mensagem a perguntar se tem a certeza de que pretende sair (Figura 47). Se o paciente clicar em “Sair”, os valores do exercício serão perdidos.

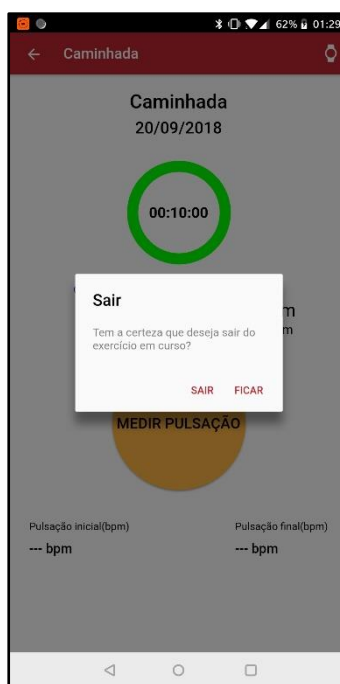


Figura 47 - Aplicação móvel - Sair do exercício

No final do exercício, o paciente deve inserir a sua pulsação final e avaliar o esforço exercido durante a realização da atividade (através da escala de Borg, que consiste numa escala de 6 a 20). A Figura 48, a Figura 49 e a Figura 50 ilustram os ecrãs de inserção da pulsação final e de avaliação do esforço na escala de Borg:

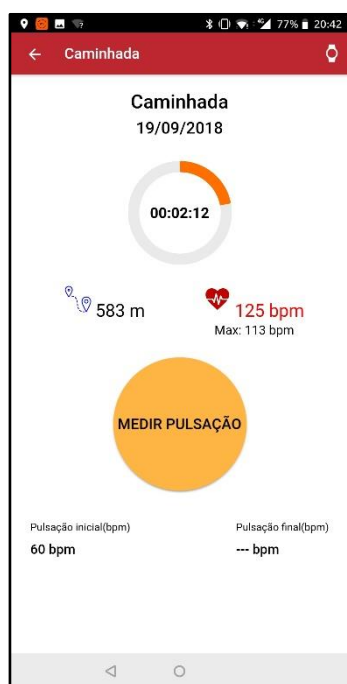


Figura 48 - Aplicação móvel – Inserção da pulsação final



Figura 49 - Aplicação móvel - Avaliação do esforço do exercício

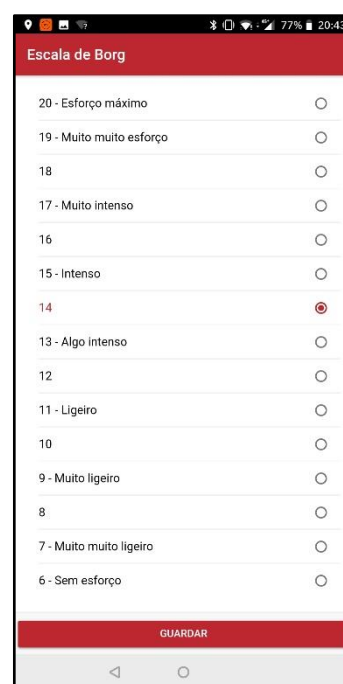


Figura 50 - Aplicação móvel - Escala de Borg

Após avaliar o esforço exercido, é perguntado ao paciente se sentiu algum sintoma durante a realização do exercício (Figura 51). Se responder “Sim”, surge uma lista dos sintomas mais comuns de entre os quais o paciente pode escolher, embora também possa introduzir manualmente quaisquer sintomas que não constem na lista (Figura 52). Depois de o paciente inserir todos os dados e terminar efetivamente o exercício, este é enviado automaticamente para o servidor do projeto (servidor Firebase) e fica disponível para os profissionais de saúde, que o poderão analisar a partir deste momento (Figura 53).



Figura 51 - Aplicação móvel - Sintomas

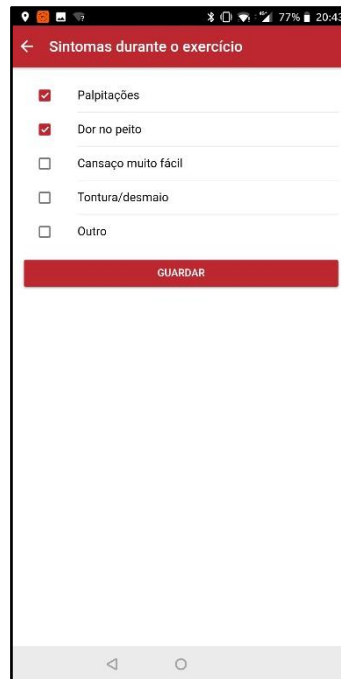


Figura 52 - Aplicação móvel - Lista de sintomas

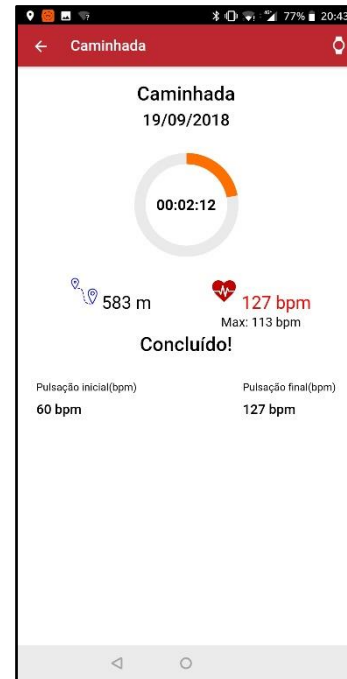


Figura 53 - Aplicação móvel - Exercício concluído

A parte da aplicação explicada acima, ou seja, tudo o que envolve a realização do exercício, foi desenvolvida de modo a poder funcionar em segundo plano. Isto possibilita o funcionamento da aplicação mesmo que o ecrã do dispositivo bloqueie, o que permite poupar bateria se o exercício tiver uma duração prolongada.

Para desenvolver esta funcionalidade, foi necessário recorrer aos *plug-ins* da *framework* *Ionic*, que permitem aceder a recursos nativos dos sistemas operativos móveis (Android ou iOS). O *plug-in* especificamente utilizado para permitir o funcionamento da aplicação em segundo plano foi o *plug-in* denominado “Background Mode”, que permite determinar se uma determinada aplicação pode estar a funcionar em segundo plano e, se for esse o caso, impede que o sistema operativo do dispositivo desligue essa mesma aplicação. Esta funcionalidade mostrou-se necessária devido à duração prevista dos exercícios, que podem demorar tempo suficiente para o dispositivo entrar em suspensão e, conseqüentemente, desligar a aplicação.


Outro *plug-in* da *framework* *Ionic* utilizado no projeto foi o *plug-in* denominado “Background Geolocation”, que foi utilizado com vista a calcular a distância percorrida pelo paciente durante o exercício. Este *plug-in* permite aceder ao GPS do dispositivo e está preparado para continuar a utilizar o sensor de GPS mesmo quando o dispositivo entra em

suspensão. Contudo, no caso do sistema operativo iOS, este *plug-in* não é totalmente suportado, o que foi possível confirmar pelo facto de o GPS deixar de calcular a distância percorrida passado algum tempo de estar a funcionar em segundo plano. Deste modo, a solução utilizada para resolver este problema nos dispositivos com o sistema operativo iOS foi a utilização do *plug-in* “Pedometer”, ou seja, a utilização do pedómetro do dispositivo em vez do sensor de GPS. Esta distinção de sensores para os dois sistemas operativos (Android e iOS) foi necessária não só pelo facto de o pedómetro já estar instalado em todos os iPhones iguais ou posteriores à gama iPhone 5s (aos quais se destina a aplicação), mas também pelo facto de muitos dispositivos Android ainda não terem esse sensor disponível. Em contrapartida, grande parte dos dispositivos Android já inclui um sensor GPS, pelo que a melhor solução pareceu, portanto, ser utilizar o sensor de GPS para dispositivos Android e o sensor de pedómetro para dispositivos iOS.

O *plug-in* “Background Geolocation” permite obter as coordenadas do local onde o paciente se encontra e definir o intervalo de tempo em que estas são devolvidas. Além disso, também permite escolher um perfil de obtenção de coordenadas GPS adaptável, ou seja, se o *plug-in* detetar que o dispositivo está a mover-se lentamente, obtém mais coordenadas num intervalo de tempo mais curto, ao passo que, se o dispositivo estiver a mover-se mais rapidamente, o *plug-in* obtém menos coordenadas num intervalo de tempo mais longo. Visto que o sensor de GPS não é totalmente preciso, uma vez que, se o paciente estiver parado, o sensor vai obtendo coordenadas a distâncias diferentes à volta do local onde o paciente se encontra (e não no ponto específico onde ele está parado), podem surgir erros ao calcular a distância percorrida. Portanto, para resolver este problema, o algoritmo desenvolvido tem configurada uma distância mínima de 7 m entre coordenadas, i.e., a coordenada apenas será válida para a contabilização da distância percorrida se estiver a, pelo menos, 7 m de outra coordenada. Esta distância mínima pode ser alterada, mas foi seleccionada por demonstrar resultados melhores com base nos testes realizados. O motivo é o facto de os dispositivos Android terem sensores de GPS diferentes, com margens de erro maiores ou menores, o que faz com que dispositivos diferentes tenham precisões de medição distintas. Deste modo, a medida de 7 m pareceu ser uma boa distância média a utilizar, prevendo as possíveis margens de erro que dispositivos diferentes podem ter.

No caso do pedómetro, o próprio *plug-in* utilizado tem um algoritmo para calcular a distância percorrida através dos passos do paciente. Este algoritmo é próprio do *plug-in*, pelo que não foi necessário implementar código próprio.

5.2.4. Exercícios realizados

Neste separador, representado pelo ícone , é possível visualizar os exercícios da prescrição em curso que já foram realizados pelo paciente (Figura 43). Se o paciente clicar num determinado exercício, irá aceder a uma página com quatro secções diferentes (Figura 54):

- **Descrição** – mostra as metas que o profissional de saúde definiu para o exercício da prescrição em questão (tipo de exercício, data prevista do exercício, duração-alvo, pulsação máxima recomendada e valor alvo na escala de Borg);
- **Resultados** – inclui a duração real do exercício, a pulsação máxima efetivamente atingida, o valor na escala de Borg selecionado pelo paciente, a distância percorrida e a velocidade média atingida. Se algum destes campos aparecer a vermelho, significa que não se encontra dentro dos parâmetros definidos pelo profissional de saúde;
- **Sintomas durante o exercício** – esta secção apenas aparece se o paciente tiver introduzido alguns sintomas depois de terminar o exercício; caso contrário, a secção é omitida;
- **Registo de pulsação** – Esta secção contém um gráfico que permite visualizar todas as pulsações registadas pelo paciente durante o exercício; além disso, inclui também a pulsação inicial, final, máxima e média.

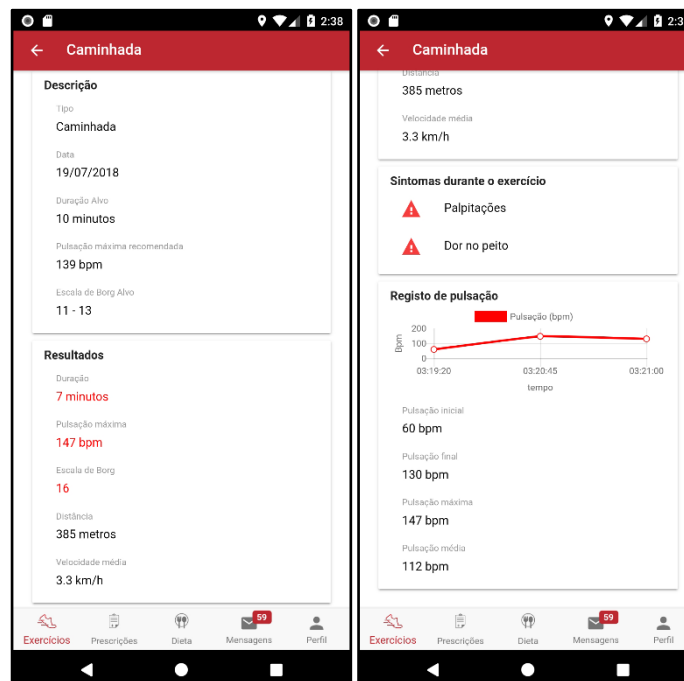


Figura 54 - Aplicação móvel - Detalhes do exercício realizado

5.2.5. Prescrições de exercício

Na secção “Prescrições”, o paciente pode ver as prescrições “Ativas” e “Concluídas” (Figura 55). Ao clicar numa das prescrições, o paciente pode visualizar informações mais detalhadas sobre a mesma, que estão divididas em quatro secções (Figura 56):

- **Informações** – inclui a data em que foi emitida a prescrição, o nome do profissional de saúde e o período da prescrição;
- **Atividade física** – inclui a frequência de realização do exercício por dia, a duração do exercício, a pulsação máxima recomendada e o valor alvo na escala de Borg;

- **Exercícios concluídos** – inclui uma barra de progresso circular que permite ver quantos exercícios já foram realizados pelo paciente; ao clicar na barra, surge a lista de exercícios realizados e os respetivos detalhes;
- **Dieta** – inclui a dieta receitada pelo profissional de saúde na prescrição em questão.

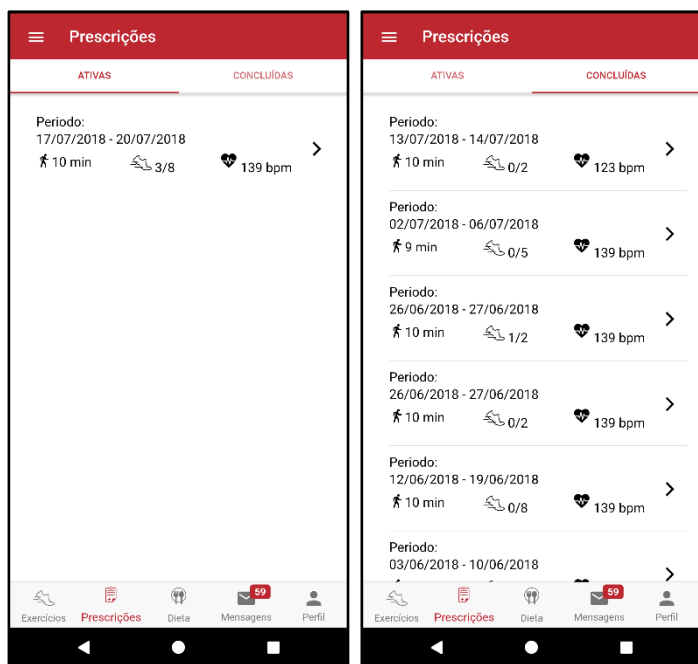


Figura 55 - Aplicação móvel – Lista de prescrições

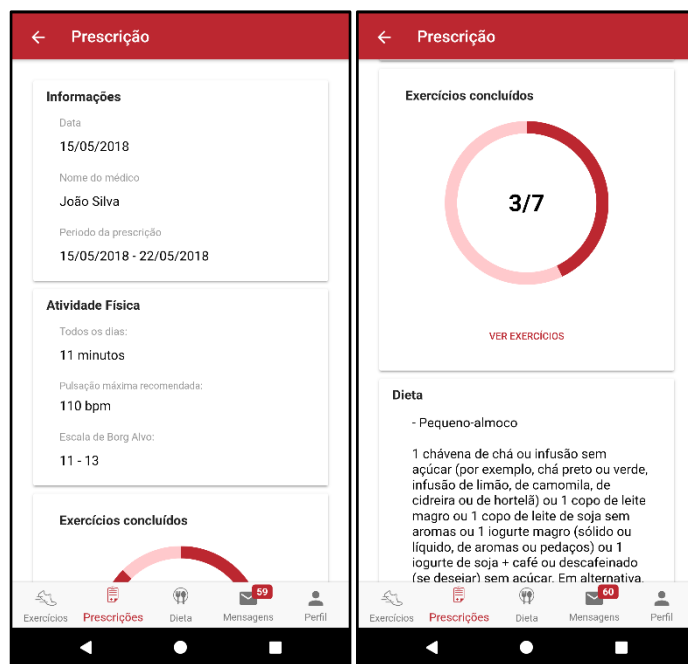


Figura 56 - Aplicação móvel - Detalhes da prescrição

5.2.6. Dieta

Esta secção apresenta a última dieta prescrita pelo profissional de saúde, associada à última prescrição emitida, ou seja, a dieta em vigor no momento (Figura 57). Esta página funciona essencialmente como um atalho que permite ver facilmente a última dieta recomendada pelo profissional de saúde.

