

João Diogo Santos Costa

## DIYbetes: Desenvolvimento de uma Plataforma Móvel de Gestão Pessoal da Diabetes do Tipo II

Dissertação apresentada à Universidade de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica, orientada pelo Senhor Professor Doutor Mário Zenha-Reia e pelo Senhor Engenheiro Miguel Antunes.

Setembro de 2015



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

TESE DE MESTRADO

---

# DIYbetes: Desenvolvimento de uma Plataforma Móvel de Gestão Pessoal da Diabetes do Tipo II

---

*por*

João Diogo Costa

*Sob a supervisão de*

Mário Zenha-Rela, Universidade de Coimbra

Miguel Antunes, Redlight Software

*Dissertação apresentada à Universidade de Coimbra para cumprimento dos  
requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica*

9 de Outubro de 2015



Desenvolvido em colaboração com:



RedLight Software — Coimbra, Portugal



Universidade de Coimbra  
Coimbra, Portugal



Esta cópia da tese é fornecida na condição de que quem a consulta reconhece que os direitos de autor são pertença do autor da tese e que nenhuma citação ou informação obtida a partir dela pode ser publicada sem a referência apropriada.

This copy of the thesis has been supplied on condition that anyone who consults it is understood to recognize that its copyright rests with its author and that no quotation from the thesis and no information derived from it may be published without proper acknowledgement



*Dedicado aos meus pais e à Carolina*



# *Agradecimentos*

Fecha-se o capítulo que eu considero mais decisivo no decurso da minha vida. Deste percurso fizeram parte inúmeras pessoas e organizações que definitivamente moldaram a minha perceção da realidade. A vós.

Obrigado à Redlight Software e a todos os que dela fazem parte por conseguirem manter um espírito de equipa que até agora apenas seria concretizável na imaginação de Sir Thomas More. Obrigado ao Eng. Miguel Antunes por me ter proporcionado tudo o que eu precisei durante este período.

Obrigado à comunidade do *Open Source Software*, pois sem ela seria literalmente impossível realizar este trabalho em tempo útil.

À Universidade de Coimbra e ao curso de Engenharia Biomédica que, por fruto da ocasião, criaram oportunidades que se relevaram determinantes para edificar a pessoa que sou hoje.

Obrigado ao Prof. Doutor Mário Zenha-Rela pela orientação e pragmatismo, e pela naturalidade e autenticidade que impõe nas relações com os seus alunos. Tive a sorte de ser orientando de um dos professores mais “à frente do seu tempo” da Universidade de Coimbra.

À jeKnowledge que trilhou muito mais do que o meu percurso profissional. O João Diogo Costa é, em grande parte, resultado do envolvimento com esta organização.

A toda a minha família e em particular aos meus pais pelo amor e carinho que me deram, pelos meios que me proporcionaram e pelos sacrifícios que fizeram em virtude da minha educação. A eles devo o que nunca conseguirei pagar. Obrigado.

A todos os meus amigos que, empregando a falta de dramatismo que lhes é própria, me ajudaram a superar muitos dos baixos e me acompanharam freneticamente nos altos.

À minha namorada, Carolina, que viveu intensamente todos os momentos da minha vida, tão ou mais do que eu próprio. A ti.



*“Once you have tasted flight, you will forever walk the earth with your eyes turned skyward, for there you have been, and there you will always long to return.”*

Leonardo Da Vinci



# *Abstract*

Type 2 Diabetes is a disease that affects 1 in every 20 people, totaling 382 million patients worldwide. Current Diabetes management methods are failing due to its huge proportions, continuously increasing costs for health systems in every country. Since Diabetes is a behavioural disease, managing it involves a shift in behaviour, which could be achieved by employing mobile technologies. This work introduces a new solution based on the most recent mobile technologies, employing remote monitoring and personalized counselling techniques. The developed platform, by the name of DIYbetes, is currently being tested through a clinical study and already serves 60 patients, with approximately 2,350 educational messages sent. 82% of the patients find the messages useful and want to keep receiving them.

**Keywords:** *Diabetes, shift in behaviour, mobile technologies, remote monitoring, personalized counselling, DIYbetes, clinical study*



## *Resumo*

A Diabetes do tipo 2 (DM2) é uma doença que afeta atualmente 1 em cada 20 pessoas, totalizando cerca de 382 milhões de doentes em todo o mundo. Devido à falta de adaptação dos métodos de gestão e controlo desta doença à sua atual dimensão, os custos associados são cada vez mais significativos nas contas públicas de cada país. Dado que a DM2 é uma doença comportamental, a sua gestão envolve o encorajamento para a mudança do estilo de vida, o que poderá ser feito utilizando tecnologias móveis. Este trabalho apresenta uma solução baseada nas mais recentes tecnologias móveis que visa a modificação comportamental do doente, aplicando técnicas de monitorização remota e de aconselhamento personalizado. A plataforma desenvolvida, denominada DIYbetes, está atualmente a ser testada por meio de um estudo clínico e conta já com 60 doentes, tendo enviado aproximadamente de 2,350 mensagens de conteúdo educativo. Da totalidade, 82% afirma que as mensagens são úteis e que pretende continuar a recebê-las.

**Palavras-Chave:** *diabetes, tecnologias móveis, modificação comportamental, monitorização remota, aconselhamento personalizado, DIYbetes, estudo clínico*



# Conteúdo

<b>Agradecimentos</b>	<b>ix</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiii</b>
<b>Resumo</b>	<b>xv</b>
<b>Conteúdo</b>	<b>xvii</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>xxi</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>xxiii</b>
<b>Acrónimos</b>	<b>xxv</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Contexto . . . . .	1
1.2 Projeto . . . . .	2
1.2.1 Motivação . . . . .	2
1.2.2 Objetivos . . . . .	3
1.2.3 Equipa . . . . .	4
1.3 Âmbito . . . . .	6
1.4 Organização da Tese . . . . .	7
<b>2 Diabetes - Situação atual</b>	<b>9</b>
2.1 Introdução . . . . .	9
2.2 Definição . . . . .	11
2.3 Classificação . . . . .	11
2.3.1 Diabetes Mellitus Tipo I . . . . .	11
2.3.2 Diabetes Mellitus Tipo II . . . . .	12
2.3.3 Diabetes Gestacional . . . . .	13
2.3.4 Outros Tipos . . . . .	13
2.4 Diagnóstico . . . . .	14
2.4.1 Glicemia . . . . .	14
2.4.2 Hemoglobina Glicada (HbA1C) . . . . .	15
2.5 Complicações . . . . .	16
2.6 Tratamento . . . . .	17
2.7 Epidemiologia . . . . .	18

2.7.1	Diabetes . . . . .	19
2.7.2	Pré-diabetes . . . . .	21
2.7.3	Casos Não Diagnosticados . . . . .	22
2.8	Custos . . . . .	22
<b>3</b>	<b>Controlo e Gestão da Diabetes</b>	<b>25</b>
3.1	Introdução . . . . .	25
3.2	Diretrizes Globais . . . . .	26
3.2.1	Avaliação . . . . .	27
3.2.2	Prestação de Cuidados . . . . .	27
3.2.3	Educação e Modificação Comportamental . . . . .	28
3.2.4	Saúde Mental . . . . .	29
3.2.5	Monitorização . . . . .	30
3.2.6	Controlo das Complicações . . . . .	31
3.2.7	Farmacologia . . . . .	34
3.3	Execução . . . . .	35
3.4	Novas Abordagens - <i>mHealth</i> . . . . .	36
3.4.1	Definição . . . . .	37
3.4.2	Relevância . . . . .	37
3.4.3	Aplicabilidade . . . . .	38
3.5	Oportunidade . . . . .	42
<b>4</b>	<b>Descrição da Solução</b>	<b>43</b>
4.1	Visão Geral . . . . .	43
4.2	Objectivos . . . . .	44
4.3	Concetualização . . . . .	45
4.4	Tecnologias . . . . .	46
4.4.1	Aplicação de Smartphone . . . . .	46
4.4.2	Plataforma Web . . . . .	46
4.5	Métodos . . . . .	47
4.5.1	Monitorização . . . . .	47
4.5.2	Educação . . . . .	54
<b>5</b>	<b>Implementação</b>	<b>61</b>
5.1	Arquitetura . . . . .	61
5.1.1	Visão Geral . . . . .	61
5.1.2	<i>Web Service</i> . . . . .	64
5.1.3	Serviço de Envio de Conteúdo . . . . .	65
5.1.4	Base de Dados . . . . .	66
5.1.5	Portal Web . . . . .	68
5.1.6	Importação de Dados . . . . .	68
5.1.7	Apoio à Decisão . . . . .	69
5.1.8	Aplicação para Smartphone . . . . .	72
5.1.9	Disponibilidade . . . . .	73
5.1.10	Segurança e Privacidade . . . . .	73
5.2	Desenvolvimento . . . . .	75
5.2.1	Linguagens de Programação e <i>Frameworks</i> . . . . .	75

---

5.2.2	Metodologia . . . . .	76
5.2.3	Controlo de Versões . . . . .	77
5.2.4	Testes Automáticos . . . . .	77
5.2.5	Distribuição . . . . .	78
5.3	Considerações Finais . . . . .	78
<b>6</b>	<b>Estudo Clínico</b>	<b>81</b>
6.1	Introdução . . . . .	81
6.2	Metodologia de Investigação . . . . .	81
6.3	Ética . . . . .	87
<b>7</b>	<b>Conclusão</b>	<b>89</b>
7.1	Resultado Final . . . . .	89
7.1.1	Plataforma . . . . .	89
7.1.2	Estudo Clínico . . . . .	92
7.1.3	Publicação Científica . . . . .	94
7.1.4	Extra . . . . .	94
7.2	Trabalho Futuro . . . . .	95
7.3	Considerações Finais . . . . .	96
7.3.1	Nota Pessoal . . . . .	98
<b>A</b>	<b>Autorização CNPD</b>	<b>101</b>
<b>B</b>	<b>Consentimento Informado</b>	<b>107</b>
<b>C</b>	<b>Inquérito de Recolha de Dados Trimestral</b>	<b>111</b>
<b>D</b>	<b>Artigo Científico</b>	<b>113</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>121</b>



# Lista de Figuras

2.1	Produção e Ação da Insulina . . . . .	10
2.2	Distribuição do Número Total de Casos de Diabetes a Nível Mundial – 2013	19
2.3	Prevalência da Diabetes e da Hiperglicemia Intermédia em Portugal - 2013	21
2.4	Prevalência da Diabetes Não Diagnosticada em Portugal – 2013 . . . . .	22
2.5	Custos da Diabetes em Portugal – 2013 . . . . .	23
3.1	Organizações Envolvidas no Desenvolvimento de Recomendações de Con- trole da Diabetes . . . . .	25
3.2	Prevalência da retinopatia no mundo - divida por regiões da IDF - 2013 .	32
3.3	Amputações dos membros inferiores por motivo de Diabetes . . . . .	34
4.1	Exemplos de <i>Push Notifications</i> para recolha de informação. . . . .	51
4.2	Introdução manual de informação. . . . .	52
4.3	Integração com serviços externos. . . . .	53
4.4	Painel de administração para profissionais de Saúde - lista de pacientes . .	55
4.5	Funcionalidades de introdução de conteúdos na plataforma. . . . .	57
4.6	Painel de administração para profissionais de Saúde - Lista de Conteúdos	58
4.7	Painel de administração para profissionais de Saúde - Envio . . . . .	59
4.8	Exemplos de <i>Push Notifications</i> para troca de informação. . . . .	60
5.1	Diagrama de Contexto do Sistema. . . . .	63
5.2	Diagrama de Entidade-Relação. . . . .	67
5.3	Diagrama de ETL. . . . .	69
5.4	Exemplo de uma árvore de decisão para a seleção automática de conteúdo informativo. . . . .	71
7.1	Percentagem de sujeitos com smartphone por faixa etária . . . . .	91
7.2	Apresentação do artigo científico na conferência EMERGING 2015 . . . .	94



# Lista de Tabelas

1.1	Intervenientes no Projeto de Tese de Mestrado. . . . .	6
2.1	Critérios para o diagnóstico da diabetes - ADA 2010 . . . . .	16
2.2	Prevalência e número total de casos de diabetes à escala mundial em 2013 e 2035. . . . .	19
2.3	Prevalência e número total de casos de pré-diabetes à escala mundial em 2013 e 2035. . . . .	21
4.1	Exemplos de conteúdos seleccionados. . . . .	56
5.1	Exemplos de endpoints de comunicação ente o <i>Web Service</i> e a aplicação de smartphone. . . . .	65



# Acrónimos

<b>A1C</b>	<b>H</b> emoglobina <b>G</b> licada
<b>ADA</b>	<b>A</b> merican <b>D</b> iabetes <b>A</b> ssociation
<b>ADZC</b>	<b>A</b> ssociação de <b>D</b> iabéticos da <b>Z</b> ona <b>C</b> entro
<b>API</b>	<b>A</b> pplication <b>P</b> rogramming <b>I</b> nterface
<b>APDC</b>	<b>A</b> ssociação <b>P</b> ortuguesa para o <b>D</b> esenvolvimento de <b>C</b> omunicações
<b>APDP</b>	<b>A</b> ssociação <b>P</b> rotetora dos <b>D</b> iabéticos de <b>P</b> ortugal
<b>CDA</b>	<b>C</b> anadian <b>D</b> iabetes <b>A</b> ssociation
<b>CHUC</b>	<b>C</b> entro <b>H</b> ospitalar da <b>U</b> niversidade de <b>C</b> oimbra
<b>CSNM</b>	<b>C</b> entro de <b>S</b> aúde <b>N</b> orton de <b>M</b> atos
<b>CVD</b>	<b>C</b> ardio <b>V</b> ascular <b>D</b> isease
<b>DA</b>	<b>D</b> iabetes <b>A</b> ustralia
<b>DIYbetes</b>	<b>D</b> o <b>I</b> t- <b>Y</b> ourself <b>d</b> iabetes
<b>DIY Health</b>	<b>D</b> o <b>I</b> t- <b>Y</b> ourself <b>H</b> ealth
<b>DSME</b>	<b>D</b> iabetes <b>S</b> elf- <b>M</b> anagement <b>E</b> ducation
<b>DSMS</b>	<b>D</b> iabetes <b>S</b> elf- <b>M</b> anagement <b>S</b> upport
<b>DM</b>	<b>D</b> iabetes <b>M</b> ellitus
<b>DM1</b>	<b>D</b> iabetes <b>M</b> ellitus do tipo <b>1</b> ( <b>I</b> )
<b>DM2</b>	<b>D</b> iabetes <b>M</b> ellitus do tipo <b>2</b> ( <b>II</b> )
<b>EASD</b>	<b>E</b> uropean <b>A</b> ssociation for the <b>S</b> tudy of <b>D</b> iabetes
<b>EMR</b>	<b>E</b> lectronic <b>M</b> edical <b>R</b> ecord
<b>eHealth</b>	electronic <b>H</b> ealth
<b>FCTUC</b>	<b>F</b> aculdade de <b>C</b> iências e <b>T</b> ecnologias da <b>U</b> niversidade de <b>C</b> oimbra
<b>GDS</b>	<b>G</b> lobal <b>D</b> iabetes <b>S</b> corecard
<b>HbA1C</b>	<b>H</b> emoglobina <b>G</b> licada

---

<b>HTML</b>	<b>H</b> yper- <b>T</b> ext <b>M</b> arkup <b>L</b> anguage
<b>HTTP</b>	<b>H</b> yper- <b>T</b> ext <b>T</b> ransfer <b>P</b> rotocol
<b>IDF</b>	<b>I</b> nternational <b>D</b> iabetes <b>F</b> ederation
<b>IMC</b>	<b>Í</b> ndice de <b>M</b> assa <b>C</b> orporal
<b>INE</b>	<b>I</b> nstituto <b>N</b> acional de <b>E</b> estatística
<b>IPN</b>	<b>I</b> nstituto <b>P</b> edro <b>N</b> unes
<b>mHealth</b>	<b>M</b> obile <b>H</b> ealth
<b>NHANES</b>	<b>N</b> ational <b>H</b> ealth and <b>N</b> utrition <b>E</b> xamination <b>S</b> urveys
<b>NU</b>	<b>N</b> ações <b>U</b> nidas
<b>NICE</b>	<b>N</b> ational <b>I</b> nstitute for <b>H</b> ealth and <b>C</b> are <b>E</b> xcellence
<b>OMS</b>	<b>O</b> rganização <b>M</b> undial de <b>S</b> aúde
<b>PHI</b>	<b>P</b> rotected <b>H</b> ealth <b>I</b> nformation
<b>PII</b>	<b>P</b> ersonally <b>I</b> dentifiable <b>I</b> nformation
<b>QREN</b>	<b>Q</b> uadro de <b>R</b> eferência <b>E</b> stratégico <b>N</b> acional
<b>REST</b>	<b>R</b> Epresentational <b>S</b> tate <b>T</b> ransfer
<b>RLS</b>	<b>R</b> ed <b>L</b> ight <b>S</b> oftware
<b>SPD</b>	<b>S</b> ociedade <b>P</b> ortuguesa de <b>D</b> ietetologia
<b>SQL</b>	<b>S</b> tructured <b>Q</b> uery <b>L</b> anguage
<b>SMS</b>	<b>S</b> hort <b>M</b> essaging <b>S</b> ervice
<b>UC</b>	<b>U</b> niversidade de <b>C</b> oimbra
<b>UKPDS</b>	<b>U</b> nited <b>K</b> ingdom <b>P</b> rospective <b>D</b> iabetes <b>S</b> tudy
<b>USF CelaSaúde</b>	<b>U</b> nidade de <b>S</b> aúde <b>F</b> amiliar <b>C</b> ela <b>S</b> aúde
<b>VD</b>	<b>V</b> ariável <b>D</b> ependente
<b>VI</b>	<b>V</b> ariável <b>I</b> ndependente

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Contexto

A diabetes afeta atualmente 382 milhões de pessoas em todo o mundo, o equivalente a 8.3% da população. Apesar destes números serem por si só assustadores, as estimativas apontam para que em 2035 existam cerca de 592 milhões de pessoas na mesma situação - um aumento de cerca de 65% em apenas 20 anos [1].

Em 2013, a IDF estima que foram gastos aproximadamente 500 mil milhões de euros a nível mundial no acompanhamento e tratamento de doentes diabéticos, maioritariamente devido ao desenvolvimento de complicações derivadas (e.g. doenças cardiovasculares, retinopatia, neuropatia, pé diabético, entre outras) [1]. Em Portugal, o valor gasto com a diabetes representa cerca de 10% de todo o dinheiro gasto em saúde no mesmo [2].

A urbanização do território, típica dos países desenvolvidos, contribui significativamente para a incidência da doença: os estilos de vida sedentários e os hábitos alimentares descuidados, fruto da abundância de recursos generalizada, são comportamentos de risco para o desenvolvimento da diabetes. Este fator, sendo apontado como uma causa praticamente direta, vai continuar a existir e a disseminar-se à medida que evolui a conjuntura sócio-económica dos países menos desenvolvidos [1, 3].

Os meios de diagnóstico e intervenção empregados atualmente pelos prestadores de saúde falham geralmente no diagnóstico atempado da doença e também nas técnicas terapêuticas utilizadas para melhorar a qualidade de vida do doente a longo prazo. Este

fator contribui ativamente para o aumento do desenvolvimento de complicações, que por sua vez contribui para o aumento dos custos associados à gestão e controlo desta doença [4].

## 1.2 Projeto

### 1.2.1 Motivação

A crescente prevalência da diabetes está a colocar sistemas de saúde dos países mais desenvolvidos numa encruzilhada: os métodos atuais de gestão e controlo desta doença não conseguem fazer face à quantidade de doentes.

Além do número de doentes, os custos são cada vez maiores nas contas públicas de cada país - em Portugal, o orçamento gasto na diabetes equivale a 1% do PIB [2].

O crescente aumento dos custos e do número de utentes ao longo das últimas décadas tem levado os prestadores de cuidados de saúde à exaustão [5], tornando obsoletos os métodos de intervenção atuais. Por esta razão, é imperativo o desenvolvimento de novas soluções que sejam capazes de lidar com a atual e futura dimensão deste problema [6].

A diabetes do tipo II é uma doença muito afetada por aspetos comportamentais, o que significa que as ações do indivíduo relacionadas com o seu estilo de vida, nomeadamente ao nível da alimentação e da atividade física, têm impacto direto no desenvolvimento e evolução da doença. Da mesma maneira, o desenvolvimento de complicações derivadas pode ser atenuado se o doente modificar o seu comportamento de modo a adotar hábitos de vida mais saudáveis. Nem acaba por ser necessário recorrer a terapias farmacológicas para tratar a diabetes. De facto, em Portugal, menos de metade das pessoas com diabetes toma medicamentos (cerca de 5.9 %), contudo este valor tem aumentado nos últimos anos. A Sociedade Portuguesa de Diabetologia (SPD) afirma que *”As razões apontadas para esta dinâmica, são para além do aumento da prevalência da doença, o aumento do número e da proporção de pessoas tratadas, bem como as dosagens médias utilizadas nos tratamentos.”*

O facto de muitas vezes não ser necessário recorrer a intervenções clínicas (farmacológicas ou de outro tipo) para controlar a diabetes representa uma oportunidade para desenvolver novas soluções de tratamento, e assim reduzir o número de consultas presenciais

para o mínimo indispensável. Hoje em dia, com as tecnologias móveis disponíveis ao alcance de qualquer um, é possível desenvolver soluções que apoiem os sistemas de saúde a prestar cuidados de forma mais abrangente à maioria da população.

Qualquer alternativa que seja efetiva na resolução do problema da dimensão da diabetes, e que conduza a uma melhoria de qualidade de vida dos doentes reduzindo ao mesmo tempo os custos dos sistemas de saúde, representa uma enorme mais-valia sócio-económica.

A solução proposta neste trabalho, denominada DIYbetes (*Do It Yourself diabetes*), é inspirada em conceitos de *DIY Health* e aplica tecnologias móveis (*mHealth*) com o objetivo de apoiar doentes diabéticos e prestadores de saúde no controlo desta doença [7, 8].

### 1.2.2 Objetivos

O projeto DIYbetes, em toda a sua abrangência, propõe-se a atingir os seguintes objetivos:

1. Mostrar que a monitorização pessoal contínua e em tempo real pode ser benéfica para o controlo da doença, pois é possível detetar desvios com mais antecedência e assim diminuir a probabilidade de desenvolvimento de complicações;
2. Mostrar que a utilização da plataforma promove efetivamente a mudança de comportamento do doente, fazendo com que este adote um estilo de vida mais saudável e o mantenha a longo prazo;
3. Mostrar que, ao adotar hábitos de vida mais saudáveis por intermédio da plataforma, o doente consegue estabilizar os parâmetros clínicos e biométricos associados à diabetes (e.g. glicemia, HbA1C, tensão arterial, IMC);
4. Mostrar que, ao diminuir e estabilizar os níveis de açúcar no sangue por efeito da solução proposta, o doente reduz a probabilidade de desenvolver complicações associadas (e.g. retinopatia, neuropatia, doenças cardiovasculares);
5. Mostrar ser uma alternativa viável e vantajosa do ponto de vista terapêutico e económico em comparação com os métodos atuais de controlo e gestão da diabetes

apresentados no capítulo 3, de forma a poder ser adotado no futuro por prestadores de saúde em todo o mundo.

Está a ser conduzido um estudo clínico (ver capítulo 6) à data da escrita deste documento, por forma a validar estas hipóteses.

### **1.2.3 Equipa**

Este projeto nasce principalmente de uma colaboração conjunta entre o seu promotor - RedLight Software (RLS), e a Universidade de Coimbra (UC) - co-promotor, acrescentando os parceiros Centro de Saúde Norton de Matos e Centro Hospitalar (CSNM) da Universidade de Coimbra (CHUC). O projeto tem o apoio do Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN).

#### **Redlight Software**

A Redlight Software é uma startup, spin-off da Universidade de Coimbra, com competências avançadas em engenharia de software e focada no desenvolvimento de sistemas para a área da Saúde. A sua atividade enquadra-se no desenvolvimento de soluções com alto foco na garantia de qualidade, suportada por procedimentos e atividades de engenharia de software fortemente processualizados e realizados em linha com os mais exigentes standards e normas da indústria. Uma das características diferenciadoras da RedLight Software, para além do foco na garantia de qualidade, é a sua particular preocupação com a componente de usabilidade dos seus produtos.

Com este projeto, a RLS pretende tirar conclusões sobre a utilização das tecnologias descritas na diminuição dos custos associados com a gestão, acompanhamento e tratamento da Diabetes Mellitus de tipo 2 (DM2), a médio e longo prazo. Neste projeto, a RLS contribuirá com o conhecimento e experiência na área de desenvolvimento de sistemas informáticos confiáveis e seguros, nomeadamente sistemas baseados na *cloud*. Caso se confirmem estas hipóteses, a RLS pretende produtizar e comercializar a solução de forma a poder ser adquirida e aplicada em grande escala por prestadores de cuidados.

## Universidade de Coimbra

A Universidade de Coimbra (UC) foi criada em 1290 e integra dez unidades orgânicas de ensino (oito faculdades: Letras, Direito, Medicina, Ciências e Tecnologia, Farmácia, Economia, Psicologia e de Ciências da Educação, Ciências do Desporto e Educação Física), com 38 licenciaturas, 11 mestrados, 118 mestrados integrados e 100 doutoramentos. Fazem também parte da sua constituição unidades de investigação, unidades de Extensão Cultural e de Apoio à Formação. Estas estruturas distribuem-se por três pólos, num total de 124 edifícios. As atividades principais da UC são o ensino, a investigação e a transferência de conhecimento.

A UC desempenha ainda um importante papel enquanto ator do Sistema Nacional de Inovação, mediante o fornecimento de apoios necessários ao processo de inovação. Em 2011, a UC contava com um portefólio de 60 patentes ativas e tinha em execução 162 contratos de prestação de serviços especializados, correspondendo a um financiamento de 10,6 milhões de euros. A UC aposta no acesso a competências ou a organização de formação avançada relevantes para a inovação dos processos de produção ou para o lançamento de novos produtos ou serviços no mercado. Outro ponto forte é a criação e incubação de empresas, através do IPN Incubadora, que registou um grande dinamismo em 2011. O Programa de Incubação Física contava, no final do ano, com 30 empresas (17 das quais eram spin-offs académicas) enquanto o Programa de Incubação Virtual registou 33 novos projetos, em 2011, a 63 empresas.

O envolvimento da UC foi estabelecido em duas frentes distintas: no estudo da componente clínica que o projeto de investigação terá de abordar e implementar, e no estudo da componente cognitivo-comportamental inerente ao acompanhamento e motivação destes doentes. Dado que a Diabetes Mellitus de tipo II é uma doença causada por fatores comportamentais, tais como o regime alimentar, estilo de vida sedentário e ausência de atividade física adequada, é crucial para o sucesso do projeto compreender quais os fatores (clínicos e psicológicos) que influenciam a eficácia na prevenção e no tratamento. Ambas as vertentes são indispensáveis ao projeto dado que irão definir quais os indicadores e fatores a serem estimulados e analisados, permitindo desenhar e implementar as técnicas de interação e computação mais eficazes para o acompanhamento destes doentes. Em suma, será da responsabilidade da Universidade de Coimbra investigar e definir

os indicadores e parâmetros de monitorização e acompanhamento (médicos e cognitivo-comportamentais) que serão implementados e também analisar os resultados obtidos de forma constante no decorrer projeto, permitindo adequar a abordagem para garantir uma melhoria nos resultados observados em estágios intermédios do projeto.

## Parceiros

O Centro de Saúde Norton de Matos e o Centro Hospitalar da Universidade de Coimbra, como prestadores de cuidados de saúde da cidade Coimbra, fornecendo serviços de consultas e intervenção a doentes diabéticos, contribuem para o projeto sob a forma de recrutamento e acompanhamento dos doentes que participam no estudo clínico. Mais tarde, a Unidade de Saúde Familiar CelaSaúde (USF CelaSaúde) juntou-se também ao projeto com a mesma finalidade.

## Projeto de Tese de Mestrado

Fizeram parte do Projeto de Tese de Mestrado intervenientes das entidades promotoras e co-promotoras, respetivamente RedLight Software e Universidade de Coimbra, de acordo com a tabela 1.1.

Nome	Função	Contacto
João Diogo Costa	Mestrando	uc2009112811@student.uc.pt
Prof. Doutor Mário Zenha-Rela	Orientador na FCTUC	mzrela@dei.uc.pt
Eng. Miguel Antunes	Orientador na RLS	mantunes@redlightsoft.com
Prof. Doutor Miguel Morgado	Coordenador do curso MIEB	miguel@fis.uc.pt

TABELA 1.1: Intervenientes no Projeto de Tese de Mestrado.

## 1.3 Âmbito

De entre todos os objetivos do projeto, é definido que do âmbito do estágio é previsto:

- Conceptualizar e desenvolver o protótipo de uma plataforma informática baseada em tecnologias móveis (*mHealth*) para fins de controlo e gestão da diabetes, incluindo a aplicação de smartphone que serve de interface para com os dentes;
- Implementar o protótipo desenvolvido e instalá-lo em ambiente de produção, de forma a servir de suporte a um estudo clínico;
- Coordenar a operacionalização técnica e dar suporte ao estudo clínico enquanto este decorre;

Por outro lado, está fora do âmbito do estágio:

- A conceção e o planeamento do estudo clínico, bem como o desenvolvimento do protocolo e procedimentos;
- A operacionalização logística do estudo clínico, incluindo o estabelecimento de contactos entre os parceiros, o recrutamento dos doentes e a recolha de informação inicial;
- A execução de procedimentos referentes às obrigações legais, nomeadamente o pedido de autorização à CNPD para a recolha e armazenamento de dados pessoais e clínicos dos doentes;

## 1.4 Organização da Tese

A dissertação começa por contextualizar o leitor com a problemática abordada, seguindo-se de uma exposição do projeto onde são apresentadas as motivações, objetivos, equipa e âmbito deste trabalho. Este é o capítulo 1.

O capítulo 2 faz uma análise detalhada da situação atual da diabetes em todo o mundo. São referidos assuntos como a definição clínica, classificação, formas de diagnóstico, complicações, epidemiologia e custos associados.

No capítulo 3 são apresentadas as recomendações mais recentes referentes aos métodos de controlo e gestão da diabetes, bem como novas soluções alternativas aos métodos convencionais que estão atualmente a ser experimentados. No fim, é feita uma análise de oportunidade correspondente ao mesmo tema.

O capítulo 4 descreve uma nova solução para a gestão e controlo da diabetes, conceptualizada no âmbito deste trabalho, com o objetivo de se revelar uma alternativa aos métodos convencionais. Neste capítulo é feita uma exposição da visão e funcionalidades que constituem a solução proposta.

A implementação da solução proposta no capítulo 4, incluindo a descrição da arquitetura e dos métodos de desenvolvimentos utilizados, é feita no capítulo 5.

O estudo clínico, posto em marcha durante o período deste trabalho, é exposto no capítulo 6. A exposição inclui o contexto, objetivos, metodologia de experimentação (materiais e métodos), amostra, formas de recrutamento e obrigações legais. Os resultados referentes ao estudo são apresentados na secção 7.1.2.

Por fim, o capítulo 7 apresenta as conclusões obtidas ao longo do desenvolvimento do presente trabalho, nomeadamente em referência à plataforma que foi desenvolvida, ao estudo clínico que foi posto em marcha e por último ao artigo científico que foi publicado no âmbito do projeto. É também feita uma breve menção a uma plataforma adicional que foi desenvolvida inicialmente como um mero componente do sistema, mas que posteriormente foi extraído e produtizado pela RLS. Ainda neste capítulo são discutidas algumas considerações relativamente ao projeto que podem vir a ser executadas no futuro.

## Capítulo 2

# Diabetes - Situação atual

### 2.1 Introdução

As células do corpo humano desempenham diversas funções de extrema importância no organismo tais como suporte estrutural, proteção, transformação e armazenamento de substâncias, transmissão de sinais e também outras como o seu próprio crescimento, movimentação e renovação. Para desempenhar estas tarefas, as células necessitam de energia que obtêm a partir de substâncias externas - nutrientes. A substância mais utilizada pelas células animais é a glicose, um hidrato de carbono obtido a partir de alimentos como pão, batatas e massa. Esta molécula, produto da degradação dos alimentos no estômago, é a mais importante fonte de energia para as células do corpo humano [9, 10].

A glicose é libertada para a corrente sanguínea onde posteriormente pode ser armazenada ou diretamente absorvida e utilizada pelas células. No primeiro caso, a glicose é transformada em glicogénio e posteriormente armazenada no fígado e nos músculos, funcionando como reserva para utilização futura. Quando não é armazenada, a glicose circula na corrente sanguínea até ser absorvida pelas células e posteriormente utilizada para produzir ATP, uma molécula que armazena energia química e que será usada para levar a cabo funções celulares dependentes de energia [9, 10].

Para regular a concentração de glicose na corrente sanguínea, o corpo humano dispõe de um mecanismo regulatório baseado principalmente na atuação de duas hormonas: a insulina e o glucagão. Apesar de serem ambas segregadas pelo pâncreas, estas duas

hormonas têm efeitos exatamente opostos na regulação da concentração de glicose no sangue [11].

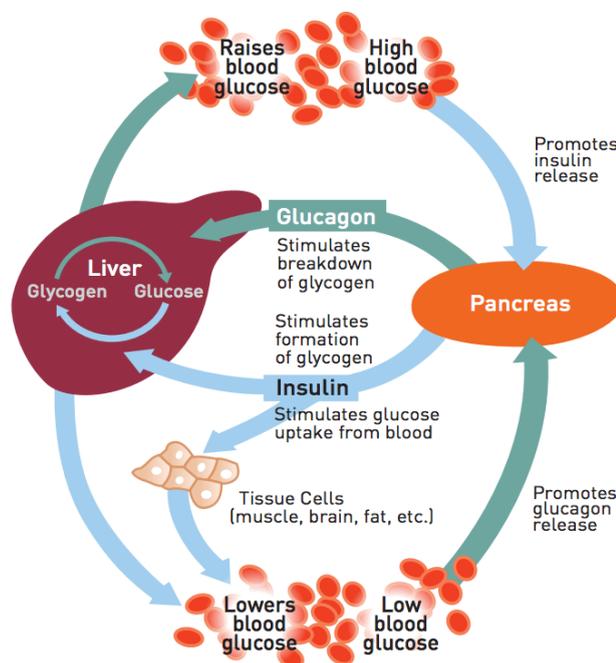


FIGURA 2.1: Produção e Ação da Insulina [12]

A insulina, por um lado, estimula a absorção de glicose por parte das células e promove também o armazenamento de glicose no fígado e músculos sob a forma de glicogênio. Assim sendo, a insulina contribui para a diminuição da concentração de glicose na corrente sanguínea. A quantidade de insulina produzida e segregada tem por base um mecanismo de feedback positivo, pelo que a quantidade de insulina segregada pelas células beta, localizada nos ilhéus de Langherhans, aumenta com a concentração de glicose no sangue.