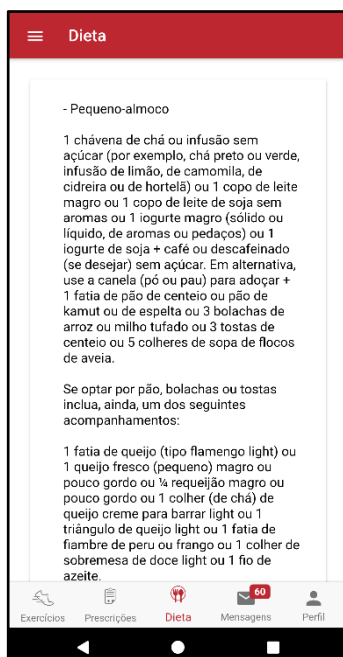


Figura 57 - Aplicação móvel - Dieta

5.2.7. Mensagens

Esta secção permite visualizar as mensagens enviadas pelo profissional de saúde e as mensagens automáticas enviadas ao paciente em caso de atualização às prescrições existentes ou adição de novas prescrições (Figura 58). O paciente pode, também, enviar uma mensagem ao profissional de saúde a partir desta secção, clicando no botão circular vermelho que se encontra no canto inferior direito da página. Para enviar uma mensagem, é necessário selecionar o destinatário (ou seja, o profissional de saúde) e escrever o conteúdo da mensagem a enviar (Figura 59).

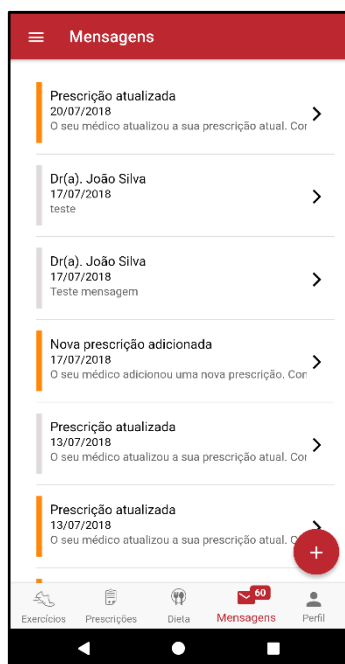


Figura 58 - Aplicação móvel – Visualização de mensagens

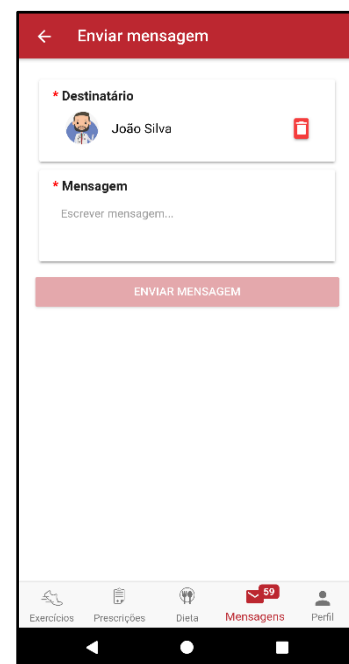


Figura 59 - Aplicação móvel – Envio de mensagem

Sempre que é enviada uma mensagem para o dispositivo do paciente, este também recebe uma notificação *push* para avisar que tem uma mensagem nova (Figura 60). Estas notificações *push* aparecem mesmo que a aplicação não esteja iniciada. Ao clicar na notificação, o utilizador acede à página “Mensagens” da aplicação MOVIDA.eros, onde pode ver todas as mensagens recebidas.

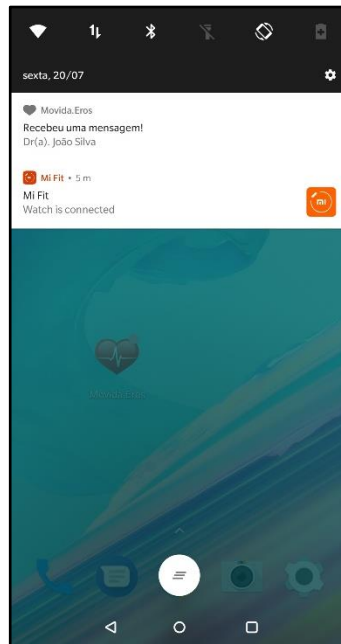


Figura 60 - Aplicação móvel - Notificações push

Para que o serviço “Cloud Messaging” do Firebase conseguisse enviar as notificações *push* para o dispositivo do paciente, foi necessário instalar o *plug-in* “Firebase” na *framework* Ionic. Este *plug-in*, além de permitir gerar estatísticas de utilização e relatórios dos erros ocorridos na aplicação e enviá-los para o Firebase, também permite obter o *token ID* do dispositivo para o qual se pretende enviar a notificação *push*. Este *token ID*, que funciona como um elemento identificativo do dispositivo do paciente, é necessário para permitir que o serviço “Cloud Messaging” envie as notificações para um dispositivo específico. Deste modo, sempre que o paciente inicia sessão na aplicação, o *plug-in* gera o *token ID* do dispositivo e a base de dados do projeto, nomeadamente a tabela do paciente em questão, é atualizada com o novo *token ID*. Esta atualização do *token ID* é necessária para que as notificações continuem a ser recebidas pelo paciente mesmo que este inicie sessão num dispositivo diferente.

5.2.8. Perfil do paciente

O perfil do paciente é constituído por uma fotografia do paciente que permite que os profissionais de saúde consigam identificá-lo mais facilmente, além de conter informações pessoais como o nome, o apelido, a data de nascimento, o género, a estratificação de risco, o número do Serviço Nacional de Saúde (SNS), o número de telemóvel e o *e-mail* (Figura 61). Além disso, inclui ainda um gráfico de registo de peso onde o paciente deve ir registando o seu peso ao longo do tempo.

A partir desta página, o paciente pode navegar até à página “Editar Perfil” (Figura 62), onde é possível alterar a sua foto de perfil, os seus dados pessoais e o *e-mail* e a palavra-passe da sua conta.

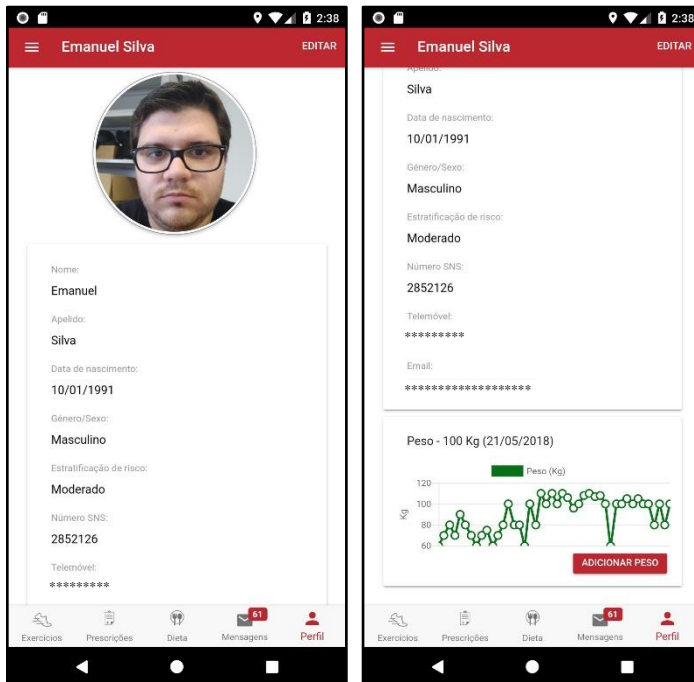


Figura 61 - Aplicação móvel – Perfil do utilizador

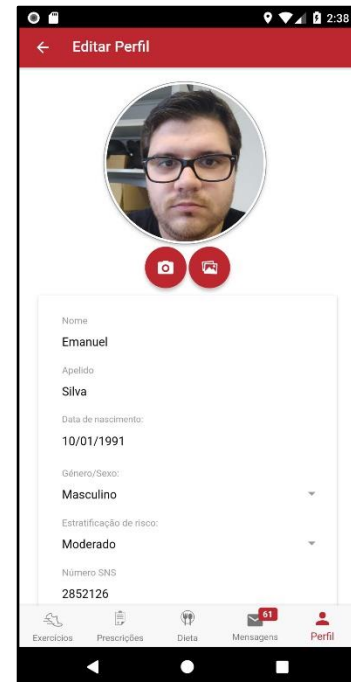


Figura 62 - Aplicação móvel – Edição do perfil

Para que o paciente pudesse definir uma determinada imagem como a sua fotografia de perfil, foi utilizado o *plug-in* “cordova-plugin-camera” do Ionic, que permite que o paciente aceda à câmara do *smartphone* para tirar uma fotografia ou aceda à “Galeria” para seleccionar uma imagem já existente.

Este *plug-in* permite definir alguns parâmetros da imagem a adicionar (p. ex., a qualidade da imagem, que, por sua vez, influencia o tamanho da mesma) e permite realizar outras funções de edição de imagem, como, por exemplo, recortar uma fotografia. Isto é importante pelo facto de a imagem de perfil precisar de ter, obrigatoriamente, uma proporção de 1:1, a fim de não ficar deformada. Contudo, embora o *plug-in* permita alterar a proporção da imagem, este não permite “bloquear” esta proporção a um valor específico (i.e., o paciente poderia facilmente alterar a proporção da imagem e não respeitar a proporção necessária de 1:1), pelo que foi necessário desenvolver uma ferramenta de recorte que permitisse efetuar esta ação (Figura 63).



Figura 63- Aplicação móvel –
Recorte de imagem

A ferramenta de recorte desenvolvida utilizando a biblioteca JavaScript “cropperjs” [25] permite, então, recortar a imagem selecionada de modo a respeitar as proporções necessárias para manter a sua integridade nesta página e em todas as restantes páginas onde aparece. Além disso, a ferramenta também reduz ligeiramente o tamanho da imagem para que esta não ocupe demasiado espaço no servidor onde é armazenada (neste caso, no serviço “Storage” do Firebase, que foi utilizado para armazenar as imagens de perfil dos pacientes e dos profissionais de saúde).

5.2.9. Modo *offline*

O modo *offline* da aplicação móvel permite que o paciente realize os seus exercícios prescritos sem ligação à Internet. Considerando que os exercícios de caminhada se destinam a ser realizados no exterior, onde, muito provavelmente, não existe qualquer rede Wi-Fi disponível, e visto que alguns utilizadores podem não ter acesso a dados móveis no seu dispositivo, mostrou-se necessário desenvolver um modo que impedisse que os dados do exercício fossem perdidos caso o paciente realizasse a sua atividade sem ligação à Internet. Deste modo, a solução encontrada foi desenvolver um modo *offline* que permitisse guardar os dados do exercício no armazenamento do telemóvel até que o paciente voltasse a ter Internet. Ao reestabelecer a ligação, os dados seriam, então, enviados para a plataforma Firebase e disponibilizados ao profissional de saúde.

A Figura 65 mostra a mensagem que é apresentada na aplicação para avisar o paciente de que se encontra no modo *offline*.

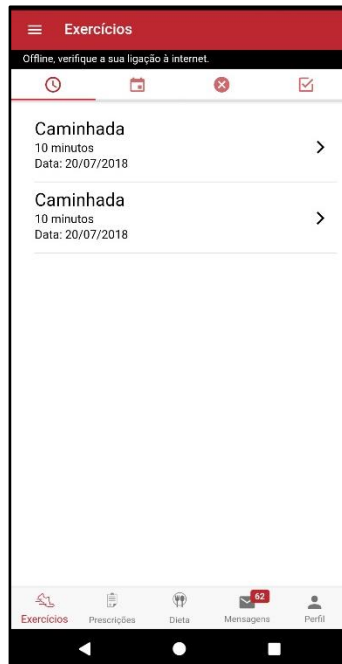


Figura 65 – Aplicação móvel – Modo offline

Para utilizar a aplicação em modo *offline*, o paciente tem primeiro de efetuar a *login* com ligação à Internet, de modo a descarregar os exercícios que pretende realizar. De seguida, o paciente pode iniciar o exercício e realizá-lo sem ligação à Internet, não podendo, porém, fechar a aplicação, pois isso iria impedi-lo de voltar a iniciar sessão. Quando o paciente termina um exercício, surge uma mensagem no ecrã (Figura 64).



Figura 64 - Aplicação móvel – Exercício realizado em modo offline

O exercício é guardado no armazenamento local da aplicação quando deteta que a aplicação está a funcionar no modo *offline*. Este fica guardado no separador “Exercícios Realizados”, mas contém um aviso que informa o paciente de que ainda não foi enviado para a plataforma Firebase (Figura 66). Para detetar a utilização da aplicação em modo *offline*, foi utilizada uma funcionalidade da biblioteca do Firebase responsável pelas comunicações com a base de dados, que permite determinar o estado da ligação ao servidor Firebase. Este estado é utilizado para saber se a aplicação está a funcionar em modo *online* ou *offline* e permite saber o momento em que a aplicação volta a estar *online* para enviar os exercícios para a plataforma Firebase. Esta biblioteca permite que o paciente visualize todas as informações das páginas que foram carregadas antes de perder a ligação à Internet, mas não permite visualizar dados de páginas que não foram carregadas.

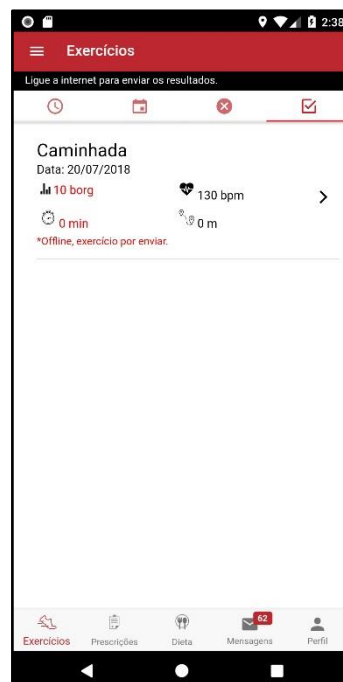


Figura 66 - Aplicação móvel – Exercício guardado no armazenamento local

O facto de o modo *offline* não permitir a utilização completa da aplicação (p. ex., o paciente não pode efetuar o *login* em modo *offline*) é algo que foi feito propositadamente. O motivo é o facto de se pretender que os resultados dos exercícios sejam enviados com regularidade aos profissionais de saúde, algo que não aconteceria se os pacientes utilizassem a aplicação *offline* durante grande parte do tempo. Além disso, se passarem muito tempo sem ligação à Internet, os pacientes não recebem atualizações às prescrições, algo que é fundamental para realizarem os devidos exercícios recomendados pelos profissionais de saúde. Deste modo, é possível assegurar que os resultados dos exercícios são enviados para a plataforma do profissional de saúde com a maior regularidade possível, garantindo uma comunicação constante entre as duas partes.

5.3. Dispositivo BLE – Registo automático de pulsações

O desenvolvimento de um dispositivo para a medição da pulsação dos pacientes do projeto MOVIDA.eros foi um elemento que surgiu apenas nas fases finais do projeto, após o desenvolvimento de todas as restantes funcionalidades das plataformas. Embora a criação deste dispositivo não fosse prioritária, uma vez que não constava dos requisitos do projeto, cujo objetivo principal era implementar a aplicação móvel e a aplicação web de *backoffice* junto dos pacientes e dos profissionais de saúde, respetivamente, esta mostrou-se necessária por uma questão de conveniência para os pacientes, que, até então, tinham de inserir a sua pulsação manualmente. Deste modo, considerou-se apropriado utilizar um dispositivo que permitisse a medição automática da pulsação dos pacientes, no sentido de tornar a parte ambulatoria do programa de reabilitação cardíaca o mais apelativa e de fácil registo possível para os mesmos.

Para permitir a medição automática da pulsação, sabia-se, desde logo, que seria necessário um dispositivo externo que permitisse medir a pulsação e enviá-la para a aplicação móvel por *Bluetooth*. Deste modo, consideraram-se duas alternativas possíveis para materializar esta componente do projeto: a utilização de dispositivos já existentes no mercado ou a criação de um dispositivo protótipo, desenvolvido propositadamente para esta finalidade.

À partida, a utilização de um dispositivo já disponível no mercado parecia ser muito mais vantajosa do que o desenvolvimento de um dispositivo de raiz, uma vez que tornava o processo muito mais rápido e simples. Contudo, o que se verificou foi que a maioria dos dispositivos deste género apenas funcionava com as suas próprias aplicações móveis criadas pelos fabricantes dos dispositivos, não permitindo a interação com outras aplicações alheias. Isto acontece devido ao facto de os próprios fabricantes utilizarem código fechado e não respeitarem as especificações GATT (do inglês *Generic Attribute Profile* [26]) do *Bluetooth Low Energy* (BLE), o que dificultaria bastante a ligação de uma aplicação externa aos dispositivos. Deste modo, embora fosse possível “contornar” estas restrições para aproveitar um dispositivo já existente, isso iria certamente gerar problemas de estabilidade e falhas caso o dispositivo sofresse alguma atualização, pelo que se considerou uma opção inviável para este projeto. Por fim, resta referir que há, de facto, alguns dispositivos no mercado que permitem a utilização de uma aplicação externa sem qualquer problema, mas estes são extremamente dispendiosos e vão contra o princípio *low-cost* que se pretendia atribuir ao projeto, pelo que também não foram considerados uma opção apropriada.

Considerando o exposto, constatou-se, então, que a opção de desenvolver um dispositivo de raiz para medir a pulsação dos pacientes seria a melhor solução, tanto em termos de estabilidade de utilização como em termos de custo, além de garantir uma implementação em código aberto e a correta utilização do protocolo GATT do BLE. Além disso, o desenvolvimento de um dispositivo próprio tem a vantagem de permitir futuras adições de outros sensores, como, por exemplo, sensores para medir a pressão arterial ou a temperatura

corporal. Convém, porém, referir que o dispositivo desenvolvido é apenas um protótipo, uma vez que necessitaria de várias melhorias em termos de desempenho e, especialmente, consumo energético para se tornar um produto final, servindo, portanto, apenas para provar o conceito em questão. Seria, ainda, necessária uma fase posterior de aperfeiçoamento do dispositivo que permitisse reduzir a sua dimensão e, subsequentemente, torná-lo um dispositivo de bolso pronto a ser disponibilizado ao público.

5.3.1. Especificações de *hardware* e *software*

No que toca ao *hardware* do dispositivo, o primeiro componente a referir é a placa microcontroladora utilizada – uma placa da série de microcontroladores ESP32 (Figura 67). Esta placa *dual-core* é muito utilizada atualmente e tem embutida uma antena *Bluetooth* e *Wi-Fi*, sendo que a placa específica selecionada para o projeto (Wemos® ESP32 + Módulo OLED) inclui ainda um visor incorporado (128x64 pixéis). Além disso, esta placa é caracterizada pelo seu baixo custo e baixo consumo de energia, dois aspetos que constituíam características essenciais para o projeto [27].

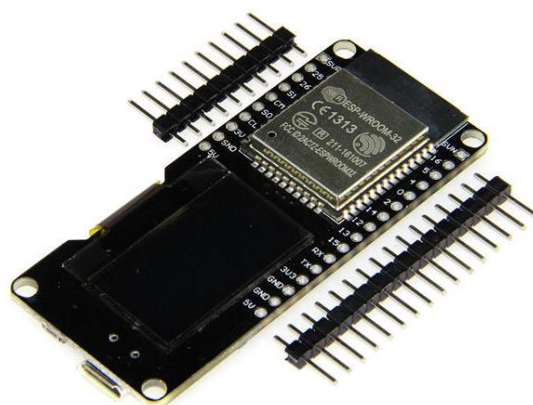


Figura 67 - Dispositivo BLE - ESP32

Além da placa microcontroladora, era também necessário um sensor de pulsação que permitisse medir os batimentos cardíacos dos pacientes. Para tal, foi selecionado o sensor MAX30100 (Figura 68), que consiste numa solução integrada composta por um oxímetro de pulso completo e um sensor de monitorização da frequência cardíaca, permitindo medir a pulsação do paciente através do dedo. Este sensor também tem um baixo consumo de energia, o que permite uma maior poupança da bateria [28].



Figura 68 - Dispositivo BLE - MAX30100

Por fim, os dois últimos componentes de *hardware* utilizados foram uma bateria de íons de lítio de 3,7 V e 2000 mAh e um controlador de carga (Wemos Battery Shield, Figura 69), que permite carregar a bateria e controlar a tensão que chega ao dispositivo ESP32 [29]. Este controlador serve também para permitir que o dispositivo ESP32 receba informações sobre o nível da bateria.

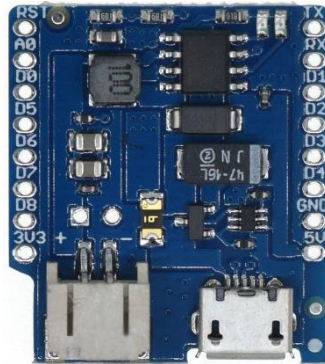


Figura 69 - Dispositivo BLE -
Wemos Battery Shield

Segue-se, também, uma imagem do protótipo do dispositivo BLE com todos os componentes interligados (Figura 70). Nesta imagem, é possível ver a mensagem que surge no visor no momento em que o dispositivo é ligado:

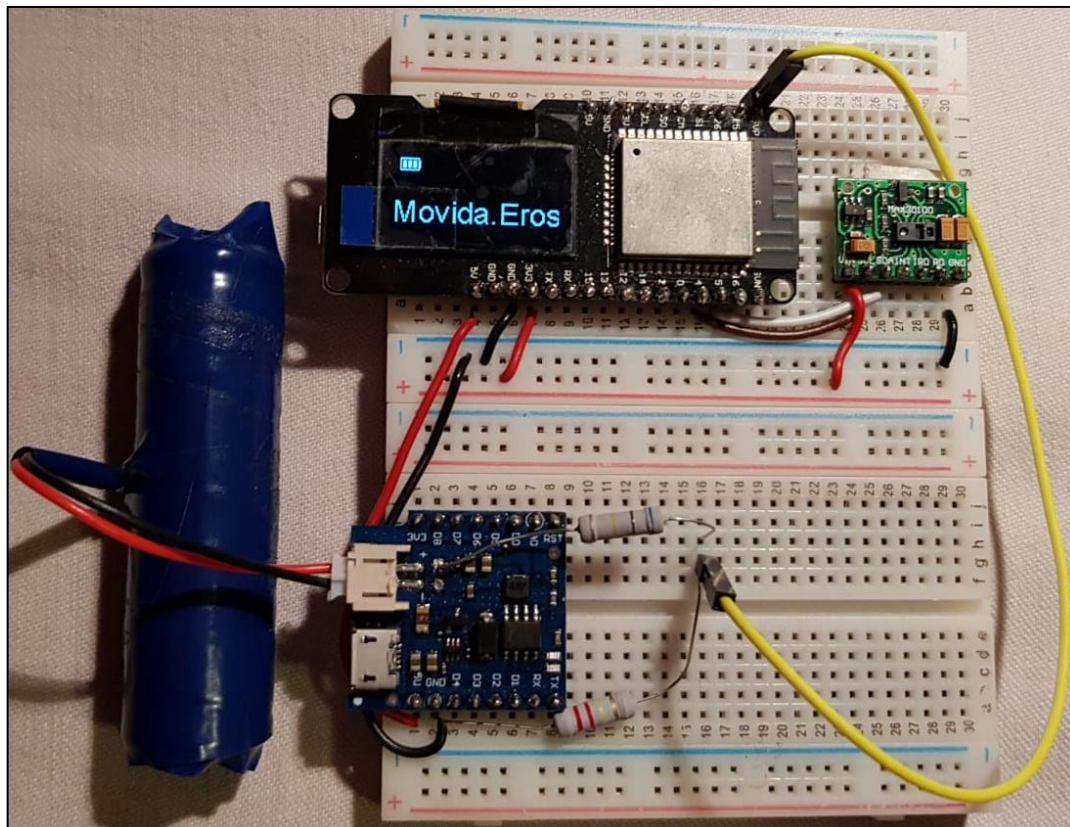


Figura 70 - Dispositivo BLE - Protótipo

No Anexo 2, é apresentada uma tabela com a lista de componentes de *hardware* utilizados e a respetiva estimativa de custos.

Relativamente ao *software* do equipamento, foi utilizado o IDE do Arduino para a programação da placa ESP32. As bibliotecas utilizadas para auxiliar no desenvolvimento do dispositivo BLE foram as seguintes:

- "**MAX30100_PulseOximeter**" – utilizada para controlar o sensor de batimentos cardíacos (MAX30100) e obter os valores da pulsação [30];
- "**SSD1306**" – utilizada para controlar o visor OLED e mostrar informações no mesmo [31];
- "**BLEDevice**", "**BLEUtils**", "**BLEServer**" e "**BLE2902**" – utilizadas para controlar o *Bluetooth* da placa ESP32 (nomeadamente ligar o *Bluetooth*, receber e enviar dados e configurar todo o serviço *Bluetooth* do dispositivo). É através destas bibliotecas que os dados são enviados para a aplicação móvel [32].

5.3.2. Descrição do serviço BLE

O dispositivo ESP32 utiliza a tecnologia *Bluetooth Low Energy* (BLE), que, essencialmente, consiste numa versão do *Bluetooth* concebida para melhorar o desempenho dos dispositivos móveis em termos de consumo energético [33]. Uma das principais características desta tecnologia é, portanto, o seu baixo consumo, pelo que a taxa de transferência de dados é muito reduzida.

O desenvolvimento do dispositivo BLE em questão teve em consideração a especificação GATT, que define a forma como os dispositivos BLE comunicam entre si de modo padronizado, a fim de garantir a sua interoperabilidade.

Um módulo BLE pode ser constituído por vários “Serviços”, sendo que cada um deles inclui determinadas “Características”. No dispositivo BLE desenvolvido, cuja finalidade é medir a pulsação dos pacientes, foi utilizado o serviço GATT denominado “Heart Rate”, sendo que, dentro deste serviço, estão incluídas as características “Heart Rate Measurement”, “Heart Rate Control Point”, “Heart Rate Max” e “Measurement Interval”. A hierarquia de “Serviços” e “Características” do dispositivo em questão pode, portanto, ser representada da seguinte forma:

- **Serviço** - “Heart Rate”
Número atribuído: 0x180D
 - ✓ **Característica** – “Heart Rate Measurement”
Número atribuído: 0x2A37
Descrição: utilizada para receber os valores da pulsação do paciente enviados pelo dispositivo BLE para o *smartphone* do paciente.
 - ✓ **Característica** – “Heart Rate Control Point”
Número atribuído: 0x2A39

Descrição: utilizada para enviar os comandos “start” e “stop” para o dispositivo BLE, que servem para ligar e desligar, respetivamente, o sensor responsável pela medição da pulsação.

✓ **Característica** – “Heart Rate Max”

Número atribuído: 0x2A8D

Descrição: utilizada para permitir que a aplicação móvel envie o valor da pulsação máxima que o paciente pode atingir durante o exercício para o dispositivo BLE.


✓ **Característica** – “Measurement Interval”

Número atribuído: 0x2A21

Descrição: permite que a aplicação móvel envie ao dispositivo BLE o intervalo de tempo entre medições, em segundos.

5.3.3. Utilização do dispositivo BLE com a aplicação móvel

A Secção 5.2.3 descreve a forma como o paciente pode registar a sua pulsação manualmente na aplicação móvel ao realizar um exercício. Porém, com o desenvolvimento do dispositivo BLE referido acima, o paciente poderá, então, registar automaticamente as suas pulsações através do sensor de batimentos cardíacos utilizado. Este dispositivo vem facilitar a medição da pulsação do paciente e torna todo o processo mais automatizado e, subsequentemente, mais simples.

O primeiro passo que o paciente deve realizar é ligar o dispositivo BLE antes da realização do exercício. Ao fazê-lo, o visor do dispositivo ilumina-se com a mensagem “MOVIDA.eros” (como se pode ver na Figura 70 supra). De seguida, na aplicação móvel, nomeadamente na página de realização do exercício, o paciente deve primeiro clicar no ícone  que se encontra no canto superior direito da página (Figura 71) para emparelhar o dispositivo BLE com o seu *smartphone*. Isto irá levá-lo até uma página onde consta uma lista de todos os dispositivos *Bluetooth* que se encontram nas proximidades, devendo o paciente selecionar o dispositivo correto nessa mesma lista para emparelhá-lo com o *smartphone* (Figura 72). Após o emparelhamento, surge o ícone de *Bluetooth* no visor do dispositivo BLE, que indica que os dispositivos estão emparelhados (Figura 73).