Por outro lado, o glucagão atua precisamente quando a concentração de glicose no sangue é baixa, no sentido de reaver a glicose armazenada no fígado em forma de glicogênio e de a libertar para a corrente sanguínea. A secreção desta hormona é da responsabilidade das células alpha dos ilhéus de Langherhans e é estimulada pela baixa concentração de glicose no sangue.

Quando existe uma falha no mecanismo de regulação, isto é, quando é afetada a atuação das hormonas apresentadas anteriormente, os níveis de glicose no sangue descontrolam-se. No caso particular da insulina, a sua escassez provoca uma acumulação indesejada de glicose na corrente sanguínea - uma patologia conhecida e designada por hiperglicemia.

## 2.2 Definição

A Diabetes Mellitus (DM) é um conjunto de doenças metabólicas resultantes de defeitos na secreção e/ou atuação da insulina, provocando elevadas concentrações de glicose no sangue - hiperglicemia [13].

O desenvolvimento da diabetes pode estar relacionada com diversas patologias, desde malformações ou agressões às células beta e que resultam na deficiência de insulina libertada para a corrente sanguínea, até malformações nas células que necessitam de absorver, provocando dificuldade de ligação entre estas e a própria insulina - resistência à insulina. Estas patologias foram agrupadas sob o nome de “diabetes” e estão organizadas em categorias, ou tipos, sendo os mais proeminentes a *Diabetes Mellitus* do tipo I, *Diabetes Mellitus* do tipo II e diabetes gestacional.

Nas seguintes secções serão apresentados os tipos de diabetes atualmente conhecidos. Após essa exposição, todos os conteúdos deste documento se irão focar na diabetes do tipo II dada a sua enorme dependência de fatores comportamentais do doente, ao invés da tipo I, que exige intervenção farmacológica.

## 2.3 Classificação

### 2.3.1 Diabetes Mellitus Tipo I

A DM do tipo I, também apelidada de diabetes insulino dependente, representa apenas 5% a 10% de todos os casos registados e é caracterizada pela deficiência na produção e/ou secreção de insulina. Na maior parte dos casos, o sistema imunitário do doente não reconhece as células beta como parte integrante do organismo, marcando-as como um alvo e destruindo-as gradualmente. Além das células beta, também a insulina e outras substâncias são marcadas por anticorpos e degradadas posteriormente pelos agentes do sistema imunitário. Na origem desta patologia está principalmente a predisposição genética, estando também relacionada com fatores ambientais ainda por definir [14].

A incidência deste tipo de diabetes é maior em crianças e adolescentes, contudo a taxa de degradação das células beta varia de doente para doente e verificou-se que é mais acentuada em bebés e crianças, sendo mais lenta em adultos.

A deficiência na produção e secreção de insulina tem influência direta na concentração de glicose no sangue, dando origem a períodos de hiperglicemia com intensidade variável, dependendo também de outros fatores como presença de infecções ou stress.

Dada a deficiência na produção e/ou secreção de insulina, os doentes da DM to tipo I necessitam de recorrer a fontes externas de insulina. É geralmente administrada por meio de injeções em locais com camadas de gordura subcutânea adequada (como o abdómen), por meio de seringas ou bombas infusoras [15].

### **2.3.2 Diabetes Mellitus Tipo II**

A diabetes do tipo II, caracterizada pelos doentes não serem dependentes de insulina exógena (pelo menos nas fases iniciais da doença), representa cerca de 85% a 95% de todos os casos registados de diabetes.

O seu desenvolvimento tem origem num fenómeno chamado *resistência à insulina*, caracterizado por deficiências nos recetores celulares de insulina bem como falhas nos mecanismos de sinalização intra-celulares, fazendo com que esta não se consiga acoplar. Sem a ajuda da insulina, a glicose não se consegue infiltrar nas células e permanece na corrente sanguínea, provocando hiperglicemia.

Devido ao efeito dos elevados níveis de concentração de glicose no sangue (hiperglicemia), as células beta são sinalizadas com o intuito de aumentar a produção e secreção de insulina para a corrente sanguínea, ainda que a haja em quantidades suficientes. Este mecanismo pode levar à exaustão e consequentemente danificação das células beta, que por sua vez originam deficiências neste processo. Assim sendo, a diabetes do tipo 2 pode evoluir para patologias características da diabetes do tipo 1 e assim agravar a condição do doente.

Sabe-se também que o excesso de peso contribui de forma determinante para o fenómeno de resistência à insulina, constituindo um importante fator de risco para a diabetes do tipo 2 [16]. Da mesma maneira, a resistência à insulina pode ser revertida com a adoção de um estilo de vida mais saudável nomeadamente com a adoção de hábitos alimentares saudáveis e com a prática regular de exercício físico. Por esta razão, a diabetes é muitas vezes referida como uma doença comportamental, resultante da falta de cuidado do próprio indivíduo [17].

Tendo uma evolução gradual e muitas vezes lenta, este tipo de diabetes pode permanecer indetetada por longos períodos de tempo. Esta característica aumenta o risco de desenvolvimento de complicações, pois os efeitos prejudiciais da hiperglicemia (ainda que de baixa intensidade) atuam silenciosamente enquanto a doença permanece oculta.

### **2.3.3 Diabetes Gestacional**

A diabetes gestacional ocorre em mulheres grávidas que anteriormente à gravidez não tinham sido diagnosticadas com a doença. As causas para este tipo de diabetes ainda estão a ser estudadas, no entanto estudos já existentes indicam que algumas hormonas segregadas na placenta provocam resistência à insulina por parte dos tecidos celulares no corpo da mãe [18].

Este tipo de diabetes, quando não devidamente controlado durante e após a gravidez, pode ser um precursor de diabetes do tipo II. Em Portugal, a prevalência da diabetes gestacional atinge os 15.3% em mulheres com mais de 40 anos [2].

### **2.3.4 Outros Tipos**

Existem ainda outros tipos bastante menos prevalentes além dos apresentados nas secções anteriores, com algumas características distintas ao nível das causas subjacentes: defeitos genéticos nas células beta que afetam o seu funcionamento, agressões externas ao pâncreas provocadas por infeções ou lesões traumáticas, concentrações excessivas de hormonas que antagonizam o efeito da insulina (como o glucagão, cortisol e epinefrina), e ainda indução de deficiências ao nível da absorção de insulina devido à administração de fármacos (ou outras substâncias químicas).

Existe ainda um estágio intermédio entre os indivíduos saudáveis e aqueles com diabetes diagnosticada, caracterizado por níveis de glicose no sangue mais elevados do que os normais mas ainda assim insuficientes para a patologia em questão ser reconhecida como diabetes. Estas condições são atualmente reconhecidas como hiperglicemia intermédia, Alteração da Glicemia em Jejum (AGJ), Tolerância Diminuída à Glucose (TDG) ou simplesmente pré-diabetes [4].

Indivíduos nestas condições apresentam um risco relativamente elevado para o desenvolvimento de diabetes, no entanto, terapia adequada com uma dieta controlada e prática regular de exercício físico podem ser suficientes para retardar ou mesmo prevenir a evolução para a diabetes.

## 2.4 Diagnóstico

Os critérios aceites atualmente para diagnosticar a diabetes são baseados nos valores da glicemia (concentração de glicose no sangue) e na concentração de hemoglobina glicada (HbA1C). Ambos são fortes indicadores para a presença da diabetes, no entanto devem ser utilizados de forma adequada para cada caso.

No fim desta secção é apresentada uma tabela com os critérios atualmente aceites e usados no diagnóstico da diabetes, desenvolvidos pela *American Diabetes Association* (ADA).

### 2.4.1 Glicemia

A glicemia é o indicador da diabetes utilizado há mais tempo. Os valores normais e extraordinários que definem a presença ou não da patologia são bem definidos e têm-se mantido estáveis ao longo dos anos, no entanto apresenta algumas desvantagens perante outros métodos existentes:

- Os exames clínicos necessários para recolher as medições são inconvenientes para o doente. A Prova de Tolerância à Glicose Oral (PTGO) é demorada e requer que o doente esteja em jejum (definido como um período mínimo de 8 horas sem ingerir alimentos);
- Os valores apresentam elevada variabilidade, pois são facilmente perturbados por fatores como a ingestão de alimentos, stress e desequilíbrio bioquímico provocado por outra patologia ou pela ingestão de fármacos;

Ainda assim, a glicemia continua a ser um parâmetro válido e vastamente utilizado. Muitas vezes, dependendo do caso, é de facto o único método elegível [19].

### 2.4.2 Hemoglobina Glicada (HbA1C)

A concentração de Hemoglobina Glicada (HbA1C) é um indicador da glicemia crónica, refletindo a média dos valores de glicemia nos últimos 2 a 3 meses, trazendo consigo algumas vantagens perante a glicemia:

- Os testes necessários para realizar as medições são mais práticos, requerendo apenas a recolha de uma amostra de sangue. Um estudo feito pelo *National Health and Nutrition Examination Surveys* (NHANES) determinou que exames baseados em HbA1C identificam apenas cerca de dois terços de indivíduos com diabetes, quando comparados com o tradicional exame da glicemia em jejum. No entanto a praticidade do exame faz com que este seja efetuado a uma escala bastante maior, resultando num maior número de casos detetados [20].
- Os valores são menos suscetíveis a perturbações, dado que refletem a média dos valores da glicemia nos últimos 2 a 3 meses e não apenas um valor pontual. Esta característica faz com que a HbA1C seja bastante utilizada na monitorização e controlo da diabetes [21].

Apesar das vantagens, as medições de HbA1C são mais dispendiosas, não estão ainda disponíveis em certas regiões do mundo menos desenvolvidas e a relação entre HbA1C e glicemia não estão ainda completamente definidas para certos grupos de indivíduos. Adicionalmente, malformações na hemoglobina presentes por exemplo em indivíduos anémicos podem afetar os valores medidos e não refletir corretamente a glicemia média. Em alguns destes casos, o teste HbA1C tem de ser de facto substituído por medições diretas de glicemia.

Os exames de diagnóstico para a diabetes carecem geralmente de repetições, a não ser que o paciente apresente sintomas de hiperglicemia ou que o resultado do primeiro exame seja inquestionável em termos clínicos. Da mesma maneira, o diagnóstico é confirmado se ambos os níveis de glicemia e de HbA1C estiverem elevados. Quando os resultados dos dois exames não são concordantes, é repetido o exame que apresenta os valores mais elevados.

---

1. A1C  $\geq$  6.5%.\*

OU

2. Glicemia em jejum  $\geq$  126 mg/dl (7.0 mmol/l).\*

OU

3. Glicose pós-prandial a 2 horas  $\geq$  200 mg/dl (11.1 mmol/l) durante uma PTGO. A quantidade de glicose ingerida deve ser de 75g, dissolvida em água.\*

OU

4. Glicemia pontual aleatória  $\geq$  200 mg/dl (11.1 mmol/l) num paciente com sintomas clássicos de hiperglicemia (i.e. sede intensa e constante, sensação de boca seca, fome constante e insaciável, urinar em grandes quantidades) ou crise de hiperglicemia.

---

\* Na ausência de valores inequívocos de hiperglicemia, os critérios 1, 2 e 3 devem ser confirmados pela repetição do exame.

---

TABELA 2.1: Critérios para o diagnóstico da diabetes - ADA 2010

A escolha dos exames de diagnóstico a realizar varia de caso para caso e é da responsabilidade do profissional de saúde.

## 2.5 Complicações

A hiperglicemia característica da DM pode dar origem a diversas complicações tanto a curto como a longo prazo, podendo reduzir a esperança média de vida do doente até 18 anos. Uma crise súbita de hiperglicemia pode provocar o desenvolvimento de complicações agudas como o Coma Hiperosmolar Hiperglicémico e a Cetoacidose Diabética (formação de cetonas devido à utilização de gorduras para produzir energia). Por outro lado, hiperglicemia contínua não súbita pode originar complicações crónicas como a insuficiência renal, amputação dos membros inferiores e cegueira em adultos [22].

De entre as complicações crónicas da diabetes, são citadas de seguida as diretamente associadas à hiperglicemia [13]:

- **Retinopatia:** é uma patologia caracterizada por danos nos pequenos vasos sanguíneos da retina. Estudos sugerem que 10% dos doentes diabéticos desenvolvem deficiências visuais graves após 15 anos de patologia, sendo que 2% perdem por completo a visão. Atualmente trata-se da principal causa de cegueira e deficiência visual na população em geral;
- **Nefropatia:** entre 20-40% dos doentes diabéticos sofre de insuficiência renal, sendo a principal causa de insuficiência renal crónica terminal;
- **Doenças Cardiovasculares:** as doenças cardiovasculares são a principal causa de mortalidade em doentes diabéticos, sendo a hiperglicemia e a dislipidemia<sup>1</sup> os principais fatores de risco;
- **Neuropatia:** muito comum em doentes diabéticos, a neuropatia diabética é um distúrbio nervoso causado pela diabetes e pode originar perdas sensoriais, danos nos membros e impotência. Está associada aos níveis e duração elevada de glicose no sangue;
- **Pé Diabético:** é uma complicação associada à danificação dos vasos sanguíneos e nervos. Pode originar o aparecimento de úlceras e em casos extremos à amputação do membro. A diabetes é atualmente a causa mais comum de amputação não traumática dos membros inferiores na população em geral;

Além destas, existem também complicações associadas à hipoglicemia (níveis baixos de glicose no sangue). Estas surgem geralmente em forma de episódios súbitos, ao contrário dos efeitos crónicos da hiperglicemia, mas podem ser imediatamente fatais. Episódios súbitos de hipoglicemia são causados pelo próprio tratamento da diabetes (tentativa desastrosa de regulação dos níveis de açúcar no sangue) e têm efeitos destrutivos no sistema nervoso, provocando a sensação de fome intensa, sonolência, perda de consciência e eventualmente a morte.

## 2.6 Tratamento

A diabetes é uma doença crónica e complexa que requer cuidados contínuos envolvendo estratégias multidisciplinares de redução de riscos com foco no controlo da glicemia.

---

<sup>1</sup>Distúrbio nos níveis de lípidos e/ou lipoproteínas no sangue.

Devem ser tomadas ações no sentido de controlar de forma contínua os valores da glicemia e mantê-los dentro dos intervalos recomendados.

O indicador mais usado para a monitorização e controlo da diabetes é o HbA1C, por refletir a média dos valores de glicemia nos últimos 2 a 3 meses e por ser um bom indicador de complicações futuras, como já referido anteriormente. Dados provenientes do *United Kingdom Prospective Diabetes Study* (UKPDS) sugerem que para cada 1% de redução na HbA1C, é verificado uma diminuição de 37% em complicações microvasculares, 43% em amputações ou mortalidade relacionada com doenças vasculares periféricas, 21% em mortalidade diretamente relacionada com diabetes e 14% na incidência de enfartes do miocárdio [23].

Assim sendo, o tratamento de um doente diabético assenta em três fatores essenciais:

1. **Avaliação Clínica:** uma análise completa da saúde e monitorização regular do paciente, que irá ajudar os profissionais a elaborar de forma adequada o respetivo plano de tratamento;
2. **Monitorização e Modificação Comportamental:** adotar comportamentos alimentares adequados, praticar exercício físico regularmente e evitar comportamentos de risco como o tabagismo;
3. **Fármacos:** dependendo do caso, poderá haver necessidade de recorrer à administração de fármacos por via oral com o objetivo de regular os níveis de glicemia.

No capítulo 3 este assunto será abordado com maior profundidade.

## 2.7 Epidemiologia

Existem evidências substanciais que suportam a classificação da diabetes como uma epidemia em muitos países industrializados e em desenvolvimento [1]. Entre outros, são apontadas causas como o envelhecimento da população, urbanização, modificações na dieta e comportamentos de risco como o sedentarismo ou o tabagismo.

A diabetes é indiscutivelmente um dos problemas de saúde mais desafiantes do século 21.

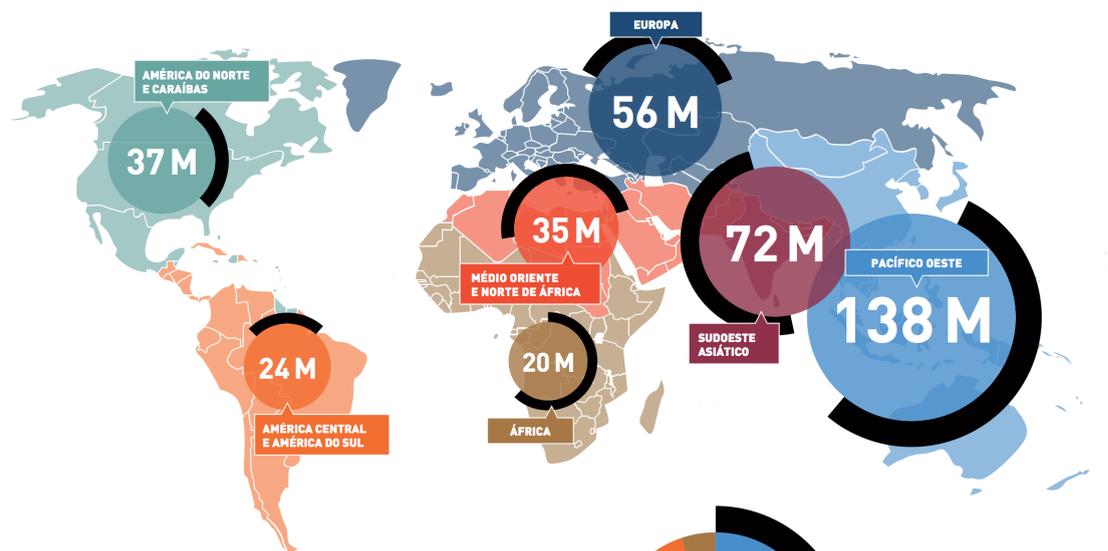


FIGURA 2.2: Distribuição do Número Total de Casos de Diabetes a Nível Mundial – 2013 [1]

### 2.7.1 Diabetes

A diabetes está presente em todos os países e é uma das doenças não contagiosas mais comuns a nível mundial - a International Diabetes Federation (*IDF*) estima um total de 382 milhões de casos em 2013, com uma prevalência na população adulta de 8.3%. Em Portugal, a prevalência na população adulta é de 11,7%.

	2013	2035
População mundial (milhões)	7200	8700
Adultos 20-79 (milhões)	4600	5900
<b>Diabetes (adultos)</b>		
Prevalência global (%)	8.3	10.1
Prevalência comparativa (%)	8.3	8.8
Número total (milhões)	382	592

TABELA 2.2: Prevalência e número total de casos de diabetes à escala mundial em 2013 e 2035. [1]

Caso a tendência se mantenha, a *IDF* estima que 1 em cada 10 adultos tenham diabetes em 2035, o que se traduz em 592 milhões de casos na totalidade. A diabetes do tipo II é responsável por 85% a 95% dos casos.

### **Faixa Etária**

No que toca à faixa etária, observou-se que cerca de 50% dos adultos diagnosticados têm idade compreendida entre 40 a 59 anos e, dentro destes, cerca de 80% residem em países de baixos e médios rendimentos. A tendência mostra que esta faixa etária irá continuar a incluir o maior número de casos de diabetes, totalizando 264 milhões de casos em 2035.

Em Portugal os números são relativamente diferentes: a faixa etária dos 60-79 anos constitui cerca de 60% dos casos, a dos 40-59 compreende cerca de 35% e os restantes estão na faixa dos 20-39 [2].

### **Sexo**

A prevalência da diabetes no sexo masculino em Portugal ( $\pm 58\%$ ) é um pouco mais elevada do que no sexo feminino ( $\pm 42\%$ ), mas essa tendência não se reflete a nível mundial, onde a diferença é de apenas aproximadamente 2%. A *IDF* mostra, no entanto, que a proporção de homens em relação a mulheres pode aumentar até 2035.

Existe também uma discrepância entre o número de doentes que vivem em meio rural ( $\pm 122$  milhões) e os que vivem em meio urbano ( $\pm 181$  milhões), o que pode estar correlacionado com o estilo de vida típico dos meios urbanos que é geralmente mais sedentário e onde a facilidade de desequilibrar a dieta é maior.

### **Mortalidade**

A diabetes e as complicações associadas são a maior causa de morte em muitos países. Em algumas populações, a diabetes chega a ser responsável por 50% do número total de mortes. Em 2013 morreram cerca de 5.1 milhões de pessoas no mundo inteiro com idades compreendidas entre 20 e 79 anos com causa diretamente relacionada com a diabetes, o equivalente a uma morte a cada 6 segundos. O número de mortes atribuídas à diabetes aumentou 11% de 2011 para 2013, um valor que foi influenciado principalmente pelo aumento das mortes em regiões como África, Médio Oriente e Pacífico Oeste [1].

### 2.7.2 Pré-diabetes

A pré-diabetes apresenta-se também como um problema de saúde pública mundial, dado que os indivíduos pré-diabéticos apresentam um risco elevado de desenvolver diabetes e complicações cardiovasculares. Se estes forem considerados, estima-se que em 2013 aproximadamente 700 milhões de pessoas tinham ou encontravam-se em risco de desenvolver diabetes, perfazendo cerca de 20% da população mundial no mesmo ano.

	2013	2035
População mundial (milhões)	7200	8700
Adultos 20-79 (milhões)	4600	5900
<b>Pré-diabetes (adultos)</b>		
Prevalência global (%)	6.9	8.0
Prevalência comparativa (%)	6.9	7.3
Número total (milhões)	316	471

TABELA 2.3: Prevalência e número total de casos de pré-diabetes à escala mundial em 2013 e 2035 <sup>2</sup>. [1]

Em Portugal, o número de pré-diabéticos ultrapassa o número de diabéticos diagnosticados em mais do dobro, como se pode observar na figura 2.3.

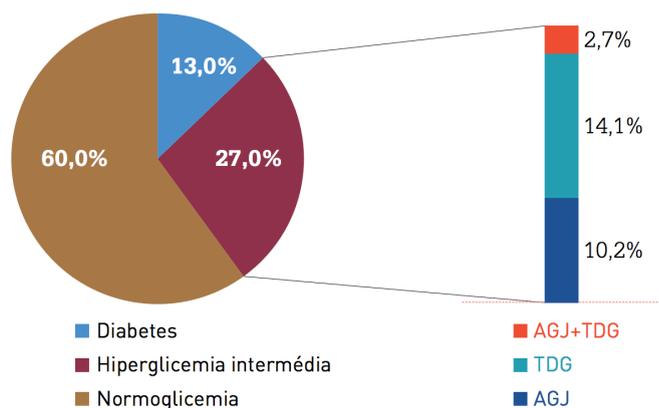


FIGURA 2.3: Prevalência da Diabetes e da Hiperglicemia Intermédia em Portugal - 2013 [2]

### 2.7.3 Casos Não Diagnosticados

A *IDF* estima que 175 milhões de pessoas em todo o mundo tem diabetes e ainda não foi diagnosticada, sendo que a maioria corresponde a diabetes do tipo 2. Em perspectiva, 175 milhões de pessoas equivale a aproximadamente metade do número de casos diagnosticados.

Em Portugal, o número de casos não diagnosticados compreende 44% de todos os casos. De facto, o Observatório Nacional da diabetes (OND) registou que 10,3% dos diabéticos com mais de 60 anos não tinham sido ainda previamente diagnosticados [2].

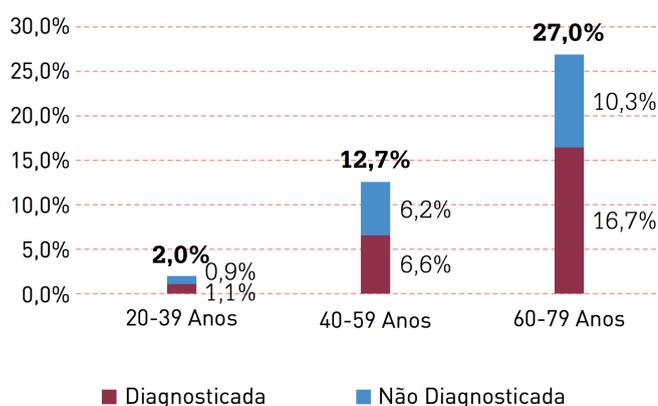


FIGURA 2.4: Prevalência da Diabetes Não Diagnosticada em Portugal – 2013 [2]

O elevado número de casos não diagnosticados representa graves preocupações: quanto mais tarde for confirmado o diagnóstico, menores são as probabilidades de prevenir complicações futuras e consequentemente o custo do tratamento é mais elevado. Como já foi dito anteriormente, a hiperglicemia contínua que é resultado da falta do controlo da mesma está altamente correlacionada com complicações cardiovasculares, uma das principais causas de morte a nível mundial. É necessário detetar atempadamente a presença da doença para ser possível minimizar as complicações e os custos associados [4].

## 2.8 Custos

A diabetes traz consigo enormes custos para os doentes, famílias e respetivos países através dos sistemas nacionais de saúde. É estimado que só em 2013 foram gastos cerca

de 500 mil milhões de euros em todo o mundo, um valor que pode crescer para os 573 mil milhões em 2035, significando aproximadamente 10% de todo o dinheiro gasto na saúde no mesmo ano. Por doente, foram gastos em média €1,310 durante o período de um ano [1].

Apesar do problema ser transversal a todos os países, os gastos que cada um tem com a diabetes apresentam ser de alguma forma díspares. Apenas 20% de todos os gastos contabilizados a nível mundial foram observados nos países onde residem 80% dos diabéticos, na sua maioria países de baixos ou médios rendimentos. Nos países com os rendimentos mais elevados, a média de dinheiro gasto por doente é €5,127, enquanto que nos restantes é de apenas €325. Mesmo nos países com elevados rendimentos existem discrepâncias nos valores gastos com a diabetes. A título de exemplo, a China (país com maior número absoluto de diabéticos) é responsável por 7% (€38,000M) dos gastos a nível mundial, enquanto que os Estados Unidos da América (EUA) com apenas um quarto do número de diabéticos gasta cerca de €218,000M (36% dos gastos em todo o mundo).

Os dados recolhidos pelo *IDF* mostra que o grau de perceção e preocupação com o problema é bastante diferente de país para país, dependendo ou não do seu nível de rendimentos. Muitos governos e responsáveis pelo planeamento de saúde pública, particularmente de países em desenvolvimento, continuam a não prestar a atenção devida à diabetes ou não dispõem de recursos para tal.

<b>Portugal</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Medicamentos Ambulatório Total</b>	222,3 M€	215,2 M€*	<b>228,5 M€*</b>
<b>Medicamentos Ambulatório SNS</b>	204,6 M€	208,8 M€	<b>226,0 M€</b>
<b>Tiras-Teste de Glicemia</b>	54,0 M€	46,0 M€	<b>52,8 M€</b>
<b>Tiras-Teste de Glicemia - Encargo SNS</b>	45,9 M€	38,7 M€	<b>43,5 M€</b>
<b>Hospitalização - GDH's Total Diabetes</b>	457,8 M€	469,2 M€	<b>454,8 M€</b>
<b>Hospitalização - GDH's DP Diabetes</b>	40,9 M€	44,5 M€	<b>34,3 M€</b>
<b>Bombas Infusoras de Insulina e Consumíveis - SNS</b>	0,8 M€	0,8 M€	<b>1,2 M€</b>

FIGURA 2.5: Custos da Diabetes em Portugal – 2013; \*- Estimativa

Em Portugal, um total de €1,713M foram gastos em 2013, um valor que representa 10% dos gastos totais na saúde e 1% do PIB nacional. Por doente, foi gasto em média €2250. É também notório que a maior fatia dos gastos esteja associada à hospitalização,

indicando que o Sistema Nacional de Saúde (SNS) português se concentre na intervenção tardia [2].

Destacando as sucessivas reformas aos modelos de prestação de cuidados de saúde nacionais e a imposição de políticas de restrição de custos a nível de programas governativos, impõe-se a urgência na adoção de estratégias adequadas para a prestação destes serviços. Torna-se evidente que é necessário dar continuidade à prestação de serviços mas aplicando novos modelos operacionais e processuais que permitam aumentar dramaticamente a eficácia, quer em escala de alcance quer em custo unitário por habitante.

No capítulo seguinte serão apresentadas as recomendações mais recentes para a gestão e controlo desta doença, dirigidas aos sistemas de saúde em todo o mundo.

## Capítulo 3

# Controlo e Gestão da Diabetes

### 3.1 Introdução

A investigação relacionada com os métodos de controlo e gestão da diabetes, sendo esta uma das maiores preocupações ao nível da saúde mundial, evoluiu de forma significativa nas últimas duas décadas. O tema é agora repleto de informação altamente fundamentada devido ao resultado de inúmeros estudos clínicos feitos com esse propósito. O número de publicações associada ao tema é extraordinariamente elevado - uma pesquisa rápida no motor de busca de artigos científicos *Google Scholar* com o termo “diabetes management” mostra 2,080,000 resultados (à data da escrita deste documento).

A abundância de informação permite desenvolver novos planos de tratamento extremamente completos e adaptados à diversidade característica da população, visando o melhoramento imediato ou a longo prazo na qualidade de vida dos doentes diabéticos.

Muitas organizações a nível mundial, continental e mesmo nacional têm trabalhado no sentido de compilar a informação disponível e desenvolver guias de tratamento transversais, com o objetivo de serem seguidos e aplicados pelos demais prestadores de serviços de saúde.



(A)



(B)



(C)

FIGURA 3.1: (A) *IDF*; (B) *ADA*; (C) *EASD*

Destacam-se a International Diabetes Federation (IDF), a American Diabetes Association (ADA) e a European Association for the Study of Diabetes (EASD) que desenvolveram documentos como o “*Global Guideline for Type 2 Diabetes*” [17] e o “*Standards of Medical Care in Diabetes*” [24]. Em Portugal, destaca-se a Sociedade Portuguesa de Diabetologia (SPD) que desenvolve documentos como o “Recomendações Nacionais da SPD para o Tratamento da Hiperglicemia na Diabetes Tipo 2”.

Neste capítulo será exposto um resumo das recomendações para a gestão e controlo da diabetes baseado nas últimas versões dos documentos citados anteriormente, constituindo o estado da arte neste tema. Será também feita uma análise de como estas recomendações estão a ser aplicadas a nível mundial. Por fim, serão apresentadas algumas novas abordagens alternativas aos métodos de tratamento convencionais que têm vindo a ser testadas.

## 3.2 Diretrizes Globais

No documento *Global Guideline for Type 2 Diabetes - 2012* elaborado pela IDF e destinado aos demais prestadores de cuidados de saúde, são descritas as diretrizes globais para a gestão e controlo da diabetes. As diretrizes (ou recomendações) estão divididas em três níveis de cuidados, com base nos recursos que os prestadores (como o *Sistema Nacional de Saúde* português) têm à sua disponibilidade:

- **Limitados:** cuidados básicos que cumprem os objetivos mais importantes na gestão da diabetes, indicados para países com recursos limitados a nível de profissionais de saúde, fármacos, tecnologias e procedimentos;
- **Recomendados:** cuidados com fortes evidências clínicas e com uma boa relação de custo-benefício, indicados para países com serviços de saúde desenvolvidos e financiados;
- **Avançados:** cuidados avançados (não tão providos de evidências), indicados para países com recursos humanos, financeiros e materiais acima da média;

Tendo em consideração que existem países em todo o espectro das categorias apresentadas, foram desenvolvidas recomendações que pretendem cobrir todo o universo de cuidados a serem prestados a doentes diabéticos. Nesta secção será apresentado um resumo

das recomendações relativas aos seguintes elementos de tratamento: 1) Avaliação; 2) Prestação de Cuidados; 3) Educação e Modificação Comportamental; 4) Saúde Mental; 5) Monitorização; 6) Controlo das Complicações e 7) Farmacologia.

### 3.2.1 Avaliação

Após a confirmação do diagnóstico, deve ser efetuada uma avaliação médica completa do paciente. Uma análise completa da saúde do paciente irá ajudar os profissionais responsáveis a planear de forma adequada o respetivo tratamento. Para o efeito, são avaliados diversos parâmetros de saúde:

- **Historial Médico:** idade, padrões de alimentação, padrões de atividade física, historial de peso, historial de crises glicemicas, presença de apneia do sono, etc.;
- **Indicadores Físicos:** peso, altura, pressão arterial, palpação da tiróide, observação de pele, pés, olhos e dentes, entre outros;
- **Indicadores Psicológicos:** disposição para modificação de comportamento, avaliação do estilo de vida, nível de stress, presença de depressão, entre outros;
- **Indicadores Laboratoriais:** HbA1C, glicemia em jejum, glicemia pós-prandial, urina, entre outros;

A deteção prévia e prevenção de complicações traz benefícios tanto para o doente, que evita a deterioração da sua qualidade de vida, como para a entidade responsável pelo pagamento dos tratamentos associados às complicações (que pode ser o próprio), pois reduz a necessidade de empregar tratamentos adicionais e mais especializados no futuro. Um estudo nos EUA determinou que em 2007 foram gastos €18,000 milhões devido unicamente aos casos não diagnosticados atempadamente [25].

### 3.2.2 Prestação de Cuidados

O prestador deve desenvolver um plano de cuidados adequado à população que serve, promovendo o acompanhamento dos doentes pelos profissionais de saúde. Estes, por sua vez, devem consultar o paciente pelo menos uma vez por ano e examinar todos os aspectos relativos à gestão e controlo da diabetes e suas complicações.

A equipa envolvida no tratamento deve ser multidisciplinar (médicos, enfermeiros, nutricionistas e psicólogos) e deve trabalhar em conjunto para desenvolver um plano de cuidados personalizado, sendo recomendado que este seja revisto pelo menos anualmente. A comunicação com o paciente deve ser facilitada e contínua, preparada para providenciar aconselhamento e responder de forma eficaz a possíveis solicitações do doente.

Das recomendações específicas para os prestadores com recursos avançados consideráveis (recomendações “Avançadas”), destaca-se a partilha do Registo Médico Eletrónico (*Electronic Medical Record* - EMR) para com o paciente e todos os envolvidos, e também a utilização de sistemas de apoio à decisão que auxiliem a equipa de tratamento.

### **3.2.3 Educação e Modificação Comportamental**

O fator fundamental para o bem estar do doente, redução das complicações ou mesmo prevenção da doença é o mesmo fator que se apresenta como a sua própria causa: o comportamento perante a alimentação, prática de exercício físico, gestão do stress e outros comportamentos de risco como o tabagismo. Neste sentido, a diabetes do tipo II é uma doença com fortes raízes comportamentais que requer que o paciente controle as suas ações diárias e para isso é necessário que este disponha do conhecimento para tal.

Existem inúmeras evidências de que a educação do paciente no sentido de controlar a sua própria doença - *Diabetes Self-Management Education* (DSME) - começam realmente a mostrar-se eficazes [26] [27] [28]. Norris et al. [27] observou que os níveis de HbA1C podem descer cerca 0.8% como fruto da educação do paciente para o auto-gestão da sua doença. Sabe-se que 1.0% de diminuição nos níveis de HbA1C estão associados a reduções nas complicações, portanto, a diminuição em 0.8% poderá efetivamente ser benéfica para o doente. O mesmo estudo evidencia também que a intervenção contínua e a longo prazo são fatores determinantes para o sucesso do tratamento.

Deste modo, após a avaliação clínica deve ser delineado um plano personalizado no sentido de promover a modificação comportamental do doente. A educação do paciente com diabetes deve ser efetuada por uma equipa colaborativa de médicos, enfermeiros, nutricionistas, farmacêuticos, psicólogos e os próprios familiares. No plano de educação devem ser focados os seguintes assuntos:

- **Nutrição:** manter uma dieta saudável e equilibrada, com foco nas quantidades, índices de açúcares e hidratos de carbono (bons exemplos são vegetais, frutas, peixe e feijão). Boas práticas alimentares ajudam a controlar a tensão arterial, glicemia e níveis de colesterol;
- **Atividade Física:** praticar exercício físico regularmente. A intensidade do exercício deve ser planeada em conformidade com as limitações do doente. A ADA recomenda 30 minutos de exercício físico pelo menos 5 vezes por semana, ou um total de 150 minutos semanais. A atividade física ajuda a regular a tensão arterial, glicemia, níveis de colesterol, stress e ainda melhora a sensibilidade à insulina por parte das células do organismo;
- **Comportamentos de Risco:** certos comportamentos como o sedentarismo e o tabagismo devem ser evitados. O sedentarismo aumenta o risco de obesidade, que por sua vez potencia a hiperglicemia. O tabagismo, por outro lado, potencia o desenvolvimento de problemas cardiovasculares. O paciente deve ser instruído no sentido de evitar estes comportamentos de risco e informado acerca de atividades alternativas que os possam substituir;
- **Monitorização:** o controlo da diabetes depende fortemente tanto do estado atual como da evolução da doença e complicações derivadas. O doente deve ser instruído no sentido de poder monitorizar indicadores como possíveis sintomas, glicemia e tensão arterial;

### 3.2.4 Saúde Mental

A *IDF* recomenda que o paciente deve ter acompanhamento psicológico com dois objetivos principais:

1. Analisar a perceção do doente perante a sua doença, isto é, perceber se o mesmo está disposto a modificar os comportamentos relacionados com o seu estilo de vida. Em certos casos, como os de diabéticos fumadores que pretendem deixar de fumar, é necessário um acompanhamento psicológico mais ativo e auxiliar o próprio processo. O mesmo é válido para modificar qualquer outro comportamento de risco que possa originar o agravamento da doença.

2. A consciência de ser diabético e as consequências no quotidiano que isso implica pode ter efeitos psicológicos nefastos para o paciente. Zhao et al observou que a diabetes aumenta em dobro o risco de desenvolver depressões, mantendo-se estas por diagnosticar em 30% a 50% dos casos [29]. Este facto pode também afectar a capacidade do doente para lidar com a sua doença. Quando assim é, o doente deve receber acompanhamento psicológico com o objetivo de promover a familiarização com a doença e assim ultrapassar as dificuldades associadas.

Mais uma vez a tecnologia é referida na lista de recomendações “Avançadas”. Desta vez é sugerida a utilização de sistemas computadorizados de avaliação física e mental do paciente [30] com o objetivo de melhorar a qualidade do diagnóstico.

### 3.2.5 Monitorização

Sendo uma doença crónica, a diabetes requer monitorização regular de indicadores como sintomas, parâmetros biométricos, glicemia, tensão arterial, problemas visuais, aparecimento de úlceras nos pés, entre outros. O acompanhamento destes indicadores permite à equipa de tratamento obter uma visão geral do estado de saúde do doente e assim repensar e reajustar o plano de tratamento.

Há parâmetros de monitorização que podem ser medidos pelo próprio paciente caso este se mostre disponível para o fazer e possua os conhecimentos e meios necessários. Entre estes parâmetros está a glicemia e a tensão arterial, cujos valores podem ser recolhidos usando medidores comerciais. Hoje em dia existem dezenas de medidores comercializados para este efeito [31].

O mercado da auto-monitorização da diabetes tem vindo a crescer a um ritmo de aproximadamente 12.4% por ano desde 1994. Em 2008 atingiu os €8,800M em todo o mundo, sendo os EUA responsáveis por cerca de 40% do mercado. A tecnologia associada aos medidores de glicemia tem evoluído de forma significativa, sendo agora possível fazer medições mais breves e recolhendo quantidades muito mais reduzidas de sangue. Além disso, muitos medidores suportam já a comunicação com diversas plataformas informáticas [32].

Em 2012, a dimensão do mercado dos dispositivos pessoais de medição da tensão arterial atingiu os €1,700M, sendo estimado que em 2019 este valor irá atingir os €3,700M (cerca

de 45% de crescimento). O mesmo estudo refere ainda “a tendência da monitorização frequente está a crescer, estando os pacientes a optar pela auto-monitorização, e portanto fazendo uso de dispositivos pessoais de monitorização” e que “fatores como o aumento da população obesa, aumento da incidência de doenças cardiovasculares, doenças crónicas e diabetes estão a ter impacto no crescimento deste mercado” [33].

Existem outros parâmetros que devem ser medidos apenas pela equipa de profissionais de saúde que acompanha o doente. O HbA1C, por exemplo, é um indicador que deve ser analisado por especialistas e medido usando dispositivos certificados. Como foi referido anteriormente, os valores de HbA1C podem ser enganadores devido à presença de patologias caracterizadas pela malformação da hemoglobina, e por isso é recomendado que sejam feitas por profissionais.

A monitorização deve ser frequente e feita tanto pelos doentes estáveis, com os níveis controlados, como por doentes que estejam em fases com níveis mais irregulares.

### **3.2.6 Controlo das Complicações**

#### **Doenças Cardiovasculares**

Após a confirmação do diagnóstico, deve ser feita uma avaliação dos riscos inerentes às complicações cardiovasculares: preexistência de outras doenças cardiovasculares, idade, índice de massa corporal (IMC), tabagismo, tensão arterial, histórico familiar, etc. As ações a tomar dependerão do nível de risco determinado.

Nos casos menos urgentes deve ser iniciada uma terapia de modificação de estilo de vida (ver 3.2.3), enquanto que nos casos de risco mais elevado poderá ser necessário proceder adicionalmente a um tratamento com recurso a fármacos. Em casos ainda mais graves pode ser preciso recorrer à intervenção cirúrgica.

Se forem diagnosticadas complicações cardiovasculares, independentemente do nível de risco associado, o paciente e os envolvidos no tratamento devem fazer uma vigilância ainda mais apertada.

## Retinopatia e Nefropatia

As recomendações referentes à retinopatia e à nefropatia encontradas na literatura focam-se principalmente em cuidados preventivos, antes de desenvolver a doença. Os cuidados terapêuticos associados, após desenvolver a doença, são do foro das respetivas especialidades e por isso não serão abordados.

<b>IDF REGION</b> <b>COUNTRIES</b> (number of studies)	<b>Sample size</b> <b>Mean</b> (range)	Range of rates in newly diagnosed diabetes	Range of rates in known type 2 diabetes	Range of rates in type 1 and type 2 diabetes
<b>AFR</b> Cameroon (1); South Africa (2)	<b>300</b> (253 - 400)	-	32.3 - 61	24.3*
<b>EUR</b> Austria (1); Denmark (1); France (2); Germany (1); Iceland (1); Israel (1); Netherlands (2); Norway (3); Spain (5); Sweden (4); United Kingdom (6)	<b>3,061</b> (188 - 20,788)	6.0 - 11.0	10.1 - 50.7	11.4 - 28.9
<b>MENA</b> Egypt (1); Islamic Republic of Iran (1); Libya (1); Saudi Arabia (1)	<b>611</b> (376 - 960)	15.7*	30.0 - 37.0	41.5*
<b>NAC</b> Barbados (1); Canada (1); Mexico (1); United States of America (15)	<b>579</b> (153 - 2,247)	1.5 - 16.9	18.2 - 48.1	26.4 - 45.3
<b>SACA</b> (No data)	-	-	-	-
<b>SEA</b> India (2); Mauritius (1); Sri Lanka (1)	<b>1,290</b> (597 - 2,436)	5.1 - 15.2	12.2 - 44.3	-
<b>WP</b> Australia (6); China (3); Fiji (2); New Zealand (1); Samoa (1); Singapore (3); Republic of Korea (2); Taiwan (2); Thailand (2)	<b>727</b> (150 - 5,313)	4.2 - 30.6	15.1 - 43.2	13.5 - 43.1

\* only one study reporting data

FIGURA 3.2: Prevalência da retinopatia no mundo - dividida por regiões da IDF - 2013

As diversas recomendações existentes na literatura não são concordantes em relação à frequência de inspeção da retinopatia. As recomendações desenvolvidas pelo *National Institute for Health and Care Excellence* (NICE) recomendam a examinação anual e subsequente redução da periodicidade (2 a 3 anos) no caso em que as inspeções transatas não tenham detetado anormalidades. As recomendações canadianas desenvolvidas pela *Canadian Diabetes Association* (CDA) recomendam repetições a cada 1 ou 2 anos e a *Diabetes Australia* (DA) recomenda repetições pelo menos a cada 2 anos.

A diabetes é a principal causa de cegueira e deficiência visual - 10% das pessoas diabéticas sofrem de deficiências visuais graves após 15 anos de patologia e 2% perdem a visão por completo [17].

Em Portugal, o número de pessoas com diabetes abrangidas pelos Programas de Rastreamento da Retinopatia Diabética (PRRD) aumentou 76% desde 2009. O número de doentes identificados para tratamento passou de 3,425 em 2010 para 8,100 em 2013, registando um aumento de 137% [2].

No que toca à nefropatia, existe um consenso geral de que pessoas com diabetes do tipo II devem ser consultadas e examinadas anualmente após o diagnóstico para reavaliar o desenvolvimento de complicações associadas.

### **Pé Diabético**

Complicações associadas aos membros, como úlceras nos pés e amputações, estão entre os principais fatores na degradação da qualidade de vida dos doentes e também no aumento dos custos de tratamento da diabetes [34, 35].

O processo de tratamento inicia-se com uma avaliação completa, com frequência anual, dos riscos de desenvolver esta complicação: 1) histórico de outras patologias ou sintomas similares; 2) deformação dos pés; 3) evidências visuais e clínicas de neuropatia (pele seca, veias dilatadas) e 4) observação do pulso pedioso<sup>1</sup>. Caso sejam detetados fatores de risco na avaliação, como presença de infeções, devem ser imediatamente tratadas e estabilizadas. Dependendo da gravidade, pode ser necessário proceder à amputação dos membros em risco [35].

A diabetes é atualmente uma das maiores causas de amputação nos EUA, tendo sido registadas em 2010 cerca de 73 mil amputações não-traumáticas dos membros inferiores em doentes diagnosticados com diabetes. Em Portugal, o número de amputações diminuiu entre 2004 e 2011 mas registou novamente uma ligeira subida entre 2011 e 2013. Nesse mesmo ano foram feitas 1556 amputações em doentes diabéticos, a uma taxa de aproximadamente 30 amputações por semana [2].

Em todos os casos é fortemente recomendada a educação do paciente no que toca aos cuidados a ter com as regiões periféricas do seu corpo, como os pés, incluindo inspeção frequente dos mesmos.

### **Neuropatia**

O diagnóstico e tratamento de complicações neuropáticas deve também ser alvo de atenção por parte dos prestadores. As recomendações de tratamento passam numa

---

<sup>1</sup>Pressão sanguínea no pé.

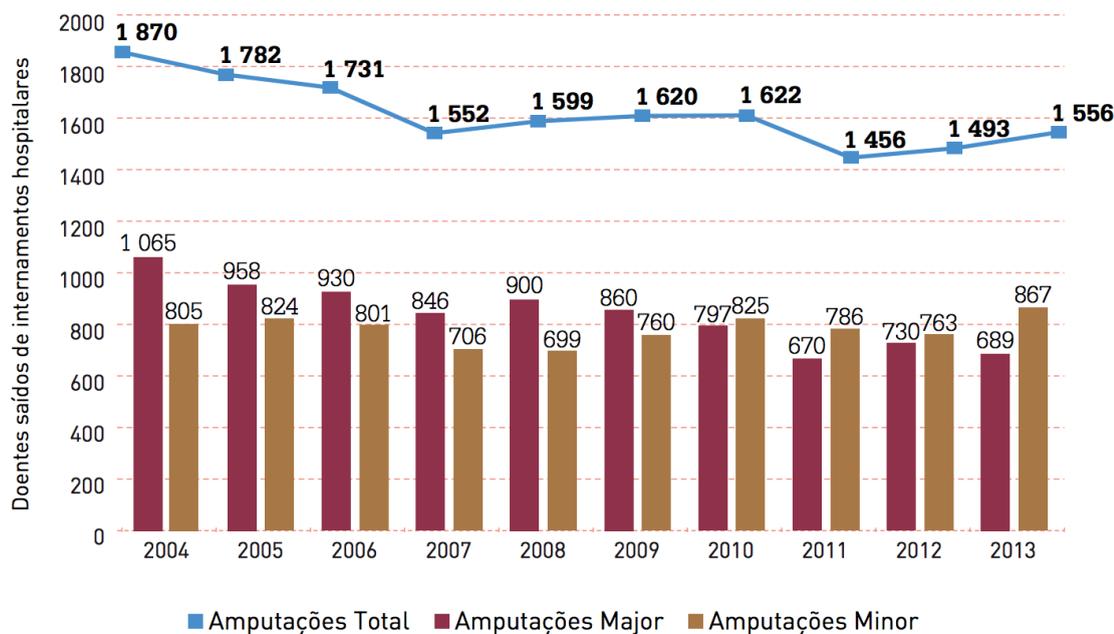


FIGURA 3.3: Amputações dos membros inferiores por motivo de Diabetes em Portugal - 2013

primeira fase por examinar disfunções sensoriais e motoras (resposta à temperatura, vibração, reflexos, dor, disfunção erétil). Sendo diagnosticadas, é necessário proceder a um tratamento farmacológico com recurso a substâncias como analgésicos e antidepressivos. Em última instância pode ser necessário recorrer a terapia de controlo da dor.

### 3.2.7 Farmacologia

A adoção de um estilo de vida mais saudável pode não ser suficiente para contrabalançar os elevados níveis de glicemia. Em situações urgentes, ou em estados avançados da diabetes, pode ser necessário recorrer a terapia farmacológica.

Entre os fármacos mais comuns na terapia da diabetes do tipo II está a metformina - um agente antidiabético oral. É recomendada pela ADA e pela EASD como farmacoterapia inicial para a diabetes do tipo II, com uma redução de HbA1C estimada entre 1.0% e 2.0%. Outros estudos mostram que também contribui para a redução de complicações microvasculares e macrovasculares.

Outros fármacos como sulfonilureias, alfa-glicosidasas, tiazolidinedionas e glinidas também são comuns, com efeitos na redução de HbA1C sob um regime de toma cuidadosamente planeado pelos profissionais.

Apesar dos fármacos apresentados serem eficazes na redução de HbA1C a curto prazo, não são eficazes a longo prazo na correção das disfunções metabólicas e reguladoras envolvidas na patofisiologia da diabetes do tipo II. Como resultado, os valores recomendados de HbA1C tornam-se mais difíceis de manter e vastas quantidades de glicose acumulam-se na corrente sanguínea, aumentando o risco de desenvolver doenças cardiovasculares.

### 3.3 Execução

A diabetes é já uma epidemia de grandes proporções. Uma epidemia a esta escala requer medidas a nível internacional e, mais importante ainda, requer que os governos de cada país atuem efetivamente no sentido de resolver o problema.

Hoje em dia existem organizações a nível global que trabalham vigorosamente no sentido de controlar o fenómeno da diabetes, investigando a situação atual e procurando as melhores formas de lidar com este problema, proliferando incessantemente o conhecimento que vão adquirindo. Um exemplo destas organizações é a IDF, uma organização constituída por mais de 230 associações nacionais de diabetes. A sua missão é consciencializar e encorajar tanto os governos como os próprios doentes diabéticos a melhorar as suas condições de saúde.

Com o objetivo de monitorizar a adoção de medidas de saúde relacionadas com diabetes a nível internacional, a IDF criou o *Global Diabetes Scorecard* (GDS), um relatório onde é analisado o carácter interventivo de cada país no que toca ao controlo e gestão da diabetes. Em Novembro de 2012 foi decretada pelos estados membros das Nações Unidas (UN) a criação de uma *Framework* de Monitorização Global que obriga os países a tomar medidas para atingir certos objetivos relacionados com o controlo da diabetes e doenças não-contagiosas (e.g. reduzir a mortalidade prematura em 25% até 2025, abranger no mínimo 80% da população no acesso a tecnologias de tratamento, 50% da população no acesso a fármacos e aconselhamento e por fim aumentar a atividade física da população em 10%) [36].

Através da análise das respostas ao inquérito feito no âmbito do GDS é possível analisar qual o panorama da intervenção no problema da diabetes em cada país. Ao inquérito do GDS responderam 104 países, sendo que apenas 50% afirmaram ter planos nacionais

de controlo da diabetes e 37% declararam não ter adotado as indicações da *Framework* de Monitorização Global [37].

Apesar de todas as recomendações das organizações internacionais, só 14 países incluíram técnicas de gestão pessoal da diabetes no seu plano de ação. Promover a educação do doente, e portanto a gestão pessoal da sua doença, é essencial para reduzir graves e dispendiosas complicações futuras [37].

Prevenção, incluindo investimento em programas de sensibilização, foi identificada como um dos pontos que necessita de melhoramentos na maior parte dos países. Medidas de prevenção do sedentarismo e de prática de hábitos alimentares saudáveis estão particularmente a faltar. A IDF afirma que esta área necessita de intervenção urgente.

Mesmo nos países que têm efetivamente planos de ação para a diabetes, foi detetado que os recursos financeiros disponíveis para o colocar em marcha não são suficientes. A falta de *expertise* e o dinheiro gasto (ou que seria necessário investir) no controlo da diabetes é apontado como uma das maiores barreiras para adoção das recomendações globais.

### 3.4 Novas Abordagens - *mHealth*

A dimensão e complexidade da problemática da diabetes faz com que seja extremamente difícil prestar os devidos cuidados a todos os doentes que deles necessitam. Os métodos convencionais baseados em consultas periódicas, centrados nos prestadores, deixa de ser eficaz quando o aumento contínuo do número de doentes faz com que se atinjam valores astronómicos como 382 milhões de pessoas em todo o mundo.

Para ter uma melhor perceção da dimensão dos números, tome-se o exemplo das consultas da diabetes em Portugal. Em 2013 existiam 1,014,000 diabéticos em Portugal e 494 prestadores (USFs e UCSPs) do Sistema Nacional de Saúde que oferecem consultas de rotina. Sendo que o número médio de consultas anuais por doente é aproximadamente 4 [2], somam-se no total 4,056 mil consultas por ano. Assumindo que todos os prestadores em questão oferecem consultas durante todos os dias úteis (240 dias por ano), seriam precisos cerca de 2 mil médicos dedicados, 9 horas por dia, para poder consultar doentes

a um ritmo de 2 por hora. Na realidade, nem todos os 494 prestadores têm consultas diárias de diabetes e o tempo alocado nem sempre ocupa as 9 horas de expediente.

A diabetes representa assim um problema de escala que necessita de ser abordado por soluções inovadoras, eficazes na redução de complicações e ao mesmo tempo capazes de lidar com a sua dimensão. É aqui que entra o conceito de *Mobile Health (mHealth)*, uma forma de prestar cuidados de saúde através de tecnologias móveis pensado para estender (em quantidade e em qualidade) as capacidades dos prestadores de serviços de saúde.

### 3.4.1 Definição

mHealth é um componente da eHealth, sendo que até à data ainda não foi estabelecida uma definição oficial do termo. A OMS define mHealth (ou Mobile Health) como “a prática clínica ou de saúde pública suportada por dispositivos móveis como telemóveis, dispositivos de monitorização pessoais, assistentes pessoais digitais (Personal Digital Assistants - PDAs) ou outros dispositivos sem fios”. Refere ainda que a mHealth envolve o uso e a capitalização de funcionalidades básicas características dos telemóveis como as chamadas de voz e mensagens de texto (*Short Messaging Service - SMS*), bem como funcionalidades mais complexas incluindo *General Packet Radio Service (GPRS)*, 3G/4G, sistema de posicionamento global (GPS) e Bluetooth.

Existem outras definições na literatura, como a da *The mHealth Alliance* que define mHealth como um conjunto de soluções baseadas ou suportadas por tecnologias móveis para prestar serviços de saúde. Adicionalmente à definição, refere também que “a ubiquidade dos dispositivos móveis nos países desenvolvidos ou em desenvolvimento representa uma oportunidade para melhorar a saúde mundial através da prestação de serviços de saúde inovadores, tirando partido de tecnologias de informação e comunicação capazes de chegar a qualquer canto do globo”.

### 3.4.2 Relevância

O uso de tecnologias móveis para atingir objetivos relacionados com a saúde tem o potencial de transformar a forma como os cuidados de saúde são prestados globalmente. Existe uma combinação poderosa de fatores que está a liderar esta mudança, incluindo

rápidos desenvolvimentos nas tecnologias móveis, aparecimento de inúmeras oportunidades de integração das tecnologias móveis com serviços de eHealth já existentes, e ainda o crescimento contínuo da cobertura das redes móveis. De acordo com a *International Telecommunication Union* (ITU), em 2011 85% da população tinha telemóvel (rede GSM) e registavam-se já 5 mil milhões de assinantes de planos de internet sem fios [8].

Os governos vêem na mHealth uma oportunidade para fortalecer os seus serviços de saúde e reduzir custos nos países com poucos ou médios recursos. O crescente interesse por este conceito tem resultado na execução de uma série de iniciativas um pouco por todo o mundo que começam a mostrar evidências do potencial das tecnologias móveis.

### 3.4.3 Aplicabilidade

A mHealth está a ser aplicada em áreas como a saúde maternal e programas de sensibilização associadas a doenças como a sida/HIV, malária e tuberculose. Está também a ser aplicada noutras áreas como o acesso a serviços de urgências, campanhas de informação, gestão dos cuidados do doente, gestão de stocks em postos de saúde, melhoramento nos diagnósticos, adesão ao tratamento, entre outros [8].

Em teoria, a mHealth é particularmente adequada para a diabetes, pois o tratamento requer um constante fluxo de informação entre o doente e a equipa de tratamento. A monitorização e conseqüente aconselhamento por parte da equipa médica pode ser facilitado em larga escala utilizando tecnologias móveis, pois através delas é possível recolher remotamente dados provenientes de monitorização do paciente, analisá-los e comunicar de volta os novos procedimentos.

As possibilidades de aplicação da mHealth na diabetes são inúmeras. Desde auto-monitorização ou monitorização remota, sistemas de educação altamente personalizados capazes de acompanhar e assistir o doente de forma contínua, até sistemas simples de proliferação de informação, como é o caso das campanhas de sensibilização de saúde pública.

Existe já um número considerável de estudos que pretendem determinar o impacto que a mHealth poderá ter na diabetes [38, 39]. Uma pesquisa breve no *Google Scholar* com os termos “diabetes” e “mHealth” mostra 12,200 resultados. Em suma, as publicações mostram que é possível colher benefícios da utilização de tecnologias móveis nomeadamente

na redução dos níveis de HbA1C através de técnicas de auto-monitorização [40]. Mostram também que é possível obter melhorias contínuas no controlo da glicemia, níveis de tensão arterial e níveis de colesterol [41]. Outros estudos relacionados mostram aumentos na taxa de comparecimento às consultas quando são utilizados lembretes através de SMSs [39].

A adoção de mHealth na saúde está, para já, muito centrada nos médicos e ligação aos sistemas de instituições hospitalares [42] o que não é surpreendente dada a pujança do mercado de EHR (Electronic Health Records). Contudo, já há diversos atores a ensaiar os primeiros passos pelo que urge um posicionamento rápido numa área em crescimento acelerado. De entre os vários atores destacamos a recente parceria entre a AT&T (um gigantes das telecomunicações Norte-Americanas) que se associou à empresa Welldoc, um dos maiores fornecedores de soluções para doenças crónicas, incluindo diabetes [7]. De acordo com esta referência a AT&T está focada na gestão de diabetes como uma das três áreas chave de tecnologias de monitorização remota.

Também a IBM está a estudar de que forma as suas competências em análise de dados poderão apoiar as organizações estudar a informação clínica dos doentes com diabetes, as terapias adotadas e resultados observados com vista a identificar as abordagens terapêuticas ótimas para cada indivíduo. Mais, a IBM está a trabalhar com seguradoras para realizar estudos de avaliação de risco entre os seus clientes para prever a probabilidade de ocorrência de episódios agudos de diabetes antes destes se manifestarem. Outra das iniciativas da IBM é trabalhar com prestadores de serviços médicos para analisar a taxa de sucesso dos profissionais de saúde em ajudar os seus doentes diagnosticados com doenças crónicas a melhor gerirem a sua doença [43].

Segundo a OMS, a implementação de iniciativas de mHealth por parte dos prestadores de saúde ficaram aquém do investimento científico recente. Esta diferença é explicada pela falta de evidências claras no impacto que a mHealth poderá ter no controlo da diabetes. A OMS alerta ainda para o cuidado a ter na partilha de dados pessoais com vista à proteção e segurança dos mesmos [8].

## Smartphones

O poder de um dispositivo tão versátil como o smartphone é verdadeiramente indiscutível. Há quem o use para as mais variadas tarefas: gerir a agenda pessoal, trocar e-mails, gerir as finanças pessoais, ler as notícias, ler livros, monitorizar o exercício físico, comunicar com outras pessoas, fotografar, filmar, jogar, ouvir música, visualizar vídeos, enfim, são inúmeras as possibilidades. A versatilidade inerente aos smartphones é fruto da flexibilidade dada aos programadores por parte das plataformas para desenvolverem as suas próprias aplicações e as partilharem com a restante comunidade. Como resultado, o mundo dos smartphones está repleto de aplicações que servem os mais variados propósitos. Desde utilitários pessoais, fotografia, redes sociais até ferramentas de produtividade, apoio aos negócios e notícias, todas as grandes plataformas móveis (Android, iOS e Windows Phone) contam com inúmeros exemplares à disposição. Existem até múltiplas aplicações dentro de cada plataforma que desempenham o mesmo tipo de tarefas, competindo entre si para conquistar a preferência do utilizador.

Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE), no ano de 2012 60% dos domicílios de pessoas entre os 16 e os 75 anos tinham Internet, sendo que 35% dos utilizadores acediam usando banda larga móvel. No que toca aos jovens, 98% usa computador, 95% tem acesso à Internet e 93% têm telemóvel. Relativamente à população idosa, em 2008, 51% das pessoas idosas usavam telemóvel (INE, 2009) e a percentagem de acesso à Internet em casa de pessoas idosas era de 15%, enquanto que em casa das pessoas nas restantes faixas etárias era de 45%. A Associação Portuguesa para o Desenvolvimento das Comunicações (APDC) constata que, apesar da queda sentida nas vendas de telemóveis e de produtos de informática em geral no ano de 2013 face ao anterior, a venda de smartphones aumentou em 25% no mesmo período, chegando agora a 49,2% da população, tal como a venda de tablets, aumentando também o acesso à banda larga móvel [44, 45]. No Mundo, segundo um estudo feito pela Ericsson, em Fevereiro de 2014 havia 4.5 mil milhões de utilizadores de telemóveis com um total de 2 mil milhões de ligações de banda larga, sendo as previsões para que os números aumentem para 8 milhões de ligações de banda larga. Relativamente ao uso de smartphones, segundo a Strategy Analytics, em Outubro de 2012 havia 1.083 mil milhões destes aparelhos em uso a nível mundial, tendo o crescimento do seu número desde o ano anterior a esse sido

de 46.6%. A Ericsson prevê que em 2019 o número de smartphones aumente para 5.6 milhões [45, 46].

No que toca às aplicações para smartphones desenvolvidas com o intuito de melhorar a vida dos doentes diabéticos, observa-se que existe também uma grande oferta. Existem pelo menos 25 aplicações gratuitas apenas para o sistema operativo *Android*. A sua maioria são aplicações simples de registo de valores como os da glicemia e que apresentam gráficos de evolução. Outras aplicações têm funcionalidades adicionais como calculadoras de doses de insulina, comunicação directa com o médico e visualização de notícias sobre a doença. O mesmo estudo refere ainda que as aplicações existentes no mercado apresentam características inadequadas: necessidade excessiva de configuração de parâmetros, incoerência na aparência e complexidade de utilização [45].

Destacam-se também aplicações mais genéricas de criação de hábitos saudáveis e de monitorização da prática de exercício físico. Apesar de não serem desenvolvidas especificamente para apoiar os doentes diabéticos na gestão da sua doença, acabam por promover da mesma forma a modificação comportamental do utilizador no sentido de adotar um estilo de vida mais saudável. É o caso da *The Fabulous - Habit & Routine* (TheFabulous) e da *Lift - Daily Motivation* (Lift Worldwide), as duas aplicações com mais sucesso nesta categoria. O seu sucesso é atribuído à navegação intuitiva, aparência limpa e minimalista, e particularmente à utilização de notificações para lembrar o utilizador que tem de atingir um determinado objetivo.

Existem já evidências de que a utilização de telemóveis para o controlo da diabetes do tipo II contribui positivamente para a diminuição dos níveis de HbA1C: Liang et al conduziu um estudo clínico com cerca de 1657 indivíduos e registou uma média de 0,8% na diminuição dos níveis de HbA1C para doentes com diabetes do tipo II [47, 48].

À medida que as tecnologias disponíveis nos smartphones evoluem, é possível refinar cada vez mais as aplicações com novas funcionalidades e melhores adaptações ao problema da diabetes, oferecendo novas possibilidades aos utilizadores.

### 3.5 Oportunidade

As novas recomendações de gestão e controlo da diabetes, oficializadas pela IDF a nível mundial e adaptadas em todo o mundo pelos países, colocam o paciente no centro dos cuidados. A descentralização do tratamento da diabetes, fazendo uso dos conceitos de auto-monitorização e auto-gestão, é tomada como o caminho a seguir para futuro. Em breve, prestar cuidados de saúde associados à diabetes pode tornar-se uma tarefa inexecutável devido ao elevado de número de doentes que já existem atualmente e que se estima que aumente consideravelmente a curto prazo.

Com a evolução das tecnologias móveis, é possível recolher e transmitir dados mais fidedignos que posteriormente podem servir de base de conhecimento para sistemas mais complexos de suporte à decisão. Desta maneira, novas abordagens de tratamento baseadas em tecnologias móveis podem efetivamente revelar-se uma alternativa viável e conquistar a confiança de entidades responsáveis pelo planeamento e pagamento dos cuidados de saúde associados à diabetes. O efeito da proliferação de recomendações associadas à auto-monitorização e auto-gestão da diabetes está já a ter impacto no cenário económico, estando representado no crescimento do mercado de dispositivos de monitorização como foi mostrado anteriormente.

Pelo acima exposto podemos afirmar que o tema deste trabalho é muito atual e está perfeitamente alinhado com as iniciativas mais avançadas que surgem na área da mHealth.

No próximo capítulo será proposta uma solução para a auto-monitorização e auto-gestão da diabetes baseada numa plataforma móvel de educação personalizada, desenhada para monitorizar, educar e assistir o doente diabético no controlo da sua doença.

## Capítulo 4

# Descrição da Solução

Foi reunida uma equipa multidisciplinar de médicos, enfermeiros, psicólogos, engenheiros informáticos e engenheiros biomédicos no sentido de desenvolver uma alternativa baseada nos princípios da mHealth, utilizando as mais recentes tecnologias móveis, que seja eficaz no controlo e gestão pessoal da diabetes.

### 4.1 Visão Geral

A solução materializa-se num sistema informático capaz de monitorizar o doente e as suas atividades diárias, recolhendo o máximo de informação possível que seja relevante para o controlo da diabetes, sendo usada posteriormente para enviar recomendações personalizadas e adaptadas ao estado de saúde do doente.

O sistema faz uso de tecnologias disponíveis nos mais recentes sistemas operativos para smartphones (e.g. Android, iOS, Windows Phone) para recolher dados necessários para o processo de monitorização e também para enviar conteúdo educativo personalizado. Deste modo, a interface preferencial de interação do sistema com o doente é o smartphone, através de uma aplicação desenvolvida para o efeito, e que terá de ser previamente instalada no dispositivo. No caso em que o doente não possua um smartphone mas tenha acesso a um telemóvel básico, o sistema é igualmente capaz de enviar mensagens de texto simples (SMS) como alternativa.

Além da aplicação para smartphone, o sistema depende também de uma plataforma web que está alojada na cloud. Esta plataforma é responsável por comunicar com as

aplicações móveis e efetuar operações de registo de novos doentes, autenticação, armazenamento de dados relativos ao doente, armazenamento de conteúdos informativos relacionados com a diabetes, integração com serviços externos, análise de dados e gestão da própria plataforma. Existe adicionalmente um serviço web acoplado a este, responsável por enviar *Push Notifications* e SMSs para o utilizador final - o doente diabético.

Por fim, a seleção de conteúdos personalizados para cada doente será feito a partir de uma interface de administração que pode ser acedida via *browser*. Esta tarefa será numa primeira fase da responsabilidade de uma equipa de cuidados de saúde, auxiliada por um sistema de suporte à decisão integrado na própria plataforma.

Todos os componentes do sistema foram desenvolvidos e implementados pelo mestrando, incluindo a aplicação de smartphone, a plataforma web alojada na cloud, o serviço de encaminhamento de conteúdos e a interface de administração.

## 4.2 Objectivos

A solução desenvolvida propõe-se a atingir os objetivos apresentados de seguida, descritos por ordem cronológica:

1. Mostrar que a monitorização contínua e em tempo real é benéfica para o controlo da doença, pois é possível detetar desvios com mais antecedência, e assim diminuir a probabilidade de desenvolvimento de complicações;
2. Mostrar que a utilização da plataforma promove efetivamente a mudança de comportamento do doente, fazendo com que este adote um estilo de vida mais saudável e o mantenha a longo prazo;
3. Mostrar que, ao adotar hábitos de vida mais saudáveis por intermédio da plataforma, o doente consegue estabilizar os parâmetros clínicos e biométricos associados à diabetes (e.g. glicemia, HbA1C, tensão arterial, IMC);
4. Mostrar ser uma alternativa viável e vantajosa do ponto de vista terapêutico e económico em comparação com os métodos actuais de controlo e gestão da diabetes apresentados no capítulo 3, de forma a poder ser adotado no futuro por prestadores de saúde em todo o mundo.

### 4.3 Concetualização

O processo de conceção da solução proposta passou por várias fases de maturidade. No princípio, apenas era claro que iriam ser utilizadas tecnologias móveis (de acordo com as recomendações da mHealth) para minimizar o problema da escala que a diabetes está a atingir. Estava também bem definido que a solução iria inspirar-se no conceito de providenciar educação e suporte aos doentes diabéticos com o objetivo de promover a auto-gestão da doença pelos próprios (DSME e DSMS).