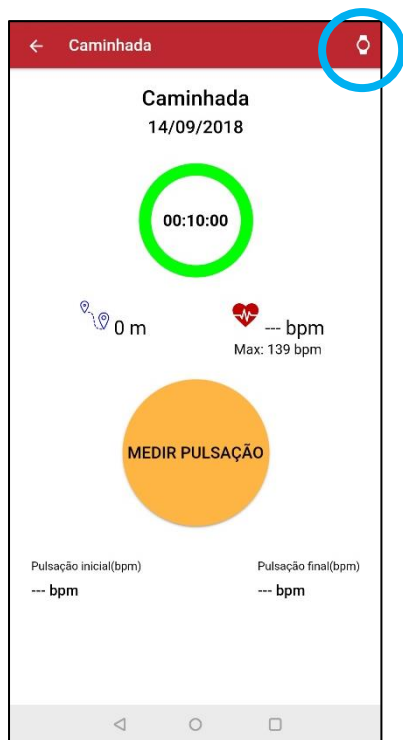


Figura 71 – Aplicação móvel – Ícone de “relógio”



Figura 72 – Aplicação móvel – Página “Procurar dispositivos”

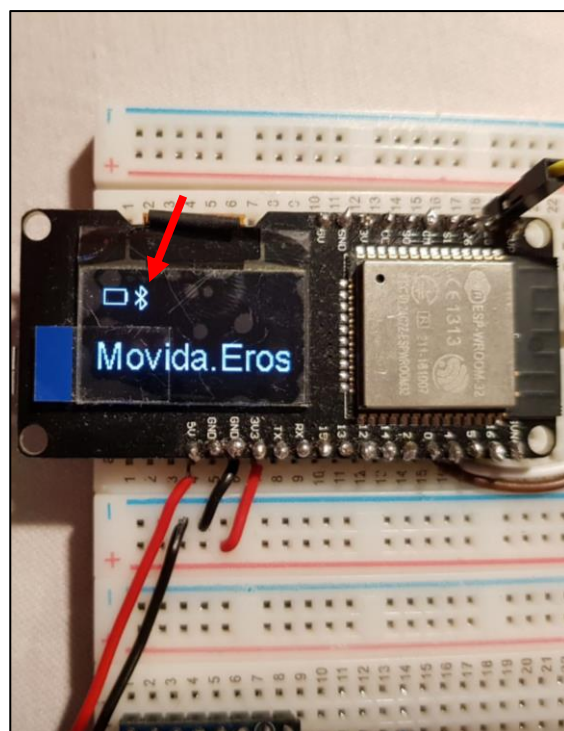



Figura 73 - Dispositivo BLE – Dispositivo emparelhado

Depois de emparelhar o seu *smartphone* com o dispositivo BLE, o paciente pode definir o intervalo de tempo pretendido entre as medições, que é expresso em segundos (p. ex., de 30 em 30 segundos). O dispositivo irá, então, efetuar medições contínuas ao longo do exercício, conforme o intervalo definido. O paciente deve, depois, voltar à página anterior (página “Exercício”) e clicar finalmente no botão “Medir Pulsção”. Ao clicar neste botão, em vez de surgir uma página com uma caixa de texto para inserir a pulsção manualmente, surge o ícone  no ecrã do *smartphone*, que indica que o dispositivo BLE está a tentar medir a pulsção do paciente (Figura 74). Além disso, o sensor de batimentos cardíacos do dispositivo BLE ilumina-se, devendo o paciente colocar o dedo sobre o mesmo para medir a sua pulsção. O visor do dispositivo irá, então, mostrar informações como a pulsção máxima recomendada do exercício em questão e a última pulsção medida, exibindo também uma barra de progresso que indica o tempo restante para que medição seja efetuada com êxito (Figura 75).

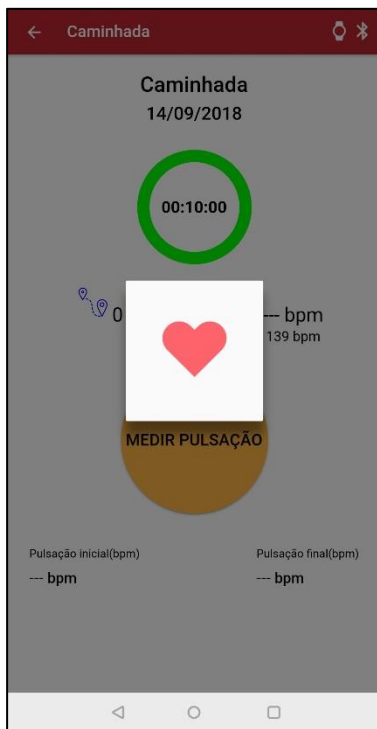


Figura 74 - Aplicação móvel - Medição da pulsação em curso

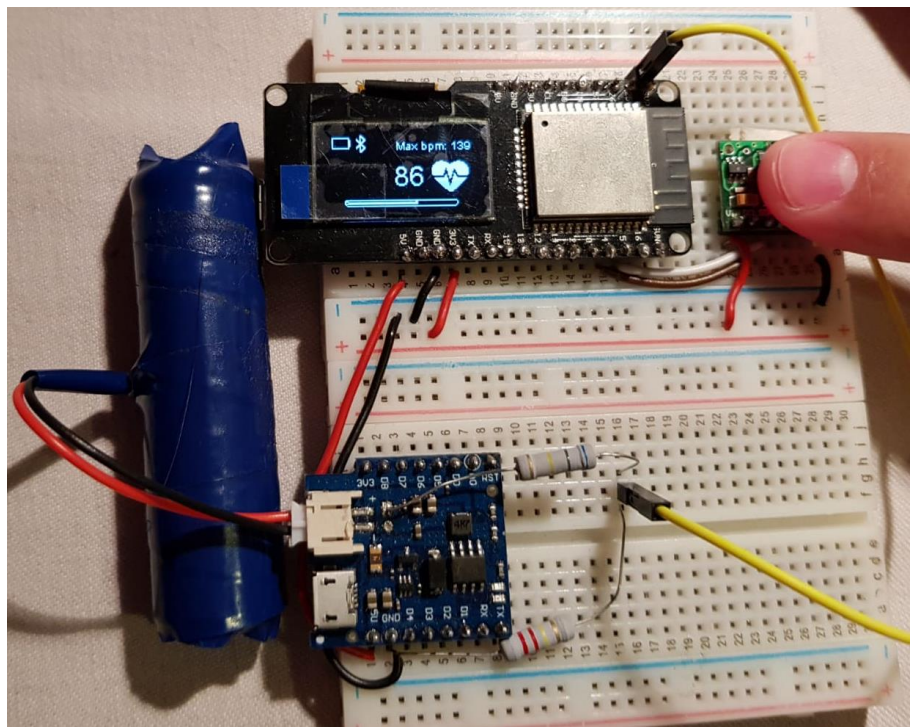


Figura 75 - Dispositivo BLE - Medição da pulsação do paciente

Sempre que uma medição é efetuada com sucesso, esta é, então, enviada por *Bluetooth* para o *smartphone* do paciente e aparece no ecrã da aplicação móvel. Além disso, convém também referir que, se, por algum motivo, o *smartphone* ficar fora do alcance do dispositivo BLE (ou vice-versa), a aplicação está também preparada para voltar a emparelhar-se automaticamente com o dispositivo quando volta a estar dentro do alcance, não sendo necessário efetuar o processo de emparelhamento novamente.

Por fim, resta referir que o dispositivo BLE desenvolvido inclui uma funcionalidade que deteta quando o dedo do paciente não está corretamente posicionado no sensor (Figura 76). Quando tal acontece, o sensor descarta a medição malsucedida e reinicia-a de modo a obter uma medição completa e correta. Além disso, o dispositivo está também configurado de modo a exibir um sinal de “perigo” no visor quando a pulsação máxima recomendada é ultrapassada, de modo a avisar rapidamente o paciente de que os valores estão a ser excedidos (Figura 77).

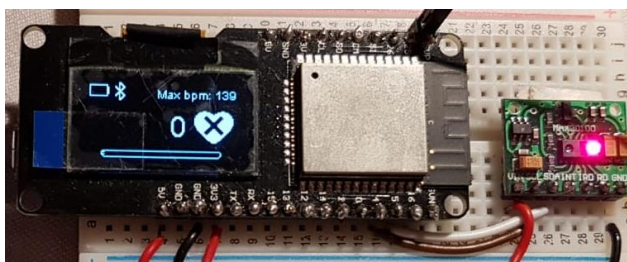


Figura 76 - Dispositivo BLE - Erro na medição da pulsação

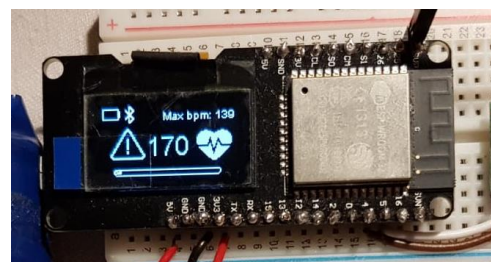


Figura 77 - Dispositivo BLE - Pulsação máxima excedida

6. Validação e resultados obtidos

Conforme foi referido anteriormente, o projeto MOVIDA.eros foi realizado de forma iterativa, o que significa que estava dividido em várias fases distintas. Ao longo das várias fases, a equipa do projeto tinha a responsabilidade de ir testando as duas plataformas a implementar, realizando testes que permitiam detetar eventuais problemas nas plataformas e implementar as respetivas soluções. Deste modo, através destes testes e também do *feedback* dos profissionais de saúde e dos pacientes do programa de reabilitação cardíaca, foi possível detetar erros tanto no *backoffice* como na aplicação móvel e determinar se o projeto estava a seguir o rumo certo no âmbito do programa de reabilitação do Centro Hospitalar de Leiria. Além disso, todos os testes e comentários dos utilizadores permitiram à equipa modificar todas as funcionalidades necessárias no projeto, de modo a criar a melhor versão possível de ambas as plataformas.

6.1. Testes realizados e resolução dos problemas detetados

Esta secção descreve os cinco tipos de testes que foram realizados ao longo do desenvolvimento do projeto MOVIDA.eros. Estes testes tinham como objetivo corrigir eventuais erros e validar as funcionalidades da aplicação móvel e da aplicação *web* de *backoffice* do projeto, com vista a determinar se as funcionalidades desenvolvidas estavam em conformidade com aquilo que se pretendia atingir no âmbito de um programa de reabilitação cardíaca. As partes envolvidas no projeto correspondiam não só à equipa de desenvolvimento, mas também aos próprios profissionais de saúde e pacientes voluntários do programa de reabilitação cardíaca do Centro Hospitalar de Leiria, de modo a testar a aplicação móvel e a aplicação *web* de *backoffice* junto dos utilizadores reais que iriam, de facto, utilizar as plataformas após o seu desenvolvimento.

6.1.1. Testes contínuos

Conforme foi referido anteriormente, a equipa do projeto MOVIDA.eros encarregou-se de realizar testes ao longo de todo o processo de desenvolvimento do projeto, com vista a testar tanto as funcionalidades do *backoffice* como as funcionalidades da aplicação móvel. Estes testes eram realizados nas reuniões a que correspondiam as chamadas *sprint demos*, nas quais eram apresentadas todas as novas funcionalidades desenvolvidas durante determinada *sprint*. Nestas reuniões, todos os membros da equipa testavam ambas as plataformas e comunicavam todos os erros detetados, implementando eventuais melhorias e modificando funcionalidades caso tal se mostrasse necessário.

No que toca aos problemas detetados através destes testes, a maioria estava relacionada com a parte técnica do projeto, nomeadamente com as tecnologias envolvidas no

desenvolvimento das plataformas. No que toca à aplicação móvel, foram detetados problemas ao nível da compatibilidade dos *plug-ins* da *framework* Ionic com as versões mais recentes dos sistemas operativos Android e iOS. Estes problemas surgiram, na sua maioria, quando se pretendia aceder às funcionalidades nativas dos sistemas operativos, como, por exemplo, ao sensor de GPS ou à câmara do dispositivo. O motivo era o atraso na receção de atualizações às versões dos sistemas operativos Android e iOS por parte dos *plug-ins* da *framework* Ionic, o que prolongava o tempo que era necessário para corrigir estes problemas. Deste modo, para resolver esta questão, foi necessário efetuar pesquisas extensas em fóruns da comunidade Ionic com vista a procurar soluções provisórias que permitissem dar resposta aos problemas que iam sendo detetados neste âmbito. Uma das soluções implementadas passava por utilizar versões anteriores dos *plug-ins* que não continham estes erros. Contudo, houve casos em que foi necessário efetuar alterações ao *source code* dos *plug-ins* e ocorreram, ainda, ocasiões em que foi necessário alterar efetivamente a funcionalidade em questão, como foi o caso da utilização do pedómetro no sistema operativo iOS em vez do sensor de GPS (uma vez que o *plug-in* “Background Geolocation” apenas funcionava corretamente em dispositivos Android, tal como foi referido anteriormente).

No que toca ao *backoffice*, os problemas mais significativos foram detetados ao nível dos gráficos que eram apresentados nas páginas da plataforma. Especificamente, o problema detetado estava relacionado com a biblioteca “Chart.js”, que não funcionava corretamente em páginas em que havia uma grande quantidade de gráficos, tornando as páginas lentas e impossibilitando o funcionamento da plataforma. Este problema foi detetado quando se pensou em criar um gráfico para cada prescrição do histórico de prescrições. Uma das possíveis causas para este problema era o facto de, sempre que ocorria uma modificação à lista de prescrições em histórico, a *framework* Angular JS (responsável por modificar a página dinamicamente) voltar a gerar o conteúdo da lista em vez de atualizá-la. Porém, quando os gráficos antigos eram eliminados e os novos gráficos eram gerados, ocorria aquilo a que chamamos de “*memory leak*”, que fazia com que os gráficos antigos, embora não estivessem visíveis nas páginas, continuassem na memória e sobrecarregassem a página. Embora se tivesse utilizado as funções específicas da biblioteca “Chart.js” para a eliminação dos gráficos, o problema persistia, pelo que foi necessário encontrar uma solução alternativa. Esta solução consistiu em reutilizar o mesmo gráfico para todas as prescrições em vez de criar um gráfico para cada uma delas. Deste modo, passou a utilizar-se o mesmo gráfico para todas as prescrições do histórico, alterando-se apenas os dados de cada prescrição nesse mesmo gráfico.

6.1.2. Testes da versão alfa

Estes testes foram realizados primeiramente no período de 8 de fevereiro a 15 de fevereiro de 2018 e, posteriormente, no período de 28 de fevereiro a 9 de março do mesmo ano. As pessoas envolvidas nestes testes consistiram nos dois profissionais de saúde do programa de reabilitação cardíaca do Centro Hospitalar de Leiria (responsáveis por testar o *backoffice*) e num membro da equipa do projeto (responsável por testar a aplicação móvel). O objetivo destes testes era determinar se os parâmetros das prescrições de exercício estavam de acordo

com aquilo que os profissionais de saúde pretendiam para os pacientes do programa de reabilitação cardíaca.

Os profissionais de saúde utilizaram esta versão do *backoffice* para efetuar uma simulação da prescrição de exercícios, emitindo prescrições aos membros da equipa (não aos pacientes reais do programa de reabilitação cardíaca). Na primeira semana, a equipa deslocou-se ao Centro Hospitalar de Leiria e explicou o funcionamento do *backoffice* aos profissionais de saúde, que posteriormente emitiram uma primeira prescrição aos membros da equipa. Ao utilizarem o *backoffice* durante essa semana, os profissionais de saúde detetaram que a prescrição de exercícios não contemplava a pulsação máxima recomendada para o exercício, ou seja, a pulsação máxima que o paciente poderia atingir durante a sua atividade física, tendo pedido à equipa para implementar esse parâmetro. Além deste pedido, foi também solicitado que a pulsação máxima fosse calculada automaticamente através da fórmula de Karvonen, de modo a que os profissionais de saúde apenas precisassem de inserir os componentes da fórmula para que esta fosse calculada de forma automática.

Além desta questão, foi também detetado que o valor-alvo na escala de Borg a ser recomendado pelo profissional de saúde estava configurado de modo a se atribuir um único valor específico à prescrição. Contudo, o que os profissionais de saúde pretendiam era que se utilizasse um intervalo de valores (p. ex., de 11 a 13) e não um valor fixo, pelo que foi necessário alterar este parâmetro.

Uma outra sugestão dos profissionais de saúde foi a inclusão do parâmetro da pulsação máxima atingida pelo paciente no gráfico dos resultados do exercício, uma vez que, na altura, os únicos parâmetros existentes eram a duração do exercício e o valor na escala de Borg.

Relativamente à aplicação móvel, os profissionais de saúde pediram que fosse possível calcular a distância percorrida pelo paciente durante o exercício e a sua velocidade média, algo que ainda não tinha sido implementado na altura.