Após a revisão bibliográfica sobre a gestão e controlo da diabetes que foi feita no capítulo 3, ficou também estabelecido que a solução deveria empregar os mesmos procedimentos que os métodos convencionais de consulta presencial (monitorização e aconselhamento/educação), mas tendo a capacidade de o fazer continuamente e em tempo real. Os procedimentos que são atualmente efetuados pelos prestadores de cuidados de saúde nas consultas da diabetes estão realmente de acordo com as mais recentes recomendações de práticas clínicas. O que acontece numa consulta típica de rotina é 1) recolha de informação relevante para determinar o estado de saúde do doente e 2) aconselhamento relativamente aos comportamentos a adotar nos tempos que se seguem (e.g. alimentação, atividade física, comportamentos de risco). O problema com este método é que as consultas, sendo presenciais, acabam por acontecer com uma frequência muito diminuta. Em Portugal, o número médio recomendado de consultas de rotina por ano é 4, ou seja, uma consulta de 3 em 3 meses. Mesmo que respeitada, esta periodicidade é claramente insuficiente para incutir no doente a motivação necessária para este melhorar os seus hábitos de vida. Fazê-lo continuamente e em tempo real é facilmente atingível dados os recursos tecnológicos hoje em dia disponíveis. Esta abordagem tem ainda a vantagem adicional de ser familiar tanto para o prestador de saúde como para o doente, pois os procedimentos utilizados são os mesmos.

Com base nestas premissas foi idealizado um sistema informático baseado em tecnologias móveis capaz de monitorizar e dar aconselhamento personalizado a doentes diabéticos, remotamente e em tempo real.

Posto isto, estavam reunidas as premissas mais importantes que servem de base à conceção da solução. No secção 4.4 serão apresentadas as tecnologias utilizadas para implementar a solução.

## 4.4 Tecnologias

A solução desenhada requer a utilização de um meio de comunicação que permita trocar informação entre o doente (recolha de dados) e os prestadores de cuidados (aconselhamento).

### 4.4.1 Aplicação de Smartphone

Hoje em dia os smartphones são dispositivos incrivelmente versáteis. O *hardware* e os sistemas operativos estão cada vez mais evoluídos, permitindo aos programadores usufruir de ferramentas extremamente úteis para diversos casos de uso. Muitos smartphones possuem já, por exemplo, funcionalidades de monitorização de atividade física incluídos no sistema operativo que podem ser utilizadas nas aplicações. A experiência de visualização de informação no smartphone é também muita rica e completa. Adicionalmente, todos os smartphones têm suporte para diversas tecnologias de transmissão de dados (e.g. Wireless, GPRS, 3G/4G, Bluetooth).

Por estas razões, e por ser um dispositivo pessoal altamente popularizado, o smartphone foi escolhido para ser o meio de comunicação preferencial entre o doente e os prestadores de cuidados. Para o efeito, foi desenvolvida uma aplicação de smartphone com funcionalidades de recolha e visualização de informação.

### 4.4.2 Plataforma Web

Os dados recolhidos pela aplicação de smartphone serão enviados para uma plataforma web que os armazena, processa e analisa em tempo real. Os utilizadores da plataforma web serão os prestadores de cuidados de saúde, que poderão visualizar a informação recolhida e tratada de cada paciente e dar aconselhamento selecionando conteúdos informativos que serão enviados de volta para aplicação de smartphone. No futuro, a plataforma terá a capacidade de classificar o perfil de cada um dos doentes, de forma distintiva, e selecionar automaticamente conteúdos personalizados.

## 4.5 Métodos

O problema que o DIYbetes se propõe a resolver é bastante complexo: monitorização e análise dos padrões de vida do utilizador e respetiva seleção e transmissão de conteúdo de forma correspondente. Para o resolver, é necessário obter continuamente um grande volume de dados bastante diversificados: monitorização da atividade física, alimentação, parâmetros biométricos, parâmetros clínicos, níveis de stress, emoções, entre outros. Alguns destes dados, como a alimentação ou os parâmetros clínicos, são muito difíceis de obter. Além da sua aquisição e armazenamento ser protegida por lei (no caso dos parâmetros clínicos), requer a deslocação a uma infraestrutura de prestação de cuidados de saúde e é feita muito raramente. No caso da alimentação, requer que o utilizador registre todos os alimentos que ingeriu e a respetiva quantidade visto não haver ainda nenhum método que automatize esta tarefa de forma fidedigna. Sabe-se também que o intervalo de idades da população com diabetes reside nas faixas mais elevadas, o que evidencia a necessidade de desenvolver um modelo de interação extremamente simples e intuitivo, mesmo para pessoas com idades avançadas e pouca familiaridade com a utilização de novas tecnologias.

De seguida serão expostas as abordagens que o sistema usa para conseguir monitorizar e educar (aconselhar) o doente de forma natural.

### 4.5.1 Monitorização

A aplicação de smartphone é central no processo de monitorização do doente, pois é através dela que é possível obter a informação necessária para fazer a avaliação do estado de saúde do doente. Hoje em dia, as aplicações para smartphones requerem níveis de interação altamente variáveis. Podemos até dividir o leque de aplicações disponíveis em dois grupos distintos: as que não requerem obrigatoriamente a introdução de dados por parte do utilizador para se tornarem úteis e, por outro lado, as que requerem. Para o primeiro grupo podemos imaginar aplicações de entretenimento como jogos, música e visualização de fotografias/vídeos. Estas não requerem obrigatoriamente que o utilizador introduza qualquer tipo de dados para cumprir o objetivo a que se propõem. Na extremidade oposta do espectro podemos imaginar aplicações como os gestores de finanças pessoais, que requerem que o utilizador atualize constantemente a sua lista de

gastos para posteriormente calcular métricas úteis, ou mesmo as agendas pessoais, que requerem que o utilizador introduza a sua lista de compromissos para posteriormente poder gerar alertas.

Até há pouco tempo atrás, o limiar entre os dois grupos descritos no parágrafo anterior era bastante rígido: as aplicações limitavam-se a casos de uso isolados, tornando-se específicas no âmbito do seu problema. Este paradigma alterou-se com o aparecimento e popularização das redes sociais, que através de sistemas de autenticação baseadas em protocolos como o *OpenID* e o *Oauth* [49, 50], permite a partilha direta de informação relativa aos seus utilizadores para com aplicações de terceiros. Esta nova abordagem fomentou a discussão acerca da importância da informação pessoal para possibilitar a personalização da utilização das aplicações com base nas características do utilizador.

A linha que separa estes dois grupos tem vindo a tornar-se cada vez mais ténue, pois grande parte dos sistemas que anteriormente eram isolados no âmbito do seu caso de uso requerem agora que o utilizador introduza ou integre outros sistemas para obter dados sobre si próprio, com o objetivo de personalizar a sua experiência de utilização. Muitas categorias são exemplo deste facto: considere-se hipoteticamente uma aplicação de notícias que anteriormente disponibilizava os títulos de forma ordenada por data para todos os utilizadores, e que agora utiliza os interesses pessoais de cada utilizador para não só lhe apresentar os títulos mais recentes, mas também aqueles que mais lhe interessam consoante as suas preferências pessoais. Outro exemplo é a publicidade que muitas vezes se observa em aplicações gratuitas e que é agora finamente direcionada aos utilizadores, com base em informação disponível acerca dos mesmos.

Existem algumas categorias de aplicações que são altamente dependentes da informação que possuem acerca do utilizador. São exemplos destas as categorias de *Lyfestyle* (Estilo de Vida) e de *Health & Fitness* (Saúde e Bem-Estar), em que estão subentendidos temas relacionados com a monitorização da localização, exercício físico, sono, alimentação e outros hábitos no geral. Tipicamente, este tipo de sistemas necessita de um grande volume e diversidade de dados para poder fazer uma análise precisa e que produza resultados úteis para o utilizador.

A prioridade tornou-se captar o máximo de informação pessoal relevante para, posteriormente, com base nela, modelar a usabilidade da interface das aplicações. A informação relativa aos interesses e outras características pessoais dos utilizadores é agora usada

exaustivamente para assegurar uma melhor experiência de utilização [51, 52]. Um exemplo flagrante é a *Google*, que usa dados como o histórico de pesquisa do utilizador para apresentar resultados mais personalizados em futuras pesquisas.

A informação pessoal do utilizador pode ser recolhida de forma manual ou automática, podendo serem combinados de forma criativa para melhor tirar partido da aplicação. Na aplicação *DIYbetes* foram utilizados 3 métodos principais de captação de informação:

### 1) **Introdução Manual**

Algumas aplicações optam por uma abordagem mais direta, inquirindo o utilizador em formato de formulário imediatamente após a instalação (pré-configuração da aplicação). Esta abordagem representa um esforço adicional por parte do utilizador e pode até em alguns casos afetar negativamente a experiência de utilização. Formulários demasiadamente extensos e complexos é um dos problemas inerentes a esta abordagem.

Em algumas circunstâncias, a recolha de informação baseada na introdução direta de dados pelo utilizador é a única opção para captar informação relevante e esta traz consigo vários problemas provenientes do mesmo fator comum: o próprio utilizador. Este método está altamente dependente da disposição do utilizador para facultar os seus dados e isso pode ser afetado por inúmeros fatores: princípios de privacidade, falta de tempo, aborrecimento, iliteracia tecnológica, falta de motivação, entre outros. Este é um problema real com que muitos serviços que requerem informação específica têm que lidar. Os Sistemas de Informação Médica (SIM) que operam em alguns hospitais são um excelente exemplo deste entrave: muitas vezes, a falta de familiarização com a tecnologia aliada à falta de motivação para a introdução de dados pela parte do pessoal médico leva a que a informação introduzida pelos mesmos (referente aos seus pacientes e respetivos episódios clínicos) seja insuficiente e conseqüentemente pouco útil no futuro. Melhores resultados estatísticos poderiam ser gerados com mais e melhor informação, culminando por exemplo na otimização dos processos de determinados departamentos.

A falta de motivação para a introdução de dados pode ter várias origens, incluindo o retorno insuficiente que é dado ao utilizador pelo tempo que perdeu a fazê-lo, isto é, a razão entre os benefícios obtidos e o esforço dedicado a introduzir os dados é de tal maneira reduzida que o utilizador opta por não o fazer. Esta é uma observação

importantíssima que em alguns casos permite por si só explicar o sucesso ou insucesso de determinada aplicação/serviço [53, 54]. Ward et al observou que o aumento na carga de trabalho que é imposto aos médicos de clínica geral e aos enfermeiros é uma das 3 limitações (com 43% dos votos) inerentes à informatização dos serviços [55].

Apesar das desvantagens, este método revela-se útil quando é necessário recolher informação mais específica, como por exemplo saber se o doente têm histórico familiar de diabetes. Não tendo acesso aos registos clínicos dos familiares, a única maneira de ter acesso a esta informação é perguntar diretamente ao doente. Informação deste tipo terá sempre que ser introduzido manualmente.

Dado o rápido crescimento da indústria que suporta dispositivos como o smartphone, características como o elevado poder de processamento e armazenamento destes permitem aos utilizadores executarem em simultâneo demasiadas aplicações e serviços, tornando-se impossível prestar atenção a todos. Para fazer face a este problema, as aplicações utilizam cada vez mais o sistema de notificações disponíveis nas plataformas móveis mais recentes para chamar a atenção do utilizador. Desta maneira é possível interagir com a aplicação sem sequer a trazer para o ecrã, tornando todo o processo mais rápido e eficaz. Esta abordagem está também a modificar a maneira como as aplicações móveis são pensadas: a tendência aponta para o desenvolvimento de aplicações que executam principalmente em segundo plano, dando prioridade ao desenvolvimento de sistemas inteligentes que processam informação e apenas interagem com o utilizador através de *widgets* e notificações.

Tendo a consciência que o problema da motivação no que toca à introdução manual de dados por parte do utilizador pode revelar-se um fator determinante para a experiência de utilização da aplicação, a filosofia de interação do DIYbetes baseia-se na tentativa de obtenção do máximo volume de dados possível minimizando o esforço e tempo gasto na introdução manual dos mesmos por parte do utilizador. A ideia subjacente é aumentar a razão entre os benefícios que o utilizador retira do serviço em detrimento do esforço empregue na tarefa de introdução manual de dados. Esta ideia de otimização do custo-benefício, aliada à tendência para usar pequenos *widgets* e notificações para minimizar a quantidade de introdução manual de dados, apresenta ser a solução mais promissora e adequada para o problema.

Para minimizar o esforço de introdução manual de informação, foi desenvolvido um modelo de interação que se distingue dos modelos atuais: em vez de ser necessário abrir a aplicação, navegar até ao ecrã correspondente e depois preencher um formulário, a aplicação DIYbetes irá utilizar simplesmente *Push Notifications*. Sempre que for necessária uma informação específica ou que não possa ser obtida a partir de outro método por alguma razão, o sistema irá interagir em tempo real com o utilizador através de alertas interativos que irão ser mostrados no painel de notificações e que permitirão ao utilizador responder rapidamente às solicitações que lhe são feitas.

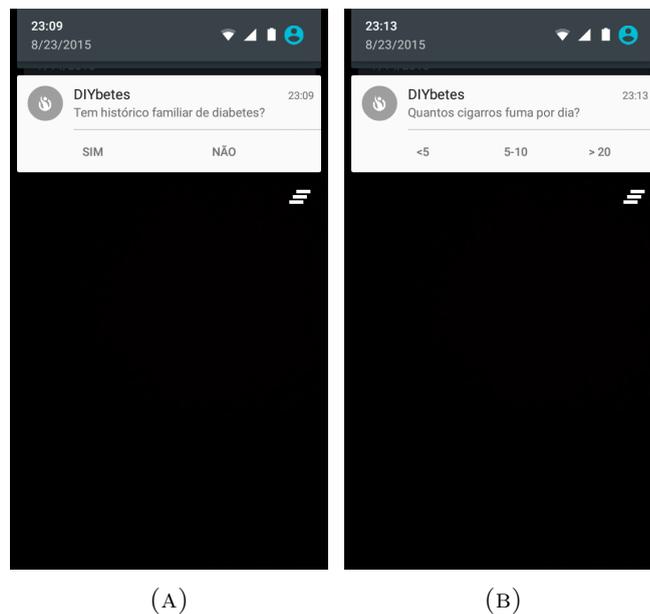


FIGURA 4.1: Exemplos de *Push Notifications* para recolha de informação.

No âmbito deste trabalho, foi implementado suporte para questões de escolha múltipla e de resposta aberta.

Utilizando este método, podemos inquirir o utilizador em tempo real e de forma faseada, sem o obrigar a responder de uma só vez a um formulário potencialmente extenso. Utilizando um algoritmo de aprendizagem adaptativo é possível afinar a classificação do estado de saúde do doente após cada interação com uma destas perguntas, uma funcionalidade que será implementada no futuro.

Além das *Push Notifications*, o doente tem sempre a possibilidade de introduzir informação por intermédio dos ecrãs da aplicação. A figura 4.2 mostra um ecrã desenvolvido para inserir medições esporádicas de parâmetros de interesse.



FIGURA 4.2: Introdução manual de informação.

## 2) Integração com Serviços Externos

Outro possível método de recolha de dados é a integração com outros sistemas já existentes que possuem a informação de interesse: como já foi referido anteriormente, a exploração de protocolos de autenticação distribuídos permite a recolha instantânea de dados a partir de outro sistema com a devida autorização do utilizador. Hoje em dia, a maneira mais rápida e eficaz de obter informação pessoal (como o nome, data de nascimento, contactos, informação profissional, interesses, entre outros) é sugerir ao utilizador que integre as suas contas que já possui noutros sistemas (*Facebook*, *Google*, entre outros). Este método revela-se mais conveniente para o utilizador, pois não necessita repetir a introdução dos dados em cada plataforma que se regista.

A importação de dados provenientes de serviços externos pode ser feita em duas fases distintas: no momento do registo (utilização de protocolos de autenticação distribuídos para efetuar o registo) ou posteriormente na área de personalização.

Na figura 4.3 pode observar-se que é dada a possibilidade ao utilizador de efetuar o registo com diferentes fornecedores de serviço, o que permitirá fazer imediatamente a importação de dados relevantes. São mostrados alguns exemplos destes serviços, os mais populares, e ainda assim importantes para identificar o utilizador. Serviços como o *Facebook* e *Google* podem fornecer dados como a idade e região de residência do utilizador [56, 57]. Por outro lado, serviços de monitorização de actividade física como *RunKeeper*



FIGURA 4.3: Integração com serviços externos; Registo com o Google (à esquerda) e com o Facebook (à direita).

e o *Strava* ou outros mais abrangentes como o *Jawbone UP*, *FitBit* e *Withings* são capazes de fornecer um volume considerável de dados relevantes [58–62]. Serviços como o *HealthVault*, *HealthKit* e *Tidepool* já na área dos parâmetros clínicos, são também extremamente relevantes [63–65].

A tarefa de classificação dos padrões de vida simplifica-se se o utilizador possuir uma conta ativa num ou mais destes serviços, pois evita introduzir os mesmos dados manualmente. Não existe limite para o número de integrações possíveis, por isso quanto mais integrações o utilizador puder fazer, mais dados estarão ao alcance e mais eficaz será a nossa aplicação.

Para este trabalho foram integrados os serviços externos *Facebook* e *Google*, no entanto já estão previstas integrações de mais serviços no futuro. À data da escrita deste documento estavam já em marcha conversações com os promotores do serviço *Tidepool* no sentido de desenvolver uma integração entre os dois sistemas.

### 3) Padrões de interação

O último método de recolha de dados considerado baseia-se na análise da própria interação do utilizador com a aplicação. Recorrendo a algoritmos sofisticados de aprendizagem a interação do utilizador com a aplicação é continuamente monitorizada e analisada, sendo assim possível extrair características do utilizador com base nas suas ações. Exemplos deste método são os motores de busca de websites como o *Google*, que são capazes de reunir dados baseados nos termos das pesquisas e assim inferir os seus interesses pessoais.

Este método não foi profundamente explorado para o protótipo, no entanto foi implementado um método de recolha de informação baseado neste conceito. Quando o utilizador recebe uma *Push Notification* (ver figura 4.1, pode responder à pergunta que lhe é feita ou simplesmente ignorá-la, descartando-a. Acontece que o ato de descartar a informação pode ser significativo do ponto de vista do comportamento do doente, representado por exemplo que não sabe a resposta à pergunta que lhe foi feita. Deste modo, quando um doente descarta uma notificação, essa informação é gravada e enviada para o servidor.

Os três métodos de recolha de dados (introdução manual, importação de dados de outros sistemas e inferência de características com base no comportamento) foram combinados e usados em simultâneo de forma coordenada no sentido de obter continuamente o volume de informação necessária para analisar o comportamento do utilizador em relação à sua doença.

Na plataforma web, o prestador de cuidados poderá consultar a informação que foi recolhida e fazer uma avaliação do estado de saúde do doente. O acesso em tempo real e sem restrições a esta informação representa já uma vantagem perante os métodos convencionais de consultas periódicas, em que o acesso à mesma informação é esporádico e raro (no máximo de 3 em 3 meses, em Portugal).

#### 4.5.2 Educação

O grande objetivo do DIYbetes é ajudar o utilizador a gerir a sua doença para reduzir as complicações, de maneira a criar hábitos de vida saudáveis e em conformidade com a

The screenshot shows the 'Users' management interface. At the top, there are navigation tabs for 'Diabetes Web', 'Dashboard', 'Messages', and 'Users', along with 'New User' and 'Import' buttons. The main area contains a table of users and a 'Filters' sidebar.

<input type="checkbox"/>	Id	Role	Codename	Age	Created At	Opening Message	Blocked	
<input type="checkbox"/>	61	patient	85-UC	43	2015-08-14	2015-08-14	NO	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
<input type="checkbox"/>	60	patient	86-UC	62	2015-08-14	2015-08-14	NO	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
<input type="checkbox"/>	59	patient	87-UC	63	2015-08-14	2015-08-14	NO	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
<input type="checkbox"/>	58	patient	78-UC	38	2015-08-14	2015-08-14	NO	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
<input type="checkbox"/>	57	patient	75-UC	50	2015-08-14	2015-08-14	NO	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
<input type="checkbox"/>	56	patient	74-UC	52	2015-08-14	2015-08-14	NO	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
<input type="checkbox"/>	55	patient	70-UC	53	2015-08-14	2015-08-14	NO	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
<input type="checkbox"/>	54	patient	redlight8	65	2015-06-11	2015-06-11	NO	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
<input type="checkbox"/>	53	patient	41-CSNM	72	2015-06-11	2015-06-11	NO	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
<input type="checkbox"/>	52	patient	40-CSNM	59	2015-06-03	2015-06-03	NO	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
<input type="checkbox"/>	51	patient	39-ADZC	66	2015-05-27	2015-05-27	NO	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
<input type="checkbox"/>	50	patient	38-CSNM	56	2015-05-20	2015-05-20	NO	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>

FIGURA 4.4: Painel de administração para profissionais de Saúde - lista de pacientes.

sua situação clínica, o que nos leva à descrição da segunda parte do problema: selecionar informação (conteúdo) relevante e adequada para lhe ser transmitida.

### Seleção de Conteúdo

O conteúdo informativo e de recomendação é um dos pilares da plataforma e por isso a seleção dos conteúdos a serem enviados para os doentes foi feita com minúcia. Por um lado, transmitir conteúdo banal e genérico que muitas vezes é do senso comum, pode não surtir efeitos práticos e portanto não ser útil para o processo de modificação de comportamento. Por outro lado, informação correta mas não particularmente adequada ao doente pode ser contraproducente ou provocar o desinteresse do doente.

Por esta razão, foi feito um trabalho minucioso de recolha e classificação de conteúdo relacionado com a gestão da diabetes. Foram usadas publicações científicas [66–68], documentos de exposição de práticas de saúde [17, 24, 69], sítios web [70–73] e também foi solicitado a profissionais de saúde que dessem o seu contributo fornecendo alguns conteúdos.

A informação recolhida foi processada e dividida em pequenos excertos, normalmente de apenas uma frase, ideias para serem consumidos a partir de um telemóvel. Após ser compilada uma lista detalhada de potenciais excertos, esta foi curada e validada por toda a equipa envolvida no projeto, incluindo médicos, enfermeiros e psicólogos.

<b>Texto</b>	<b>Categoria</b>
Sabia que os edulcorantes ou adoçantes também podem aumentar a glicemia? Prefira a redução de açúcar em vez de usar edulcorantes ou adoçantes.	alimentação
Aumente progressivamente o tempo e intensidade da sua atividade física, de modo a atingir pelo menos 150 minutos por semana.	atividade física
Faça pelo menos 5 refeições por dia (pequeno-almoço, meio da manhã, almoço, lanche, jantar e ceia) e estabeleça um horário fixo. Evite petiscar entre refeições.	alimentação
Ao final do dia tenha atenção em tirar as meias apertadas, desta forma vai permitir que os seus pés respirem e a sua circulação seja facilitada.	clínica

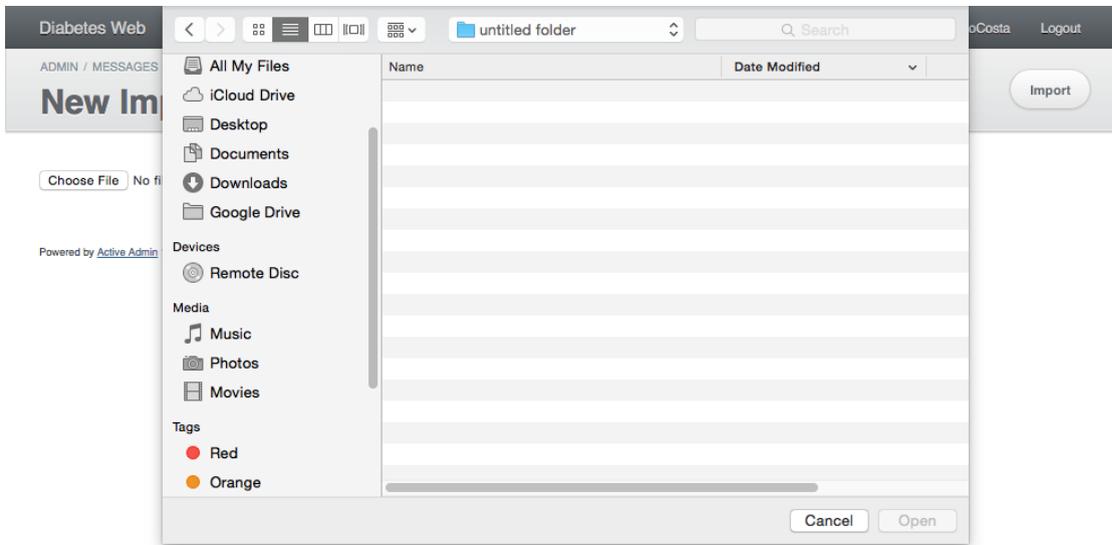
TABELA 4.1: Exemplos de conteúdos seleccionados.

Os excertos foram posteriormente divididos em 3 categorias de informação (alimentação, atividade física e clínica) para fins de caracterização de dados. Mais tarde foi necessário alterar a maneira como os conteúdos estavam a ser categorizados: alguns excertos continham informação de mais do que uma categoria de informação num só. Para ultrapassar esta dificuldade adotou-se um sistema de *tags*, em que cada um dos excertos passa a ter a capacidade de pertencer a mais do que uma categoria. Esta mudança irá trazer vantagens no futuro para fins de análise e processamento de dados.

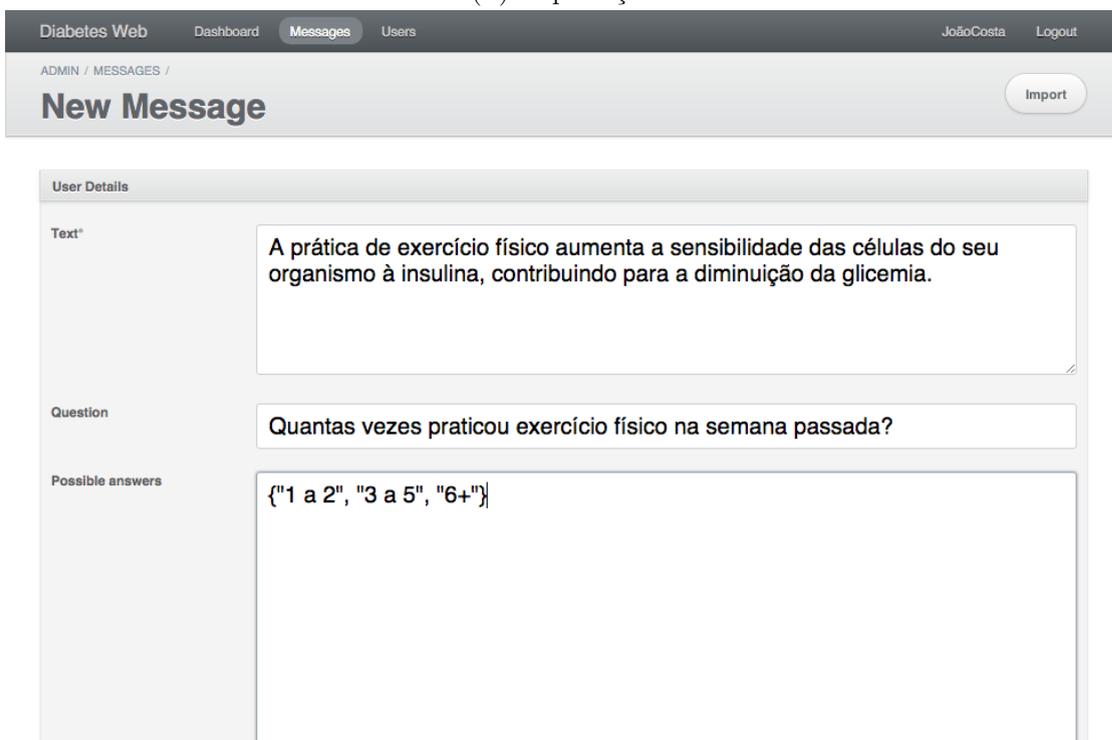
Por fim, o conteúdo tem de ser introduzido na plataforma para poder ser posteriormente encaminhado para os doentes. A partir da interface de administração é possível carregar múltiplos excertos de uma só vez a partir de ficheiros do tipo *CSV* ou *XLSX*. Esta funcionalidade é conveniente quando é necessário introduzir um número elevado de excertos.

Em alternativa, os profissionais podem adicionar novos conteúdos que ficarão imediatamente disponíveis para serem enviados para outros doentes. Para isso, será apresentado um formulário que requer a introdução dos seguintes campos:

- **Texto:** conteúdo informativo (recomendação) da mensagem;
- **Questão:** questão associada ao conteúdo informativo;
- **Respostas Possíveis:** respostas possíveis associadas à questão;
- **Categoria:** tipo de conteúdo (e.g. clínico, exercício físico, alimentação);



(A) Importação

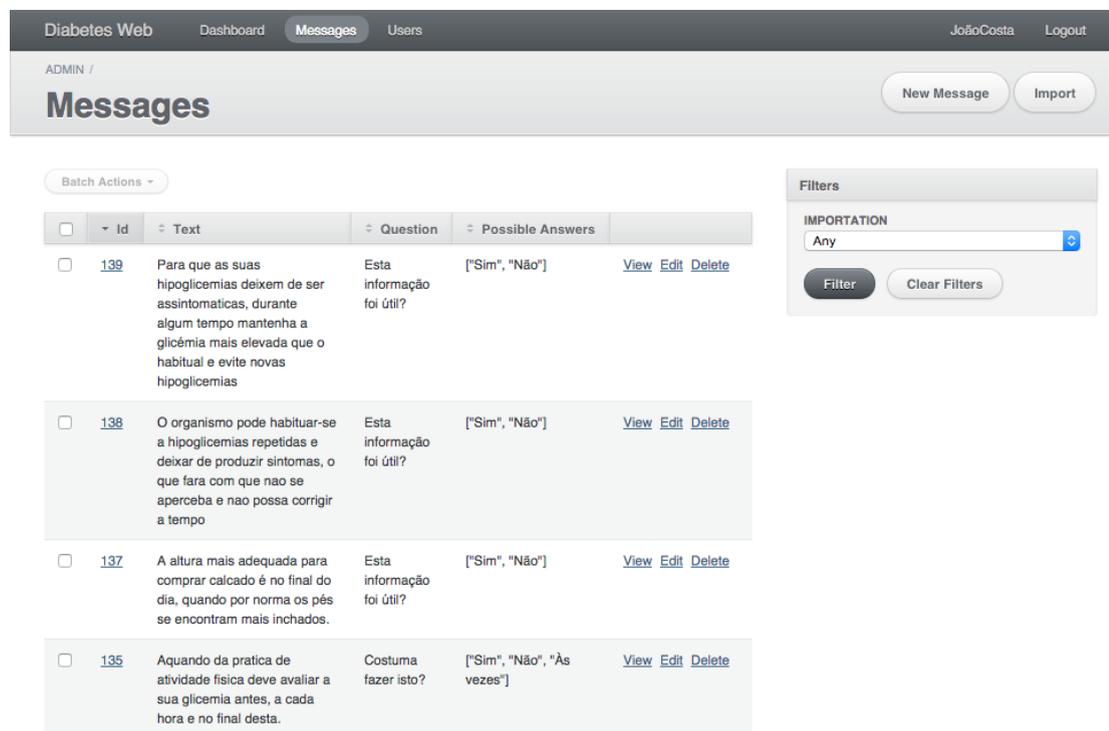


(B) Introdução manual

FIGURA 4.5: Funcionalidades de introdução de conteúdos na plataforma.

## Envio de Conteúdo

Numa primeira fase, a seleção dos conteúdos educativos a serem enviados para cada doente é da responsabilidade de um conjunto de profissionais de prestação de cuidados de saúde, através da interface de administração. Após a avaliação do estado de saúde do paciente, os profissionais podem escolher quais as recomendações (excertos) que vão ser enviadas para o mesmo.

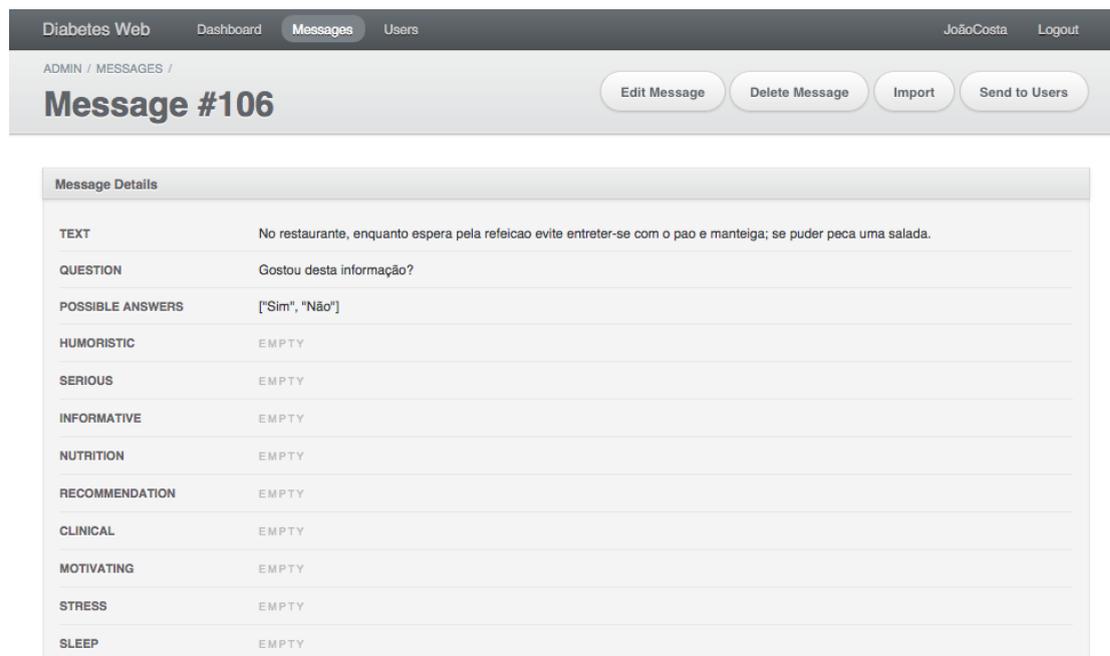


The screenshot displays the 'Messages' section of the 'Diabetes Web' administration interface. The top navigation bar includes 'Diabetes Web', 'Dashboard', 'Messages', and 'Users'. The user 'JoãoCosta' is logged in, with a 'Logout' option. The main header shows 'ADMIN / Messages' and buttons for 'New Message' and 'Import'. A 'Batch Actions' dropdown is visible above the table. The table lists four messages with columns for 'Id', 'Text', 'Question', and 'Possible Answers'. Each message row includes 'View', 'Edit', and 'Delete' links. A 'Filters' sidebar on the right shows an 'IMPORTATION' dropdown set to 'Any' and 'Filter'/'Clear Filters' buttons.

<input type="checkbox"/>	Id	Text	Question	Possible Answers	
<input type="checkbox"/>	139	Para que as suas hipoglicemias deixem de ser assintomáticas, durante algum tempo mantenha a glicémia mais elevada que o habitual e evite novas hipoglicemias	Esta informação foi útil?	["Sim", "Não"]	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
<input type="checkbox"/>	138	O organismo pode habituar-se a hipoglicemias repetidas e deixar de produzir sintomas, o que fara com que nao se aperceba e nao possa corrigir a tempo	Esta informação foi útil?	["Sim", "Não"]	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
<input type="checkbox"/>	137	A altura mais adequada para comprar calçado é no final do dia, quando por norma os pés se encontram mais inchados.	Esta informação foi útil?	["Sim", "Não"]	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>
<input type="checkbox"/>	135	Aquando da pratica de atividade fisica deve avallar a sua glicemia antes, a cada hora e no final desta.	Costuma fazer isto?	["Sim", "Não", "Às vezes"]	<a href="#">View</a> <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>

FIGURA 4.6: Painel de administração para profissionais de Saúde - Lista de Conteúdos

Para auxiliar os profissionais na tarefa de escolha de conteúdo adequado para cada paciente, a plataforma irá dispor de um sistema de suporte à decisão capaz de identificar tipos de conteúdo adequado para a circunstância. No entanto, o envio do conteúdo tem sempre de ser confirmado pelo profissional.



Message Details	
TEXT	No restaurante, enquanto espera pela refeicao evite entreter-se com o pao e manteiga; se puder peca uma salada.
QUESTION	Gostou desta informação?
POSSIBLE ANSWERS	["Sim", "Não"]
HUMORISTIC	EMPTY
SERIOUS	EMPTY
INFORMATIVE	EMPTY
NUTRITION	EMPTY
RECOMMENDATION	EMPTY
CLINICAL	EMPTY
MOTIVATING	EMPTY
STRESS	EMPTY
SLEEP	EMPTY

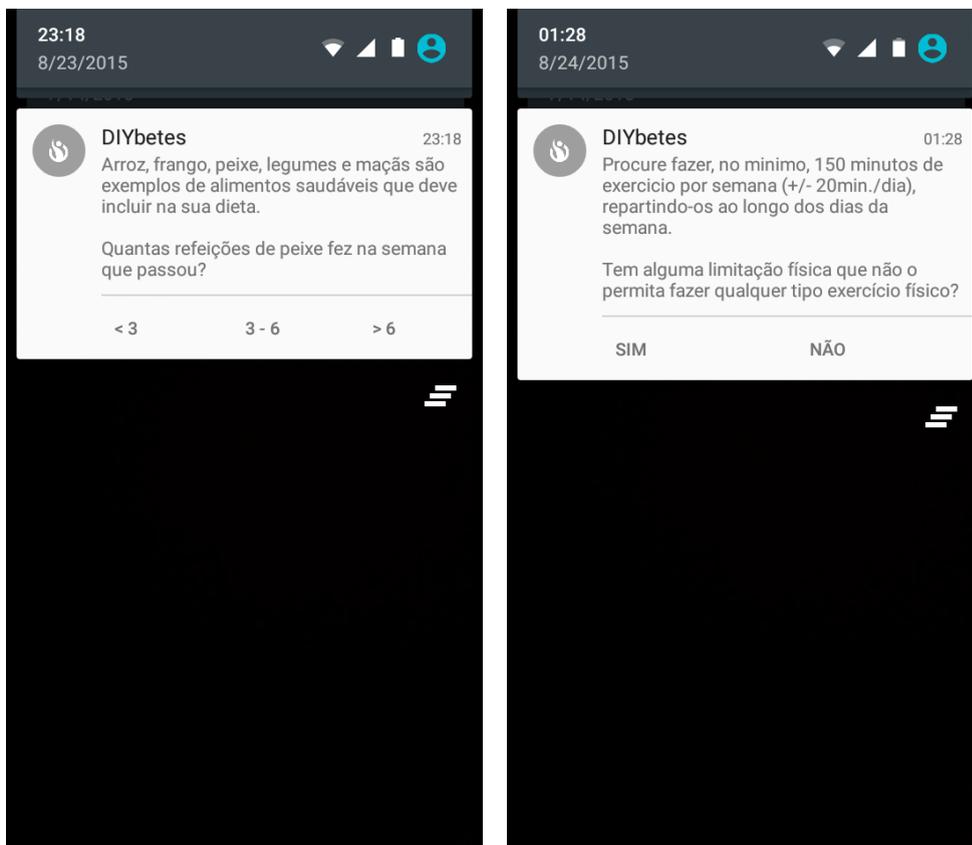
FIGURA 4.7: Painel de administração para profissionais de Saúde - Envio

## Visualização de Conteúdo

Da mesma forma que a recolha de informação, a visualização de conteúdo será feita através de *Push Notifications*. Quando uma recomendação é enviada para o doente, este pode visualizá-la imediatamente no painel de notificações, sem nunca ter de abrir a aplicação.

O sistema permite ainda que o envio de um conteúdo informativo possa ser conjugado com uma solicitação de informação, permitindo transmitir e receber informação apenas com uma interação. Este processo é muito idêntico ao que acontece numa consulta de rotina da diabetes: recolha de informação e aconselhamento sob a forma de diálogo entre o doente e o médico. Deste modo, é possível não apenas transmitir ou receber informação separadamente, mas sim trocar informação com a plataforma em tempo real (ver figura 4.8).

No capítulo 5 será apresentada a arquitetura da plataforma, bem como a metodologia e ferramentas utilizadas para o seu desenvolvimento.



(A)

(B)

FIGURA 4.8: Exemplos de *Push Notifications* para troca de informação.

## Capítulo 5

# Implementação

Neste capítulo será apresentada a arquitetura do sistema e descrito o processo utilizado para desenvolver a solução apresentada no capítulo anterior. Será feita um resumo da responsabilidade de cada componente do sistema e das tecnologias que foram escolhidas para a sua implementação.

### 5.1 Arquitetura

#### 5.1.1 Visão Geral

De forma a dar resposta às funcionalidades descritas no capítulo 4, foi desenhado um sistema com os seguintes componentes e respetivas funcionalidades (de acordo com a figura 5.1):

- **Aplicação de Smartphone (5):** interface com o doente (utilizador final); recolha de informação (monitorização) e visualização de conteúdos informativos (educação); Quando o doente não possui um smartphone, são enviadas mensagens de texto simples - SMS (6);
- **Web Service (2):** comunicação com a aplicação de smartphone (receber informação); comunicação com a base de dados;
- **Portal Web (8):** interface com os prestadores de cuidados de saúde; visualização de dados e administração;

- **Serviço de Envio de Conteúdo** (4): envio de conteúdo para o doente através de *Push Notifications* e *SMSs*;
- **Base de Dados** (1): armazenamento de todos os dados constituintes da plataforma (dados relativos aos doentes, aos conteúdos, administração, inteligência de negócio, entre outros);
- **Serviço de Importação de Dados** (9): importação de dados a partir de serviços externos (integrações);
- **Serviço de Análise de Dados** (8): suporte à decisão, nomeadamente na seleção de conteúdo adequado para cada utilizador;

Os componentes estão organizados segundo o modelo "cliente-servidor" e comunicam entre si via *Hyper-Text Transfer Protocol Secure* (HTTPS) em conjunto com *Javascript Object Notation* (JSON), excluindo a comunicação com o servidor de base de dados que usa um protocolo proprietário via TCP/IP.

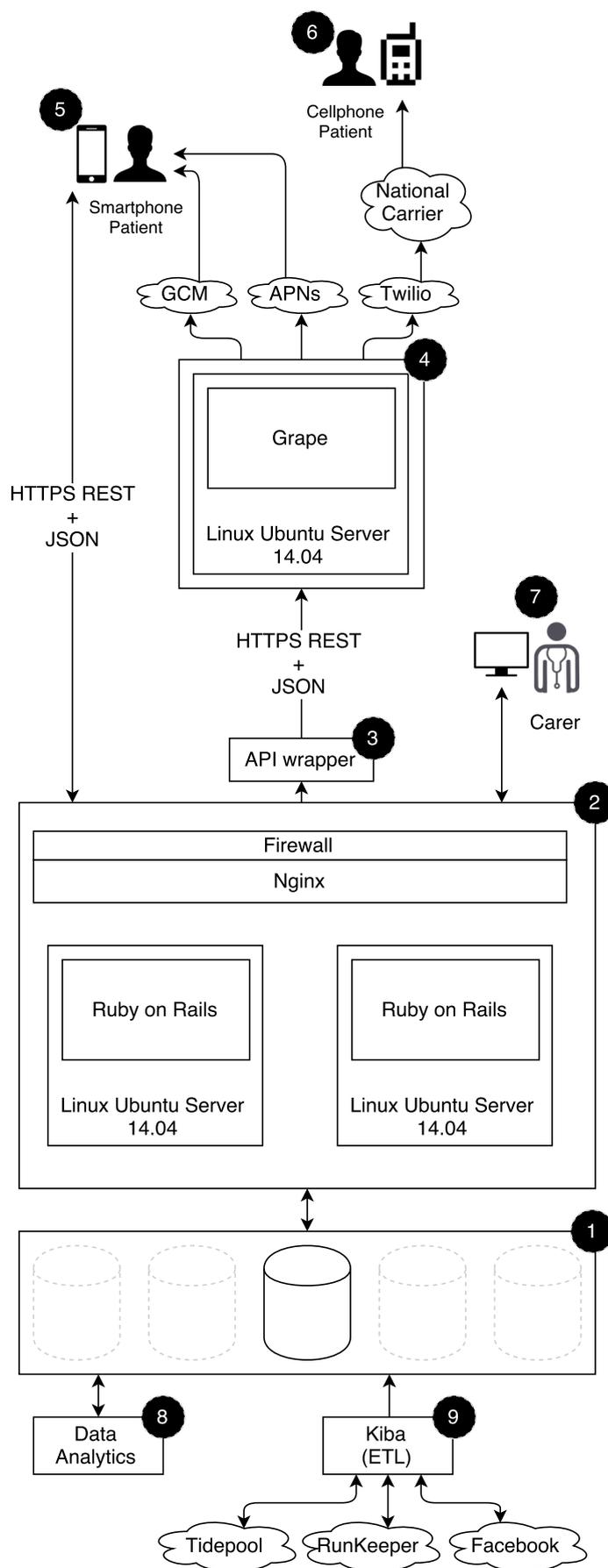


FIGURA 5.1: Diagrama de Contexto do Sistema.

### 5.1.2 *Web Service*

O *Web Service* (2) é o componente central do sistema. É ele o responsável por comunicar com a base de dados e expor os recursos disponíveis para os restantes componentes.

O HTTP(S) é um protocolo do nível da aplicação sob a qual a *World Wide Web* assenta hoje em dia. É um protocolo genérico e sem estado, ideal para comunicações entre sistemas de informação [74]. Desde a sua criação que apareceram diversos modelos e arquiteturas de sistemas baseados, mas a arquitetura *Representational State Transfer* (REST) distingue-se por ser a mais comum, primando pela sua simplicidade e foco na representação de dados [75]. Os *Web Services* que usam a arquitetura REST, designados por *RESTful Web Services*, abriram portas para o desenvolvimento de aplicações focadas na gestão e comunicação de dados com outros sistemas [76]. Estas características criam oportunidades para a prototipagem rápida de sistemas dependentes de vários componentes e aplicações na Internet.

A arquitetura REST é agnóstica quanto aos protocolos de serialização dos dados, no entanto há dois protocolos que se destacam por serem os mais comuns: *Extensible Markup Language* (XML) e *Javascript Object Notation* (JSON). Tanto o protocolo XML como o protocolo JSON são largamente suportados pelas ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do sistema. O protocolo XML tem a desvantagem de ser mais complexo, apesar de estar estabelecido há mais tempo, sendo que o custo computacional de interpretação dos dados é mais elevado comparando com o protocolo JSON [77].

Por estas razões, foi adotada a arquitetura REST para o desenvolvimento do *Web Service*, com recurso a HTTPS e JSON para serializar os dados. Na figura 5.1 são apresentados alguns exemplos de endpoints de exposição de recursos que a aplicação de smartphone usa para comunicar com o *Web Service*.

Endpoint	Verbo HTTP	Descrição
<u>Pacientes</u>		
/patients	GET	Listar pacientes
/patients/<id>	GET	Ver dados do paciente
/patients	POST	Criar paciente
/patients/<id>	PATCH	Modificar paciente
/patients/<id>	DELETE	Eliminar Paciente
<u>Mensagens</u>		
/messages/	GET	Listar mensagens
/messages/<id>	GET	Ver dados da mensagem
/messages/<id>/answer	POST	Responder a mensagem

TABELA 5.1: Exemplos de endpoints de comunicação ente o *Web Service* e a aplicação de smartphone.

### 5.1.3 Serviço de Envio de Conteúdo

Este componente consiste numa aplicação auto-contida responsável pelo envio de mensagem de conteúdo informativo através de *SMSs* ou *Push Notifications*. Para isso, necessita de estabelecer contacto com serviços externos para efetivar o envio - *Twilio* [78] para *SMSs* e *Google Cloud Messaging* (GCM) para *Push Notifications* [79].

Foi escolhido o serviço *Twilio* porque facilita a integração com operadoras nacionais de telecomunicações, um requisito obrigatório para ser possível enviar *SMSs*. De entre as alternativas do mercado, foi escolhido por suportar a integração com operadoras de telecomunicações portuguesas (onde o estudo está a decorrer) e pela disponibilidade de um grande número de recursos de aprendizagem e documentação.

Para o envio de *Push Notifications* para smartphones com o sistema operativo Android, é necessário utilizar o serviço dedicado da Google - *Google Cloud Messaging*. Este serviço expõe uma API REST, o que facilita a comunicação com plataforma desenvolvida. No futuro, será também necessário implementar a mesma funcionalidade para o sistema análogo da plataforma *Apple* - *Apple Push Notifications service* [80].

A integração com estes dois serviços implica o desenvolvimento de uma quantidade de código considerável, que é específica apenas à realização desta funcionalidade. Numa

primeira fase, este componente era intrínseco ao *Web Service*, mas rapidamente foi decidido externalizá-lo para um serviço externo, auto-contido, sendo apelidado de *Rumour*. Desta maneira, estando isolado e completamente independente do *Web Service*, pode ser testado separadamente e utilizado por outros projetos (ver secção 7.1.4).

Após a externalização, foi desenvolvida uma biblioteca de programação para a linguagem *Ruby* que facilita a comunicação de aplicações externas para com este serviço (representada pelo número 3 no diagrama) - *rumour-ruby* [81].

#### 5.1.4 Base de Dados

O sistema é altamente dependente da base de dados. Nela são armazenados todos os dados que alimentam a plataforma: dados relativos aos doentes (e.g. nome, data de nascimento, peso, altura, medições de glicemia, medições de HbA1C, atividade física, histórico de alimentação), dados relativos aos conteúdos informativos (e.g. textos, questões, respostas, categorias, datas de envios, datas de introdução, entre outros) e ainda outros meta-dados essenciais ao funcionamento da plataforma.

Neste sentido foi necessário escolher de forma criteriosa o serviço de base de dados a utilizar. Os critérios mais relevantes foram a fiabilidade, segurança, facilidade de acesso, facilidade de instalação e configuração, e facilidade de integração com as linguagens de programação escolhidas.

Foram identificadas duas possibilidades: bases de dados relacionais (SQL) ou não relacionais (NoSQL). As bases de dados relacionais armazenam os dados em tabelas estruturadas e estáticas que têm de ser criadas e configuradas antes dos dados serem introduzidos, sendo portanto mais adequadas para aplicações com modelos de dados estruturados e que não variem ao longo do tempo [82]. Hoje em dia, as bases relacionais suportam inúmeros serviços na Internet [83]. Por outro lado, as bases de dados não relacionais (NoSQL) armazenam a informação em documentos não estruturados, sendo flexíveis ao ponto de ser possível armazenar dados completamente diferentes em estrutura no mesmo documento [84]. As diferenças de performance entre os dois tipos de base dados não são claras: dependem fortemente do tipo de dados que são introduzidos e da forma como o modelo de dados é desenhado, e dependem também da implementação que está a ser testada (existem várias alternativas no mercado tanto para bases de dados relacionais

como para bases de dados não relacionais). Deste modo, alguns estudos mostram que as bases de dados relacionais apresentam melhor performance nuns casos e as bases de dados não relacionais apresentam melhor performance noutros [85, 86].

O sistema DIYbetes poderia tirar partido das vantagens dos dois tipos de bases de dados apresentados anteriormente: lida com alguns dados estruturados (e.g. dados pessoais do utilizador) mas também com outros sem estrutura bem definida (e.g. medição de parâmetros biométricos e clínicos que podem mudar ao longo do tempo). Por esta razão foi decidido usar *PostgreSQL*, um Sistema de Gestão de Base de dados (SGBD) aberto bastante versátil que permite usar os dois tipos de bases de dados em simultâneo. O *PostgreSQL* é muito comum em aplicações web similares ao DIYbetes e a sua integração com a *framework* escolhida para desenvolver o serviço web é muito facilitada [87, 88].

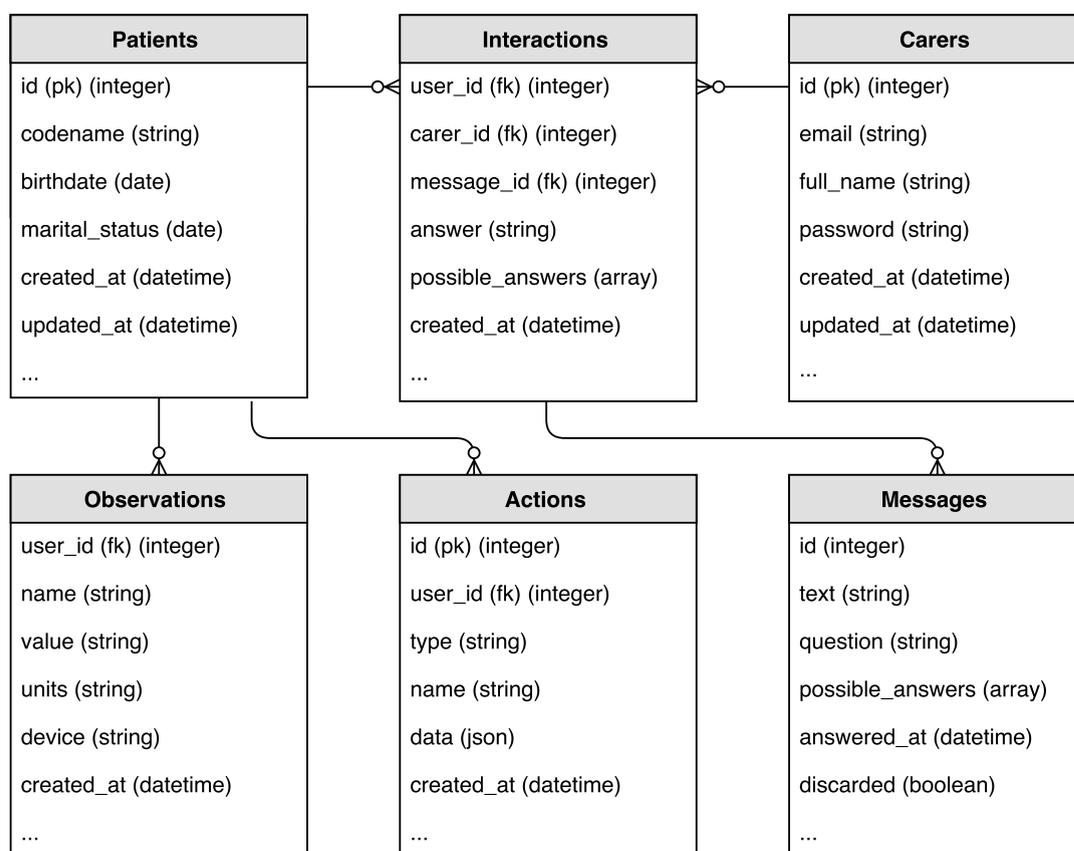


FIGURA 5.2: Diagrama de Entidade-Relação.

No diagrama da figura 5.2 podem visualizar-se as entidades mais importantes da plataforma e os seus respetivos atributos:

- ***Patients***: entidade representativa do paciente;
- ***Carers***: entidade representativa do prestador de cuidados (médico, enfermeiro, psicólogo);
- ***Messages***: entidade representativa das mensagens que são enviadas para os pacientes. Podem incluir conteúdo educacional, questões ou ambas;
- ***Interactions***: tabela intermédia da relação fraca entre *Users* e *Patients*, responsável também por armazenar as respostas dadas pelos doentes;
- ***Observations***: entidade representativa das observações feitas ao doente (e.g. medições de peso, altura, glicemia, HbA1C, tensão arterial);
- ***Actions***: entidade representativa das ações do doente (e.g. atividades de exercício físico, refeições, ingestão de álcool, tabaco);

### 5.1.5 Portal Web

O portal web, pela qual os prestadores de cuidados podem visualizar o estado de saúde atual do doente e enviar conteúdos informativos, foi construído utilizando as tecnologias comuns de desenvolvimento de *websites*: HTML5, CSS3 e Javascript [89–91]. De forma a agilizar o processo, foi utilizada a biblioteca *Ative Admin* [92], capaz de gerar painéis de administração genéricos para aplicações RESTful. Apesar de ter permitido acelerar o processo, os ecrãs gerados pela biblioteca *ative Admin* rapidamente tiveram que ser customizados para incorporar funcionalidades específicas e mais avançadas.

### 5.1.6 Importação de Dados

A importação de dados a partir de plataformas externas permite obter volumes consideráveis de informação sem importunar o utilizador (doente).

Existe uma arquitetura designada *Extract-Transform-Load* (ETL) que foi desenhada especificamente para esse fim. A arquitetura ETL é bastante simples e popularizada, constituída por três fases:

1. **Extract:** fase de extração dos dados de uma (ou várias) fonte(s). No caso da diabetes podem ser APIs de serviços externos como o *Facebook*, *Google*, *Tidepool* e *HealthVault*;
2. **Transform:** transformação dos dados extraídos, no sentido de modificar a sua estrutura para outra que seja mais conveniente;
3. **Load:** encaminhar os dados, já transformados, para o seu destino final. Este destino pode ser simplesmente o armazenamento numa base de dados para posteriormente proceder à análise e processamento.

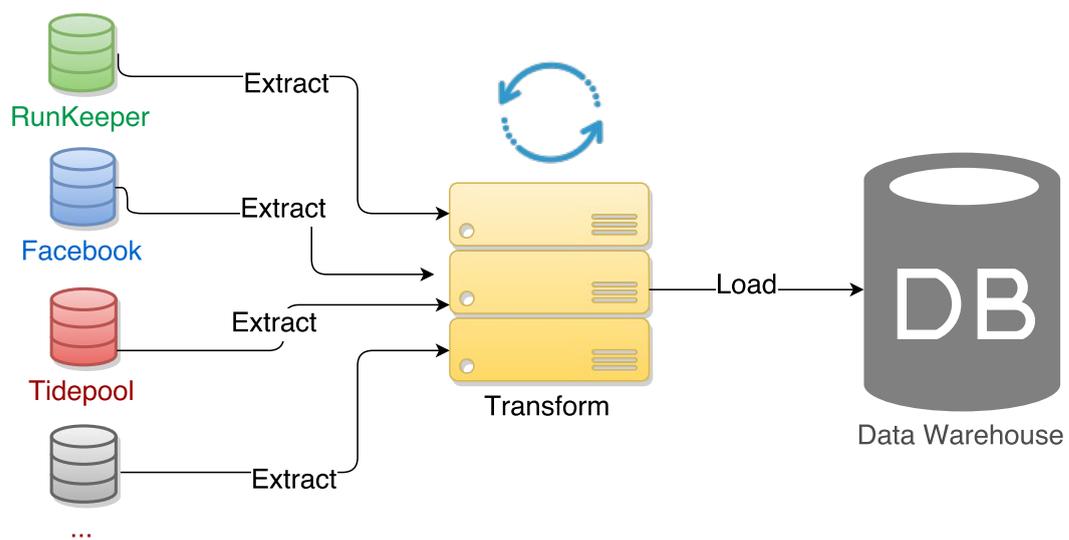


FIGURA 5.3: Diagrama de ETL.

Existem várias implementações desta arquitetura, no entanto foi decidido usar uma biblioteca da linguagem de programação *Ruby* designada *Kiba*, por ser bastante simples de configurar e utilizar, sendo também fácil de integrar com sistemas web baseados em *Ruby on Rails*.

### 5.1.7 Apoio à Decisão

No capítulo 4 foi referido que o sistema dispunha de um mecanismo de apoio à decisão, capaz de selecionar automaticamente conteúdo personalizado para cada doente. Este sistema baseia-se num algoritmo de análise e processamento de dados que usa as características do doente e as relaciona com as características das mensagens de conteúdo informativo.

É relevante mencionar que a escolha do algoritmo, apresentada já de seguida, foi apenas fruto de uma pesquisa bibliográfica. Como a implementação deste componente está fora do âmbito deste trabalho, não foi feito um estudo detalhado de quais os algoritmos mais adequados para aplicar. Contudo, apresentam-se os resultados da revisão bibliográfica que foi efetuada, pois podem ser úteis para o futuro desenvolvimento deste componente.

Existem inúmeras possibilidades de métodos complexos que poderiam ter sido testados para atingir este objetivo (e.g. redes neuronais, sistemas difusos), no entanto o tempo de desenvolvimento da plataforma era um fator prioritário e portanto tornou-se imperativo selecionar uma alternativa mais simples. Dentro destas, as árvores de decisão mostraram ser uma possibilidade simples de implementar e também de interpretar, pois são muito transparentes no que toca ao contexto do problema. Uma árvore de decisão funciona como um conjunto de regras estruturado e encadeado [93].

A figura 5.4 mostra um exemplo de uma árvore de decisão que poderia ser usada para selecionar automaticamente conteúdo educativo para doentes fumadores, um dos fatores de risco da diabetes. Árvores de decisão deste tipo podem ser construídas de várias formas: a maneira mais simples é a construção manual a partir de conhecimento empírico. Analisando o exemplo, podemos observar que uma árvore de decisão é simplesmente um conjunto de regras declarativas que foram encadeadas de maneira a minimizar os passos necessários para atingir uma decisão. Desta forma, qualquer pessoa pode compilar um conjunto de regras e tentar transformá-la numa árvore de decisão como a do exemplo. Apesar de simples, a construção manual de árvores de decisão pode trazer vários problemas. Quando a quantidade de variáveis de decisão é considerável, pode tornar-se extremamente difícil encadeá-las de forma a obter uma árvore eficiente. Por esta razão, existem vários métodos de construção automática de árvores de decisão a partir de conjuntos de dados. Os algoritmos mais populares são o ID3 e o C4.5 [93, 94].

Apesar de ambos os algoritmos ID3 e C4.5 apresentarem geralmente bons resultados na construção automática de árvores de decisão, eles dependem da existência de um conjunto de dados para levar a cabo essa tarefa [95]. Por exemplo, para gerar uma árvore como a da figura 5.4, os algoritmos ID3 e C4.5 necessitariam de uma tabela de dados onde se fariam corresponder as características do doente (ser ou não fumador, ter ou não histórico de CVDs, ser ou não alcoólico) aos tipos de conteúdo adequados. No

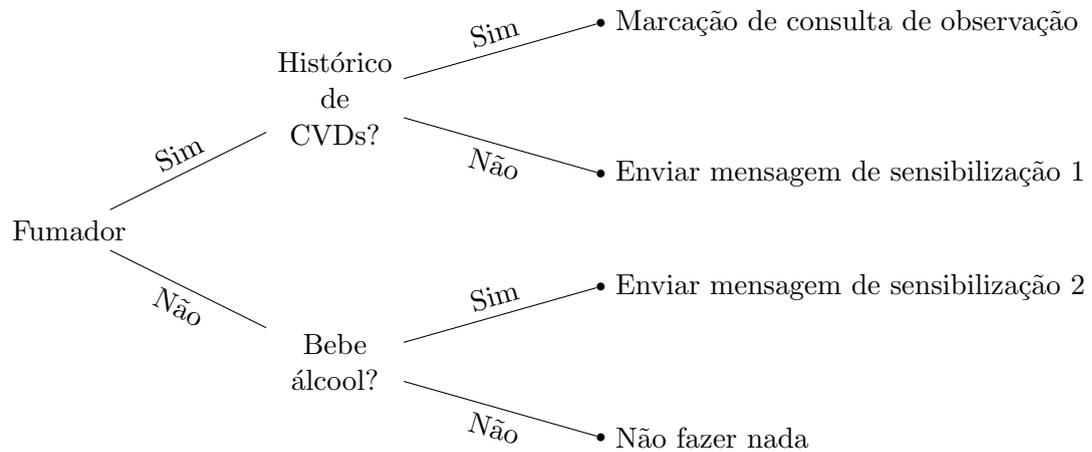


FIGURA 5.4: Exemplo de uma árvore de decisão para a selecção automática de conteúdo informativo.

caso do DIYbetes, estes conjuntos de dados não existem. Este é um problema frequente na área da análise e processamento de dados designado por *Cold Start* [96].

Como alternativa aos algoritmos ID3 e C4.5, existe um método chamado *Rule-Based Decision Tree* (RBDT) que é capaz de construir árvores de decisão a partir de um conjunto de regras declarativas em vez de o fazer a partir de um conjunto de dados [97, 98]. Regras declarativas são expressões da forma "**SE isto, ENTÃO aquilo.**", ou em inglês "**IF this, THEN that.**", tal como os exemplos que se seguem:

- **Se** é fumador, **ENTÃO** deve receber mensagens de sensibilização sobre o tabagismo.
- **Se** é fumador **E** tem histórico de CVDs, **ENTÃO** deve marcar imediatamente uma consulta de observação.
- **Se** não é fumador **E** não tem histórico de CVDs, **ENTÃO** não deve ser tomada nenhuma ação.
- ...

O ponto positivo das regras declarativas é que são uma mera representação de conhecimento empírico. É muito fácil compilar conhecimento empírico da literatura e transformá-lo em regras declarativas. Sendo a diabetes um tema de saúde pública extensivamente estudado por diversas organizações a nível mundial, a quantidade de informação disponível sobre a mesma é bastante significativa.

O processo de implementação do método RBDT começa com a preparação dos dados, em que são escolhidas características dos doentes (e.g. peso, glicemia, HbA1C, tabagismo, frequência de atividade física, entre outros) e categorizados os conteúdos informativos (e.g. clínicos, atividade física, alimentação, stress, sono, entre outros). Após esta preparação, as características dos doentes e os conteúdos informativos são conjugados sob a forma de regras declarativas, com base em conhecimento empírico que pode ser encontrado na literatura. Depois de estarem na forma de regras declarativas, o método RBDT é utilizado para construir a árvore de decisão como a do exemplo 5.4. Informação mais detalhada sobre a implementação deste método pode ser consultada na publicação "A new method for learning decision trees from rules", referenciada na bibliografia [97, 98].

Existem outros métodos de construção automática de árvores de decisão a partir de regras declarativas, nomeadamente o AQDT-1 e AQDT-2, mas foi mostrado que estes são mais complexos e produzem piores resultados quando comparados com o método RBDT [97, 99].

O sistema de apoio à decisão dá assim origem a um novo componente, desenvolvido em *Python*, que percorre a base de dados periodicamente e constrói (ou atualiza) as árvores de decisão de cada utilizador. Desta maneira, o sistema está continuamente a reavaliar o estado de saúde do utilizador e a selecionar novos conteúdos de forma correspondente. Foi escolhida a linguagem de programação *Python* porque o mestrando teve acesso a uma biblioteca, escrita nesta linguagem, que implementa o algoritmo e o expõe para ser utilizado através de uma API. Para ter acesso a esta biblioteca, o mestrando entrou em contacto diretamente com o autor da publicação, Prof. *Amany Abdelhalim*.

### 5.1.8 Aplicação para Smartphone

Não sendo possível desenvolver uma aplicação para cada plataforma móvel, foi escolhido por conveniência o sistema operativo *Android* [100], pois as ferramentas e tecnologias subjacentes ao desenvolvimento de aplicações para este sistema operativo eram mais familiares ao mestrando em comparação com as alternativas (iOS, WindowsPhone e BlackBerry). Além disso, o sistema operativo Android domina o mercado dos smartphones com aproximadamente 78% de fatia de mercado em 2015 [101].

O desenvolvimento da aplicação foi feita com recurso ao pacote de desenvolvimento integrado *Android SDK*, que expõe um conjunto de funcionalidades que podem ser acedidas a partir do sistema operativo. O *Android SDK* implica a utilização da linguagem de programação *Java*, versão 7.

A aplicação comunica com o servidor web usando HTTPS e JSON, como foi descrito anteriormente, e recebe *Push Notifications* por intermédio de um serviço dedicado fornecido pela própria *Google* - o *Google Cloud Messaging* (GCM).

### 5.1.9 Disponibilidade

A disponibilidade (ou *Availability* em inglês) foi um dos atributos de qualidade tido em consideração no desenho da solução. As funcionalidades de monitorização e envio de conteúdos informativos em tempo real obriga a que o sistema esteja disponível durante 100% do tempo. Uma falha grave que provoque a desativação do sistema pode resultar em perda imediata de informação nos dois sentidos.

No sentido de manter o sistema sempre disponível foi adotada uma técnica de redundância baseada na replicação do *Web Service*. Em todos os momentos, existe não uma mas duas instâncias do *Web Service* a serem executadas em simultâneo, capaz de satisfazer também em simultâneo os pedidos dos outros componentes constituintes do sistema. Esta característica é possível de atingir utilizando um software designado por *Load Balancer*, responsável como o nome indica por equilibrar a carga de pedidos entre as múltiplas instâncias do *Web Service*. Desta maneira, se uma das instâncias sofrer uma falha por qualquer motivo, ou numa situação de atualização de software em que é necessário reiniciar a instância, o tráfego é imediatamente redirecionado para a instância de reserva.

O software de *Load Balancing* utilizado está embebido no servidor *web* - *Nginx* - sendo necessário configurar apenas alguns parâmetros para ativar esta funcionalidade.

### 5.1.10 Segurança e Privacidade

A segurança e a privacidade dos dados são os dois atributos de qualidade mais importantes do sistema. O *DIYbetes* lida com dados privados muito sensíveis, como o histórico

clínico do doente, e por isso é estritamente necessário apetrechar todos os componentes do sistema com barreiras de segurança para garantir que a informação não é comprometida.

Para começar, todos os componentes comunicam entre si através de um protocolo encriptado - HTTPS. Desta maneira o sistema está protegido contra ataques do tipo *man-in-the-middle*, ou seja, intercepção da comunicação entre os componentes do sistema por parte de agentes externos [102]. Mesmo que seja interceptada informação, o fato de estar encriptada faz com que esta seja indecifrável, e por isso inútil para o atacante.

O sistema está também protegido contra ataques de injeção de SQL, que é quando o atacante insere comandos de SQL em formulários destinados para a introdução de dados, permitindo visualizar, modificar e até eliminar dados da base de dados [103]. No DIYbetes, a interação com a base de dados está protegida por mecanismos de branqueamento que removem quaisquer caracteres ou expressões malignas, eliminando a possibilidade de executar ataques de injeção de SQL.

Os ataques de *Cross-Site Request Forgery* (CSRF) são também muito comuns no mundo da Internet. Estes consistem na exploração de recursos e mecanismos de autenticação ativos no computador da vítima para executar ações que dependem dessa condição [104]. O DIYbetes protege-se contra este tipo de ataques renovando as sessões de autenticação frequentemente e não permitindo que navegador web faça pedidos externos a outros sistemas.

Por fim, no que toca à segurança, as instâncias do *Web Service* estão alojadas em servidores cuja única forma de comunicação é o protocolo encriptado *Secure Shell* (SSH). A única pessoa autorizada para aceder aos servidores é o administrador do sistema, o próprio mestrando. Além disso, todos os acessos ao servidor são monitorizados e armazenados remotamente.