Após esta primeira semana de testes, todos os problemas levantados foram corrigidos ao longo das duas semanas seguintes, tendo sido implementadas todas as melhorias sugeridas. Já na semana seguinte, os profissionais de saúde emitiram uma segunda prescrição para verificar se havia mais aspetos que precisavam de ser melhorados. Após a emissão da prescrição, os profissionais de saúde identificaram um problema de usabilidade no *backoffice*, nomeadamente no preenchimento dos formulários apresentados (p. ex., na secção “Adicionar Prescrição” e “Registar Paciente”), tendo comunicado à equipa que a plataforma não identificava claramente quando um dos campos obrigatórios não era preenchido, algo que deveria ser assinalado de forma visível na *interface*. Deste modo, passou a ser apresentada uma mensagem de erro na página que avisava o utilizador quando havia campos obrigatórios por preencher, facilitando a identificação dos campos em falta.

6.1.3. Testes da versão beta

Estes testes foram realizados no período de 16 de abril a 30 de abril de 2018, tendo incluído sete utilizadores da aplicação móvel (três com dispositivos iOS e quatro com dispositivos Android) e um utilizador do *backoffice*. Os participantes destes testes não incluíam os pacientes e os profissionais de saúde do programa de reabilitação cardíaca, mas sim os membros da equipa e outros colaboradores envolvidos no projeto.

Estes testes foram realizados quando já existia uma versão beta da aplicação móvel e do *backoffice*, ou seja, quando a maior parte das funcionalidades já estava desenvolvida. Os testes da versão beta envolveram um número mais elevado de utilizadores do que os testes anteriores e centraram-se, em grande parte, na aplicação móvel, tendo como objetivo testar a aplicação em ambos os sistemas operativos (Android e iOS).

O primeiro problema detetado pelos utilizadores foi a inexistência de um valor mínimo e um valor máximo associados à pulsação inserida pelo paciente e ao peso registado pelo mesmo. Por outras palavras, o paciente podia, por exemplo, inserir um valor tão baixo como “0” e um valor tão elevado como “1000”, não havendo qualquer limite imposto. Deste modo, foi necessário limitar os valores que o paciente podia introduzir na aplicação, com vista a impedir a introdução de valores inválidos.

Outro problema detetado estava relacionado com os exercícios não realizados pelo paciente (ou seja, os exercícios cuja data limite tinha sido ultrapassada) e a sua apresentação na *interface* na aplicação. Especificamente, os utilizadores detetaram que os exercícios não realizados não estavam a aparecer na lista de exercícios não realizados nem na lista de exercícios concluídos na altura correta, mas sim com um dia de atraso. Este problema era derivado da configuração predefinida do fuso horário da plataforma Firebase, uma vez que havia um atraso de uma hora em relação ao fuso horário real de Portugal. Deste modo, considerando que o processo de verificação diária do estado dos exercícios por parte da plataforma era realizado às 00h00, e visto que o fuso horário do Firebase estava configurado com uma hora de atraso (ou seja, às 23h00), a função do serviço “Cloud Functions” responsável por este processo assumia que o exercício ainda estava dentro do prazo de realização e não o considerava como não tendo sido realizado neste ciclo de verificação. Por este motivo, o exercício apenas era colocado na página de exercícios não realizados após a verificação do dia seguinte. Deste modo, foi necessário configurar o fuso horário do Firebase para a hora de Portugal, o que resolveu o problema por completo.

Além desta questão, os utilizadores comunicaram que havia imprecisões no cálculo da distância percorrida, o que exigiu a realização de ajustes para melhorar o algoritmo responsável por calcular esta distância. Além disso, informaram também que os exercícios não estavam a ser guardados na aplicação quando eram realizados sem ligação à Internet. Por esse motivo, quando os utilizadores realizavam os exercícios sem utilizarem os dados móveis nem terem qualquer ligação à rede Wi-Fi, os dados dos exercícios eram totalmente perdidos, mesmo quando se reestabelecia a ligação à Internet. Deste modo, uma vez que os exercícios de caminhada se destinam a ser realizados no exterior, onde provavelmente não

haverá redes Wi-Fi disponíveis, e considerando que os utilizadores podem não dispor de dados móveis no seu dispositivo para assegurar a ligação contínua da aplicação móvel ao servidor do projeto, ficou claro que seria necessário desenvolver um modo *offline* para responder a esta situação, que é descrito em mais detalhe na Secção 5.2.9.

Por último, foi também comunicado que havia um erro na página de *login* quando o utilizador tentava iniciar sessão sem ligação à Internet, uma vez que a aplicação ficava estagnada num ecrã branco sem qualquer tipo de mensagem e não informava o utilizador do motivo de este não conseguir iniciar sessão. Deste modo, a nova versão desenvolvida passou a incluir uma mensagem de aviso que informa o utilizador de que está a aceder à aplicação sem ligação à Internet, devendo reestabelecer a ligação para conseguir efetuar o *login*.

6.1.4. Testes piloto

Os testes piloto em contexto real foram realizados primeiramente no período de 3 de maio a 17 de maio de 2018 e, posteriormente, no período de 29 de maio a 12 de junho do mesmo ano. Os testes destinaram-se a testar tanto a aplicação móvel como o *backoffice* num contexto real de utilização, pelo que as plataformas foram testadas por três utilizadores do programa de reabilitação cardíaca do Centro Hospitalar de Leiria – um profissional de saúde encarregue de testar o *backoffice* e um profissional de saúde e um paciente encarregues de testar a aplicação móvel.

Para a realização destes testes, a equipa do projeto deslocou-se ao Centro Hospitalar de Leiria e realizou uma breve formação aos profissionais de saúde sobre o funcionamento e as novas funcionalidades implementadas no *backoffice*, explicando, também, ao paciente envolvido como deveria testar a aplicação móvel. O paciente foi, então, registado no projeto pela equipa de desenvolvimento em conjunto com os profissionais de saúde e foi emitida uma prescrição para a primeira semana de teste. Na segunda semana de teste, seria o profissional de saúde a emitir uma segunda prescrição de forma autónoma, seguindo as indicações dadas pela equipa no período anterior.

O objetivo destes testes era testar ambas as plataformas no contexto real com vista a determinar se existiam erros ou problemas durante a sua utilização. Estes testes foram fundamentais, uma vez que foram realizados pelos utilizadores a quem o projeto, de facto, se destina, sendo essenciais para determinar eventuais problemas de usabilidade que deveriam resolvidos antes da implementação efetiva do projeto.

No que toca aos problemas detetados, embora o modo *offline* já tivesse sido desenvolvido nesta fase, verificou-se que o paciente nem sempre voltava a estabelecer a ligação à Internet após a realização do exercício, o que fazia com que o profissional de saúde nunca chegasse a receber os resultados da sua atividade física. A solução para esta questão foi implementar mensagens de aviso na aplicação que informam o paciente de que se encontra no modo *offline* e que o exercício ainda não foi enviado para o servidor, pelo que o paciente deve reestabelecer a ligação à Internet para disponibilizar os dados do exercício ao profissional de saúde.

No que toca ao *feedback* dos profissionais de saúde, estes indicaram que faltava um mecanismo de comunicação entre os pacientes e os profissionais de saúde que facilitasse a troca de mensagens entre eles, algo que ainda não tinha sido desenvolvido na altura. Este mecanismo foi posteriormente implementado, uma vez que constitui uma parte essencial do projeto que a equipa se propôs a desenvolver.

Outra sugestão dos profissionais de saúde foi o aperfeiçoamento da *interface* do *backoffice* e uma melhoria da sua usabilidade, de modo a tornar a plataforma mais apelativa e intuitiva, algo que também foi melhorado. Pediram também que, na página “Adicionar Prescrição”, os parâmetros da fórmula de Karvonen (pulsação máxima, pulsação em repouso e fator de ajuste) para calcular a pulsação máxima recomendada fossem guardados a partir da primeira prescrição emitida e fossem automaticamente preenchidos nas prescrições seguintes.

No que toca ao *feedback* do paciente, este comunicou que, enquanto estava a utilizar a aplicação, surgia, por vezes, uma mensagem de erro desconhecida na *interface* que o impossibilitava de utilizar a aplicação (Figura 78).

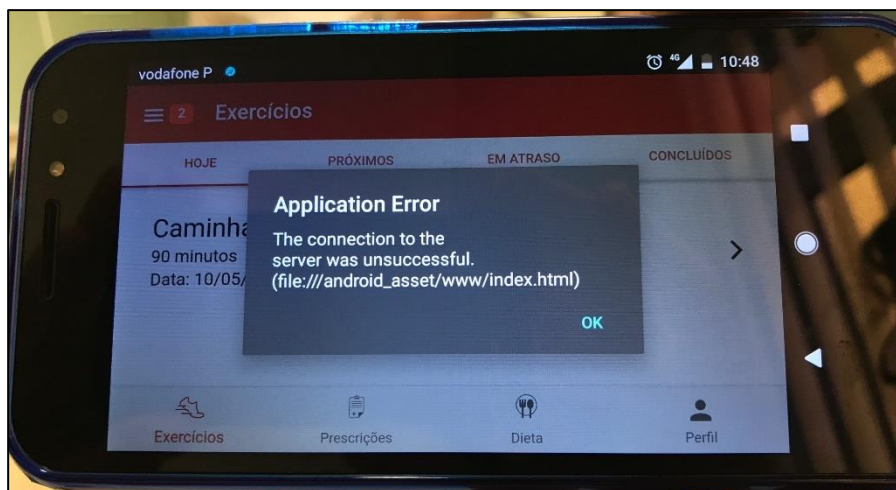


Figura 78 - Erro na aplicação móvel comunicado durante os testes

Após alguma pesquisa em fóruns, determinou-se que o problema estava relacionado com a *framework* Ionic, sendo que apenas acontecia em dispositivos Android com a versão 4.4.4. A solução para este problema era adicionar um parâmetro ao ficheiro de configuração responsável pela compilação da aplicação para dispositivos Android (*config.xml*), nomeadamente adicionando a seguinte linha de código:

```
<preference name="loadUrlTimeoutValue" value="700000" /> à tag <platform name="android">.
```

6.1.5. Testes em contexto real

Estes testes foram realizados no período de 12 a 24 de junho de 2018 e incluíram outro paciente do programa de reabilitação cardíaca (que estava encarregue de testar a aplicação) e os profissionais de saúde (responsáveis por emitir prescrições no *backoffice*).

O objetivo destes testes era que os profissionais de saúde emitissem prescrições de forma totalmente autónoma, embora houvesse sempre uma observação constante do processo por parte da equipa do projeto. Além disso, pretendia-se, também, que os profissionais de saúde explicassem o processo de instalação e funcionamento da aplicação móvel aos pacientes, também sem qualquer intervenção por parte da equipa.

Estes testes foram aqueles que menos problemas levantaram, uma vez que a aplicação já estava nas suas fases finais de desenvolvimento. A única sugestão comunicada pelos profissionais de saúde foi que deveria haver algum tipo de aviso na página da prescrição em curso e do histórico de prescrições a informar os profissionais de saúde de que um determinado exercício tinha sintomas associados, sem a necessidade de abrir o exercício para visualizar os respetivos detalhes. Deste modo, foi necessário implementar uma lista de exercícios com sintomas por baixo do gráfico de exercícios para mostrar facilmente que o paciente tinha sentido sintomas em determinados exercícios, de modo a facilitar a consulta por parte dos profissionais de saúde.

Por último, foi também detetado um erro por parte da equipa do projeto, embora não tivesse sido comunicado pelos utilizadores. Este consistia essencialmente numa falha no cálculo da duração do exercício. Especificamente, o que acontecia era que, se o paciente iniciasse um exercício às 23h00 e terminasse o exercício às 00h00, a duração do exercício não era calculada corretamente devido à mudança do dia. Porém, através da correção da fórmula para o cálculo da duração, foi possível corrigir totalmente o problema, pelo que passou a ser possível realizar um exercício nestas condições sem qualquer problema.

6.2. Análise aos testes realizados

Os testes mencionados acima tinham como objetivo principal testar a usabilidade da aplicação móvel e do *backoffice* e corrigir eventuais problemas que fossem surgindo ao longo da sua utilização. Através destes testes, foi possível obter o *feedback* tanto dos profissionais de saúde como de alguns pacientes do programa de reabilitação cardíaca, algo que era essencial para avaliar a usabilidade e, em última instância, a utilidade do projeto MOVIDA.eros. Deste modo, foi possível desvendar erros e problemas existentes em ambas plataformas desde o início do processo de desenvolvimento até à fase final do projeto, o que permitiu à equipa identificar possíveis soluções para estes problemas e melhorar significativamente as plataformas em questão. É, ainda, de referir que o *feedback* obtido e os testes realizados levaram ao desenvolvimento de várias versões do projeto que implicaram a implementação de diversas melhorias e a modificação de algumas funcionalidades, conforme se pode ver em mais detalhe no Anexo 3.

A Figura 79 abaixo mostra algumas estatísticas relativas aos testes realizados:

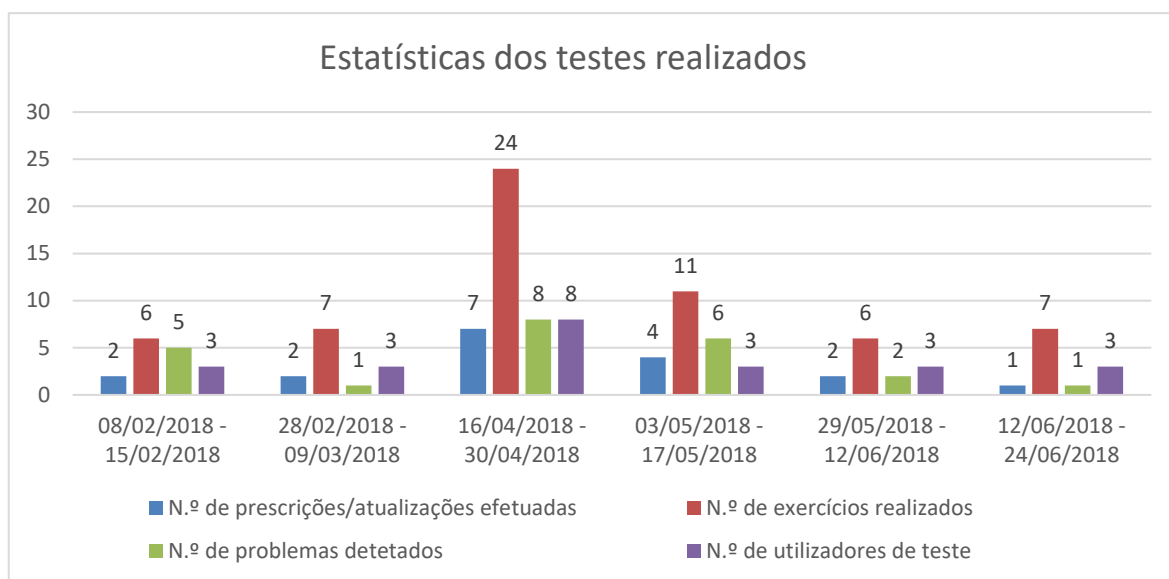


Figura 79 - Estatísticas dos testes realizados

O gráfico ilustrado acima apresenta algumas estatísticas sobre os testes referidos na secção anterior, não incluindo, porém, os testes contínuos que foram realizados ao longo de todo o projeto. Os dados apresentados no gráfico incluem o número de prescrições efetuadas, o número de exercícios realizados, a quantidade de problemas detetados e o número de utilizadores envolvidos nos testes. Conforme se pode ver na imagem, o período em que houve um maior número de exercícios realizados e de utilizadores de teste foi o período de 16 a 30 de abril de 2018. Foi também neste período que se registou o maior número de problemas levantados em ambas as plataformas, o que é proporcionalmente consistente com o número de utilizadores envolvidos neste período de teste. Além disso, podemos também constatar que o número de erros detetados foi diminuindo a partir desse período, sendo que, na última fase de testes (de 12 a 24 de junho de 2018), apenas foi detetado um problema por parte dos utilizadores. Deste modo, é possível verificar que ocorreu uma evolução positiva do *feedback* recebido, havendo poucas melhorias a efetuar na fase final de desenvolvimento do projeto.

Outros dados que vale a pena referir no que toca às estatísticas do projeto incluem o número de mensagens trocadas entre os profissionais de saúde e os pacientes (14), o número de registos de peso (26), o número de imagens de perfil armazenadas (7) e o número de registos de utilizadores (9). Deste modo, é possível ver que a amostra de teste era relativamente pequena, o que impossibilitou a obtenção de grandes volumes de dados sobre o projeto. Contudo, foi possível obter algum *feedback* importante por parte dos utilizadores envolvidos, o que permitiu a implementação de algumas melhorias significativas nas plataformas e o aperfeiçoamento das funcionalidades desenvolvidas.

Um dos motivos que impossibilitou o recurso a uma amostra de utilizadores mais extensa está relacionado com a falta de autorização por parte da Comissão de Ética para a Saúde (CES), que ainda não foi obtida (embora já tenha sido solicitada). Deste modo, embora todas as restantes questões relacionadas com regulamentos de privacidade dos dados já tenham sido tratadas (nomeadamente no âmbito do Regulamento Geral de Proteção de Dados),

apenas foi possível realizar testes com um pequeno número de utilizadores convidados, uma vez que, sem a aprovação da CES, não é possível realizar testes mais extensos. Devido a este fator, não foi possível comprovar totalmente a eficácia do projeto na melhoria da condição clínica e na taxa de adesão dos pacientes ao programa de reabilitação cardíaca, uma vez que não foi possível obter um grande volume de dados de testes para este fim. Contudo, foi possível aferir as funcionalidades desenvolvidas e os requisitos implementados, pelo que se pode dizer que o projeto cumpriu os principais objetivos a que se propôs no contexto tecnológico em que o presente relatório se insere. Espera-se, portanto, que possam ser realizados mais testes no futuro após a obtenção da aprovação solicitada, o que contribuirá para comprovar a utilidade do projeto MOVIDA.eros também no contexto clínico.

7. Conclusão

O panorama da reabilitação cardíaca em Portugal ainda apresenta diversas debilidades em comparação aos restantes países da Europa. Embora a reabilitação cardíaca seja amplamente reconhecida como um método eficaz para melhorar a saúde de pacientes que sofrem de problemas cardíacos ou que já tiveram algum tipo de episódio cardíaco, o sistema de saúde português ainda deixa a desejar no que toca ao desenvolvimento de programas abrangentes e eficazes que contribuam para a saúde e bem-estar desta população de pacientes. A falta de centros de reabilitação cardíaca e a sua distribuição difusa pelo país, por exemplo, constituem dois fatores que colocam um entrave à adesão dos pacientes aos tratamentos de reabilitação, tanto pela inconveniência causada pelas várias deslocações aos centros de reabilitação, como pelos custos associados às mesmas. Além disso, a falta de motivação dos pacientes, seja por limitações físicas ou por fatores psicológicos advindos da sua condição clínica, também é um obstáculo à sua adesão aos programas de reabilitação. Esta situação exigia uma solução prática que fosse vantajosa tanto para os pacientes dos programas de reabilitação, como para os hospitais e profissionais de saúde envolvidos, facilitando o seu trabalho sem nunca aumentar os custos associados para a entidade hospitalar. Foi, portanto, neste contexto que surgiu o projeto MOVIDA.eros, que se propunha a ser uma solução abrangente que visava não só melhorar a saúde dos pacientes dos programas de reabilitação cardíaca, como também facilitar o trabalho dos profissionais de saúde graças ao seu caráter remoto.

7.1. Discussão dos resultados

Como vimos, o projeto MOVIDA.eros propõe-se a ser um mecanismo que vem colmatar as lacunas referidas, sendo, por isso, uma mais-valia para os pacientes e para os hospitais envolvidos. Enquanto projeto destinado à área da reabilitação cardíaca, mais especificamente ao programa de reabilitação do Centro Hospitalar de Leiria, este deu origem a uma série de resultados que constituem o produto final do projeto e que materializam o objetivo que este se propôs a cumprir. São estes: uma aplicação móvel que se encontra disponível na Google Play Store e na App Store e que se destina a ser utilizada pelos pacientes do programa de reabilitação cardíaca; uma aplicação *web* de *backoffice* desenvolvida para ser utilizada pelos profissionais de saúde através de um *browser* da *web*; um protótipo de um dispositivo BLE que permite registar a pulsação dos pacientes automaticamente; e um artigo científico (Anexo 4) que explica todo o projeto de forma mais sucinta e simplificada. Através de todos estes elementos, conseguiu-se, portanto, criar todo um sistema de monitorização e controlo dos pacientes que certamente irá prosperar na ala de reabilitação cardíaca do Centro Hospitalar de Leiria, cumprindo o objetivo de modernizar a componente ambulatória do programa.

No que toca aos resultados obtidos dentro da esfera de aplicações e plataformas semelhantes, é de notar que o projeto MOVIDA.eros conseguiu transpor muitas das funcionalidades já utilizadas por essas aplicações para a sua própria realidade, adaptando-as ao contexto do

programa de reabilitação cardíaca em questão. Tal como as demais plataformas, as aplicações desenvolvidas permitem, principalmente, a monitorização dos pacientes em tempo real por parte dos profissionais de saúde, o que constitui a funcionalidade central de todo o projeto. Além disso, o projeto permite não só a prescrição de exercícios por parte dos profissionais de saúde, como também a consulta do histórico de prescrições e subsequente avaliação da evolução da condição clínica do paciente, possibilitando, ainda, uma comunicação bilateral entre ambas as partes que é fundamental para o sucesso do tratamento. Vale, também, referir que a aplicação móvel desenvolvida, à semelhança de aplicações como a Cardihab, permite que o paciente registre eventuais sintomas que possa ter sentido durante a realização dos exercícios, além de permitir a recolha de outros dados biomédicos (como, por exemplo, a frequência cardíaca). Por fim, o desenvolvimento de um sensor externo que comunica através dos protocolos *standard* BLE e GATT para a medição automática da pulsação do paciente constitui um fator de valor para o projeto desenvolvido, equiparando-se, nesse aspeto, a aplicações como a PatientConnect e a Cardihab, mais uma vez. Deste modo, considerando as aplicações analisadas na revisão da literatura e as vantagens que estas trazem comprovadamente para os seus utilizadores, pode concluir-se que o projeto MOVIDA.eros não só cumpriu os objetivos a que se propôs, como foi capaz de refletir muitas das funcionalidades já comprovadas em aplicações semelhantes no seu contexto próprio e específico. Neste sentido, se analisarmos os resultados que aplicações equiparáveis já obtiveram na sua área, é possível prever um resultado muito positivo para o projeto, uma vez que estas são um exemplo daquilo que o projeto MOVIDA.eros pretendia atingir no contexto português. Além disso, o *feedback* recebido por parte dos utilizadores que testaram as aplicações desenvolvidas foi bastante positivo, tendo sido demonstrado um interesse genuíno por parte dos mesmos para com a continuação do projeto.

Em conclusão, com base nos resultados obtidos e na revisão da literatura efetuada, são evidentes os resultados positivos que o projeto MOVIDA.eros poderá ter no contexto português, seguindo o exemplo de várias plataformas de sucesso já existentes no exterior. Ao eliminar a necessidade de deslocação aos centros de reabilitação e ao permitir uma monitorização mais abrangente dos pacientes, prevê-se, então, que o projeto MOVIDA.eros se torne uma componente de referência no contexto nacional, permitindo chegar a um número bastante mais considerável de pacientes. Deste modo, embora haja sempre melhorias a implementar e apesar de ainda não ter sido realizado um estudo extenso com vários pacientes reais, espera-se que o projeto desenvolvido surta efeitos tão ou mais positivos que os observados com outras aplicações da área, contribuindo, em última instância, para melhorar a saúde e bem-estar desta população de pacientes no contexto nacional.

7.2. Desenvolvimentos subsequentes e propostas de trabalho futuro

Relativamente ao trabalho futuro que poderá ser desenvolvido no âmbito do projeto MOVIDA.eros, considera-se que um dos aspetos mais importantes a referir é a necessidade de realizar um estudo mais extenso, com um número mais elevado de utilizadores reais, para

comprovar a eficácia do projeto no contexto clínico. Este aspeto é fundamental, pois será este estudo que permitirá avaliar efetivamente a utilidade do projeto no contexto a que se destina e determinar a evolução da adesão dos pacientes ao tratamento após a sua implementação. Além deste aspeto, será, também, importante incluir uma série de outros dados biomédicos no projeto, que o paciente deverá medir para avaliar o seu estado de saúde e a sua evolução ao longo do programa de reabilitação cardíaca. Entre estes dados é de referir a taxa de glicemia e a pressão arterial, que são dois fatores importantes para a avaliação do estado de saúde da população de pacientes em questão. Além disso, prevê-se, ainda, a utilização de dispositivos externos que permitam medir estes dados biomédicos de forma mais simples, como, por exemplo, dispositivos que permitam medir a pressão arterial ou realizar uma espécie de eletrocardiograma em contexto remoto, de modo a evitar deslocações ao centro de reabilitação cardíaca. Um outro aspeto que poderá ser melhorado no futuro é a utilização de diferentes canais de comunicação para estabelecer o contacto entre os profissionais de saúde e os pacientes, como, por exemplo, o recurso a chamadas de vídeo. Esta componente poderia melhorar a interação entre as duas partes e poderia ser importante para a motivação dos pacientes, pelo que será, certamente, um aspeto a considerar no futuro. Por fim, seria também importante incluir uma secção com material educativo sobre a condição clínica dos pacientes, de modo a contribuir para a sua educação no que toca ao tratamento de problemas cardíacos e, conseqüentemente, torná-los mais autónomos na gestão da sua condição clínica.

Em suma, o projeto MOVIDA.eros surgiu como uma solução prática para colmatar uma das lacunas do sistema de saúde português – a debilidade dos programas de reabilitação cardíaca no contexto remoto. Neste sentido, embora o projeto não tenha sido extensivamente testado no contexto real, considera-se que cumpriu os objetivos a que se propôs, pelo que se pode afirmar que o balanço final do projeto é, em grande parte, bastante positivo. Deste modo, espera-se que as melhorias a desenvolver no futuro permitam aperfeiçoar ainda mais o projeto e dar origem à melhor versão possível das duas aplicações desenvolvidas. Neste sentido, espera-se, em última instância, que o projeto MOVIDA.eros venha melhorar a saúde e o bem-estar dos pacientes do programa de reabilitação do Centro Hospitalar de Leiria e que os seus resultados comprovem não só a sua utilidade, mas também a sua inegável relevância no contexto da reabilitação cardíaca em Portugal, constituindo um passo em frente em direção a um futuro promissor para a saúde da população portuguesa.

Bibliografia

- [1] SNS - Serviço Nacional de Saúde, «Doenças cardiovasculares». [Online]. Disponível em: <https://stg.sns.gov.pt/noticias/doencas-cardiovasculares/>. [Acedido: 12-Jun-2018].
- [2] A. Abreu *et al.*, «Mandatory criteria for cardiac rehabilitation programs: 2018 guidelines from the Portuguese Society of Cardiology», *Rev. Port. Cardiol.*, 2018.
- [3] S. A. Buckingham *et al.*, «Home-based versus centre-based cardiac rehabilitation: Abridged Cochrane systematic review and meta-analysis», *Open Hear.*, vol. 3, n. 2, 2016.
- [4] S. N. Lovell, «Smartphone apps for cardiac rehabilitation Author : Gavin Yue Hin Tam», 2015.
- [5] K. Turk-Adawi e S. L. Grace, «Smartphone-based cardiac rehabilitation», *Heart*, vol. 100, n. 22, pp. 1737–1738, 2014.
- [6] World Health Organization, «eHealth». [Online]. Disponível em: <http://www.who.int/ehealth/en/>. [Acedido: 07-Set-2018].
- [7] R. J. Widmer, T. Allison, L. Lerman, e A. Lerman, «the Augmentation of Usual Cardiac Rehabilitation With an Online and Smartphone-Based Program Improves Cardiovascular Risk Factors and Reduces Rehospitalizations», *J. Am. Coll. Cardiol.*, vol. 63, n. 12, p. A1296, 2014.
- [8] A. L. Beatty, S. L. Magnusson, J. C. Fortney, G. G. Sayre, e M. A. Whooley, «VA fitheart, a mobile app for cardiac rehabilitation: Usability study», *J. Med. Internet Res.*, vol. 20, n. 1, pp. 1–11, 2018.
- [9] Cardihab Pty Ltd., «Cardihab’s Digital Cardiac Rehabilitation», 2017. [Online]. Disponível em: <https://cardihab.com/solution/>. [Acedido: 12-Jun-2018].
- [10] Lola Koktysh, «Top 4 heart failure apps to reduce readmissions and power self-management», 2017. [Online]. Disponível em: <https://www.scnsoft.com/blog/top-4-heart-failure-apps>. [Acedido: 12-Jun-2018].
- [11] J. Judith Kutzleb, DNP; and Joan Shea, MBA, «Study: Health Recovery Solutions Uses Tablets to Reduce Cardiac Readmissions», *Am. J. Accountable Care*, 2014.