A privacidade dos dados impõe também algumas medidas adicionais. Como foi dito no início desta secção, o DIYbetes lida com dados privados e muito sensíveis, de tal forma que estão sujeitos a autorizações da Comissão Nacional de Protecção de Dados (CNPD) para serem armazenados (ver secção 6.3). Esta nuance implicou uma intervenção na arquitetura do sistema: os dados clínicos referentes a um doente não podem ser de maneira nenhuma relacionados com os dados que o identificam, de forma a manter a

privacidade e o anonimato do doente. Por esta razão, nenhuma informação possivelmente identificativa do doente pode ser introduzida na plataforma acoplada aos dados clínicos respetivos, tendo sido atribuído um número identificativo em substituição. A única pessoa (ou entidade) que é autorizada a possuir a chave que relaciona os dados clínicos com os dados de identificação é o médico. Por esta razão o sistema não armazena nenhuma informação que possa identificar o doente, e portanto não é possível associar os dados.

Apesar de estar fora do âmbito deste trabalho, e portanto não ter sido implementado, está a ser elaborado um método capaz de relacionar os dados de identificação do paciente (*Personally identifiable information* - PII) com os respetivos dados de saúde (*Protected health information* - PHI) mesmo que estes não residam no mesmo servidor físico. Desta maneira é possível relacionar os dados no momento utilização da plataforma por indivíduos autorizados e ao mesmo tempo manter os dados completamente isolados. Este método baseia-se na utilização de um servidor adicional, alojado num local remoto, que armazena a chave capaz de relacionar o PII com o PHI. Tem a vantagem de ter sido utilizado em sistemas homologados pelo *Health Insurance Portability and Accountability Act* (HIPAA) [105], tal como o DIYbetes pretende ser num futuro próximo.

## 5.2 Desenvolvimento

### 5.2.1 Linguagens de Programação e *Frameworks*

Sendo uma arquitetura bastante comum na atualidade, poderiam ter sido usadas várias linguagens de programação e *frameworks* para desenvolver o sistema. Os critérios usados para selecionar as ferramentas de programação foram a velocidade de desenvolvimento, flexibilidade, facilidade de manutenção e segurança. É também relevante mencionar que o desenvolvimento do sistema tem como objetivos atingir algum nível de eficiência e escalabilidade a curto e médio prazo, sendo que a maior preocupação é finalizar o protótipo atempadamente sem comprometer atributos críticos como a segurança.

Segundo os critérios, as linguagens que se destacaram foram *Ruby* e *Python* [106, 107]. Ambas têm *frameworks* de desenvolvimento *web* maduras e usadas de forma muito generalizada, com atributos de qualidade muito similares [108, 109]. Após alguma

análise das vantagens e desvantagens de cada uma, foi decidido usar a linguagem Ruby com a *framework Ruby on Rails* devido aos seguintes fatores diferenciadores:

- Além de ser flexível, é bastante focada em aplicações RESTful. Ideal para a arquitetura do sistema;
- Maior quantidade de documentação e recursos de aprendizagem disponíveis na Internet.
- Facilidade de instalação e configuração;
- Boa integração com a base de dados, por intermédio de um Object-Relational Mapping (ORM) muito completo;
- Funcionalidades de segurança ativadas por defeito (e.g. *CSRF Protection*, *SQL injection Protection*);

Acoplado ao *Ruby on Rails*, foi também usada a *framework Grape* para expôr os recursos do sistema através de uma *Application Programming Interface* (API) REST. A *framework Grape* tem excelentes funcionalidades de segurança, validação de parâmetros e documentação já incluídas, aumentando dramaticamente a velocidade de desenvolvimento.

### 5.2.2 Metodologia

Os requisitos do sistema não estavam particularmente definidos desde o dia 1. A conceção e aprimoramento da plataforma, bem como a definição de prioridades, foi um processo contínuo e natural resultante do desenvolvimento e teste da mesma. Isto faz com que as tarefas de implementação sejam muito dinâmicas e se modifiquem muito rapidamente. Esta característica, aliada ao fato do único membro da equipa de desenvolvimento ter sido o próprio mestrando, levou a que fosse escolhida a metodologia de desenvolvimento *Kanban* [110]. A adaptação inerente à metodologia *Kanban* oferece a flexibilidade necessária e imposta pelas condições do projeto.

O estado da plataforma é monitorizado e analisado continuamente, e em qualquer altura podem surgir novas tarefas de implementação. Esta informação é armazenada e organizada no *software* de gestão *Trello*, muito adaptável e largamente utilizada para gerir projetos de software.

### 5.2.3 Controlo de Versões

O sistema DIYbetes é composto por vários componentes, cada um capaz de comunicar com pelo menos um dos restantes. Uma pequena alteração na API de cada um deles sem atualizar os restantes pode resultar em súbitas falhas de comunicação. Com o objetivo de manter a integridade e coerência do sistema, foi aplicado um método de controlo das versões de cada componente. Para o efeito, foi usado o software de controlo de versões *Git* [111], desenvolvido por *Linus Torvals*, a mesma pessoa que criou o sistema operativo *Linux* [112]. Existem outras alternativas disponíveis, como o *subversion*, no entanto o *Git* apresenta ser mais simples e mais familiar ao mestrando.

Usando o software *Git* é possível manter uma cópia de cada versão do código de cada componente constituinte do sistema. É possível fazê-lo usando até armazenamento remoto, tendo sido utilizado neste trabalho o serviço de alojamento de repositórios privados de software *Bitbucket*.

### 5.2.4 Testes Automáticos

Tal como foi dito na secção 5.2.3, o número de componentes que constituem o sistema obriga à implementação de procedimentos adicionais para garantir a integridade e coerência da plataforma.

Um fator determinante para garantir um processo de desenvolvimento fluido é a existência de testes automáticos. Testes automáticos são geralmente um conjunto de premissas acerca do comportamento do sistema (configuração, respostas a pedidos, gestão de falhas, entre outros) implementadas elas próprias em código que pode executado para testar o sistema. Os testes automáticos distinguem-se do método manual de teste por serem bastante mais rápidos. Por exemplo, testar se uma página da interface web de administração está a ser apresentada corretamente demora pelo menos o tempo necessário para o utilizador navegar até à mesma e fazer a verificação ele próprio. Por outro lado, os testes automáticos fazem-no computacionalmente, tendo capacidade de testar um número de páginas bastante mais elevado no mesmo período de tempo.

A implementação de testes automáticos num qualquer sistema traz vantagens a curto e principalmente a longo prazo, pois é extremamente eficaz a detetar previamente erros no software, antes de este ser colocado em produção.

Neste sentido, foi usado um método de desenvolvimento designado por *Test Driven Development* (TDD) [113], que consiste em escrever primeiramente o teste antes de escrever o código da funcionalidade propriamente dita. Assim, a funcionalidade só se assume como pronta quando a execução do teste não encontra erros.

O conjunto de testes inclui testes unitários (destinados a classes e métodos específicos), testes de integração (destinados às interfaces entre os sistemas), testes de segurança e testes de aceitação, ficando excluídos testes de sistema e de usabilidade.

### 5.2.5 Distribuição

Optou-se por alojar o *Web Service* num serviço de alojamento virtual - *Virtual Private Server* (VPS) - com o objetivo de reduzir os custos associados. Esta abordagem tem também a vantagem de ser mais flexível do que o alojamento de servidor físico, pois é possível escalar os recursos de hardware dinamicamente na eventualidade de se tornar necessário. Foi também configurado um ambiente de testes idêntico ao ambiente de produção, onde são instaladas as novas versões do software para serem testadas antes de serem colocadas no ambiente principal.

Os recursos do *Web Service* são expostos usando o *web server Nginx*. Existem outras alternativas, como o *Apache*, no entanto o *Nginx* distingue-se por ser mais simples de configurar e por apresentar melhores resultados de performance em aplicações dinâmicas como o *DIYbetes* [114].

No que toca à aplicação de smartphone, a sua distribuição será feita através da plataforma *Google Play Store*, de onde poderá ser descarregada e instalada no smartphone de cada utilizador.

## 5.3 Considerações Finais

A primeira versão do protótipo foi finalizada e colocada em produção em 20 de Abril de 2015. Encontra-se disponível desde então.

Todo o trabalho de implementação descrito neste capítulo foi feito pelo mestrando, excetuando o componente de apoio à decisão e o componente de extração de dados, que

não foram implementados de todo. A implementação destes componentes não estava prevista nos objetivos deste trabalho e, por uma questão de priorização de tarefas, não foram finalizados. No entanto, foi feito o trabalho de pesquisa e de decisão subjacente às tecnologias passíveis de serem utilizadas na implementação dos mesmos, o que irá agilizar o seu processo de desenvolvimento no futuro.

O capítulo 6 descreve o estudo clínico para o qual a plataforma desenvolvida servirá de suporte.



## Capítulo 6

# Estudo Clínico

### 6.1 Introdução

Como foi exposto no capítulo 4, o objetivo principal do desenvolvimento da plataforma é o de servir de suporte à realização de um estudo clínico. A realização deste estudo foi fruto de uma parceria entre a Universidade de Coimbra, a RedLight Software, o Serviço de Medicina Interna A do CHUC, o Serviço de Endocrinologia do CHUC, a Associação de Diabéticos da Zona Centro (ADZC) e por fim os Centros de Saúde Norton de Matos e Celas.

A conceção do estudo não fez parte dos objetivos do presente trabalho, contudo a operacionalização técnica do mesmo foi da responsabilidade do mestrando, bem como o ajuste de alguns pormenores protocolares.

### 6.2 Metodologia de Investigação

#### Problema e Hipóteses

O problema subjacente ao estudo é perceber se a aplicação de técnicas de encorajamento de gestão pessoal da diabetes através da plataforma desenvolvida, baseada nas mais recentes tecnologias móveis, poderá realmente ter efeito na qualidade de vida dos doentes.

Neste sentido, identifica-se a Variável Independente (VI) como sendo a aplicação de técnicas de encorajamento de gestão pessoal da diabetes através da plataforma desenvolvida. Em específico, traduz-se na utilização da plataforma para monitorizar e enviar conteúdos educativos para o doente. Por outro lado, a Variável Dependente (VD) define-se como sendo o impacto na qualidade de vida dos doentes e nos custos dos sistemas de saúde.

Por conseguinte derivam-se as hipóteses:

1. A plataforma irá aumentar a auto-disciplina com uma redução de comportamentos de risco, conduzindo a uma redução e controlo da glicemia, HbA1C, tensão arterial, altura, peso e perímetro abdominal.
2. O uso da plataforma tem impacto significativo na redução dos níveis de stress (diretamente relacionadas com a doença), ansiedade e sintomas de depressão após 3 meses de intervenção. Estes dados serão recolhidos através do preenchimento de questionários de auto-relato sobre problemas de saúde mental.
3. O uso da plataforma tem impacto positivo no estado de saúde mental e auto-estima do doente. Além disso, o uso de terapias cognitivo-comportamentais de terceira geração são determinantes para o impacto registado. Esta última é particularmente interessante pois permite avaliar a eficácia de diferentes mecanismos de motivação comportamental.
4. O método utilizado, baseado em conceitos de *mHealth*, apresenta resultados de custo-benefício e custo-eficácia favoráveis em comparação com os métodos convencionais de tratamento. Os custos em questão são relativos aos recursos gastos em cuidados médicos (tanto no acompanhamento como na intervenção farmacológica).
5. O método utilizado tem impacto financeiro efetivo dos custos de programas de *mHealth*, tendo em conta não só os custos associados às intervenções mas também os custos associados ao esforço real da adoção de tecnologias móveis. Este aspeto é particularmente relevante dado que o promotor principal visa o lançamento da plataforma no mercado global, por forma a não ter custos inesperados no plano de negócios que suporta a entrada no mercado do produto a desenvolver pós-projeto.
6. A introdução de alterações comportamentais tem efeito na melhoria da qualidade de vida a longo prazo. Os resultados a curto prazo podem não ser indicadores

de melhorias a longo prazo, podendo inclusivamente atrasar o aparecimento de complicações clínicas, em vez de as prevenirem.

### **Tipologia**

A validação das hipóteses será realizada através de um estudo clínico longitudinal inter-ventivo de comparação de grupos de paralelos (controlo e de intervenção), em que são seleccionados doentes elegíveis de acordo com os critérios definidos mais à frente nesta secção. Após serem seleccionados, os doentes foram incluídos aleatoriamente no grupo de controlo ou no grupo de intervenção. O grupo de intervenção faz uso da plataforma desenvolvida enquanto que o grupo de controlo cinge-se aos métodos convencionais de acompanhamento.

### **Procedimentos**

A primeira fase passa pela realização de uma entrevista estruturada ao doente com o objetivo de recolher informação pessoal e clínica através de um questionário que inclui os seguintes indicadores:

- Idade, altura, peso, estado civil, nível escolar, situação profissional, entre outros;
- Estado de saúde mental com foco nos elementos de estado emocional; histórico clínico de utilização de medicação psicotrópica e qualidade/quantidade de sono;
- Atitude do doente perante a doença, a perceção que este tem acerca da importância do controlo da glicemia, o seu nível de sedentarismo diário e a qualidade da sua alimentação;
- Estado da doença, complicações verificadas no último ano, hábitos de consumo de tabaco e álcool;

No primeiro protocolo do estudo estava prevista uma consulta feita pelo médico de família no sentido de averiguar se os critérios de inclusão e exclusão se verificam e também para confirmar as expectativas do doente sobre a sua participação no estudo. Esta consulta serviria adicionalmente para medir e registar a pressão arterial e a glicemia.

O procedimento descrito no parágrafo anterior foi mais tarde revisto e alterado de maneira a que o doente fosse primeiro consultado pelo médico, onde lhe seria exposta a possibilidade de participar no estudo, e, caso fosse do seu interesse, procedia-se posteriormente à recolha de informação pessoal e clínica através do questionário. Esta alteração revelou-se mais eficaz do ponto de vista da organização do processo de recrutamento.

De seguida inicia-se o processo de acompanhamento através da plataforma desenvolvida, com a duração de aproximadamente 3 anos, em que são recolhidos dados continuamente através do dispositivo móvel (e.g. hábitos alimentares, exercício físico, auto-avaliação sobre a qualidade de vida, estado emocional, auto-estima, auto-suficiência na forma de lidar com a doença, atitude perante a doença). É também recolhida informação clínica e biométrica (e.g. tensão arterial, glicemia) se aplicável, i.e., se o doente possuir dispositivos pessoais de monitorização.

Paralelamente, a cada três meses (periodicidade da consulta de rotina) são novamente recolhidos dados clínicos e biométricos. Estes dados serão usados para validar o impacto que a plataforma poderá ter no controlo da diabetes.

Por fim, será feita uma análise estatística dos dados recolhidos entre os grupos de controlo e de intervenção e produzidas as conclusões correspondentes.

### **Suporte tecnológico**

Para pôr em prática as técnicas de educação pessoal para a gestão e controlo da Diabetes Mellitus do tipo 2 (DSME e DSMS), é utilizada a solução baseada em *mHealth* apresentada no capítulo 4. Em suma, a solução incorpora um conjunto de ferramentas tecnológicas que permitem dar resposta às necessidades de monitorização e análise de dados em tempo real, nomeadamente no acompanhamento do doente de forma constante durante o seu dia.

As ferramentas de que a solução dispõe estão descritas detalhadamente no capítulo 4, sendo que, resumidamente, servem essencialmente 3 propósitos:

- Monitorização remota e registo de indicadores de saúde;
- Análise em tempo real do estado de saúde;

- Acompanhamento (*coaching*) personalizado;

## **Amostra**

No sentido de produzir resultados estatisticamente significativos, o número total de doentes que têm de ser incluídos neste piloto ronda os 100, com cerca de 50 doentes em cada grupo (intervenção e controlo) - considerando uma dimensão efetiva média, uma potência de 0.8, intervalo de confiança de 95% e uma margem de erro de 10%. Estes valores foram obtidos para um cenário em que a população diabética portuguesa é o universo a estudar (atualmente cerca de 13%, i.e., aproximadamente 1 milhão).

Está a decorrer simultaneamente um piloto aberto a qualquer pessoa (com diabetes do tipo 2) que queira participar, dado que a aplicação para smartphone pode ser distribuída facilmente no mercado de aplicações *Google Play Store*. Apesar dos dados destes sujeitos não poderem ser utilizados no estudo de observação clínica, podem ser recolhidas métricas de usabilidade (e adoção) a uma escala maior, possibilitando assim testar a robustez da arquitetura da solução para o posterior desenvolvimento do protótipo pré-industrial. À data da escrita deste documento, a aplicação não estava ainda disponível na *Google Play Store*, pelo que está a ser distribuída por outros meios.

## **Elegibilidade**

De entre os utentes com diabetes do tipo II seguidos pelos parceiros do projeto, foram selecionados com preferência aqueles com dificuldades na gestão da doença. No que toca aos restantes critérios, foram incluídos sujeitos que reúnam simultaneamente as seguintes características:

- Adultos (de ambos os sexos);
- Com idade a partir dos 18 anos;
- Diagnosticados com diabetes do tipo II há pelo menos 6 meses;

Foi dada preferência aos indivíduos que:

- Possuíam dispositivos de monitorização pessoais de parâmetros clínicos como glicemia e tensão arterial;
- Tinham um baixo bem-estar emocional medido através do teste OMS-5 com resultados abaixo de 13 [115, 116];

Da mesma forma, foram excluídos do piloto os doentes:

- Que tiveram episódios recentes de psicopatologia, consumidores de álcool ou narcóticos, ou apresentavam fenómenos de co-morbilidade aguda (doença oncológica ou risco cardíaco);
- Com dificuldades de leitura ou compreensão em português e iliteracia informática (na ótica de utilizador), incluindo incapacidade de utilizar smartphones (ou telemóveis);
- Que tinham iniciado um programa de apoio psicológico nos seis meses anteriores ao início do piloto;
- Que não têm capacidade para cumprir os procedimentos (por identificação do médico);

### **Seleção**

O processo de identificação e seleção dos doentes foi feita de entre a população de diabéticos seguida pelos médicos dos parceiros do projeto que se disponibilizaram para participar no presente estudo. Foi alocada ao projeto a psicóloga Marta Oliveira para apoiar a operacionalização do estudo, nomeadamente no estabelecimento de contactos com parceiros e possíveis participantes. De acordo com as normas internacionais de realização de estudos clínicos a identificação destes doentes está vedada aos restantes membros do projeto.

Caso se confirme a vontade do doente participar no estudo, terá que assinar um documento autorizando a recolha de informação clínica e pessoal. Os detalhes sobre as implicações legais podem ser consultados na secção 6.3.

Após obtenção do consentimento informado, o doente receberá um número de participação único. Obtendo o número único e não identificativo do doente, será utilizada

uma aplicação estatística para incluir aleatoriamente o doente em um dos dois grupos, eliminando a influência dos médicos da entidade parceira no processo de atribuição dos doentes a cada grupo.

As inscrições para o piloto que decorre em paralelo com o estudo clínico podem ser feitas numa página web dedicada a esse efeito [117].

### 6.3 Ética

O estudo necessita de recolher informação privada e sensível sobre o doente, como dados pessoais e clínicos. A posse deste tipo de informação por parte de outros (i.e., que não o próprio) é protegida por lei e como tal foram postos em marcha os mecanismos legais para a obtenção da mesma.

Foi portanto solicitada uma autorização à CNPD para serem recolhidos e armazenados os seguintes dados referentes aos doentes: sexo, data de nascimento, morada, peso, altura, perímetro abdominal, HbA1C, valores glicemicos, pressão arterial, colesterol total, colesterol HDL, triglicérideos, hábitos de alimentação/tabágicos/exercício físico, antecedentes familiares, número de consultas por ano, ajustes terapêuticos, registo de complicações, número de episódios de urgência, bem estar físico e psicológico e por fim, raça. A autorização foi aceite e comunicada no dia 17 de Abril de 2015. Pode ser consultada no anexo A.

Adicionalmente, foi produzido um documento que visa declarar o explícito consentimento livre e informado por parte dos doentes ao participar no estudo. Este documento pode ser consultado no anexo B e é designado por Consentimento Informado. Caso se confirme a vontade livre e informada do doente participar no estudo, o documento de consentimento informado será assinado pelo próprio doente e co-assinado pela pessoa que conduziu o processo de seleção.

O estudo garante a preservação e anonimato dos dados do doente. Para garantir o anonimato dos participantes, foi atribuído um identificador único a cada doente. A lista que permite identificar que este número corresponde ao doente em questão será mantida confidencial e de acesso único ao(s) médico(s) da entidade parceira - excluindo

os restantes promotores do projeto - garantindo assim a privacidade e confidencialidade do doente.

Os resultados e conclusões do estudo clínico apresentado neste capítulo, bem como os resultados e conclusões respetivos ao restante trabalho desenvolvido, detalhados no capítulo 7.

# Capítulo 7

## Conclusão

### 7.1 Resultado Final

#### 7.1.1 Plataforma

O trabalho apresentado no âmbito desta tese consistiu, em primeira instância, na conceção e implementação de uma plataforma informática baseada em tecnologias móveis capaz de acompanhar continuamente doentes diabéticos, monitorizando o seu estilo de vida e transmitindo informação educativa em tempo real, de forma personalizada.

Até estar em ambiente de produção, i.e., disponível para ser utilizado, o protótipo da plataforma passou por vários estágios de desenvolvimento. Numa primeira fase, foi dada extrema importância ao modelo de interação com o utilizador (i.e., o doente). Era pretendido que o método de comunicação se revelasse altamente natural, tanto na recolha de informação como na transmissão de conteúdos, de forma a que se aproximasse ao máximo de uma situação de conversa presencial com um médico (i.e., uma consulta convencional). Após este estar definido, a preocupação seguinte foi desenhar uma arquitetura flexível e ao mesmo tempo segura, no sentido de poderem ser modificadas funcionalidades sem dificuldades maiores e sem comprometer a segurança e privacidade dos dados. Segue-se naturalmente a escolha de ferramentas e tecnologias, depois a implementação, testes e por fim o lançamento em ambiente de produção.

Em retrospectiva, conclui-se que as ferramentas e tecnologias usadas corresponderam perfeitamente às expectativas. A rapidez de desenvolvimento estimada aquando da escolha

das ferramentas confirmou-se, o que permitiu construir uma primeira versão usável do protótipo num curto período de tempo. Da mesma maneira, a flexibilidade inerente às mesmas permitiu com que a plataforma se adaptasse muito facilmente ao ajuste de requisitos, o que ocorreu algumas vezes durante o projeto. No que toca à disponibilidade, o sistema tem-se mantido em execução desde o dia em que foi lançado - 20 de Abril de 2015, sem interrupções. Por fim, até à data, não foi registada nenhuma falha de segurança.

Foram registadas, no entanto, raras falhas no envio das SMSs através do serviço externo *Twilio* que ocorreram por inteira responsabilidade do mesmo. Nestes casos, algumas mensagens não eram enviadas para os doentes (ou eram enviadas em duplicado) após serem despachadas para o serviço *Twilio*. Para colmatar esta falha, foi necessário implementar um mecanismo de *retry*.

No que toca às funcionalidades concebidas e implementadas, de uma forma geral, pode afirmar-se que cumpriram o seu objetivo. É relevante no entanto referir uma nuance: o modelo de interação foi desenhado assumindo que a maioria dos utilizadores era possuidor de um smartphone. O facto de possuir um smartphone abre oportunidades de recolha de dados mais interessantes em comparação com um telemóvel dito convencional. O problema é que desde que a plataforma se encontra disponível foram incluídas apenas aprox. 40% de pessoas com smartphone (ver 7.1, o que obriga a que a comunicação seja feita apenas por intermédio de SMSs. Esta nuance deu origem à alteração de certos elementos na plataforma, nomeadamente nos cuidados a ter com a codificação dos caracteres de texto.

Foi ainda detetada uma falha ao nível da usabilidade no mecanismo de comunicação que acontecia quando um doente pretendia desistir do estudo clínico. Esta falha acontecia quando um doente, na tentativa de comunicar com os responsáveis pelo estudo, tentava efetuar chamadas para o número a partir do qual eram enviadas as mensagens. O número em questão não estava preparado para receber chamadas ou mensagens, e quando esta situação acontecia, era enviada uma mensagem automática definida pelo próprio *Twilio*. Esta mensagem confundia os utilizadores e provocava sentimentos de desconfiança na plataforma. Em retrospectiva, foi decidido que deve ser implementado um mecanismo de cancelamento automático do serviço para doentes com telemóveis convencionais (e.g. envio de uma SMS com o texto "SAIR").

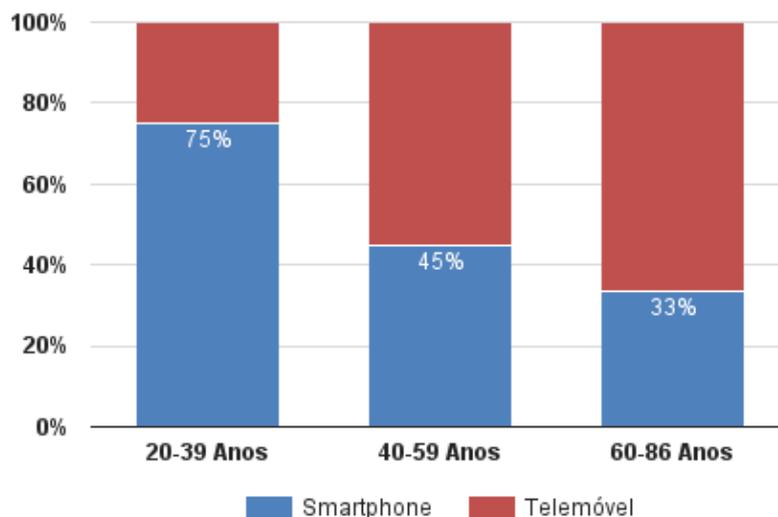


FIGURA 7.1: Percentagem de sujeitos com smartphone por faixa etária (20-39 - 5 sujeitos; 40-59 - 25 sujeitos; 60-86 - 64 sujeitos).

À data da escrita deste documento a plataforma regista 60 utilizadores (correspondentes ao grupo experimental), num total de 2340 interações registadas.

A mesma, sendo a materialização de uma proposta de solução ao problema subjacente, tende a distinguir-se das soluções existentes também baseadas em tecnologias móveis por representar uma convergência de técnicas de terapêutica e, de uma forma geral, conhecimento acerca da doença: a maioria dos sistemas existentes baseados em tecnologias móveis focam-se isoladamente em apenas um dos fatores relevantes para o incentivo da gestão pessoal da diabetes. Por um lado, os sistemas de recolha de informação relativa ao paciente (seja informação pessoal, clínica, alimentar ou relativa à atividade física) focam-se precisamente e unicamente na recolha, armazenamento e por vezes visualização da mesma. Tome-se o exemplo das aplicações de agregação de dados *Google Fit* e *Apple HealthKit*: estas, apesar de provarem a sua utilidade enquanto repositório normalizado de informação, e até possibilitarem a consulta da mesma através de gráficos, não são capazes de analisar de forma crítica e inferir o estado de saúde do utilizador para eventualmente assumir uma posição interventiva. Por outro lado, os sistemas de aconselhamento são na sua maioria demasiado genéricos, no sentido em que transmitem informação genérica e não criteriosa por todos os doentes (no caso de sistemas desenhados para aconselhamento de doentes com determinada doença). A partir desta

premissa, o sistema desenvolvido integra tanto mecanismos de recolha de informação como de aconselhamento para assim poder acompanhar mas também intervir na modificação de comportamento do doente. Tal como o método atual, utilizado pelos médicos nas consultas de rotinas, fá-lo analisando e processando a informação que é recolhida, no sentido de avaliar o estado de saúde do doente e posteriormente providenciar aconselhamento altamente personalizado. Além de compreender ambos os fatores mais relevantes para a gestão da diabetes (monitorização e aconselhamento), o sistema procura integrar conhecimento das diversas áreas que estão envolvidas no processo de gestão desta doença. Além da medicina, também a psicologia está altamente relacionada com o tema da diabetes: o processo de modificação comportamental do doente, fazendo com que este adquira hábitos de vida saudáveis e assim reduzir as complicações, é um assunto do foro da psicologia e que está a ser ativamente estudado pela comunidade científica (uma breve pesquisa no motor de busca de artigos científicos *Google Scholar* com os termos "psychology" e "diabetes" mostra cerca de 1,490,000 resultados). A solução desenvolvida procura usar técnicas de modificação de comportamento provenientes da psicologia, como o *Transtheoretical Model of Behavior Change* [118] com o objetivo de afinar as sequências de aconselhamento. Por fim, a utilização de tecnologias como as notificações do tipo *Push*, presentes nos sistemas operativos dos smartphones, representam também uma clara distinção perante as soluções atuais. Estas permitem a implementação prática do modelo de interação desejado: a monitorização e respetivo aconselhamento do doente através de um processo de comunicação natural e orgânico, de forma aproximar-se ao que acontece numa consulta presencial. Nos casos em que o doente não é possuidor de um smartphone, o mesmo conteúdo é transmitido através de SMSs.

### 7.1.2 Estudo Clínico

O primeiro teste do protótipo em ambiente de produção, que no fundo foi o motivador mais preponderante para a execução deste projeto, foi a sua aplicação no estudo clínico que se iniciou durante o período letivo da tese. O estudo clínico foi iniciado no dia 23 de Maio e, segundo o protocolo, continuará a decorrer durante um período de aproximadamente 2 anos e meio.

Foram adicionados na plataforma 41 doentes recrutados especificamente para participar no estudo clínico. Destes, 62.1% são do sexo masculino e compreendem idades entre

os 32 e os 86 anos. No total foram já enviadas mais de 2300 mensagens de conteúdo educativo.

A percentagem de indivíduos participantes no estudo possuidores de smartphones é de 40%. Este fator está a afetar negativamente a validação da proposta pois não é possível executar alguns procedimentos necessários, nomeadamente a recolha contínua e em tempo real de informação vital para no futuro poder tirar conclusões. Por esta razão, foram iniciadas discussões relativas ao modelo de interação e à implementação de possíveis soluções que possam mitigar esta dificuldade.

Como ainda se encontra a decorrer, não existem resultados ou conclusões finais inerentes ao estudo. Especificamente, não é ainda claro se a solução proposta baseada na plataforma desenvolvida pode realmente ter impacto no controlo e gestão pessoal da diabetes, traduzindo-se na diminuição dos valores clínicos do peso, glicemia, HbA1C e de outros parâmetros psicológicos como a sensação de bem-estar. Conclusões deste tipo só serão possíveis no fim do estudo, após a recolha de dados em quantidade (e qualidade) suficiente para serem estatisticamente significativos.

No entanto, foi possível extrair já alguns resultados preliminares que podem eventualmente vir a tornar-se efetivos. Primeiro, as entrevistas telefónicas feitas aos doentes após 2 meses de inclusão no estudo revelam que estes são sensíveis ao tipo de conteúdos educativos que lhes são transmitidos. Especificamente, 14.6% dos sujeitos entrevistados referem que alguma informação que recebem é demasiado genérica e que pode ser quase considerada do senso comum. Estes doentes manifestaram desagrado no recebimento destas mensagens, pois não se revelaram úteis no seu quotidiano. Após detetar esta nuance, a equipa envolvida no estudo iniciou trabalhos no sentido de recolher informação mais incomum, específica, que possa acrescentar valor ao conhecimento do doente. Em segundo lugar, foram também detetados alguns indicadores que poderão vir a evidenciar efetivamente que a iliteracia tecnológica é realmente uma barreira para este tipo de soluções. O estudo registou 1% de desistências, sendo que as causas apontadas para cada uma delas estão relacionadas com a iliteracia tecnológica dos doentes: como exemplo, em alguns casos os doentes confundiam as mensagens recebidas com serviços pagos de publicidade e apressavam-se à tentativa de cancelamento do mesmo. Apesar de tudo, 82% dos doentes afirmaram que gostam do serviço e que pretendem continuar a receber mensagens.

### 7.1.3 Publicação Científica



FIGURA 7.2: Apresentação do artigo científico na conferência EMERGING 2015.

Foi submetido e aceite um artigo científico no âmbito deste projeto, do qual o mestrando é co-autor, intitulado “*DIYbetes: a Mobile Platform for Empowering Type 2 Diabetes Mellitus Patients*” na conferência internacional *EMERGING 2015 - The Seventh International Conference on Emerging Networks and Systems Intelligence*, organizado pela *International Academy, Research and Industry Association (IARIA)*. O mestrando e o orientador da tese de mestrado Prof. Doutor Mário Zenha-Rela deslocaram-se a Nice, França, nos dias 19-24 de Julho para apresentar o mesmo. O artigo foi apresentado pelo mestrando, tendo respondido a diversas questões colocadas pela audiência, que demonstrou interesse na plataforma e no estudo.

A publicação pode ser consultada no apêndice D.

### 7.1.4 Extra

Um dos componentes da plataforma, desenvolvido especificamente no âmbito deste trabalho, recebeu particular atenção no decorrer do período da tese. Este componente, uma aplicação auto-contida responsável pelo envio de mensagem de conteúdo informativo através de *SMSs* ou *Push Notifications*, tem a tarefa de comunicar com serviços externos para efetivar o envio - *Twilio* para *SMSs* e *Google Cloud Messaging (GCM)* para *Push Notifications*. Acontece que o tempo gasto na configuração da comunicação

com estas plataformas, acrescido ao tempo gasto na análise da documentação, é bastante considerável. Além disso, a empresa *Redlight Software* já tinha identificado a mesma necessidade em vários outros projetos.

Esta motivação representou uma oportunidade para externalizar completamente o componente e colocá-lo disponível para ser usado por outras aplicações internas à empresa. Mais tarde, detetou-se que outras empresas próximas à RLS tinham a necessidade. Estes argumentos foram suficientes para iniciar um processo de produtização do componente em questão, sendo que à data da escrita desta tese está já a ser utilizando tanto por outros projetos da RLS como por outras empresas. No decorrer deste processo sentiu-se necessidade de publicar uma biblioteca de programação que facilita a comunicação com a API deste serviço. Esta biblioteca, denominada *rumour-ruby*, está publicada em regime de *Open Source Software* (licença MIT [119]) no sítio web de armazenamento e partilha de repositórios (privados e públicos) *Github* e o seu endereço pode ser consultado nas referências deste documento [81] - o sítio web *RubyGems* mostra que esta biblioteca já foi descarregada aproximadamente 2,000 vezes [120]. O serviço assumiu o nome de *Rumour*.

Este serviço, bem como a biblioteca de programação associada a ele, foi inteiramente desenvolvido, configurado e mantido pelo mestrando.

## 7.2 Trabalho Futuro

A plataforma desenvolvida no âmbito deste trabalho representa um protótipo, uma primeira versão de um serviço que certamente irá ser melhorado pela RLS nos tempos que se seguem. Existem, desde já, duas melhorias planeadas:

- Implementação de um sistema de apoio à decisão como o que foi apresentado na secção 5.1.7. Um sistema deste tipo pode otimizar significativamente o trabalho dos prestadores de saúde, auxiliando na seleção de conteúdo adequado para cada perfil de doente. No futuro, admite-se a possibilidade de o sistema ser autónomo na seleção e envio efetivo das mensagens personalizadas de conteúdo educativo. Existe a consciência, no entanto, de que um sistema deste tipo tem ser extremamente bem testado por forma a não prejudicar os doentes devido a falhas diversas que possam

surgir; O primeiro passo de encontro à realização desta melhoria poderá passar pela análise da aplicabilidade do método estudado e proposto na secção 5.1.7;

- Integração de mais serviços externos, no sentido de recolher maiores e mais diversificadas quantidades de informação sobre os doentes. Quanto mais informação a plataforma tiver disponível, mais precisas serão as análises do estado de saúde dos doentes e, por sequência, conteúdo mais adequado será transmitido;

Existe uma melhoria adicional que tem vindo a ser discutida no seio do projeto: implementar veículos de comunicação internos à plataforma que possibilitem uma interação mais direta entre o doente e o(s) médico(s). Uma vez implementada, esta funcionalidade permitiria que o(s) próprio(s) médico(s) já familiarizados com os seus doentes possam fazer uma monitorização e acompanhamento contínuo e em tempo real, podendo comunicar de forma direta entre si. Ainda do ponto de vista da tecnologia, falta também desenvolver uma versão da aplicação para smartphone suportada pelo sistema operativo *Apple iOS* [121] para poder abranger mais utilizadores.

Dentro da categoria do trabalho a realizar no futuro está obviamente a continuação da condução do estudo clínico, por forma a validar e expor a viabilidade da solução que foi proposta.

Por fim, caso o estudo clínico valide efetivamente a solução proposta, será iniciado um processo de produtização da plataforma e consequente comercialização com alvo nos sistemas de saúde mundiais.

### 7.3 Considerações Finais

A dimensão do problema da diabetes, com tendência a crescer cada vez mais, urge a adaptação do modelo que atualmente vigora. Os métodos terapêuticos atuais estão bem definidos, no entanto o modelo que visa a sua aplicação é obsoleto e desadequado para o crescente número de doentes. Este foca-se em consultas presenciais tipicamente levadas a cabo em infraestruturas locais (e.g. centros de saúde em hospitais) centralizando os recursos e os respetivos cuidados de saúde num espaço físico confinado, quando na verdade estes deveriam ser centralizados no doente.

Tendo sido desenvolvida segunda esta premissa, a solução proposta representa uma transposição para o universo remoto do conjunto de métodos terapêuticos utilizados atualmente no controlo e gestão da diabetes. Por outras palavras, a solução pretende tirar partido do conhecimento e dos recursos existentes e moldá-los de forma a que possam ser empregados de forma mais efetiva e abrangente, colocando o doente no centro da ação. Desta maneira, é possível utilizar os mesmos métodos terapêuticos do modelo atual e simplesmente aplicá-los por intermédio outra via (entenda-se, tecnologias móveis) sem modificar radicalmente as premissas e fundamentações que estão na sua génese.

O sucesso deste projeto pode significar uma mudança profunda do paradigma de prestação de cuidados de saúde no que toca à gestão de doenças comportamentais. A implementação da solução, sendo feita em larga escala, promete ter impacto tanto na vida dos doentes diabéticos como nas entidades responsáveis por prestar os respetivos cuidados de saúde.

Por um lado, os doentes têm a oportunidade de aprender a gerir a sua própria doença através do acompanhamento remoto, personalizado, contínuo e em tempo real que o sistema proporciona. Dado que a diabetes do tipo II é uma doença fortemente dependente de aspetos comportamentais, a sua modificação pode realmente reduzir as complicações futuras e melhorar o seu estado de saúde. Isto acontecendo sem recorrer a consultas presenciais periódicas de monitorização e aconselhamento. A aprendizagem quanto à forma de gerir o seu estilo de vida, tornando-o cada vez mais saudável, poderá trazer benefícios não só ao próprio como também aos que o rodeiam, com a esperança de que seja um primeiro passo para despertar consciências e educar as novas gerações. A longo prazo, a implementação massiva de sistemas semelhantes para gerir não só a diabetes como outras doenças com características equivalentes pode mesmo ter impacto na saúde pública a nível mundial.

As entidades prestadoras de cuidados de saúde, por outro lado, beneficiam da melhor gestão dos seus recursos (profissionais, financeiros, infraestruturas), descentralizando a prestação de cuidados que originalmente se concentrava nos respetivos espaços físicos e que, como consequência, evolui para uma paradigma de prestação de cuidados remoto, distribuído. Também nos sistemas de saúde de países subdesenvolvidos, que tipicamente não possuem sequer uma estratégia dedicada de controlo da diabetes, uma solução como esta pode trazer benefícios. Desprovidos de recursos, o acesso a cuidados de saúde

por parte da população é geralmente escasso. Sabe-se no entanto que a utilização de tecnologias móveis, particularmente telemóveis e em alguns casos até smartphones, é acentuada [8]. Este facto abre a oportunidade de alcançar, remotamente, a população que não consegue ter acesso a cuidados de saúde tipicamente providenciados em formato presencial.

Outro possível fator de impacto incide no exercício das profissões ligadas diretamente ao modelo atual de acompanhamento de doentes diabéticos, particularmente de medicina e enfermagem. A mudança de paradigma de consultas presenciais para um possível modelo de acompanhamento remoto (ou até um modelo híbrido que represente a interceção dos dois) terá certamente impacto na maneira como o médico ou o enfermeiro encaram o exercício da sua profissão: o contacto presencial com os doentes passa a ser menos frequente e eventualmente parte do seu trabalho passará a ser desempenhado a partir de um computador, tal como aconteceu com tantas outras profissões após a massificação das tecnologias de informação. Será relevante, no futuro, analisar quais as consequências deste possível resultado.

Por último, como efeito secundário, o sistema pode contribuir para a descoberta de novas evidências relacionadas com a doença através da análise e processamento dos dados que incorpora. Da mesma maneira, pode servir de via de experimentação de novas propostas de tratamento.

### **7.3.1 Nota Pessoal**

Estar envolvido num projeto desta magnitude, e de certa forma ser parte não apenas integrante mas também essencial para a sua execução, estimulou o desenvolvimento das minhas competências não só técnicas como também pessoais.

A título pessoal, considero uma verdadeira vitória ter conseguido desenvolver e implementar um sistema de informação completo, não-trivial e constituído por diversos componentes, capaz de canalizar por via remota a prestação de cuidados de saúde relacionados com a diabetes. Ainda mais recompensante foi ter a oportunidade de testar o sistema desenvolvido em ambiente real dentro do tempo alocado para a realização da tese de mestrado, através da realização do estudo clínico. O facto de lidar com doentes reais, que por sua vez estão já a ser afetados positivamente ou negativamente pelo

resultado do trabalho que desenvolvi, traz inequivocamente consigo responsabilidade e intensidade à minha participação enquanto aluno de mestrado.

É também extremamente recompensante saber que o meu trabalho pode efetivamente ter um grande impacto no problema da diabetes. Como foi referido anteriormente, a implementação do sistema desenvolvido pode modificar a perceção de como é gerida esta doença e assim caminhar no sentido de melhorar a vida de centenas de milhões de pessoas em todo o mundo. Ter tido a oportunidade de participar nas fundações do que poderá despoletar esta transição é claramente gratificante.

Não posso deixar de referir que o meu envolvimento neste projeto fez aumentar a minha admiração pelo curso de Engenharia Biomédica. A abrangência deste projeto impõe que os envolvidos disponham de conhecimentos nas áreas de medicina e tecnologias de informação/comunicação, o suficiente para conseguirem conceber e desenvolver uma solução completa de acompanhamento que seja adaptada às condicionantes inerentes à vida de um diabético. É em casos como este que a formação multidisciplinar e versátil própria do curso de Engenharia Biomédica se mostra útil, pois a familiarização prévia com os diversos assuntos facilita significativamente a integração dos mesmos. A título pessoal, senti efetivamente que o facto de ter abordado com profundidade ambos os temas durante a minha formação académica foi um fator determinante para ter consigo cumprir com sucesso todos os objetivos que me foram propostos.

Este projeto mostrou-me também que a inovação, particularmente na área da saúde, não se prende ao desenvolvimento de tecnologias de ponta tipicamente providas de espetacularidade tecnológica. Muitas vezes, a inovação traduz-se simplesmente no entendimento profundo do problema e na integração adequada de tecnologias para o resolver.

Hoje em dia são já raras as áreas em que a tecnologia ainda não deu a sua contribuição. A integração da tecnologia na saúde não é um assunto novo, mas tem mostrado desenvolvimentos extraordinários nas últimas décadas. Seja no desenvolvimento de novas tecnologias como simplesmente na aplicação de outras já existentes em novos contextos, daqui para a frente, a Engenharia Biomédica terá certamente um papel preponderante na gestão da saúde.



## Apêndice A

# Autorização CNPD



Processo N.º 9898/2014 | 1

✓

## AUTORIZAÇÃO N.º 3613 /2015

## I. Pedido

RedLight Software, Lda notificou à Comissão Nacional de Protecção de Dados (CNPD) um tratamento de dados pessoais com a finalidade de elaborar o estudo "Avaliação da Eficácia da Utilização de Plataformas Móveis nos Cuidados Pessoais da Diabetes".

Através deste estudo os investigadores pretendem saber se a utilização de uma aplicação informática no telemóvel, *tablet* ou computador podem ajudar a ter um melhor controlo da Diabetes, diminuindo o risco ter complicações agudas e crónicas da doença e melhorando o bem-estar dos doentes.

Participarão no estudo todos os doentes com Diabetes Mellitus tipo 2 seguidos em consulta externa no serviço de Medicina Interna A e no Serviço de Endocrinologia do Centro Hospitalar Universitário de Coimbra e nos Centros de Saúde e uSF da região Centro.

Os participantes no estudo serão divididos em dois grupos: o grupo-piloto no qual terão de usar uma aplicação informática que enviará mensagens periodicamente e informações úteis sobre a doença (por exemplo, de dieta, exercício físico) e que permite contactar com o médico assistente, e o "grupo-controlo" que não usará a aplicação e manterá todos os cuidados e tratamentos adequados à doença.

Os doentes serão avaliados no início do estudo e a cada 30 dias de utilização da aplicação, durante 3 anos.



Processo N.º 9898/2014 | 2

/

Os dados serão recolhidos num "caderno de recolha de dados" no qual não há identificação nominal do titular, sendo aposto um código de doente. A chave desta codificação só pode ser conhecida da equipa de investigação.

Através da recolha destes dados, a aplicação irá definir/gerar conteúdo relevante para o utilizador, conteúdo que só pode ser gerado com conhecimento prévio dos hábitos de vida do utilizador e também de alguns dados fisiológicos. A recolha dos dados é essencial para o bom funcionamento do algoritmo construído para a entrega de informação relevante ao utilizador final.

Os destinatários são ainda informados sobre a natureza facultativa da sua participação e garantia de confidencialidade no tratamento, caso decidam participar, recolhendo o médico assistente/investigador o seu consentimento informado para o efeito.

## II. Análise

A CNPD já se pronunciou na sua Deliberação n.º 227/2007 sobre o enquadramento legal, os fundamentos de legitimidade, os princípios orientadores para o correto cumprimento da Lei n.º 67/98, de 26 de outubro (Lei de Protecção de Dados – LPD), bem como as condições gerais aplicáveis ao tratamento de dados pessoais para a finalidade de estudos de investigação na área da saúde.

Porque em grande parte referentes à vida privada e também à saúde, os dados recolhidos pela requerente têm a natureza de sensíveis, nos termos do disposto no n.º 1 do artigo 7.º da LPD.

Em regra, o tratamento de dados sensíveis é proibido, de acordo com o disposto no n.º 1 do artigo 7.º da LPD. Todavia, nos termos do n.º 2 do mesmo artigo, o tratamento de dados da vida privada e de saúde é permitido, quando haja uma disposição legal que consagre esse tratamento de dados, quando por motivos de interesse público importante o tratamento for indispensável ao exercício das atribuições legais ou



Processo N.º 9898/2014 | 3

/

estatutárias do seu responsável ou quando o titular dos dados tiver prestado o seu consentimento.

Não estando preenchidas as duas primeiras condições de legitimidade, o fundamento de legitimidade só pode basear-se no consentimento dos titulares dos dados ou dos representantes legais, quando os titulares dos dados sejam incapazes.

Assim, é necessário o «consentimento expresso do titular», entendendo-se por consentimento qualquer manifestação de vontade, livre, específica e informada, nos termos da qual o titular aceita que os seus dados sejam objeto de tratamento (cf. artigo 3.º, alínea h), da LPD), o qual deve ser obtido através de uma “declaração de consentimento informado” onde seja utilizada uma linguagem clara e acessível.

Nos termos do artigo 10.º da LPD, a declaração de consentimento tem de conter a identificação do responsável pelo tratamento e a finalidade do tratamento, devendo ainda conter informação sobre a existência e as condições do direito de acesso e de retificação por parte do respetivo titular.

Os titulares dos dados, de acordo com a declaração de consentimento informado junta aos autos, apõem as suas assinaturas na mesma, deste modo satisfazendo as exigências legais.

No que concerne à recolha do dado raça, a responsável pelo tratamento justifica a sua necessidade do seguinte modo:

*“Uma vez que vamos estar a tratar de dados clínicos que envolvem diferentes reacções fisiológicas a vários estímulos, a recolha da raça torna-se um factor importante tendo em conta que ao mesmo estímulo podem corresponder várias reacções diferentes dependendo da raça em questão.*

*O mecanismo da nossa aplicação tem como objectivo conhecer e influenciar padrões de comportamento e hábitos por parte dos utilizadores, tendo como temática base a saúde humana. De uma forma geral, e a título de exemplo para justificar a recolha da raça do participante no decorrer do estudo, os participantes de etnia africana e asiática*



Processo N.º 9898/2014 | 4

*R*

*têm uma maior propensão para o surgimento de diabetes de tipo 2 do que participantes de outras etnias. Um exemplo concreto relacionado com hábitos alimentares prende-se com a recolha e análise (e posterior cruzamento com a raça do participante) dos hábitos de consumo de bebidas alcoólicas dos visados no estudo. No caso do álcool especificamente, a raça asiática tem défice de ADH6, uma enzima responsável pela metabolização do álcool, etanol e outros substratos. Isto faz com que o álcool não seja metabolizado por participantes asiáticos, diferindo por completo das restantes raças. Tendo em conta que um dos objectivos do estudo é averiguar a capacidade de influenciar/potenciar a alteração de hábitos e estilo de vida (alimentação e exercício), a aplicação deve entregar informação o mais pessoal possível ao utilizador, dependendo claramente desta informação genética tida aqui como "raça", e que deve ser compreendida entre as variáveis do estudo."*

Tendo em conta o teor da justificação e a pertinência das razões nele invocadas para o estudo ora em causa, entende a CNPD que é legítima a recolha e tratamento do dado raça.

Cabe ao Investigador assegurar a confidencialidade dos dados pessoais e da informação tratada, conforme o estatuído na alínea *g*) do artigo 10.º da Lei n.º 21/2014, de 16 de abril (Lei da investigação clínica).

A informação tratada é recolhida de forma lícita (artigo 5.º, n.º1 alínea *a*) da Lei n.º 67/98), para finalidades determinadas, explícitas e legítimas (cf. alínea *b*) do mesmo artigo) e não é excessiva.

O fundamento de legitimidade é o consentimento expresso do titular dos dados.

### III. Conclusão

Assim, nos termos das disposições conjugadas do n.º 2 do artigo 7.º, n.º 1 do artigo 27.º, alínea *a*) do n.º 1 do artigo 28.º e artigo 30.º da Lei de Protecção de Dados, com



Processo N.º 9898/2014 | 5

as condições e limites fixados na referida Deliberação n.º 227/2007, que se dão aqui por reproduzidos e que fundamentam esta decisão, autoriza-se o tratamento de dados *supra* referido, consignando-se o seguinte:

**Responsável pelo tratamento:** RedLight Software, Lda.;

**Finalidade:** estudo "Avaliação da Eficácia da Utilização de Plataformas Móveis nos Cuidados Pessoais da Diabetes";

**Categoria de Dados pessoais tratados:** código do participante; Sexo; Idade/Data de nascimento; Localidade de residência (meio rural/urbano); Peso; Altura; Perímetro abdominal; Hemoglobina glicada; Valores glicémicos; Pressão arterial; Colesterol total; Colesterol HDL; Triglicérideos; Estilo de vida (hábitos tabágicos, de alimentação e de exercício físico); Antecedentes familiares; Número de consultas por ano; Ajustes terapêuticos (ajuste de dose, *add-on* e descalação farmacológica); Registo de complicações (agudas e crónicas); Número de episódios de urgência; Bem-estar físico e psicológico/emocional (questionários qualitativos); raça.

**Entidades a quem podem ser comunicados:** Não há.

**Formas de exercício do direito de acesso e retificação:** Junto do médico assistente/investigador.

**Interconexões de tratamentos:** Não há.

**Transferências de dados para países terceiros:** Não há.

**Prazo de conservação:** A chave de codificação dos dados do titular deve ser destruída um mês após o fim do estudo.

Dos termos e condições fixados na Deliberação n.º 227/ 2007 e na presente Autorização decorrem obrigações que o responsável deve cumprir. Deve, igualmente, dar conhecimento dessas condições a todos os intervenientes no circuito de informação.

Lisboa, 17 de abril de 2015

Filipa Calvão (Presidente)

## Apêndice B

# Consentimento Informado

**CONSENTIMENTO INFORMADO**

**Título do Estudo:** Avaliação da eficácia da utilização de plataformas móveis nos cuidados pessoais da Diabetes.

**Instituições:** Serviço de Medicina Interna A do Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra, Administração Regional de Saúde do Centro, Associação dos Diabéticos da Zona Centro e RedLight Software Inc.

O estudo **“Avaliação da eficácia da utilização de plataformas móveis nos cuidados pessoais da Diabetes”** é dirigido a pessoas Diabéticas, utilizadoras de telemóveis/ tablets/ computadores, e pretende avaliar a eficácia de uma aplicação desenhada especificamente para pessoas com esta condição. A duração do estudo é de 4 meses.

Os participantes neste estudo apenas terão que receber mensagens através do seu telemóvel, com informações ou indicações que se julga serem úteis para os ajudarem a melhorar o seu estilo de vida, diminuindo o risco de ter complicações agudas e crónicas da doença e melhorando o seu bem-estar.

Os investigadores farão um contacto telefónico mensal com cada participante, com o objectivo de avaliar a satisfação do participante com este serviço.

Os investigadores irão contactar o seu médico assistente, de 3 em 3 meses, para se informarem sobre os dados clínicos relacionados com a doença (ex: valor de hemoglobina glicada).

Ao participar neste estudo, o participante tem acesso a informações variadas sobre a doença, sobre estilos de vida, dicas, receitas, frases humorísticas, etc, que o farão tomar consciência sobre temáticas relacionadas com a Diabetes e o poderão ajudar a adoptar um estilo de vida mais saudável.

Não existem quaisquer riscos associados ao uso deste serviço.

A participação no estudo é estritamente voluntária, e o participante poderá retirar-se do estudo a qualquer momento, bastando para isso avisar verbalmente os investigadores.

Os investigadores também podem excluir o sujeito do estudo, caso este não cumpra as directivas que lhe forem dadas.

Todas as informações recolhidas são confidenciais, e o nome do participante será substituído por um número de código ao longo de todo o estudo.

**Declaro que li o formulário e aceito fazer parte deste estudo de livre vontade.**

**Nome completo:**

\_\_\_\_\_

**Assinatura:** \_\_\_\_\_

**Data:** \_\_/\_\_/\_\_\_\_



## Apêndice C

# Inquérito de Recolha de Dados Trimestral

Código do participante: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_

## Projecto DIYBETES- Momento T\_\_\_\_

Dados antropométricos:

Peso: \_\_\_\_\_

Altura: \_\_\_\_\_

IMC: \_\_\_\_\_

Perímetro abdominal: \_\_\_\_\_

Valores clínicos:

Hemoglobina glicada: \_\_\_\_\_

Pressão arterial: \_\_\_\_\_

Colesterol total: \_\_\_\_\_

Colesterol HDL: \_\_\_\_\_

Triglicédeos: \_\_\_\_\_

Historial clínico:

## 1) Hábitos tabágicos:

- Fumador ativo: **SIM / NÃO**
- Ex-fumador: **SIM / NÃO**

## 2) Hábitos de alimentação (Ex: tipo; nº refeições/dia):

---

---

---

---

## 3) Hábitos de exercício físico:

- Fisicamente ativo: **SIM / NÃO**
- Sessões/semana: \_\_\_\_\_

- Tipo de exercício físico:

---

---

---

## 4) Variabilidade glicémica (desde a última consulta):

- Número de episódios acima de 200mg/dl: \_\_\_\_\_
- Número de episódios abaixo de 70mg/dl: \_\_\_\_\_

5) Ajustes terapêuticos (ajuste de dose, *add-on* e descalção farmacológica):

---

---

---

## 6) Registo de complicações (agudas e crónicas):

Apêndice D

Artigo Científico

# DIYbetes: a Mobile Platform for Empowering Type 2 Diabetes Patients

Mário Zenha-Rela  
RedLight Software Inc.  
IPN Business Center  
3030 Coimbra, Portugal  
mzrela@redlightsoft.com

Ana Paula Matos  
School of Psychology  
University of Coimbra  
3001 Coimbra, Portugal  
apmatos@fpce.uc.pt

Lêlita Santos  
School of Medicine  
University of Coimbra  
3004 Coimbra, Portugal  
lelitasantos@fm.uc.pt

Miguel Antunes  
RedLight Software Inc.  
IPN Business Center  
3030 Coimbra, Portugal  
mantunes@redlightsoft.com

João Diogo Costa  
RedLight Software Inc.  
IPN Business Center  
3030 Coimbra, Portugal  
jdcosta@redlightsoft.com

Marta Oliveira  
RedLight Software Inc.  
IPN Business Center  
3030 Coimbra, Portugal  
moliveira@redlightsoft.com

**Abstract**—Type 2 Diabetes is a growing pandemic that already affects 347 million people in the world, which means that one in every 20 people is affected by the disease. Since Diabetes is a disease with significant behavioral roots, managing it involves a shift in behavior. A multidisciplinary team of researchers from Medicine, Psychology and Information&Communication Technologies have gathered to build a mobile platform that addresses behavior change of patients by helping them avoid bad decisions and pushing them to have a healthier lifestyle. In this paper, we describe the technology behind the DIYbetes platform and how it is a paradigm of a networked solution and system intelligence that supports a demanding set of non-functional (quality) requirements such as availability, latency, throughput, modifiability, maintainability, testability and security.

**Keywords**—mobile systems, cloud, dependability, diabetes, health-care.

## I. INTRODUCTION

Diabetes Mellitus (DM) is a group of metabolic diseases in which a person has high blood sugar levels. Untreated, diabetes can cause many complications, namely cardiovascular disease, chronic renal failure, and retinal damage. Adequate treatment of diabetes is thus important, as well as blood pressure control and lifestyle factors such as stopping smoking and maintaining a healthy body weight. There are three main types of diabetes mellitus: Type 1 DM (T1DM) results from the body's failure to produce insulin, and currently requires the person to inject insulin or wear an insulin pump. Type 2 DM (T2DM) results from insulin resistance, a condition in which cells fail to use insulin properly, sometimes leading to absolute insulin deficiency as in T1DM. The third main form, gestational diabetes, occurs when pregnant women without a previous diagnosis of diabetes develop a high blood glucose level. It may precede the development of T2DM.

All forms of diabetes have been treatable since insulin became available in 1921. T2DM, especially in early stages, may be controlled with a lifestyle change as a number of lifestyle factors are known to be important to the development of T2DM, including obesity, lack of physical activity, poor diet, stress, and urbanization. The World Health Organization estimates that in 2012 about 347 million people had diabetes, with T2DM making up about 90% of the cases [1]. The same report estimates that in 2004 only, about 3.4 million people died as a direct consequence of DM. This disease incidence keeps increasing rapidly, with the direct number of deaths attributable to DM estimated to increase 66% between

2008 and 2030. In terms of costs, the International Diabetes Federation estimates that 418 billion dollars have been used for the management and treatment of this disease in 2010, with this figure expected to grow to about 561 billion dollars in 2030. DM occurs throughout the world, but is more common in the more developed countries. However, the greatest increase in prevalence is expected to occur in Asia and Africa, where most patients will probably be found by 2030. The increase in incidence in developing countries follows the trend of urbanization and lifestyle changes, namely into a 'westernized' diet. In fact, the World Health Organization (WHO) characterizes T2DM, which represents 90% of DM cases, as a disease almost exclusively derived from unhealthy lifestyle practices [2], [3].

Having described the problem and justified its relevance, in the next sections we describe an effort to address it using technology in a sensible way. DIYbetes (<http://DIYbetes.org>) is a government-funded initiative to promote Type 2 Diabetes patients self-help using mobile platforms (smartphones and tablets). It was designed with inputs from diabetes medical experts and psychologists that have been dealing with the disease for more than three decades, and a team of Information&Communication professionals. In Section II the objectives of the project are highlighted stressing how important is to build a solution that empowers patients, rather than technical wizardry. Then, in Section III the core non-functional (quality) attributes of the platform are presented, as an effective solution needs to deal with much more than functionality (e.g., privacy, usability). Armed with this background we arrive at the technical core of the paper (Section IV) where the architecture of the solution is presented, and some trade-offs are discussed. Section V closes the paper with the project current status and further evolutions underway.

## II. PLATFORM OBJECTIVES

The DIYbetes project main objective is to create a user-centered technical solution that will allow T2DM patients to gain better awareness of their daily habits and track their disease's evolution. This is achieved by promoting self-awareness and empowerment, while reducing the need for unsustainable in-person appointments due to distance, increase of prevalence and unsustainable increase in costs by healthcare organizations and authorities. DIYbetes is an application running mainly on smartphones and tablets (Figure 1) and also accessible via a web portal. It is designed to be integrated into the service-chain of healthcare professionals to allow recording of glucose

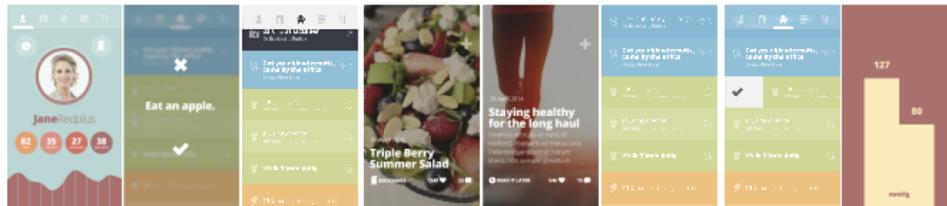


Figure 1. Some screens extracted from the DIYbetes mobile app.

levels and other disease related information, as well as support direct communication with the healthcare professionals [4]. The interactions between patients and their doctors will allow the former to feel more supported. A distinctive feature of this application is the perceived increase in quality of service by the patients due to the follow-up, without costly travel and appointment costs that would be required for such a personalized interaction. To summarize, the DIYbetes application is intended as a bridge between patients and their accompanying health professionals, as it has been designed not only as a logger, but as an information vehicle where diabetics can monitor their information and physicians can have a closer, and continuously up-to-date, look of their patient's records [5], and communicate directly, particularly when distances would prevent this kind of monitoring from happening without such solution (e.g., large area countries without an extensive transportation infrastructure). In synthesis, the technical solution:

- Improves diabetes control by the patient.
- Provides a communication channel between patients and health professionals.
- Aims to reduce the diabetes induced complications and mortality.
- Delivers personalized disease related information.

### III. APPROACH

We shall now present the state-of-art for related approaches, followed by the core requirements that serve as architectural drivers for the solution built.

#### A. Current approaches

There are several thousand mobile applications to manage DM, both at GooglePlay! and the AppStore [6]-[9]. Most are one person initiatives by technically-savvy patients, others are solid commercial offerings, and a large number is delivered by healthcare institutions to help their patients deal with the disease. However, most of these applications target T1DM patients, due to the criticalness of the condition. This is unfortunate because T2DM represents about 90% of DM patients worldwide. Another reason for the lack of T2DM solutions derives from the fact that this condition is prevalent with age, normally above 45 years, while T1DM occurs at an early age, starting at 9 years or earlier. The lack of technological literacy of elder patients has been preventing the widespread deployment of such solutions. However, several technology

observatories have reported a significant growth of tablets among the older population [10], which might be due to the larger screen size and easiness of reading for sight constrained individuals. This growth, while more evident in the more developed countries (those where the prevalence of T2DM is higher) opens the opportunity for a multiplatform solution as DIYbetes. Currently, most DM solutions focus on logging glucose values or diabetes safe recipes. A remarkable outlier is the Glooko mobile app [11] whose focus is to support people with diabetes interacting with their blood glucose readings and add lifestyle context including carbs, insulin & medication, and activity data. While its main target are T1DM patients, it has been successfully used by T2DM patients too. Despite its very interesting motivational approaches, the fact is that T2DM patients are more receptive to motivation tips targeting their age bracket. That is a major focus of this project and the reason why we have brought into the project psychologists with more than three decades experience with T2DM patients.

As referred above, addressing T2DM requires a behavior change, namely a healthier diet and regular exercise. This requires a service managed by physicians that keep patients motivated. It is manifest that only technology can address the ever growing number of patients [12] by streamlining the treatments, and motivating patients to follow healthier behavior/habits. Hence, more than a logger of glycose readings, this project aims to be a personal lifestyle management tool intended to coach people with diabetes.

#### B. Requirements as architectural drivers

There are a set of core requirements that have a significant impact in the design decisions associated with the DIYbetes platform. These requirements are the architectural drivers organized as 1) business constraints, 2) technological constraints, 3) functional requirements, and 4) quality attributes.

The *business and technical constraints* are the business and technical decisions made upfront the design. The *functional requirements* specify what the system must execute, but without the details of what does not have an architecture impact (for example colors of the displays and kinds of widgets). The *quality attributes* describe the system's behavior i.e., the properties that will describe how a system achieves a certain functionality. The project's functional requirements include items such as 'support for multiple devices and interfaces' so that users can record and monitor their activities anywhere. This feature allows physicians to follow more closely their patients activities, specify objectives, and act upfront when

the results are not the ones expected. Their role is to specify achievements and objectives in order to keep users committed, engaged, and help them to cure their disease.

The system also works as a coach for the physician suggesting challenges based on the users' objectives and health values. Logging meals, exercise, and health values it is a dull activity, so the system identifies the patterns in users' behaviors in order to streamline those tasks. Finally, the platform tries to influence and motivate patients to feel proud of their achievements.

As highlighted by functional requirements, the platform handles sensitive health and personal data. Due to this fact, security is a key quality attribute and an important technological constrain in the system. Both system's information and infrastructures must respect the legal personal data protection regulations, namely the european General Data Protection Regulation (GDPR) [13].

Additionally to the GDPR compliance, this project aims to gather new sound scientific evidence with regard to the patient's compliance. That is why usability is a top concern, since the daily logging needs to be simple and consistent in the different interfaces so that users keep logging their data.

As the business constraints also highlight, the flexibility to adapt and integrate different business models (commercialize new services, integrate new treatment plans, and integrate multiple devices) allows the platform to adapt to market trends, and explore new markets while keeping support costs low. In fact, the project is aligned with the most recent US healthcare legislation (March 2015), namely the Centers for Medicare and Medicaid Services (CMS) Stage 3 proposed rule [14] that requires that more than 35 percent of all patients seen by the provider or discharged from an hospital should received a secure message using the EHR's electronic messaging function or in response to a secure message sent by the patient. The proposal also calls for more that 15 percent of patients to contribute patient-generated health data or data from a non-clinical setting.

As can be seen from this overview, the complexity of this platform is very significant. In the next Section, we present and describe the architectural solution that supports such demanding requirements.

#### IV. TECHNICAL SOLUTION

In this Section, we present the technical solution that supports the project's goals and constraints. We shall also discuss some of the design decisions that were taken, as well as some trade-offs that an actual system always imposes.

##### A. Overview

In Figure 2, we present the context view of the platform. It describes, from a dynamic perspective, the system boundaries and how external actors (people or systems) interact with the system.

##### Patient to DIYbetes System

This data flow represents log info (health values, meal logs, workout sessions, and drugs intakes), suggestions (examples of healthy restaurants/menus in a given location, workout places, and recipes), and social info (events, new friends, and

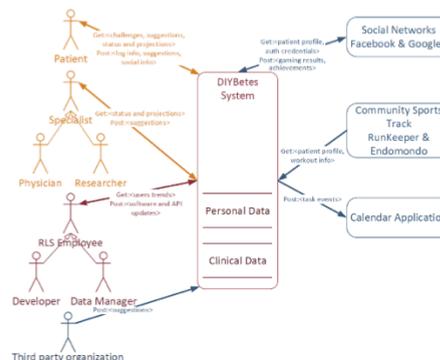


Figure 2. Context view

comments). This information is both stored and managed in order to identify new suggestions/tasks for other users that share the same profile. The log info is stored in the Clinical Data repository while the users' profile and social data is stored in a Personal Data repository.

Patients have tasks like performing a workout, log a meal, take drugs, and/or log their clinical values (instant sugar, pulse, blood pressure, blood sugar level readings, HbA1c, and weight). If the patient accepts the task and provides the requested values, these are processed by the system. Thus, the system can identify patients' trends, calculate projections towards health objectives, and identify the sub-set of tasks that are suitable considering this patients' progress. All this information is then stored in the Clinical Data Repository.

##### DIYbetes System to Patient

This data flow represents challenges (new tasks that the user has to perform in a daily basis or sporadically, where these tasks are defined in accordance with the patients' objectives), status and projections (based on the patients' trends the system identifies how distant patients are from their objectives), and suggestions (examples include places to workout, restaurants, recipes, menus, exercises, meal plans, and so on). This information is read and updated from Personal Data and Clinical Data repositories.

Sporadically, or in specific time intervals, each patient receives a list of individual and group challenges known as 'tasks'. These tasks coach patients to adopt beneficial behaviors, and target patients' health and lifestyle objectives. The system identifies new tasks based on the patients' progress in previously assigned tasks. Additionally, as users' submit their daily logs, the system calculates current progress and related projections. Thus, patients query this information sporadically to monitor their progress, combine different indicators, and verify the areas where they need to improve. Based on the patients' progress, location, and habits, the system provides new suggestions (meals, plans, workout places, and restaurants) designed to help users to improve their behaviors.

### Specialist to DIYbetes System

This data flow represents the inputs provided by a specialist (physician or researcher). The specialists view patients' progress in the system, submit updates on their patients' plan, accept or reject suggestions provided by the system, and provide some logic to identify new treatment patterns. The system stores these updates, and uses this information to validate and refine their algorithms. Context Information Specialists are studying patients trends and reactions to treatments. This study is conducted based on the logs provided by patients and stored in the Clinical Data repository. Whenever specialists identify new tasks, they submit these improvements in the system. The system then uses this information to update the patients' plan. Additionally, specialists provide objectives and thresholds for their patients, which are used to update patients' plans. Specialists can also request from the technical support team new algorithms, statistical functions, and new ratios. Although these improvements are submitted by the technical team (RedLight Software (RLS) employees) the knowledge comes from the specialists.