- [12] Vida Health, «Vida Health», 2018. [Online]. Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vida.healthcoach&hl=pt_PT. [Acedido: 12-Jun-2018].
- [13] A. Y. Mao, C. Chen, C. Magana, K. Caballero Barajas, e J. N. Olayiwola, «A Mobile Phone-Based Health Coaching Intervention for Weight Loss and Blood Pressure Reduction in a National Payer Population: A Retrospective Study», *JMIR mHealth uHealth*, 2017.
- [14] The Heart App©, «The Heart App», 2018. [Online]. Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.theheartappnew&hl=en_US. [Acedido: 12-Jun-2018].
- [15] MyTherapy, «Keeping your heart in shape: an app to help you manage congestive heart failure». [Online]. Disponível em: <https://www.mytherapyapp.com/heart-failure-apps-for-chf-patients-to-manage-medication-and-weight>. [Acedido: 12-Jun-2018].
- [16] Trello, «Trello», 2018. [Online]. Disponível em: <https://trello.com/home>. [Acedido: 18-Jun-2018].
- [17] H. Kniberg e M. Skarin, *Kanban and Scrum-making the most of both*. 2010.
- [18] G. Borg e H. Löllgen, «Borg's perceived exertion and pain scales», *Dtsch. Z. Sportmed.*, 2001.
- [19] Ionic, «Ionic Framework», 2018. [Online]. Disponível em: <https://ionicframework.com/>. [Acedido: 07-Set-2018].
- [20] T. A. Majchrzak, A. Biørn-Hansen, e T.-M. Grønli, «Progressive Web Apps: the Definite Approach to Cross-Platform Development?», *Proc. 51st Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, 2018.
- [21] TypeScript, «TypeScript», 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.typescriptlang.org/>. [Acedido: 07-Set-2018].
- [22] AngularJS, «AngularJS», 2018. [Online]. Disponível em: <https://angularjs.org/>. [Acedido: 07-Set-2018].
- [23] J. She, H. Nakamura, K. Makino, Y. Ohyama, e H. Hashimoto, «Selection of suitable maximum-heart-rate formulas for use with Karvonen formula to calculate exercise

- intensity», *Int. J. Autom. Comput.*, 2014.
- [24] Cron-job.org, «Cron-job.org». [Online]. Disponível em: <https://cron-job.org/en/>. [Acedido: 25-Jul-2018].
- [25] F. Chen, «Cropper.js». [Online]. Disponível em: <https://fengyuanchen.github.io/cropperjs/>. [Acedido: 25-Set-2018].
- [26] Bluetooth SIG, «GATT Overview», 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.bluetooth.com/specifications/gatt/generic-attributes-overview>. [Acedido: 15-Set-2018].
- [27] Espressif Systems, «ESP32», 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32/overview>. [Acedido: 15-Set-2018].
- [28] Maxim Integrated Products, «MAX30100 - Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health». p. 29, 2014.
- [29] Wemos, «Battery Shield», 2018. [Online]. Disponível em: https://wiki.wemos.cc/products:d1_mini_shields:battery_shield. [Acedido: 15-Set-2018].
- [30] oxullo, «Arduino library for MAX30100, integrated oximeter and heart rate sensor», 2018. [Online]. Disponível em: <https://github.com/oxullo/Arduino-MAX30100>. [Acedido: 15-Set-2018].
- [31] ThingPulse, «ThingPulse ESP8266 OLED SSD1306», 2018. [Online]. Disponível em: <https://github.com/ThingPulse/esp8266-oled-ssd1306>. [Acedido: 15-Set-2018].
- [32] nkolban, «ESP32 BLE», 2018. [Online]. Disponível em: https://github.com/nkolban/ESP32_BLE_Arduino. [Acedido: 15-Set-2018].
- [33] D. Guerra, «Bluetooth Low-Energy - Redes BLE e aplicações em Redes de Sensores», 2015.
- [34] American Heart Association, «What is Cardiac Rehabilitation?», 2018. [Online]. Disponível em: http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/More/CardiacRehab/What-is-Cardiac-Rehabilitation_UCM_307049_Article.jsp. [Acedido: 12-Jun-2018].
- [35] M. Mendes, «Reabilitação cardíaca em Portugal. Ponto da situação em 2013-2014»,


Revista Portuguesa de Cardiologia. 2016.

- [36] H. M. Dalal, A. Zawada, K. Jolly, T. Moxham, e R. S. Taylor, «Home based versus centre based cardiac rehabilitation: Cochrane systematic review and meta-analysis», *BMJ (Online)*. 2010.
- [37] V. M. Conraads *et al.*, «Adherence of heart failure patients to exercise: Barriers and possible solutions», *Eur. J. Heart Fail.*, 2012.
- [38] S. Hamine, E. Gerth-Guyette, D. Faulx, B. B. Green, e A. S. Ginsburg, «Impact of mHealth chronic disease management on treatment adherence and patient outcomes: A systematic review», *Journal of Medical Internet Research*. 2015.
- [39] A. Pai, «Tablet app reduces CHF patient readmissions by 53 percent», 2015. [Online]. Disponível em: <https://www.mobihealthnews.com/42273/tablet-app-reduces-chf-patient-readmissions-by-53-percent>.
- [40] M. Varnfield *et al.*, «Smartphone-based home care model improved use of cardiac rehabilitation in postmyocardial infarction patients: Results from a randomised controlled trial», *Heart*, vol. 100, n. 22, pp. 1770–1779, 2014.
- [41] C. Ritchie, «Rating of Perceived Exertion (RPE)», *Journal of Physiotherapy*. 2012.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexo 2. Tabela descritiva dos componentes de *hardware* do dispositivo BLE

Tabela 3 - Tabela descritiva dos componentes de hardware do dispositivo BLE

Descrição	Figura	Link do produto	Preço
Placa microcontroladora - Wemos ESP32 + Módulo OLED		https://bit.ly/2xnF0d4	7,71 €*
Sensor de pulsação – MAX30100		https://bit.ly/2xceTXg	3,97 €*
Controlador de carga – Wemos Battery Shield		https://bit.ly/2xbOjxO	2,11 €*
Bateria 2000 mAh 3,7 V		https://bit.ly/2OnUfKp	2,65 €*
		Total:	16,44 €

*Preço em vigor à data 15/09/2018

Anexo 3. Registo de versões do projeto MOVIDA.eros

Tabela 4 - Registo de versões do projeto MOVIDA.eros

Aplicação web de backoffice	Aplicação móvel
<p>Versão 1.0 – 20/12/2017</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Login</i>; • Lista de pacientes; • Adicionar prescrição; • Visualizar prescrição. 	<p>Versão 1.0 – 20/12/2017</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Login</i>; • Visualizar/editar perfil; • Executar exercício (versão alfa); • Lista de prescrições (em curso e em histórico); • Consultar exercícios (em curso, próximos, não realizados e finalizados); • Visualizar detalhes do exercício realizado; • Consultar dieta prescrita.
<p>Versão 2.0 – 23/01/2018</p> <ul style="list-style-type: none"> • Histórico de prescrições; • Visualizar detalhes do exercício; • Visualizar/editar perfil do paciente; • Editar prescrição; • Adicionar paciente; • Menu lateral; • Correção de problemas/erros; • Firebase Cloud Functions (métodos): <ul style="list-style-type: none"> ○ Adicionar exercícios à prescrição; ○ Exercício concluído; ○ Prescrição concluída; ○ Editar prescrição; ○ Registar paciente; ○ Verificar exercícios não realizados. 	<p>Versão 1.1 – 15/02/2018</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cronómetro (versão alfa); • Foto de perfil; • Registo de sintomas; • Gráfico do peso do paciente; • GPS (versão alfa); • Correção de problemas/erros.
<p>Versão 2.1 – 14/02/2018</p> <ul style="list-style-type: none"> • Validação dos formulários; • Registo de sintomas nos exercícios; • Alteração da escala de Borg da prescrição para um intervalo (mín. e máx.); • Otimização dos gráficos; • Correção de problemas/erros. 	<p>Versão 2.0 – 13/03/2018</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exportar a aplicação para iOS e Android (correção de problemas de incompatibilidade em Android e iOS); • Alteração do cronómetro para um temporizador com funcionamento quando a aplicação está em segundo plano (<i>background</i>); • GPS em segundo plano (<i>background</i>); • Correção de problemas/erros.

<p style="text-align: center;">Versão 2.2 - 28/02/2018</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mostrar linhas limitadoras da duração e pulsação máxima nos gráficos dos exercícios; • Melhoramento dos campos de preenchimento obrigatório dos formulários (com base em <i>feedback</i> do cliente); • Correção de problemas/erros. 	<p style="text-align: center;">Versão 3.0 – 30/04/2018</p> <ul style="list-style-type: none"> • Substituição do serviço GPS por um pedómetro na versão iOS para calcular a distância percorrida num exercício; • Notificações locais do <i>smartphone</i>; • Notificações <i>push</i> do <i>smartphone</i>; • Mensagens; • Executar a aplicação em segundo plano (<i>background</i>); • Atualização do <i>layout</i> das páginas da aplicação; • O paciente autenticado pode trocar o seu <i>e-mail</i> e palavra-passe da aplicação; • Correção de problemas/erros; • Testes do GPS/pedómetro e otimizações; • Publicação da aplicação na Google Play Store e na App Store.
<p style="text-align: center;">Versão 3.0 – 26/05/2018</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atualização de todas as <i>interfaces</i> das páginas do <i>backoffice</i> com base nas sugestões fornecidas pelo cliente; • Devido a problemas de <i>performance</i> nos gráficos da página “Histórico de Prescrições”, foi necessário reciclar o mesmo gráfico de exercícios para o todo histórico de prescrições; • Enviar/receber mensagens do paciente; • Visualizar/editar perfil do médico; • O médico autenticado pode trocar o <i>e-mail</i> e a palavra-passe do <i>backoffice</i>. 	<p style="text-align: center;">Versão 3.1 – 16/05/2018</p> <ul style="list-style-type: none"> • Foi adicionado um modo <i>offline</i> à aplicação; • Otimização do número de ligações simultâneas ao Firebase; • Testes, correção de problemas/erros.
<p style="text-align: center;">Versão 3.1 – 06/06/2018</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alteração do <i>layout</i> da página “Mensagens do Paciente”; • Os dados necessários para o cálculo da fórmula de Karvonen serão preenchidos automaticamente após a primeira prescrição; • Correção de problemas/erros. 	<p style="text-align: center;">Versão 3.2 – 31/05/2018</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guardar na memória da aplicação os dados dos exercícios realizados quando a aplicação está em modo <i>offline</i>. Quando se retoma a ligação à Internet, os dados dos exercícios que estavam guardados são enviados para a base de dados do Firebase;

	<ul style="list-style-type: none"> • Página de recorte da foto de perfil adicionada; • Nova otimização do número de ligações simultâneas ao Firebase; • Melhoria da navegação nas páginas da aplicação quando esta está em modo <i>offline</i>; • Correção de problemas/erros.
<p>Versão 3.2 – 10/09/2018</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento do modo de administrador para remover/adicionar profissionais de saúde e pacientes à plataforma MOVIDA.eros; • Adição do aviso de sintomas às páginas “Prescrição em Curso” e “Histórico de Prescrições”; • Correção de problemas/erros. 	<p>Versão 3.3 – 12/09/2018</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento do dispositivo BLE para registrar a pulsação do paciente automaticamente durante o exercício; • Desenvolvimento da comunicação/interação do dispositivo BLE com a aplicação móvel; • Alteração da página “Realizar Exercício” para permitir visualizar a distância percorrida, o último registo de pulsação e a pulsação máxima recomendada; • Correção de problemas/erros.

Anexo 4. Artigo científico



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Procedia Computer Science 00 (2018) 000–000

Procedia
Computer Science

www.elsevier.com/locate/procedia

CENTERIS - International Conference on ENTERprise Information Systems /
ProjMAN - International Conference on Project MANAGEMENT / HCist - International
Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies,
CENTERIS/ProjMAN/HCist 2018

A Cardiac Rehabilitation Program Supported by mHealth Technology: The MOVIDA.eros Platform

Emanuel Silva^a, Rui Rijo^{a,b,c,d}, Ricardo Martinho^{a,c}, Pedro Assunção^{a,e}, Alexandra
Seco^a, Rui Fonseca-Pinto^{a,e,f}

^aSchool of Technology and Management, Polytechnic Institute of Leiria, Leiria, Portugal

^bInstitute for Systems Engineering and Computers at Coimbra (INESC Coimbra), University of Coimbra, Coimbra, Portugal

^cCentre for Research in Health Technologies and Information Systems (CINTESIS), University of Porto, Porto, Portugal

^dPortugal Health Intelligence Laboratory, Faculty of Medicine of the University of São Paulo, Ribeirão Preto/São Paulo, Brazil

^eInstituto de Telecomunicações, MSP-Lra, Leiria, Portugal

^fciTechCare - Center for Innovative Care and Health Technology, Polytechnic Institute of Leiria, e Instituto de Telecomunicações

Abstract

The cardiac rehabilitation backdrop in Portugal is lacking much-needed improvements in order to better serve patients with different heart conditions. Although the beneficial results of cardiac rehabilitation are widely acknowledged, it is not being implemented in an optimal way, with few rehabilitation centers irregularly distributed throughout the country. In this context, the opportunity arose to develop a project that would help to fill in this gap.

MOVIDA.eros is an ongoing project aims to bring more people into cardiac rehabilitation programs and help physicians monitor their health anywhere they are. By using a mobile app and a web platform, the MOVIDA.eros project allows healthcare providers to be constantly connected to their patients and see whether they are following their recommendations and adhering to the program.

In this paper, an overview will be provided on the current situation of cardiac rehabilitation programs in Portugal, including the main weaknesses and issues that should be addressed. The main features of both the mobile app and the web platform will also be discussed, as well as any challenges that might have come up during the development process.

Keywords: Mobile App, Mobile Computing, Physical Activity Monitoring, Health and Well-Being, Technologies for Quality of Life

1. Introduction

Cardiac rehabilitation is an important part of cardiovascular health programs and has been proven to have effective results in patients who have experienced health events such as a stroke or heart failure or who have undergone procedures such as angioplasty or heart surgery [34]. Although its results are widely acknowledged, the Portuguese healthcare system does not provide as much Cardiac Rehabilitation Programs (CRP) as needed,

with few rehabilitation centers distributed throughout the country. In addition to the lack of cardiac rehabilitation centers, their irregular distribution throughout the country (e.g., there are no public rehabilitation centers in Minho, Trás-os-Montes, Beiras, Ribatejo, Alentejo and island regions) [35] is another major issue that needs to be addressed. It has been shown that patients are much less likely to adhere to programs if these require them to travel a long distance, putting accessibility at the top of reasons why patients often do not participate in rehabilitation programs [36]. However, this is not the only reason why Portugal is behind other countries when it comes to CRP and adherence: a culture characterized by the lack of physical activity, the lack of training in this field and the shortage of financial resources also contribute to this situation [35]. In this sense, and considering that accessibility and financial costs are two main barriers that hinder the adherence of patients with cardiac diseases to rehabilitation programs [37], there seems to be a need for some sort of outpatient program that would eliminate these two obstacles, and it was within this context that the MOVIDA.eros project was brought up.

The use of technology within the healthcare context is incredibly widespread, ranging from emergency rooms to operating theaters, hospital wards, among others. Technological tools and devices are extremely valuable to several different areas of the healthcare system, and cardiovascular health and CRP are no exception [38]. In fact, mHealth technologies (how they are currently referred to) consist of using information and communication technologies in support of healthcare-related fields in a cost-effective and safe manner. Considering that the number of patients with chronic diseases has increased (and that heart-related diseases are one of the main causes of death in Portugal), using these technologies is extremely helpful in treating these patients. In addition, the widespread use of mobile devices and equipment (such as smartphones, tablets, etc.) makes it easier for patients to be monitored remotely by their physicians without increasing the associated costs. This is an important issue both for patients, who can avoid travelling to healthcare facilities as often as they would without these devices, and for hospitals and physicians, which can leverage these technologies to be able to monitor several patients at a time and thus reduce the need to hire more healthcare providers to serve an increased number of patients.

The MOVIDA.eros project was created to serve this exact purpose and to be integrated into a CRP (phase II/III upon cardiac risk stratification), allowing physicians to monitor their patients remotely and prescribe them custom exercises that are specific to their health condition and fitness level. It is an attempt to improve the health of patients who suffer from cardiac diseases or who have undergone cardiac procedures and are in need of rehabilitation programs that can help them recover faster and in a safe and cost-effective way.

This paper explains how the MOVIDA.eros project works and provides details about the design and implementation thereof. Section 2 contains information on related work and similar apps and platforms that have already been developed in this field, showing how their success has contributed to the development of our own app/platform. In Section 3, the architecture and the main features of both the web platform (physician-side) and the mobile app (patient-side) are explained in further detail. Section 4, on the other hand, refers some of the challenges found while trying to implement the platform, including issues related to the patient population itself and issues associated with data collection and privacy. Finally, Section 5 includes some conclusions gathered from the work performed throughout the project and what is to be expected from it in the future.