### RLS employee

The RLS technical staff can develop new Application Programming Interfaces (APIs) to extend the DIYbetes features, or modify the services in order to increase the performance in the system. These APIs are plugged into the system (the required changes are made in the system's interfaces), or when a new infrastructure is deployed, and both updates are ready to be used by the system. This can occur e.g., when context information A specialist requests RLS to include a new statistical function or algorithm, or when the DIYbetes steering committee identifies a new opportunity that translates into a new feature. In both these situations a developer reviews the system's design, identifies the required software, develops a new API, and deploys the software/hardware in the system, without interrupting the system's execution.

### Third Party Organizations

Context Information Third Party organizations like restaurants, health clubs, hospitals, and laboratories, wish to promote/suggest their services. These organizations can use the DIYbetes system interface to promote information related with their products and services. Hence, the DIYbetes system can use third party products as suggestions/recommendations, and forward them to the patients when their profile is somehow related with the suggestion. Therefore they can request RLS to include/extend interfaces that can be used by their services and information sources. When this connection is established, the third party organization is able to send, for example, healthy menus, restaurants, or gyms near the patients' location.

### Social Networks

A patient or specialist can choose to register/login using their social network credentials. The DIYbetes system forwards to users (patients, researchers, or physicians) the social network authentication page, which they use to login in their social networks. After authentication succeeds in social networks, they provide user identification to the DIYbetes service, which then forwards a session to the user. The system then requests the user's profile, which is forwarded by the associated social

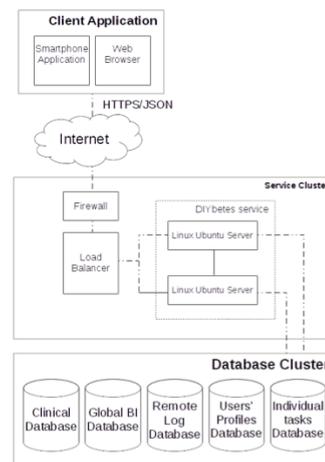


Figure 3. Deployment view

network. The DIYbetes system besides authenticating users, also requests profile information (such as e-mail, age gender, and location). The system uses this profile data, thus refining patient's tasks, identifying related groups (groups based on the patients' profile like location, age, gender, and so on), and managing patients' statistics.

### B. Deployment View

We shall now discuss where each part of the architecture will live at deployment. The Deployment View (Figure 3) describes the environment of each system's application and service highlighted in the context view.

#### Client Application Layer

The *Client Application Layer* is responsible for the support of the DIYbetes client applications, both web and mobile, used by patients and specialists (researchers and physicians).

#### Smartphone Application

The *Smartphone Application* is responsible for the interface between the patient(s) and the system. It allows patients to log their tasks (workout sessions, daily meals, drugs intakes, and health values), specify and update objectives, and manage their individual and group tasks. The Smartphone Application has location features related with the management of new suggestions (patients receive restaurants, meals, and workout places related with their location), and context aware tasks. It includes connection interfaces designated to support external sensors, which have the objective of complementing daily logs, as well as an internal database, which allows using some application features without connectivity. However, the dynamic information, like social updates, gets deprecated

without connectivity to the DIYbetes Service. This component has several technical restrictions namely a network connection (wireless and mobile networks, 3G and 4G). It uses HTTPS and JSON protocols.

#### *Web browser*

The *Web browser* is responsible for the interface between the user (patient, physician, and researcher) and the DIYbetes Service. The Web browser allows patients to monitor their progress (thus, users can view graphs with their progress towards their objectives), verify their task results, manage social and gaming updates, manage objectives and alarms, and configure the connection with their physicians. The Web browser allows physicians to monitor their patients' progress, manage statistics, update patients' plans and objectives, and specify alarms. Each Web browser includes cookies that are responsible for holding the session with the DIYbetes service.

#### *Service Cluster Layer*

The *Service Cluster Layer* is responsible for supporting the DIYbetes servers and support infrastructures. This Service Cluster is composed by multiple servers distributed across different geographic locations. Although each global location (Europe, US, and Canada) has their own servers, this layer comprises all the infrastructures for each of these service instances.

#### *Load Balancer*

The *Load Balancer* is the service responsible for the distribution of the workload for different DIYbetes servers. The workload distribution is configured based on the geographic location of the services (each area has a DIYbetes service instance), since each region has its own restrictions. The load balancer performs automatic fail over recovery, so when a server is not available, this entity forwards the requests to a different server with lower workload. The deploy of a load balancer should follow three phases, 1) initially it is deployed in one of the service machines. With an increase of the workload 2) a load balancer is deployed in a dedicated machine. Finally, 3) a cluster of load balancers is available if a since load balancer instance is not able to support all the accesses.

#### *DIYbetes service*

The *DIYbetes service* is a cluster of service instances running in a group of server, virtual or physical. Each geographic region has their on DIYbetes Service instance. Each DIYbetes Service instance is independent from each other, they only share the Global BI Database.

#### *Linux Ubuntu Server*

The *Linux Ubuntu Server* is the server responsible for holding the service infrastructure related with the REST DIYbetes Service. It also manages the HTTPS requests and forwards them to the REST DIYbetes Service and supports the interaction with the Database Cluster through postgres-adapter. This is a critical component of the platform, so the architecture was designed in order to be able to support stringent latency and throughput quality attributes: above 10.000 responses in 1 second; above

10.000 simultaneous requests with a maximum latency of 5 seconds and average latency below 1 second.

#### *Database Cluster*

The *Database Cluster* is a cluster of database servers (virtual or physical). Each geographic location has their group of database servers (Individual Tasks/Objectives Database, Group Tasks/Objectives Database, Alarms/Recipes/Drugs Database, and User Profile Database) and clinical database servers (Clinical Database). The Global BI and Remote Log Databases are shared between different DIYbetes services from each region.

#### *Quality Attributes*

Due to the criticality of the platform a large set of quality attributes were considered since the projects very beginning, namely latency, throughput, availability, modifiability, maintainability, testability and security. Each quality attribute was thoughtfully described and relevant test cases performed.

#### *C. Design decisions*

A number of design decisions were taken that involved a number of trade-offs. This decision process is detailed below:

- 1) A relational database was the choice for data repositories that involve queries with multiple joins. Thus, most of the operations require support for these type of relations between data. NoSQL Databases can be used to cache logs when they arrive at the system and before they are processed for statistics purposes. *Trade-off:* Dynamic languages allow to include new features and modules at runtime, and the access to database require less effort to program. However, this simplicity hides poor performance in functions where the complexity is non-linear (e.g., sequence of whiles).
- 2) The web interface is implemented in a dynamic language (Ruby), and the threads and message queues are using JRuby (Java is used in the thread engine and message queues structures). Thus, threads and message queues have a good access scheduler and performance in Java.
- 3) Ruby simplifies the integration with non-dynamic languages, so functions where the complexity is non-linear will be later (re)implemented in Java and dynamically plugged into the code. This approach partially handles the performance problem.
- 4) REST was adopted as the service technology. This approach allows to share logic between web and mobile access interfaces, and it is supported by dynamic languages, which allow to change components at runtime. *Trade-off:* the use of REST requires less effort to implement, but it only should be used when there is a hierarchy of accesses. This hierarchy is appropriate considering the project's information structures, since specific users have access to specific features. If such structure did not exist, web services would be a better option. Moreover, since REST will be used, the service will not have a WSDL that clarifies the structure of the service and the methods that it provides. Thus, we had to devote additional

effort to document the API that is used to integrate services with external parties.

- 5) The system currently does not support clinical protocols (HL7 or DCOM), since not all healthcare systems implement them, or can be integrated with external systems. Thus, supporting this diversity was postponed due to the size of the technical team.
- 6) The service will have two keys, which services shall use for read or write information from the Clinical Database. These keys are required to authenticate services in these databases, but no service will have the 2 keys simultaneously, in order to limit database read and write operations. *Trade-off*: The approach described promotes security, but does not protect against attacks that result from the organization staff. Thus, an external database was added that has all the database and OS logs. Therefore, all authentications in the hosting machine, access to the database, all database reads and/or writes are logged.
- 7) It was decided to deploy two parallel servers, so that we are able to install updates without making the service unavailable. Additionally, no effort will be required to implement complex availability mechanisms. If a server has a fault, the other server is able to support users' requests.
- 8) The project considers an internal Load Balancer, since it allows the organization specifying custom rules to balance the workload (examples of rules include geography location, identification of the users, hours of the day, and so on). Moreover, a custom approach simplifies the deployment of different A/B testing scenarios. Finally, this approach is essential to promote service uploads without the need to have the service totally unavailable. *Trade-off*: a custom load balancer implies more processing at the server side and additional effort to configure and deploy the rules that will manage Load Balancer operations. Considering the importance of the system's flexibility and performance, this drawback does not justify a different approach. Moreover, a local Load Balancer shall be used, since it allows to reuse the same container technology adopted in the service infrastructure (Nginx). However, this local load balancer has a negative impact in the system's performance. Finally, while Linux OS has more security mechanisms than Windows OS, it has less than OpenBSD. However, we did not consider that OS security mechanisms are a stringent requirement. To manage this issue there is a remote, independent OS BD, which will log all database accesses and server authentications.
- 9) Each server runs a complete instance of the service, which simplifies the scalability and configurability issues, since if more processing power is needed more servers with more service instances can be added and only minor configurations are required in the Load Balancer.
- 10) Linux OS was the OS selected for test and product platforms, since most of the organization developers are used to its environment and it adequately fits the purpose.

## V. CONCLUSION

In this paper, we presented a multiplatform solution (mobile and web), that addresses behavior change of Type 2 Diabetes patients, and described the set of technologies underlying the DIYbetes platform. It is a complex piece of technology that addresses a set of demanding non-functional (quality) attributes in order to operate in harsh conditions with a low technological literate population. The current solution has just been deployed in Portugal for the patients of the national healthcare system (literally all interested citizens) and will be further expanded to other geographies. A partnership with a USA-based company will allow testing the platform for a different language and geography.

## ACKNOWLEDGMENT

This project was supported by a grant from the national COMPETE SI&IDT program (project nr. 34006/2013, DIYbetes). The authors would also like to thank the contribution from all the patients, doctors and nurses involved.

## REFERENCES

- [1] Diabetes Action Now, World Health Organization and the International Diabetes Federation, 20pp. 2004 ISBN: 924159151X
- [2] International Diabetes Federation: Epidemiology and morbidity. [<http://www.diabetesatlas.org/content/diabetes-and-impaired-glucose-tolerance>]
- [3] Berger B, Stenstrom G, Sundkvist G. Incidence, prevalence, and mortality of diabetes in a large population. A report from the Skaraborg Diabetes Registry. *Diabetes Care*. 1999;22:773-8.
- [4] Kerr EA, McGlynn EA, Adams J, Keesey J, and Asch SM, "Profiling the Quality of Care in Twelve Communities: Results from the CQI Study," *Health Affairs*, Vol. 23, No. 3, May/June 2004, pp. 247-256.
- [5] Mosa A., Yoo I., Sheets L, A Systematic Review of Healthcare Applications for Smartphones, *BMC Medical Informatics and Decision Making* 2012.
- [6] *Mobilehealthnews* (2010,Oct), <http://mobilehealthnews.com/9168/why-the-att-welldoc-deal-matters/> [21] Jasinski,D.J. (2012, Apr) IBM Healthcare, interview.
- [7] Wu RC, Morra D, Quan S, Lai S, Zanjani S, Abrams H, Rossos PG: The use of smartphones for clinical communication on internal medicine wards. *J Hosp Med* 2010, 5:553-559.
- [8] Soto RG, Chu LF, Goldman JM, Rampil II, Ruskin KJ: Communication in critical care environments: mobile telephones improve patient care. *Anesth Analg* 2006, 102:535-541.
- [9] Hasvold PE, Scholl J: Disrupted rhythms and mobile ICT in a surgical department. *International Journal of Medical Informatics* 2011, 80:e72-e84.
- [10] Adults' Media Use and Attitudes Report 2014, Independent regulator and competition authority for the UK communications industries, Ofcom Research Document, April 2014.
- [11] Glooko is a mobile application from a Silicon Valley company that delivers a mobile and cloud based, diabetes & chronic disease management system. <https://glooko.com/> [retrived March 2015]
- [12] Diabetes: Fatos e Números 2012, Relatório Anual do Observatório Nacional de Diabetes (4a edição), 19 de Fevereiro de 2013.
- [13] European Parliament legislative resolution of 12 March 2014 on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on the protection of individuals with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data (General Data Protection Regulation) (COM(2012)0011 – C7-0025/2012 – 2012/0011(COD))
- [14] Medicare and Medicaid Programs; Electronic Health Record Incentive Program-Stage 3, online at <https://s3.amazonaws.com/public-inspection.federalregister.gov/2015-06685.pdf> (March 2015)



# Bibliografia

- [1] Florencia Aguirre, Alex Brown, Nam Ho Cho, Gisela Dahlquist, Sheree Dodd, Trisha Dunning, Michael Hirst, Christopher Hwang, Dianna Magliano, Chris Patterson, et al. Idf diabetes atlas. 2013.
- [2] Sociedade Portuguesa de Diabetologia. Diabetes: Factos e números 2014—relatório anual do observatório nacional da diabetes, 2014 [consultado 20 nov 2014.]. URL: <http://www.dgs.pt/estatisticas-de-saude/estatisticas-de-saude/publicacoes/diabetes-factos-e-numeros-2014.aspx>.
- [3] Ambady Ramachandran, Simon Mary, Annasami Yamuna, Narayanasamy Murugesan, and Chamukuttan Snehalatha. High prevalence of diabetes and cardiovascular risk factors associated with urbanization in india. *Diabetes care*, 31(5): 893–898, 2008.
- [4] American Diabetes Association et al. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*, 37(Supplement 1):S81–S90, 2014.
- [5] David E Bloom, Elizabeth Cafiero, Eva Jané-Llopis, Shafika Abrahams-Gessel, Lakshmi Reddy Bloom, Sana Fathima, Andrea B Feigl, Tom Gaziano, Ali Hamandi, Mona Mowafi, et al. The global economic burden of noncommunicable diseases. Technical report, Program on the Global Demography of Aging, 2012.
- [6] Nigel Unwin, Delice Gan, and David Whiting. The idf diabetes atlas: providing evidence, raising awareness and promoting action. *Diabetes research and clinical practice*, 87(1):2–3, 2010.
- [7] Sítio web do conceito diy health. 22 August 2015. URL [URLhttps://www.diyhealth.org/](https://www.diyhealth.org/).

- [8] Misha Kay, Jonathan Santos, and Marina Takane. mhealth: New horizons for health through mobile technologies. *World Health Organization*, pages 66–71, 2011.
- [9] David E Sadava, David M Hillis, H Craig Heller, and May Berenbaum. *Life: the science of biology*, volume 2. Macmillan, 2009.
- [10] David L Nelson, Albert L Lehninger, and Michael M Cox. *Lehninger principles of biochemistry*. Macmillan, 2008.
- [11] Roger H Unger. Glucagon and the insulin: glucagon ratio in diabetes and other catabolic illnesses. *Diabetes*, 20(12):834–838, 1971.
- [12] Insulin and glucagon action. 15 August 2015. URL <http://bohoney2010.wikispaces.com/Group+8>.
- [13] American Diabetes Association et al. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes care*, 33(Supplement 1):S62–S69, 2010.
- [14] L Guariguata, DR Whiting, I Hambleton, J Beagley, U Linnenkamp, and JE Shaw. Global estimates of diabetes prevalence for 2013 and projections for 2035. *Diabetes research and clinical practice*, 103(2):137–149, 2014.
- [15] Ana Carolina Pinheiro de Amorim. Novas abordagens em insulinoterapia. 2008.
- [16] Edward W Gregg, Yiling J Cheng, KM Venkat Narayan, Theodore J Thompson, and David F Williamson. The relative contributions of different levels of overweight and obesity to the increased prevalence of diabetes in the united states: 1976–2004. *Preventive medicine*, 45(5):348–352, 2007.
- [17] International Diabetes Federation Guideline Development Group et al. Global guideline for type 2 diabetes. *Diabetes research and clinical practice*, 104(1):1, 2014.
- [18] Gernot Desoye and Sylvie Hauguel-de Mouzon. The human placenta in gestational diabetes mellitus the insulin and cytokine network. *Diabetes care*, 30(Supplement 2):S120–S126, 2007.
- [19] Simon Panzer, G Kronik, K Lechner, P Bettelheim, E Neumann, R Dudczak, et al. Glycosylated hemoglobins (ghb): an index of red cell survival. *Blood*, 59(6): 1348–1350, 1982.

- [20] Allison Hedley Dodd, Margaret S Colby, Kristina S Boye, Cheryl Fahlman, Sunny Kim, and Ronette R Briefel. Treatment approach and hba1c control among us adults with type 2 diabetes: Nhanes 1999-2004\*. *Current medical research and opinion*, 25(7):1605–1613, 2009.
- [21] Morris TAI. Global standardization of hba1c. 2004.
- [22] Dan Longo, Anthony Fauci, Dennis Kasper, and Stephen Hauser. *Harrison's Principles of Internal Medicine 18th edition*. McGraw-Hill Professional, 2011.
- [23] M Odette Gore and Darren K McGuire. The 10-year post-trial follow-up of the united kingdom prospective diabetes study (ukpds): cardiovascular observations in context. *Diabetes and Vascular Disease Research*, 6(1):53–55, 2009.
- [24] American Diabetes Association et al. Standards of medical care in diabetes—2013. *Diabetes care*, 36(Suppl 1):S11, 2013.
- [25] Yiduo Zhang, Timothy M Dall, Sarah E Mann, Yaozhu Chen, Jaana Martin, Victoria Moore, Alan Baldwin, Viviana A Reidel, and William W Quick. The economic costs of undiagnosed diabetes. *Population health management*, 12(2): 95–101, 2009.
- [26] Healthier Nation. How effective are expert patient (lay led) education programmes for chronic disease? *BMj*, 334:1255, 2007.
- [27] Susan L Norris, Michael M Engelgau, and KM Venkat Narayan. Effectiveness of self-management training in type 2 diabetes a systematic review of randomized controlled trials. *Diabetes care*, 24(3):561–587, 2001.
- [28] R Colagiuri, S Girgis, C Eigenmann, M Gomez, and R Griffiths. National evidenced based guideline for patient education in type 2 diabetes. *Diabetes Australia and the NHMRC: Canberra*, 2009.
- [29] Chaoyang Li, Earl S Ford, Guixiang Zhao, Indu B Ahluwalia, William S Pearson, and Ali H Mokdad. Prevalence and correlates of undiagnosed depression among us adults with diabetes: the behavioral risk factor surveillance system, 2006. *Diabetes research and clinical practice*, 83(2):268–279, 2009.
- [30] Colleen A McHorney, John E Ware Jr, and Anastasia E Raczek. The mos 36-item short-form health survey (sf-36): Ii. psychometric and clinical tests of validity in

- measuring physical and mental health constructs. *Medical care*, pages 247–263, 1993.
- [31] Evan M Benjamin. Self-monitoring of blood glucose: the basics. *Clinical diabetes*, 20(1):45–47, 2002.
- [32] Mark D Hughes. The business of self-monitoring of blood glucose: a market profile. *Journal of diabetes science and technology*, 3(5):1219–1223, 2009.
- [33] Blood pressure monitoring testing market (sphygmomanometer, automated blood pressure monitors, ambulatory blood pressure monitors, blood pressure transducers and blood pressure instrument accessories) - global industry analysis, size, share, growth, trends and forecast, 2013 - 2019 [online]. 01 October 2010. URL <http://www.transparencymarketresearch.com/blood-pressure-monitoring-market.html>.
- [34] J Apelqvist, K Bakker, WH Van Houtum, MH Nabuurs-Franssen, and NC Schaper. International consensus and practical guidelines on the management and the prevention of the diabetic foot. *Diabetes/metabolism research and reviews*, 16(S1):S84–S92, 2000.
- [35] SI Guideline Network. Management of diabetes: a national clinical guideline. *SIGN*, 2010.
- [36] World Health Organization et al. Ncd global monitoring framework. *Geneva: World Health Organization*, 2013.
- [37] International Diabetes Federation. Global diabetes scorecard - tracking progress for action. 2014.
- [38] Caroline Free, Gemma Phillips, Louise Watson, Leandro Galli, Lambert Felix, Phil Edwards, Vikram Patel, and Andy Haines. The effectiveness of mobile-health technologies to improve health care service delivery processes: a systematic review and meta-analysis. *PLoS Med*, 10(1):e1001363, 2013.
- [39] Gemma Phillips, Lambert Felix, Leandro Galli, Vikram Patel, and Philip Edwards. The effectiveness of m-health technologies for improving health and health services: a systematic review protocol. *BMC research notes*, 3(1):250, 2010.

- [40] Santosh Krishna and Suzanne Austin Boren. Diabetes self-management care via cell phone: a systematic review. *Journal of diabetes science and technology*, 2(3): 509–517, 2008.
- [41] Steven Shea, Ruth S Weinstock, Justin Starren, Jeanne Teresi, Walter Palmas, Lesley Field, Philip Morin, Robin Goland, Roberto E Izquierdo, L Thomas Wolff, et al. A randomized trial comparing telemedicine case management with usual care in older, ethnically diverse, medically underserved patients with diabetes mellitus. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 13(1):40–51, 2006.
- [42] Abu Saleh M Mosa, Illhoi Yoo, and Lincoln Sheets. A systematic review of health-care applications for smartphones. *BMC medical informatics and decision making*, 12(1):67, 2012.
- [43] D.J. Jasinski. Ibm healthcare, interview. April 2012.
- [44] Associação Portuguesa para o Desenvolvimento de Comunicações (APDC). Produtos tecnológicos caem em portugal. 2013. URL [http://www.apdc.pt/Legacy/Artigo.aspx?channel\\_id=004A7FFA-301B-41C2-B331-1CEE7D8EAAA2&content\\_id=90A28E14-78FB-4976-BB46-5916BBCAA7A0&lang=pt](http://www.apdc.pt/Legacy/Artigo.aspx?channel_id=004A7FFA-301B-41C2-B331-1CEE7D8EAAA2&content_id=90A28E14-78FB-4976-BB46-5916BBCAA7A0&lang=pt).
- [45] Diana Gonçalves. Aplicação móvel para adoção de estilos de vida saudáveis em pessoas com diabetes do tipo 2 - definição de estratégias e desenvolvimento de algoritmo. Master’s thesis, Universidade de Coimbra, Julho 2014.
- [46] Mobithink. Global mobile statistics 2014 part a: Mobile subscribers; handset market share; mobile operators. 2014. URL [URLhttps://mobiforge.com/research-analysis/global-mobile-statistics-2014-part-a-mobile-subscribers-handset-market-share-mobile-operatorsem](https://mobiforge.com/research-analysis/global-mobile-statistics-2014-part-a-mobile-subscribers-handset-market-share-mobile-operatorsem).
- [47] Joseph Tran, Rosanna Tran, and John R White. Smartphone-based glucose monitors and applications in the management of diabetes: an overview of 10 salient “apps” and a novel smartphone-connected blood glucose monitor. *Clinical Diabetes*, 30(4):173–178, 2012.
- [48] Xiaohua Liang, Qianqian Wang, X Yang, J Cao, J Chen, X Mo, J Huang, L Wang, and D Gu. Effect of mobile phone intervention for diabetes on glycaemic control: a meta-analysis. *Diabetic Medicine*, 28(4):455–463, 2011.

- [49] Sítio web do protocolo de autenticação oauth. 14 July 2015. URL [URLhttp://oauth.net/](http://oauth.net/).
- [50] Sítio web do protocolo de autenticação openid. 14 July 2015. URL [URLhttp://openid.net/](http://openid.net/).
- [51] Brian D Davison and Haym Hirsh. Predicting sequences of user actions. In *Notes of the AAAI/ICML 1998 Workshop on Predicting the Future: AI Approaches to Time-Series Analysis*, pages 5–12, 1998.
- [52] Mike Perkowitz and Oren Etzioni. Adaptive sites: Automatically learning from user access patterns. In *Proc. 6th Int. World Wide Web Conf., Santa Clara, California, 1997*.
- [53] Helen Richards, Gerry King, Margaret Reid, Sivasubramaniam Selvaraj, Iain McNicol, Eileen Brebner, and David Godden. Remote working: survey of attitudes to ehealth of doctors and nurses in rural general practices in the united kingdom. *Family practice*, 22(1):2–7, 2005.
- [54] Gabriel M Leung, LH Philip, Irene OL Wong, Janice M Johnston, and Keith YK Tin. Incentives and barriers that influence clinical computerization in hong kong: a population-based physician survey. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 10(2):201–212, 2003.
- [55] Rod Ward, Christine Stevens, Philip Brentnall, and Jason Briddon. The attitudes of health care staff to information technology: a comprehensive review of the research literature. *Health Information & Libraries Journal*, 25(2):81–97, 2008.
- [56] Sítio web da rede social facebook. 14 July 2015. URL [URLhttps://www.facebook.com/](https://www.facebook.com/).
- [57] Sítio web do motor de busca google. 14 July 2015. URL [URLhttps://www.google.com/](https://www.google.com/).
- [58] Sítio web da aplicação runkeeper. 14 July 2015. URL [URLhttp://runkeeper.com/](http://runkeeper.com/).
- [59] Sítio web da aplicação strava. 14 July 2015. URL [URLhttps://www.strava.com/](https://www.strava.com/).
- [60] Sítio web da empresa jawbone. 14 July 2015. URL [URLhttps://jawbone.com/](https://jawbone.com/).
- [61] Sítio web da empresa fitbit. 14 July 2015. URL [URLhttps://www.fitbit.com/](https://www.fitbit.com/).

- [62] Sítio web da empresa withings. 14 July 2015. URL [URLhttp://www2.withings.com/eu/en](http://www2.withings.com/eu/en).
- [63] Sítio web da empresa healthvault. 14 July 2015. URL [URLhttps://www.healthvault.com/pt/pt](https://www.healthvault.com/pt/pt).
- [64] Sítio web da aplicação healtkit. 14 July 2015. URL [URLhttps://www.apple.com/ios/whats-new/health/](https://www.apple.com/ios/whats-new/health/).
- [65] Sítio web da aplicação tidepool. 14 July 2015. URL [URLhttp://tidepool.org/](http://tidepool.org/).
- [66] American Diabetes Association et al. Nutrition recommendations and principles for people with diabetes mellitus. *Diabetes care*, 21(Supplement 1):S32–S35, 1998.
- [67] Christie Y Jeon, R Peter Lokken, Frank B Hu, and Rob M Van Dam. Physical activity of moderate intensity and risk of type 2 diabetes a systematic review. *Diabetes care*, 30(3):744–752, 2007.
- [68] Ann Albright, Marion Franz, Guyton Hornsby, Andrea Kriska, David Marrero, Irma Ullrich, and Larry S Verity. American college of sports medicine position stand. exercise and type 2 diabetes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(7):1345–1360, 2000.
- [69] R Duarte, J Silva Nunes, J Dores, JL Medina, A Ruas, A Coelho, et al. Recomendações nacionais da spd para o tratamento da hiperglicemia na diabetes tipo 2. *Revista Portuguesa de Diabetes*, 1:30–41, 2013.
- [70] Sítio web da associação protetora dos diabéticos em portugal (apdp). 14 July 2015. URL [URLhttp://www.apdp.pt/](http://www.apdp.pt/).
- [71] Sítio web da sociedade portuguesa da diabetes (spd). 06 July 2015. URL <http://www.spd.pt/>.
- [72] Sítio web da american diabetes association (ada). 06 July 2015. URL <http://www.diabetes.org/>.
- [73] Sítio web da international diabetes federation (idf). 06 July 2015. URL <http://idf.org/>.

- [74] Roy Fielding, Jim Gettys, Jeffrey Mogul, Henrik Frystyk, Larry Masinter, Paul Leach, and Tim Berners-Lee. Hypertext transfer protocol–http/1.1. Technical report, 1999.
- [75] Robert Battle and Edward Benson. Bridging the semantic web and web 2.0 with representational state transfer (rest). *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 6(1):61–69, 2008.
- [76] Roy T Fielding and Richard N Taylor. Principled design of the modern web architecture. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, 2(2):115–150, 2002.
- [77] Nurzhan Nurseitov, Michael Paulson, Randall Reynolds, and Clemente Izurieta. Comparison of json and xml data interchange formats: A case study. *Caine*, 9: 157–162, 2009.
- [78] Sítio web do serviço twilio. 22 August 2015. URL [URLhttps://www.twilio.com/](https://www.twilio.com/).
- [79] Sítio web do serviço google cloud messaging. 22 August 2015. URL [URLhttps://developers.google.com/cloud-messaging/](https://developers.google.com/cloud-messaging/).
- [80] Sítio web do serviço apple push notification service. 22 August 2015. URL [URLhttps://developer.apple.com/library/ios/documentation/NetworkingInternet/Conceptual/RemoteNotificationsPG/Chapters/ApplePushService.html](https://developer.apple.com/library/ios/documentation/NetworkingInternet/Conceptual/RemoteNotificationsPG/Chapters/ApplePushService.html).
- [81] Página web da biblioteca de programação rumour-ruby. 10 August 2015. URL <https://github.com/joaodiogocosta/rumour-ruby>.
- [82] Edgar F Codd. A relational model of data for large shared data banks. *Communications of the ACM*, 13(6):377–387, 1970.
- [83] Rick Cattell. Scalable sql and nosql data stores. *ACM SIGMOD Record*, 39(4): 12–27, 2011.
- [84] Jaroslav Pokorny. Nosql databases: a step to database scalability in web environment. *International Journal of Web Information Systems*, 9(1):69–82, 2013.
- [85] Yishan Li and Sathiamoorthy Manoharan. A performance comparison of sql and nosql databases. In *Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM), 2013 IEEE Pacific Rim Conference on*, pages 15–19. IEEE, 2013.

- [86] Jan Sipke Van der Veen, Bram Van der Waaij, and Robert J Meijer. Sensor data storage performance: Sql or nosql, physical or virtual. In *Cloud Computing (CLOUD), 2012 IEEE 5th International Conference on*, pages 431–438. IEEE, 2012.
- [87] Geoffrey Litt Seth Thompson John Whittaker. Improving performance of schema-less document storage in postgresql using bson. 2013.
- [88] Jigsa Duguma. Metprotracker: Ruby on rails application for project timing and management. 2015.
- [89] Página web do protocolo html5. 22 August 2015. URL <http://www.w3.org/TR/html5/>.
- [90] Página web do protocolo css3. 22 August 2015. URL <http://www.w3.org/Style/CSS/current-work.en.html>.
- [91] Página web da linguagem de programação javascript. 22 August 2015. URL <https://www.javascript.com/>.
- [92] Página web do plugin active admin. 22 August 2015. URL <http://activeadmin.info/>.
- [93] J. Ross Quinlan. Induction of decision trees. *Machine learning*, 1(1):81–106, 1986.
- [94] J Ross Quinlan. *C4. 5: programs for machine learning*. Elsevier, 2014.
- [95] LI Hui HU Xiaomei. Analysis and comparison between id3 algorithm and c4. 5 algorithm in decision tree [j]. *Water Resources and Power*, 2:037, 2008.
- [96] Andrew I Schein, Alexandrin Popescul, Lyle H Ungar, and David M Pennock. Methods and metrics for cold-start recommendations. In *Proceedings of the 25th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*, pages 253–260. ACM, 2002.
- [97] Amany Abdelhalim and Issa Traore. A new method for learning decision trees from rules. In *Machine Learning and Applications, 2009. ICMLA'09. International Conference on*, pages 693–698. IEEE, 2009.

- [98] Amany Abdelhalim and Issa Traore. Rbdt-2 method: Combining the power of rules and decision trees. *Introduction to the Semantic Web-concepts, technologies and applications*. iConcept Press Ltd, 2014.
- [99] Ibrahim F Imam and Ryszard S Michalski. Should decision trees be learned from examples or from decision rules? In *Methodologies for Intelligent Systems*, pages 395–404. Springer, 1993.
- [100] Sítio web do sistema operativo android. 22 August 2015. URL [URLhttps://www.android.com/](https://www.android.com/).
- [101] Smartphone os market share, q1 2015. 15 August 2015. URL <https://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>.
- [102] Yvo Desmedt. Man-in-the-middle attack. In *Encyclopedia of Cryptography and Security*, pages 759–759. Springer, 2011.
- [103] William GJ Halfond and Alessandro Orso. Amnesia: analysis and monitoring for neutralizing sql-injection attacks. In *Proceedings of the 20th IEEE/ACM international Conference on Automated software engineering*, pages 174–183. ACM, 2005.
- [104] Jeremiah Blatz. Csrfs: Attack and defense. *McAfee® Foundstone® Professional Services, White Paper*, 2007.
- [105] United States Congress. Heath insurance portability and accountability act. 21 August 1996.
- [106] Sítio web da linguagem de programação ruby. 22 August 2015. URL [URLhttps://www.ruby-lang.org/en/](https://www.ruby-lang.org/en/).
- [107] Sítio web da linguagem de programação python. 22 August 2015. URL [URLhttps://www.python.org/](https://www.python.org/).
- [108] Sítio web da framework web ruby on rails. 22 August 2015. URL [URLhttp://rubyonrails.org/](http://rubyonrails.org/).
- [109] Sítio web da framework web django. 22 August 2015. URL [URLhttps://www.djangoproject.com/](https://www.djangoproject.com/).

- 
- [110] Y Sugimori, K Kusunoki, F Cho, and S Uchikawa. Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *The International Journal of Production Research*, 15(6):553–564, 1977.
- [111] Linus Torvalds and Junio Hamano. Git: Fast version control system. URL <http://git-scm.com>, 2010.
- [112] Linus Torvalds et al. The linux kernel. URL <http://www.kernel.org>, 2008.
- [113] Dave Astels. *Test driven development: A practical guide*. Prentice Hall Professional Technical Reference, 2003.
- [114] Sebastian Dabkiewicz. Web server performance analysis. *Student project, University of Amsterdam*, 2012.
- [115] Maartie De Wit, Frans Pouwer, Reinoud JBJ Gemke, Henriette A Delemarrevan de Waal, and Frank J Snoek. Validation of the who-5 well-being index in adolescents with type 1 diabetes. *Diabetes care*, 30(8):2003–2006, 2007.
- [116] Reinhard Heun, Marzia Bonsignore, Katrin Barkow, and Frank Jessen. Validity of the five-item who well-being index (who-5) in an elderly population. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, 251(2):27–31, 2001.
- [117] Página web do projeto diybetes. 10 August 2015. URL <http://diybetes.com/>.
- [118] James O Prochaska and Wayne F Velicer. The transtheoretical model of health behavior change. *American journal of health promotion*, 12(1):38–48, 1997.
- [119] Sítio web da licença de software mit. 15 August 2015. URL [URLhttp://opensource.org/licenses/MIT](http://opensource.org/licenses/MIT).
- [120] Estatísticas da biblioteca de programação rumour-ruby no website rubygems. 10 August 2015. URL <https://rubygems.org/gems/rumour-ruby>.
- [121] Sítio web do sistema operativo apple ios. 22 August 2015. URL [URLhttps://www.apple.com/ios/](https://www.apple.com/ios/).