2. Related work

The use of apps and web platforms as a way of improving self-management of heart conditions is not entirely new in the healthcare field. Similar apps and platforms have been created to help patients with heart conditions manage their health at home while staying connected to their physicians or caregivers. Two examples are HeartMapp and Heart Failure Health Storylines, two mobile apps developed for patients to keep track of their health and get information on their specific condition and how to manage it [10]. Similarly to MOVIDA.eros, these apps allow patients to measure vital signs and help make sure that the patient keeps up with the needed levels of physical activity. Another mobile app that stands out from the crowd is PatientConnect. According to the Chief Medical Officer of Penn Care at Home, a program that provides skilled nursing services and other supportive services to eligible patients in the U.S.A., this tablet-based app, created by Health Recovery Solutions, helped reduce the 30-day readmission rate for 130 patients with congestive heart failure by 53 percent [39]. This result proves that mobile apps can effectively help manage patients with this kind of condition and improve their well-being.

Using this as an example of what could be achieved, and realizing how much of an impact these platforms can have, MOVIDA.eros was created as a way of contributing to improving the health of people who need exercise prescriptions and supervision in the context of a rehabilitation program. The integration of a multidisciplinary team, supervised prescriptions, online surveillance and communication features are key to the MOVIDA.eros platform, differentiating this program from the above-mentioned apps.

In this sense, MOVIDA.eros will be integrated into a CRP, namely in phases II and III, and upon the proof of principle (in clinical terms), it will be accessible to be used as a standard tool that physicians can resort to in this key branch of the healthcare system.

3. MOVIDA.eros

The MOVIDA.eros project is meant to be used by patients taking part in a CRP, whether they have a heart condition or have experienced a cardiac event (such as a stroke or heart failure) or because they have undergone a cardiac procedure (e.g., angioplasty or heart surgery). It is also meant to be used by healthcare providers who are in charge of conducting these rehabilitation programs. The connection between patient and healthcare provider is the core of the project and is key to obtain effective results in this context.

The MOVIDA.eros project intends to enable healthcare providers to easily monitor the physical activity of their patients and prescribe custom exercises that are adjusted to their specific condition. It also allows patients to perform their exercises anywhere without the need to travel to rehabilitation centers or other facilities where these programs are carried out. Therefore, patients can easily access and perform tailor-made exercises while keeping their physicians informed about the results obtained during the exercise.

The goal of this project is to increase the number of patients participating in CRP without incurring additional costs to hospitals and healthcare facilities (with the recruitment of additional physicians) and without overloading healthcare providers with an increased workload. In addition, to increase adherence to CRP, the project also aims to reduce visits to the emergency room and help patients lose weight along the process, and these aspects will be used as effectiveness measures to assess the success of the project. These specific measures were chosen based on studies showing their usefulness within this context, such as [40].

MOVIDA.eros is composed of a web platform and a mobile app that is available both for Android and iOS smartphones, which makes it accessible to a variety of users. In order to use the platform, healthcare providers only need a computer with Internet access and patients need to have a smartphone to access the app.

3.1. Architecture

The architecture of the MOVIDA.eros project is detailed below, as shown in Fig. 1.

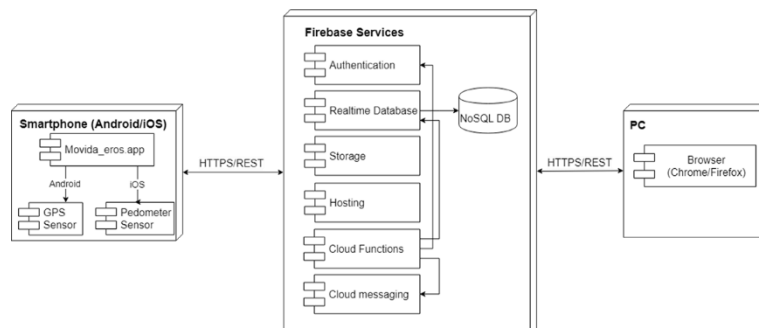


Fig. 1. MOVIDA.eros architecture

MOVIDA.eros is composed of a web platform and a mobile app to be used by healthcare providers and patients, respectively. In order to develop the app for both Android and iOS operating systems, as well as for the web platform, the development framework used was Ionic¹, which allows developers to build both native apps and Progressive Web Apps (PWAs) [20]. This framework was selected for its comprehensiveness as a cross-platform, as it allows for a quicker and easier maintenance and development process. In addition, the services provided by Firebase² were also used in order to connect the mobile app with the web platform and enable them to communicate with each other. These services are: “Authentication” (used to enable users to register and log in); “Real-time database” (used to save all data used within the app and update data in several devices in real time); “Storage” (used to save images and logs); “Hosting” (used to host the website of the web platform); “Cloud functions” (used to run the business logic - this avoids the need to use a specific server for this function); “Cloud messaging” (used to send push notifications to smartphones).

3.2. Main features

As mentioned above, MOVIDA.eros is divided into a web platform and a mobile app to be used by healthcare providers and patients, respectively. The following is a description of the main features implemented on the physician-side and on the patient-side.

3.2.1. Physician-side

After logging into the web platform, the physician has access to a list of patients to choose from. On this web page, the physician can either select one of the listed patients to check their information or add a new patient to the list. When the physician selects a patient, a screen comes up with the patient's current physical activity prescription and prescription history, with streamlined charts that show every physical exercise performed by the patient, as well as other statistics (Fig. 2). Exercise data are automatically updated on the web platform when the patient completes an exercise, which allows the physician to see the respective details in real time. By clicking on the bars, the physician can check details such as average speed and distance traveled, as well as whether the patient felt any type of symptom while performing that exercise. These charts are easy to read and provide valuable information that allows the physician to check whether the patient is meeting the established goals (when an established goal is not met, the borders of the chart are highlighted in red).

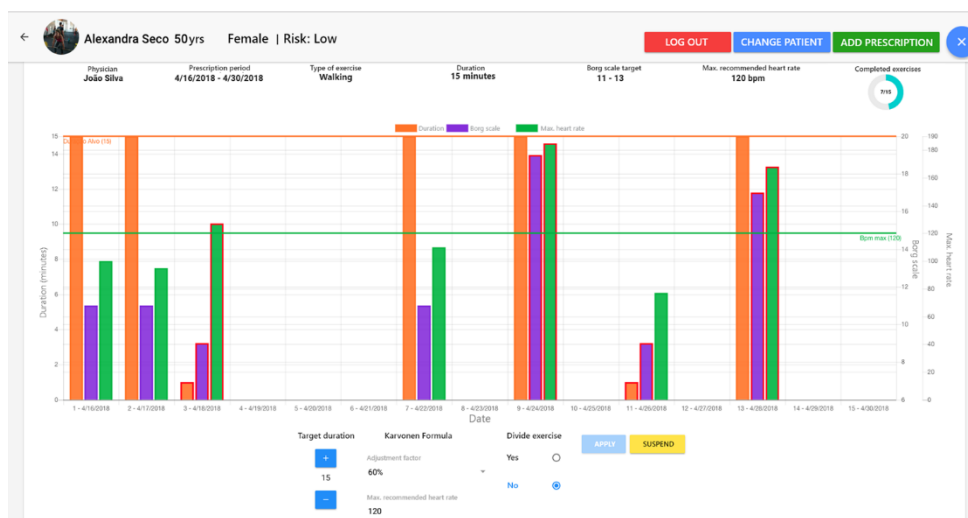


Fig. 2. "Patient" page

Lastly, it is worth mentioning which variables were chosen to assess patient compliance with exercise prescriptions, which was done together with the healthcare providers who were assisting us on the project. The main variables chosen were the period (start date and end date); the type of exercise (i.e., walking); the duration of the exercise; the Borg Scale (rating of perceived exertion, with a pre-established range between 11 and 13, which can be adjusted by the physician); the Karvonen Formula (this allows the physician to determine the maximum recommended heart rate that a patient can reach during an exercise; the physician needs to enter the maximum heart rate and the patient's heart rate at rest, which is determined at the patient's initial physical assessment when enrolling in the program); and the diet.

3.2.2. Patient-side

After logging into the app with their credentials, patients have access to a series of information regarding their prescriptions, as well as their profile. These data are only accessible to the physician and the patients themselves, and no other patient can see this information.

In order to start an exercise, the patient needs to go under the "Exercises" menu item (Fig. 3) and click on an exercise under the "Today" tab, which will display a screen with a timer set up by the physician (Fig. 4). After entering the initial heart rate, the patient can finally start walking, bringing their smartphone with them in order to calculate the distance traveled during the exercise, which is done by using the device's GPS system (for Android) or the pedometer (for iOS).

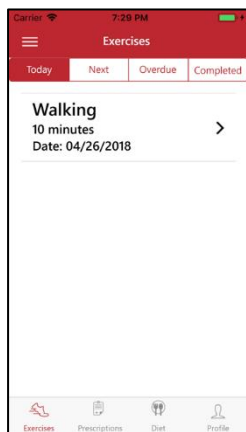


Fig. 3. Exercises - Today" page

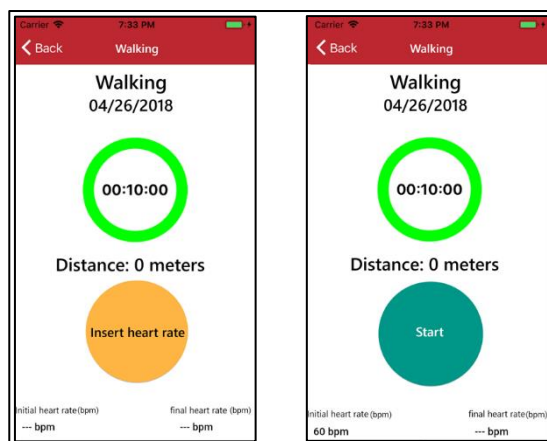


Fig. 4. "Exercise" page

After the exercise is completed, the patient must enter the final heart rate and then select the level of perceived exertion on the Borg scale [41] for that specific exercise. They can also refer whether they felt any symptoms during that exercise. When this process is complete, all the information regarding the exercise is automatically sent to the web platform, where the physician can check all the relevant details.

In addition to performing their prescribed exercises, patients can also see their prescription history and the respective details, as well as information on the diet recommended by the physician and any nutritional advice.

Another important feature is the message inbox. This is where the patient receives notifications about new prescriptions, updates to the current prescription or any prescriptions that have been suspended. The physician can also send text messages to the patient, which is an important part of the patient-physician connection element.

4. Implementation and critical challenges

One of the challenges faced while developing the project was related to the framework used (Ionic). Considering that the project required the use of mobile sensors (such as GPS and pedometer) and other background features, there was the need to install several plug-ins in order to make them work in connection with this framework. Because these plug-ins are often developed by third-parties outside the Ionic framework, it takes longer to correct any errors that may arise. In addition, in the last Android and iOS versions, there were compatibility issues with these plug-ins. In order to solve these issues, it was decided that it would be best to use the GPS system for Android and the pedometer system for iOS, even though the initial idea was to use GPS for both. This is because the GPS system does not run in the background of iOS smartphones; on the other hand, however, many Android smartphones do not support the pedometer plug-in. Therefore, the only option was using a different method for each operating system in order to address these compatibility issues.

Also, it is worth mentioning that one of the critical challenges that has been imposed on this project relates to data protection and privacy. Within the scope of the new General Data Protection Regulation (GDPR), there are a number of changes and updates to data protection policies that need to be taken into account when developing an app that collects user information. In this sense, it is necessary to ensure that the appropriate policies are followed and that the necessary documentation is obtained to allow us to collect personal information from the patients involved. A request for this certification has already been made. A request has also been made to the Ethics Committee at the hospital where patients will be enrolled in order to approve the use of this app with actual patients.

5. Conclusion and future work

Cardiac rehabilitation is an important part of current healthcare programs both in Portugal and throughout the world. The proven effectiveness of CRP is one of the reasons that urged the development of MOVIDA.eros, a project that aims to positively contribute to the health and well-being of cardiac patients.

Although the mobile app has only been used by beta testers and not actual users, the web platform (physician-side) has, in fact, been approved by the physicians and healthcare providers who will be using it. They have provided continuous feedback and recommendations throughout the process, which was very valuable to the development of the platform. Beta testers have also provided their feedback and suggestions on

what could be improved within the app. Both the healthcare providers and the beta testers who used the web platform and the mobile app, respectively, have said that they find this project to be a valuable asset and have stated that they would indeed use it in the future. When the project is transferred to a real-life setting, the main goal is that people will feel motivated to adhere to these programs and perform every exercise that has been prescribed to them, thus contributing to their health and well-being.

Regarding any future work that may be done, the goal is to adjust the app according to the feedback provided by actual patients. This may include changing existing features or adding new features as may be necessary. One of the goals is to eliminate the need for patients to measure their heart rate manually by using measuring sensors as another option (although most patients that are undergoing cardiac rehabilitation are taught to and can measure their heart rate by checking their pulse). This feature would certainly enrich the app and make it more user-friendly.

In summary, the MOVIDA.eros project aims to fill in a gap that the Portuguese healthcare system has not been able to address – the lack of CRP that can be easily accessed by patients throughout the country. As the project expands and reaches more and more people, the expectation is that the cardiac rehabilitation backdrop will see a much-needed improvement that will help people from all over the country to pursue a healthier and happier life.

Acknowledgements

We would also like to show our gratitude to Dr. Filipa Januário and Dr. Alexandre Antunes from Hospital Center of Leiria (CHL) for sharing their clinical advice during the development of the platform.

References

- [1] American Heart Association, “What is Cardiac Rehabilitation?,” 2018. [Online]. Available: http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/More/CardiacRehab/What-is-Cardiac-Rehabilitation_UCM_307049_Article.jsp. [Accessed: 12-Jun-2018].
- [2] M. Mendes. (2016) “Reabilitação cardíaca em Portugal. Ponto da situação em 2013-2014,” *Revista Portuguesa de Cardiologia*, Volume 35, Issue 12, December 2016, Pages 659-668. 2016.
- [3] H. M. Dalal, A. Zawada, K. Jolly, T. Moxham, and R. S. Taylor. (2010) “Home based versus centre based cardiac rehabilitation: Cochrane systematic review and meta-analysis,” *BMJ* (Online).
- [4] V. M. Conraads et al. (2012) “Adherence of heart failure patients to exercise: Barriers and possible solutions,” *Eur. J. Heart Fail.*
- [5] S. Hamine, E. Gerth-Guyette, D. Faulx, B. B. Green, and A. S. Ginsburg. (2015) “Impact of mHealth chronic disease management on treatment adherence and patient outcomes: A systematic review,” *Journal of Medical Internet Research*.
- [6] Lola Koktysh, “Top 4 heart failure apps to reduce readmissions and power self-management,” 2017. [Online]. Available: <https://www.scnsoft.com/blog/top-4-heart-failure-apps>. [Accessed: 12-Jun-2018].
- [7] A. Pai, “Tablet app reduces CHF patient readmissions by 53 percent,” 2015. [Online]. Available: <https://www.mobihealthnews.com/42273/tablet-app-reduces-chf-patient-readmissions-by-53-percent>.
- [8] M. Varnfield et al. (2014) “Smartphone-based home care model improved use of cardiac rehabilitation in postmyocardial infarction patients: Results from a randomised controlled trial,” *Heart*, vol. 100, no. 22, pp. 1770–1779.
- [9] T. A. Majchrzak, A. Bjørn-Hansen, and T.-M. Grønli. (2018) “Progressive Web Apps: the Definite Approach to Cross-Platform Development?,” *Proc. 51st Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*
- [10] C. Ritchie. (2012) “Rating of Perceived Exertion (RPE),” *Journal of Physiotherapy*.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco