



Desenvolvimento de um Protótipo de Dispensador Automático de Medicamentos

BÁRBARA ZITA TORRES MARTINS
Novembro de 2015

Desenvolvimento de um Protótipo de Dispensador Automático de Medicamentos

Bárbara Zita Torres Martins

zt.martins@hotmail.com

Tese submetida ao Instituto Superior de Engenharia do Porto
para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Computação e Instrumentação Médica

Orientadores

PROF^A. DR^A GORETI MARREIROS
PROF. DR. LINO FIGUEIREDO

Departamento de Física - ISEP

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Porto, 16 de Novembro de 2015

*"Não sou nada.
Nunca serei nada.
Não posso querer ser nada.
À parte disso, tenho em mim todos os sonhos do mundo."
Álvaro de Campos (Fernando Pessoa)*

Agradecimentos

Com a entrega desta dissertação vejo chegar ao fim 5 anos de um percurso acadêmico que sempre desejei e que realizam a minha vida tanto a nível pessoal como profissional.

Tudo isto não seria possível sem o esforço notório de uma vida de duro trabalho por parte dos meus pais, heróis da minha vida. Aos meus pais o meu eterno e mais sincero agradecimento.

Aos meus orientadores, Goreti Marreiros e Lino Figueiredo, por todo o apoio e por me ofertarem com grandes ideias ao longo de todo o desenvolvimento do projeto. O meu muito obrigado pela atenção e disponibilidade que sempre mostraram ter.

Aos meus avós, motivação de todo este projeto, obrigada pelas palavras sábias, pela experiência de vida partilhada e por todo o amor que vejo nos vossos sorrisos de cada vez que apareço lá por casa.

Ao Carlos e à Sara pela companhia durante as horas de trabalho no GECAD, pela partilha de ideias e por toda a ajuda.

A todos os meus amigos, por estarem sempre presentes, em especial áqueles que me acompanharam durante estes 5 anos de formação académica, pelas noitadas de trabalho e de estudo e por partilharem comigo as melhores experiências de uma vida académica.

E por fim, mas não menos importante, ao meu namorado, por me acompanhar ao longo destes anos, por me dirigir sempre as melhores e mais reconfortantes palavras e por toda a paciência, compreensão e confiança que sempre demonstrou nas minhas capacidades.

Resumo

O número de pessoas com idade superior a 65 anos aumentou consideravelmente nos últimos 40 anos. Este incremento de longevidade tem levado ao aparecimento de várias patologias relacionadas com a idade e ao aumento da prevalência das patologias crónicas. Uma grande maioria desta população é polimedicada e assim sendo a gestão de medicamentos é uma área que pode proporcionar grandes benefícios aos idosos. A grande quantidade de medicamentos assim como as diferentes dosagens e os diferentes horários de toma fazem com que os idosos se confundam no cumprimento do esquema terapêutico aconselhado pelo médico, nomeadamente devido ao declínio cognitivo a que estão sujeitos devido ao envelhecimento humano. Torna-se, portanto, fundamental o desenvolvimento de sistemas inteligentes que auxiliem os idosos na gestão da sua medicação.

A presente dissertação de mestrado foi materializada num dispositivo, designado *ElderlySafety*, que visa responder aos problemas da polimedicação, através de uma solução tecnológica que incorpora as vertentes de controlo e comunicação. O objetivo do *ElderlySafety* é lembrar, de forma automática, o idoso da toma atempada dos seus medicamentos e consiste num protótipo de um dispositivo com várias compartições para organização dos vários medicamentos. Este aparelho apresenta 24 compartimentos, um deles referente a uma posição estática, considerada a posição ‘home’ e os restantes dizem respeito a 23 tomas de medicação durante uma semana. Os compartimentos em questão devem ser preenchidos com a devida medicação, pelo cuidador do idoso, no início de cada semana. O aparelho está conectado via *Bluetooth* a uma aplicação denominada *ElderlySafety Online* que permite monitorizar todo o sistema. É aqui que é feito o registo, com data, hora e nome do medicamento, de toda a medicação prescrita ao paciente. Também é possível a verificação de possíveis interações medicamentosas, bem como o acesso a informações acerca do que fazer

em caso de esquecimento de uma ou mais tomas. Aquando a chegada da data e hora da toma de cada medicação, o aparelho desenvolvido emite um lembrete ao idoso e esse lembrete é feito através de um alerta luminoso.

Se o sistema *ElderlySafety* verificar que o idoso se esquece da toma dos medicamentos tem a capacidade de interagir via *e-mail* com o cuidador, que poderá ser um familiar próximo, alertando-o para o esquecimento da toma de medicação do paciente a seu cuidado. Os testes de validação realizados ao *ElderlySafety* revelaram que o protótipo se mostra funcional e apto para integrar um ambiente de vida assistido de qualquer idoso.

Palavras-chave: Dispensador Automático de Medicamentos; Dispensador Individual; Ambiente de Vida Assistido; Medicação em Idosos.

Abstract

The number of people aged over 65 years has grown considerably in the last 40 years. This increase in longevity has caused the occurrence of various diseases related to age and the increasing prevalence of chronic pathologies. A large majority of this population is poly medicated and therefore the medication management is an area that can provide great benefits to elderly. The large amount of drugs as well as the different doses and different dosing schedules mean that older people could get confused to comply with the treatment regime advised by doctor, mainly because of cognitive decline that are subject to due to human aging. It is therefore critical to develop intelligent systems that help elderly managing their medication.

This master dissertation was materialized in a device, designated *ElderlySafety*, which aims to respond to polypharmacy problems, through a technological solution that incorporates aspects of monitoring and reporting. The *ElderlySafety* goal is to automatically remind elderly to take their medications in time and it's a prototype device with several compartments to organise various medications. This device has 24 compartments, one of them is related to a static position, considered as the 'home' position and the rest relate to 23 doses of medication for one week. The compartments in question must be filled with correct medication, by the elderly carer at the beginning of each week. The device is connected via Bluetooth to an application called *ElderlySafety Online* which allows to monitor the entire system. This is where the registration is made with date, time and name of the drug, of all patients medications prescription. It's also possible to check for drug interactions, as well as access information about how to proceed in case of missing one or more doses. Upon of each medication arrival date and timings, the developed device sends a reminder to the elderly and that reminder is done through a luminous alert.

If the *ElderlySafety* realise that the elderly has forgotten to take medication, is

able to interact via email with the carer, who may be a close relative, alerting to the medication neglect of the patient taken care of. Validation tests carried out *ElderlySafety* revealed that the prototype shown functional and able to integrate an ambient assisted living of any elderly.

Key-words: Automatic Pill Dispenser, Individual Dispenser, Ambient Assisted Living, Elderly Medication.

Conteúdo

| | |
|--|------|
| Agradecimentos | v |
| Resumo | vii |
| Abstract | ix |
| Conteúdo | xi |
| Lista de Figuras | xv |
| Lista de Tabelas | xvii |
| Lista de Abreviaturas | xix |
| 1. Introdução | 1 |
| 1.1 Enquadramento | 1 |
| 1.2 Motivação | 2 |
| 1.3 Objetivos | 4 |
| 1.4 Estrutura da Dissertação | 5 |
| 2. O Idoso e a sua Medicação | 7 |
| 2.1 Aspetos Epidemiológicos do Envelhecimento em Portugal | 7 |
| 2.2 Gestão da Medicação pelo Idoso | 9 |
| 2.3 Adesão ao Regime de Medicação | 10 |
| 2.3.1 A não adesão à medicação e suas implicações | 11 |
| 2.3.2 Fatores que influenciam a adesão do doente à medicação | 12 |
| 2.3.3 Estratégias para melhorar a adesão do doente à medicação | 13 |
| 2.4 Polimedicação nas Pessoas Idosas | 16 |
| 2.5 Ambientes de Vida Assistido | 16 |
| 2.6 Dispensadores de Medicamentos | 17 |

| | |
|---|----|
| 3. Microcontrolador Arduíno | 23 |
| 3.1 Enquadramento | 23 |
| 3.2 Microcontroladores e Microprocessadores | 24 |
| 3.2.1 Arquitetura dos Microcontroladores | 25 |
| 3.2.2 <i>Set</i> de Instruções | 27 |
| 3.3 <i>Hardware</i> do Arduíno Uno | 28 |
| 3.3.1 Alimentação | 29 |
| 3.3.2 Memória | 29 |
| 3.3.3 Pinos de Entrada/Saída | 30 |
| 3.4 <i>Software</i> do Arduíno Uno | 31 |
| 3.4.1 IDE | 32 |
| 3.4.2 Ciclo de Desenvolvimento | 33 |
| 3.4.3 Comunicação Série | 35 |
| 4. Desenvolvimento do sistema <i>ElderlySafety</i> | 37 |
| 4.1 Enquadramento | 37 |
| 4.2 Requisitos Funcionais da Arquitetura do Sistema | 38 |
| 4.3 Módulos do Dispositivo <i>ElderlySafety</i> | 39 |
| 4.3.1 <i>Push Button</i> | 40 |
| 4.3.2 LED | 40 |
| 4.3.3 <i>LCD</i> | 41 |
| 4.3.4 Motor de Passo | 42 |
| 4.3.5 <i>Bluetooth</i> | 45 |
| 4.3.6 Tabuleiro de tomas | 46 |
| 4.4 Desenvolvimento do <i>ElderlySafety Online</i> | 48 |
| 4.4.1 <i>Microsoft Visual Studio</i> | 50 |
| 4.4.2 ASP.NET MVC | 51 |
| 4.4.3 Informações pessoais sobre o paciente | 52 |
| 4.4.4 Registo de medicação | 53 |
| 4.4.5 Bulário eletrónico dos medicamentos | 54 |
| 4.4.6 Notificação de esquecimento de toma | 58 |
| 4.4.7 Criação da base de dados | 59 |
| 5. Resultados Obtidos | 63 |
| 5.1 Funcionalidades do Sistema | 63 |
| 5.2 Entradas e Saídas do Dispositivo | 64 |
| 5.3 <i>Design</i> do Protótipo Final | 65 |
| 5.4 Validação do Dispositivo | 66 |
| 5.4.1 Características da Amostra | 66 |
| 5.4.2 Resultados e Discussão | 67 |
| 6. Conclusão | 71 |
| 6.1 Conclusões | 71 |
| 6.2 Trabalhos Futuros | 72 |

| | |
|---|----|
| Bibliografia | 79 |
| A. Anexos | 81 |
| A.1 Formulário de validação do <i>ElderlySafety</i> | 82 |

Lista de Figuras

| | | |
|------|---|----|
| 2.1 | População residente por grupos etários | 8 |
| 2.2 | Exemplo de uma caixa de medicamentos semanal | 18 |
| 2.3 | Exemplos de dispensadores de medicamentos de formato circular | 21 |
| 2.4 | Exemplos de dispensadores de medicamentos de formato particular | 22 |
| 3.1 | Diagrama de blocos de uma cadeia de processamento | 24 |
| 3.2 | Arquitetura <i>Von-Neumann</i> | 25 |
| 3.3 | Arquitetura <i>Harvard</i> | 26 |
| 3.4 | <i>Hardware</i> do Arduíno | 28 |
| 3.5 | IDE do Arduíno | 32 |
| 3.6 | Esquema da fase de desenvolvimento de uma aplicação | 33 |
| 3.7 | Exemplo da estrutura de um <i>sketch</i> | 34 |
| 4.1 | Diagrama de blocos do sistema <i>ElderlySafety</i> completo | 39 |
| 4.2 | Diagrama de blocos do sistema <i>ElderlySafety</i> | 39 |
| 4.3 | Representação de um <i>push button</i> | 40 |
| 4.4 | Representação esquemática de um LED | 41 |
| 4.5 | Representação de um LCD adaptável para utilização no Arduíno | 41 |
| 4.6 | Motor de passo | 45 |
| 4.7 | Representação esquemática do módulo <i>Bluetooth</i> | 46 |
| 4.8 | <i>Design</i> do tabuleiro de tomas, fora do <i>ElderlySafety</i> | 47 |
| 4.9 | Tabuleiro de tomas ideal para o sistema <i>ElderlySafety</i> | 48 |
| 4.10 | Arquitetura do <i>software</i> do sistema | 49 |
| 4.11 | Página inicial do <i>ElderlySafety Online</i> | 50 |
| 4.12 | Esquema da tecnologia ASP.NET MVC | 51 |
| 4.13 | Página de informações do paciente | 52 |
| 4.14 | Página de registo de medicação do paciente | 54 |
| 4.15 | Janela de um novo registo de medicação | 55 |
| 4.16 | Página do bulário eletrónico de medicamentos | 57 |
| 4.17 | <i>E-mail</i> automático recebido em caso de esquecimento | 58 |
| 4.18 | Representação do <i>login</i> e registo | 59 |
| 4.19 | Representação da base de dados utilizada neste protótipo | 60 |

| | | |
|-----|---|----|
| 5.1 | Montagem do circuito do sistema <i>ElderlySafety</i> | 65 |
| 5.2 | <i>Design</i> do sistema <i>ElderlySafety</i> | 66 |
| 5.3 | Contribuição do <i>ElderlySafety</i> num estilo de vida mais autónomo . . | 68 |

Lista de Tabelas

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Fatores de adesão. | 13 |
| 2.2 | Intervenções para aumentar a adesão à terapêutica - intervenções educacionais | 14 |
| 2.3 | Intervenções para aumentar a adesão à terapêutica - intervenções comportamentais | 15 |
| 3.1 | Quantidade de memória disponível em cada modelo de MCU, segundo o <i>datasheet</i> de cada um | 30 |
| 3.2 | Explicação do funcionamento de cada um dos botões da <i>Toolbar</i> | 33 |
| 3.3 | Funções de Comunicação Série | 36 |
| 4.1 | Passo Completo 1 (<i>Full-Step</i>) | 43 |
| 4.2 | Passo Completo 2 (<i>Full-Step</i>) | 44 |
| 4.3 | Meio Passo (<i>Half-Step</i>) | 44 |
| 5.1 | Detalhes da amostra da população | 67 |

Lista de Abreviaturas

| | |
|----------|--|
| AAL | <i>Ambient Assisted Living</i> |
| ALU | Unidade Lógico-Aritmética |
| AINE | Anti-Inflamatórios Não Esteroides |
| API | Interface de Programação de Aplicações |
| ASA | <i>American Society on Aging</i> |
| ASCP | <i>American Society of Consultant Pharmacists</i> |
| CISC | <i>Complex Instruction Set Computer</i> |
| CPU | Unidade Central de Processamento |
| EEPROM | <i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i> |
| FTDI | <i>Future Technology Devices International</i> |
| GSM | <i>Global System for Mobile Communications</i> |
| IDE | Interface de Desenvolvimento |
| INE | Instituto Nacional de Estatística |
| INFARMED | Instituto Nacional da Farmácia e do Medicamento |
| LCD | <i>Liquid Crystal Display</i> |
| LED | <i>Light Emitting Diode</i> |
| MCU | Microcontrolador |
| MPU | Microprocessador |
| NFC | <i>Near Field Communication</i> |
| OMS | Organização Mundial de Saúde |
| PDA | <i>Personal Digital Assistant</i> |
| PWM | <i>Pulse Width Modulation</i> |
| RAM | <i>Random Access Memory</i> |
| RFID | <i>Radio Frequency Identification</i> |
| RISC | <i>Reduced Instruction Set Computer</i> |
| RMAIS | <i>RFID-based Medication Adherence Intelligence System</i> |
| SGBD | Sistema de Gestão de Bases de Dados |
| SMMS | <i>Smart Medication Management System</i> |
| SPI | <i>Serial Peripheral Interface</i> |
| SQL | <i>Structured Query Language</i> |
| SRAM | <i>Static Random Access Memory</i> |
| TTL | <i>Transistor-Transistor Logic</i> |
| USB | <i>Universal Serial Bus</i> |

Introdução

Este capítulo pretende fornecer uma visão global do tema da dissertação, ou seja, o desenvolvimento de um dispensador automático de medicamentos. Após o enquadramento do tema, são expostas as motivações que estiveram subjacentes ao desenvolvimento deste trabalho. Em seguida, de uma forma resumida, são apresentados os objetivos que se pretendem atingir. Por último, será apresentada a organização de todo o documento.

1.1 Enquadramento

O envelhecimento é um dos fenómenos mais marcantes na sociedade do século XXI. Individualmente, o envelhecimento caracteriza-se por uma maior longevidade das pessoas traduzido por um aumento da esperança média de vida e também por um aumento da proporção de pessoas idosas¹ na população portuguesa. Esta é uma realidade que se passa não só em Portugal, mas a nível mundial, como consequência da diminuição da fecundidade e, claro está, do aumento da longevidade [1].

É um processo comum a todos os seres vivos, que pode ser analisado sob uma perspetiva biológica, psicológica e social, estando os idosos mais vulneráveis às modificações sofridas pelos órgãos que poderão diminuir o seu funcionamento e determinar alterações mentais e de comportamentos [2]. Numa perspetiva social o idoso fica mais suscetível a situações de pobreza, solidão e exclusão social. Esta classe

¹ Para fins estatísticos, as pessoas idosas são normalmente referenciadas a grupos de idades específicos, pessoas com 60 e mais anos, dependendo de fatores culturais e individuais. Não existe no entanto consenso quanto aos limites de idade dos grandes grupos que devem sustentar a análise do envelhecimento (INE. As Gerações Mais Idosas. N.º. 83, Lisboa, 1999). Neste documento consideram-se pessoas idosas os homens e as mulheres com idade igual ou superior a 65 anos.

etária vê-se assim com necessidades acrescidas, proporcionando, conseqüentemente, um acréscimo no consumo de serviços de saúde.

Devido à sua vulnerabilidade, a pessoa idosa tem uma maior prevalência do consumo de medicamentos, quer sejam prescritos, ou não, pelo médico de família. Esta prevalência é bem maior nos idosos do que em jovens em consequência de vários fatores como por exemplo as doenças crónicas e degenerativas e alterações da capacidade cognitiva e motora.

Uma grande percentagem dos pacientes com doenças degenerativas não cumpre com os horários de medicação prescrita [3]. O não cumprimento e a não adesão a um correto regime de medicação pode trazer conseqüências graves para o paciente, como complicações do estado de saúde que muitas vezes levam a uma necessidade de internamento médico e até mesmo a morte.

É difícil para alguns pacientes cumprir um regime de medicação complexo. Quando se trata, de pacientes com uma vasta gama de medicação, torna-se complicada a gestão da polimedicação, das diferentes dosagens e dos diferentes horários de toma. Os doentes de *Alzheimer*, por exemplo, são um alvo muito fácil no descuido da medicação e muitas das vezes a toma é totalmente esquecida.

Com todos estes problemas surge então a necessidade de ajudar estes doentes, através do desenvolvimento de um sistema inteligente que dispense os medicamentos automaticamente, a uma hora previamente programada por um cuidador, possibilitando assim que o doente não se preocupe com a gestão da sua própria medicação. Tudo isto visa melhorar a qualidade de vida das pessoas idosas com algumas dificuldades cognitivas, e permitir assim uma vida menos dependente de terceiros.

1.2 Motivação

Em Portugal, a proporção de pessoas idosas com mais de 65 anos tem aumentando de forma bastante significativa nos últimos anos. Em 1960 essa proporção era de apenas 8%, sendo que em 1981 já se registavam 11%, 14% em 1991, 16.5% em 2001 e 19.1% em 2011. O Instituto Nacional de Estatística ² (INE) estima que esta proporção duplique nos próximos 50 anos, representando, em 2060, quase 40% da população portuguesa [4].

O envelhecimento é um processo, ou conjunto de processos, inerente a todos os seres vivos e expressa-se pela perda de capacidade de adaptação e pela diminuição

² <https://www.ine.pt/>

da funcionalidade. O envelhecimento está, assim, associado a um conjunto de alterações com repercussões na mobilidade, funcionalidade, autonomia e claro está, na saúde, nomeadamente alterações nas aptidões cognitivas. Segundo o Portal dos Psicólogos ³, as aptidões cognitivas atingem o seu pico por volta dos 30 anos, continuam estáveis até à idade de 50-60 anos e a partir daí começam a diminuir, com uma diminuição ainda mais substancial a partir dos 70 anos. Com todos os dados estatísticos acima mencionados torna-se necessária a adaptação da tecnologia para melhorar a qualidade de vida destas pessoas idosas cujas doenças cognitivas e degenerativas impedem a sua total autonomia.

Em 2012, Foreman et al. [5] relatou que os pacientes que adotam um programa que gera lembretes para a toma da medicação, usando, para isso, mensagens de texto no telemóvel, mostram uma maior adesão ao tratamento em comparação com indivíduos que não usam esse sistema de lembretes. Assim, pode-se supor que um sistema de lembretes de medicação irá fornecer uma resposta direta e que vai determinar a melhoria da qualidade de vida dos doentes idosos, nomeadamente os doentes de *Alzheimer* que na sua generalidade são os que mais têm tendência para o esquecimento da toma da medicação.

Desde os tempos mais remotos, que o Homem tem vindo a desenvolver tecnologias com o propósito de aumentar o seu bem-estar. É graças a estes avanços nas tecnologias médicas e farmacêuticas que hoje em dia se pode afirmar que os medicamentos podem curar ou controlar múltiplas doenças ajudando as pessoas a viver ativamente e com uma melhor qualidade de vida durante largos anos. O problema surge quando os sujeitos alvos de medicação são pessoas com necessidades especiais, idosos com alguma demência, ou então, idosos que vivem sozinhos e não têm qualquer tipo de ajuda para a toma adequada dos respetivos medicamentos. Muitas das vezes, devido à quantidade de medicamentos, os idosos acabam por fazer uma má gestão dos mesmos [6]. A gestão da medicação é uma das maiores preocupações para quem cuida de um idoso. Tanto o abuso como a falta de um medicamento podem resultar em situações críticas e potencialmente fatais.

O envelhecimento da população está normalmente associado a doenças crónicas ou incapacitantes, por exemplo, perdas de memória, dificuldades de orientação, dificuldades de adesão quer a um correto regime de medicação, quer a tratamentos clínicos, etc. Dos vários problemas existentes, realçam-se a perda de memória e a polimedicação, dada a sua generalidade. A perda de memória decorrente do envelhecimento bem como as doenças crónicas associadas a perdas cognitivas causam

³ <http://www.psicologia.pt/>

uma progressiva dependência de terceiros e necessidades de assistência permanente. Estes problemas colocam dificuldades na vida diária das pessoas, contudo podem ser colmatados ou mitigados por sistemas integrados de apoio ambulatorio e domiciliário a pessoas idosas ou pessoas com necessidades especiais.

É nesse sentido que nesta dissertação se propõe o desenvolvimento de um protótipo de dispensador automático de medicamentos, denominado *ElderlySafety*, na expectativa de contribuir para colmatar o problema da gestão da medicação e consequentemente para a melhoria da qualidade de vida dos idosos. O protótipo *ElderlySafety* consiste não apenas do *hardware* onde se vêm dispensados os medicamentos mas também de uma aplicação, designada de *ElderlySafety Online*, onde o cuidador poderá fazer o registo de toda a medicação do paciente. O *ElderlySafety Online* também possibilita o acesso a informações como o que fazer em caso de esquecimento de uma ou mais tomas ou a pesquisa de possíveis interações medicamentosas.

1.3 Objetivos

O principal objetivo desta dissertação é o desenvolvimento de um sistema microcontrolado capaz de gerir um equipamento que dispense comprimidos de forma automática, fornecendo assim uma solução para os pacientes que não conseguem fazer uma boa gestão da sua medicação, como por exemplo os doentes de *Alzheimer*. A dissertação consiste no desenvolvimento de *hardware*, utilizando o microcontrolador Arduino e aplicação, *ElderlySafety Online*, que permite a gestão e monitorização de todo o sistema desenvolvido.

O *ElderlySafety Online* deve abordar os seguintes requisitos:

- Informações sobre o paciente (dados pessoais e patologias previamente diagnosticadas pelo prestador de cuidados de saúde);
- Registo de toda a medicação do idoso, consoante prescrição médica;
- Consulta da bula eletrónica de cada medicamento (descrição e utilidade do medicamento, interações medicamentosas e informações acerca do que fazer aquando o esquecimento de uma ou mais tomas, bem como o nível de gravidade desse mesmo esquecimento).

O sistema microcontrolador, ou seja, o *hardware* do sistema deve seguir também alguns requisitos, tais como:

- Fazer a leitura dos dados do registo de medicação e dispensar os medicamentos no dia e hora exata;
- Alertar o paciente aquando a libertação da medicação (através do piscar do LED ou do *beep* intermitente de um *buzzer*);
- Fazer a leitura da toma da medicação (se o paciente pressionar o botão, a toma foi efetuada, caso contrário deve considerar o esquecimento da toma e alertar o cuidador).

1.4 Estrutura da Dissertação

Esta secção apresenta a estrutura da dissertação, com um resumo do conteúdo de cada capítulo, de modo a fornecer uma noção geral do assunto a ser desenvolvido, antes de entrar, em detalhe, na sua descrição. Esta dissertação compreende 6 capítulos, sendo que o primeiro é o capítulo introdutório, onde para além de se efetuar um enquadramento do tema desta dissertação, se apresentam as motivações que estiveram subjacentes à concretização de um conjunto de objetivos, e se descreve de forma sucinta o trabalho a ser realizado.

No **Capítulo 2**, Envelhecimento em Portugal, será apresentada a situação demográfica do envelhecimento em Portugal evidenciando os aspetos epidemiológicos desta problemática. De seguida apresenta-se também a problemática da gestão da medicação para as pessoas idosas, que muitas vezes se torna um processo muito complexo. É introduzido o conceito de adesão e não adesão, bem como estratégias para melhorar a adesão a um regime terapêutico por parte das pessoas idosas. Por último faz-se uma introdução ao conceito de Ambientes de Vida Assistida e também uma pequena revisão de literatura sobre os dispensadores de medicamentos automáticos já desenvolvidos bem como uma enumeração de alguns dispensadores que já se encontram à venda no mercado.

Posteriormente, no **Capítulo 3**, será apresentada a plataforma de desenvolvimento Arduíno, pois foi esta a plataforma utilizada para o desenvolvimento do dispensador automático apresentado neste trabalho. Serão abordadas as principais diferenças entre microcontroladores e microprocessadores bem como todo o *hardware* e *software* desta plataforma de desenvolvimento.

No **Capítulo 4** é descrito todo o processo efetuado para o desenvolvimento e implementação do dispensador automático de medicamentos, *ElderlySafety*. Serão exibidas todas as etapas inerentes à sua implementação, começando pela abordagem

ao desenvolvimento do *hardware* detalhando todas as funcionalidades dos componentes utilizados. Posteriormente é descrito todo o processo de desenvolvimento do *ElderlySafety Online*, *software* necessário ao bom funcionamento do dispositivo *ElderlySafety* onde serão explicadas as tecnologias utilizadas, quer para o desenvolvimento da página *web* como para a criação e manutenção da base de dados onde é armazenada toda a informação que diz respeito ao idoso e respetiva medicação. Será ainda abordada a interligação entre o *hardware* e o *software* que foi desenvolvido.

No **Capítulo 5**, serão apresentados todos os resultados obtidos após o desenvolvimento do dispensador automático de medicamentos, tanto da parte visível (*hardware* do dispensador *ElderlySafety*) como da parte não visível, ou seja, o *software*.

Finalmente, no **Capítulo 6**, são apresentadas as conclusões do trabalho efetuado e descrito ao longo desta dissertação. São ainda apresentadas algumas perspetivas de desenvolvimentos futuros, que visam ultrapassar as limitações referidas, e abrir novos horizontes a partir do trabalho efetuado.

O Idoso e a sua Medicação

Neste capítulo, numa primeira fase, pretende-se apresentar a problemática do envelhecimento em Portugal, abordando vários aspetos importantes na vida social de um idoso. Inevitavelmente, o envelhecimento acarreta largas alterações a nível cognitivo, o que faz com que a gestão da própria medicação por parte do idoso seja uma problemática que aqui será também apresentada. Muitos são os idosos que não aderem a um correto regime de medicação, muitas das vezes são polimedicados o que os leva a cometerem muitos erros na toma da sua medicação. Todos estes aspetos serão aqui evidenciados. No final deste capítulo, será descrito um levantamento dos dispensadores automáticos de medicamentos, salientando alguns dispensadores disponíveis para compra no mercado.

2.1 Aspetos Epidemiológicos do Envelhecimento em Portugal

Nas sociedades desenvolvidas, o envelhecimento demográfico é o fenómeno mais relevante do século XXI devido às suas implicações na esfera socioeconómica, para além das modificações que se refletem a nível individual e em novos estilos de vida.

O fenómeno do envelhecimento demográfico desencadeia-se quando a dinâmica populacional se caracteriza pelo aumento da proporção das pessoas idosas no total da população. Durante muito tempo considerou-se que a causa do envelhecimento residia exclusivamente na redução da mortalidade. No entanto, hoje reconhece-se que o declínio da fecundidade e os fluxos migratórios, quer internos quer externos, têm um papel mais preponderante no processo do envelhecimento demográfico [7].

Segundo Carrilho et al. [7], o século XXI é já considerado o século do envelheci-

mento, visto ser um dos acontecimentos mais marcantes na sociedade e com várias implicações. Esta tendência pode ser melhor interpretada analisando a Figura 2.1 que, segundo o INE em 2009, mostra claramente a projeção do aumento do índice de envelhecimento em Portugal.



Fig. 2.1: População residente por grupos etários (em milhares), Portugal, 2008 – 2060.
Fonte: INE 2009

Ainda de acordo com estes resultados, até 2060 a percentagem de população jovem, no total da população, diminuirá de 15.2%, em 2009, para 11.9%, o peso relativo da população em idade ativa também diminuirá de 66.9% para 55.7%, aumentando a proporção de idosos de 17.9% para 36.1% num cenário sem migrações. Em resultado da esperada redução da percentagem de população jovem e do aumento da proporção de população idosa, manter-se-á a tendência de envelhecimento demográfico, pelo que o índice de envelhecimento, que em 2009 se situou em 118 idosos por cada 100 jovens, poderá atingir, em 2060, um valor de 271 idosos por cada 100 jovens.

Deste modo, não é de estranhar o crescente interesse, particularmente nas últimas décadas, que se tem vindo a observar, por parte de investigadores de diferentes ramos do conhecimento, pela promoção do bem-estar, saúde e qualidade de vida dos idosos. O envelhecimento tem sido descrito como um processo, ou conjunto de processos, inerente a todos os seres vivos e que se expressa pela perda da capacidade de adaptação e pela diminuição da funcionalidade [8].

O envelhecimento está, assim, associado a múltiplas alterações com repercussões

na funcionalidade, mobilidade, autonomia e saúde desta população, tornando-se evidente um decréscimo na sua qualidade de vida. Neste sentido, e em termos de saúde pública, interessa sobretudo conhecer as formas de tentar melhorar e/ou atenuar esta degeneração progressiva. Ao aumento da longevidade deve corresponder a manutenção da qualidade de vida associada à melhor saúde, ao bem-estar e à capacidade de realizar autonomamente as tarefas quotidianas [8].

Para além dos aspetos diretamente relacionados com a saúde, é hoje entendido como tarefa prioritária o desenvolvimento de competências que permitam ao idoso realizar as suas tarefas básicas diárias independentemente do auxílio de terceiros [9].

2.2 Gestão da Medicação pelo Idoso

A toma de medicamentos, utilizada como resposta aos problemas de saúde, é uma das intervenções mais comuns, constituindo um alicerce crucial ao aumento da esperança média de vida da população. Os idosos são o grupo etário que consome mais medicamentos nos países ocidentais, com uma média de cerca de 6 a 8 medicamentos por dia [10]. Avorn [11], em 1995, referiu até que *‘os medicamentos são provavelmente a intervenção na saúde mais importante na prevenção de lesões, incapacidades e mortes na população geriátrica’*.

A gestão de medicamentos constitui, segundo Von Korff et al. [12], um dos principais elementos do processo de gestão da doença crónica, em que é fundamental, ensinar os doentes a controlar a sua doença da melhor forma possível. Para as pessoas com 65 ou mais anos de idade, as doenças crónicas são uma realidade e acarretam uma complexidade do regime medicamentoso. Hoje em dia é possível contribuir para uma melhor qualidade na saúde e bem-estar da pessoa idosa com estratégias de prescrição adequadas e supervisão de medicamentos, e tudo isto com uma diminuição dos custos de saúde.

Não é apenas a complexidade de um regime medicamentoso que conduz à ineficácia da gestão dos medicamentos por parte do idoso. O nível de capacidade, cognitiva e psicomotora, que as pessoas idosas detêm, em cada momento, influencia a sua capacidade de gestão eficaz dos medicamentos (por exemplo, adquirir e administrar medicamentos de acordo com a prescrição). Segundo Kripalani et al. [13], a baixa escolaridade está associada a uma incapacidade de autogestão do regime medicamentoso. Conhecer os fatores que podem influenciar esta gestão de medicamentos é o primeiro passo para o diagnóstico e identificação de necessidades de saúde, no sentido de poder vir a ajudar o idoso a gerir adequadamente o seu bem-estar, a sua

qualidade de vida, a sua doença e o seu regime terapêutico.

Os idosos com doença crónica apresentam necessidades diferentes em função do declínio físico ou cognitivo, que lhes possa condicionar o autocuidado de saúde. A capacidade para gerir a própria medicação é definida como uma competência funcional e cognitiva para autogerir o regime medicamentoso, quando ele é prescrito, constituindo-se como um fator da adesão terapêutica [13, 14].

Para que seja capaz de gerir de forma eficaz o seu regime medicamentoso e consequentemente aumentar a adesão, a pessoa idosa deve identificar e enumerar o nome dos medicamentos, conhecer a aparência do medicamento, as ações terapêuticas e os efeitos secundários da medicação, as indicações para uma medicação segura, fazer uso de memorandos, armazenar corretamente os medicamentos e saber administrá-los adequadamente.

2.3 Adesão ao Regime de Medicação

O conceito de adesão segundo afirmou a Organização Mundial de Saúde ¹ (OMS) em 2003 é o *‘grau ou extensão em que o comportamento da pessoa, em relação à toma de medicamentos, ao cumprimento da dieta e alteração de hábitos ou estilos de vida, corresponde às instruções veiculadas por um profissional de saúde.’* Em 2008, Haynes et al. [15] sintetiza o conceito de adesão afirmando que a adesão entende-se como o grau de conformidade entre as recomendações dos profissionais de saúde e o comportamento da pessoa relativamente ao regime terapêutico proposto. Pode também ser definida como um conjunto de comportamentos, tais como: tomar a medicação, seguir dietas ou executar mudanças de hábitos de vida que coincidam com o regime terapêutico prescrito [16]. Um estudo de Leite e Vasconcelos [17] refere que há adesão quando são seguidas pelo menos 80% das prescrições no seu total.

A adesão à medicação está normalmente associada a um regime regular de medicamentos prescritos pelo médico mediante as patologias diagnosticadas ao doente [18]. Essa adesão ao regime medicamentoso prescrito está associada ao aumento de resultados positivos na saúde, na segurança e na qualidade de vida das pessoas. Na perspetiva dos sistemas de saúde, a adesão está associada a melhores resultados económicos, através de poupança direta e indireta na redução da utilização de serviços de saúde (por agravamento da doença, crises agudas causadas por uma má gestão de regime de medicação). Na perspetiva dos profissionais, a adesão pode significar

¹ <http://www.who.int/>

uma maior eficácia do tratamento recomendado, que por sua vez pode melhorar o estado de saúde e a qualidade de vida do doente [19].

2.3.1 A não adesão à medicação e suas implicações

Segundo a *American Society on Aging* e a *American Society of Consultant Pharmacists* ² (ASA&ASCP) a não adesão é a falha no cumprimento da prescrição, interrupção da medicação antes do tempo previsto, omissão de doses, toma de mais ou menos medicação do que o prescrito ou a toma de uma dose na hora errada. A não adesão é hoje um dos grandes problemas de saúde em todo o mundo por poder provocar um agravamento das doenças crónicas. De acordo com a OMS o risco de não adesão aumenta com a duração e a complexidade do regime terapêutico e ambos estão presentes em situações de doença crónica.

Para que o idoso adira ao tratamento é necessário que este o entenda como necessário e essencial perante a sua situação de doença. O não cumprimento do regime medicamentoso, o facto de o doente não comparecer às consultas médicas e não seguir as mudanças no estilo de vida recomendadas são bons exemplos de não adesão ao regime terapêutico [20]. A não adesão é hoje conhecida como a principal causa para o aumento da morbilidade e mortalidade, redução da qualidade de vida, aumento dos custos médicos e da utilização excessiva dos serviços de saúde [20]. Assim, não aderir ao regime terapêutico influencia, de certo modo, o sucesso dos tratamentos. Estima-se que 30 a 50% dos doentes, independentemente da doença, do tratamento e do prognóstico, não aderem ao regime terapêutico [21].

A não adesão terapêutica pode ser classificada em intencional, quando o doente não cumpre o tratamento apesar de o conhecer, ou não intencional, quando este não compreende a informação prestada pelo profissional de saúde, quando se esquece ou sente dificuldade em gerir a medicação. A não adesão não intencional é muitas vezes resultado de má comunicação entre o doente e o profissional de saúde [19].

A OMS afirma que a não-adesão é considerada como um '*problema mundial de magnitude impressionante*'. Nos países desenvolvidos, a taxa de adesão ao tratamento nos doentes crónicos é, em média, de 50%, sendo esta percentagem mais baixa nos países em desenvolvimento.

A não adesão é um fenómeno preocupante nas pessoas idosas, pois contribui para o aumento do risco de reações adversas, estimando-se que 21% dos casos de reações adversas registadas se poderiam ter evitado [22]. Cerca de 28% das admissões hospi-

² <http://www.adultmeducation.com/>

talares dos idosos estão relacionadas com a medicação. A não adesão é responsável por 11% dessas admissões e 17% são devidas a reações adversas. A não adesão é também responsável por cerca de 23% das admissões de idosos em lares [23].

Considerando que cerca de 90% da população idosa consome pelo menos um medicamento diário e que um terço dessa percentagem toma quatro a cinco medicamentos simultaneamente [24, 25] a não adesão é um fenómeno previsível de grande impacto para as pessoas idosas.

A adesão ao tratamento pode ser afetada por fatores cognitivos e emocionais, tais como o esquecimento, a falta ou diminuição da motivação, a ausência de perceção da sua necessidade, a desconfiança em relação à obtenção de resultados positivos, a ansiedade inerente às tomas de fármacos, sobretudo em regimes terapêuticos complexos, bem como o medo de possíveis efeitos adversos ou de dependência. [24, 26]. De todos estes fatores, o esquecimento é um dos comportamentos mais observado em estudos sobre a matéria, sendo frequentemente referido pelos pacientes como o principal motivo para a não adesão, seja o esquecimento quotidiano do momento das tomas ou o esquecimento de informação relevante sobre a forma como o tratamento deve ser aplicado e outras recomendações feitas pelo médico.

Após a anterior explicação do conceito de adesão e não adesão a um regime terapêutico torna-se fundamental explicar os fatores que influenciam a adesão do doente à terapêutica.

2.3.2 Fatores que influenciam a adesão do doente à medicação

Assim como a adesão ao tratamento influencia a qualidade de vida dos doentes e a qualidade dos serviços de saúde, também esta é afetada por uma multiplicidade de fatores intrínsecos ou extrínsecos ao doente. Esses fatores determinam a atitude do doente perante o tratamento proposto [27]. A razão da não adesão à medicação é difícil de definir de forma absoluta, pois depende de um conjunto considerável de fatores, da sua prevalência em cada pessoa e da forma como a pessoa consegue controlar toda a sua medicação, com ou sem ajudas externas.

Na população em geral, podem identificar-se como preditores de não adesão: o baixo estatuto socioeconómico, a pobreza o analfabetismo e baixo nível educacional, o desemprego, a distância aos centros de tratamento, o custo elevado do transporte ou da medicação, as características da doença, alterações ambientais, a cultura e as crenças acerca da doença e do tratamento e disfunções familiares.

Os problemas da adesão verificam-se em todas as situações em que existe autoadministração do tratamento, independentemente do tipo de doença, qualidade e/ou acessibilidade aos recursos de saúde [28]. A OMS agrupa os diferentes fatores que poderão influenciar a adesão ao regime terapêutico em cinco categorias: sócio-demográficos, clínicos, medicação, comportamentais e económicos. Estas categorias são descritas de forma sucinta, na Tabela 2.1.

Tab. 2.1: Fatores de adesão.

| Categoria | Fatores |
|--------------------|---|
| Sócio-demográficos | Idade |
| | Sexo |
| | Ocupação |
| | Nível educação |
| | Educação para Saúde |
| Clínicos | Tipo de doença |
| | Gravidade e duração da doença |
| | Número de doenças associadas |
| | Frequência do uso dos serviços de saúde |
| | Satisfação dos doentes com os serviços de saúde |
| Medicação | Qualidade dos cuidados |
| | Regime de doses |
| | Número e tipo de medicamentos |
| | Tipo de embalagem |
| | Sistema de distribuição medicamentosa |
| | Uso de ajudas de adesão |
| Comportamentais | Regime terapêutico e Reações adversas |
| | Interacção doente profissional de saúde |
| | Conhecimento, compreensão e crenças face à doença |
| Económicos | Conhecimento e crenças do cuidador |
| | Classe social |
| | Tipo de assistência na saúde |
| | Custo da medicação e dos cuidados de saúde |
| | Rendimento do doente |

2.3.3 Estratégias para melhorar a adesão do doente à medicação

Para Osterberg e Blaschke [24] os métodos para aumentar a adesão ao regime terapêutico podem ser agrupados em quatro categorias principais: a educação do doente; a comunicação estabelecida entre profissionais de saúde e doente; a posologia e tipo

de fármaco e a disponibilidade dos serviços de saúde em atender o doente.

Alguns autores, [23, 29, 28, 30], apresentam dois tipos de intervenções para melhorar a adesão terapêutica: as intervenções educacionais e as intervenções comportamentais. As intervenções educacionais (Tabela 2.2), promotoras de conhecimento acerca da medicação e/ou doença, facultam informação oral, escrita, audiovisual e informatizada, através de programas educacionais individuais ou em grupo. É obrigatória a clareza e a objetividade da linguagem, que deve ir de encontro com o nível cultural e cognitivo do doente e ser de fácil memorização. Assim, a educação é uma medida simples e vital destinada a melhorar a adesão à medicação. [28, 30]. As intervenções educacionais que envolvam os doentes, os seus familiares ou os seus cuidadores, têm-se revelado eficazes na adesão ao regime terapêutico. Para além disso, a comunicação entre os profissionais de saúde e o doente é um ponto fulcral e eficaz para o impulsionar a seguir um regime de tratamento [24].

Tab. 2.2: Intervenções para aumentar a adesão à terapêutica - intervenções educacionais

| INTERVENÇÕES EDUCACIONAIS |
|--|
| * Administração de informação |
| * Oral |
| * Escrita |
| * Audiovisual e/ou informática |
| * Programas educacionais individuais |
| * Programas educacionais em formato de grupo |

As intervenções comportamentais (Tabela 2.3) têm como objetivos: incorporar mecanismos de adaptação na prática diária; facilitar o cumprimento dos tratamentos propostos; otimizar a comunicação e o aconselhamento; simplificar os regimes terapêuticos; envolver os doentes no tratamento; fornecer memorandos e atribuir um reforço ou recompensa pela melhoria da adesão à medicação [28]. É fundamental que haja uma melhoria da comunicação e do aconselhamento direto, tanto para o doente como para a sua família, podendo-se aproveitar a consulta médica para o realizar. Poderá também ser utilizado o contacto direto por via telefónica ou por mensagens de correio eletrónico. Deverá ainda, se possível, haver uma simplificação do esquema terapêutico, ou seja, uma diminuição do número de doses e do número total de fármacos [28].

A explicação e compreensão das suas indicações, efeitos secundários e a forma de os ultrapassar, bem como as exigências ou restrições alimentares, são algumas das estratégias que facilitam a adesão, sendo imprescindível manter o doente informado sobre os progressos e os resultados dos exames laboratoriais [26]. Os doentes

Tab. 2.3: Intervenções para aumentar a adesão à terapêutica - intervenções comportamentais

| INTERVENÇÕES COMPORTAMENTAIS |
|--|
| AUMENTO DA COMUNICAÇÃO E ACONSELHAMENTO: * Direto (por exemplo em consulta médica); * Seguimento direto por via telefónica; * Mensagens telefónicas automáticas; * Mensagens geradas automaticamente por computador; * Intervenção familiar. |
| SIMPLIFICAÇÃO DOS ESQUEMAS TERAPÊUTICOS: * Diminuição do número de doses medicamentosas; * Diminuição do número total de fármacos; * Fornecimento da medicação no local de trabalho. |
| ENVOLVIMENTO DOS DOENTES NO SEU TRATAMENTO: * Automonitorização da doença; * Autoadministração do tratamento. |
| MEMORANDOS: * Embalagens especiais; * Informação visual sobre a toma da medicação; * Caixas de contagem e distribuição da medicação; * Alertas para a adesão a consultas médicas e à terapêutica; * Alertas para manutenção do esquema proposto. |
| RECOMPENSA PELA MELHORIA DA ADESÃO À MEDICAÇÃO: * Redução da frequência das consultas médicas; * Incentivos monetários; * Facilitação da aquisição de bens. |

devem envolver-se ativamente no seu tratamento, através da autoadministração da terapêutica, permitindo a monitorização e o controlo da sua doença. Para o efeito, o doente deverá recorrer a estratégias de forma a prevenir o esquecimento da toma da medicação, socorrendo-se de memorandos, tais como a utilização de caixas de contagem com a medicação diária distribuída, a marcação das consultas no calendário e a necessidade de adquirir novas receitas médicas. Dever-se-á, tanto quanto possível, evitar a alteração dos esquemas terapêuticos, pois este é um fator que interfere desfavoravelmente na correta memorização, levando consecutivamente a esquecimentos e à não adesão [28]. A adesão à medicação é um comportamento que deve ser incentivado e reforçado, podendo ser utilizados meios de recompensa. Deve-se, por isso, facilitar a aquisição de equipamentos de saúde necessários para melhorar a qualidade de vida e bem-estar e reduzir a frequência das consultas médicas.

2.4 Polimedicação nas Pessoas Idosas

A polimedicação, de elevada prevalência nos idosos, não é um problema, nem um conceito novo. Como conceito é usado há décadas, contudo no meio científico, ainda falta uma definição universal [31].

A polimedicação é considerada por alguns autores como a prescrição inadequada para a situação clínica [32, 33], por muitos outros como o uso de vários medicamentos em simultâneo [31, 34, 35] e quando explicitada em número de medicamentos, como o uso concomitante de quatro ou mais medicamentos [33, 34, 36, 37].

Em alguns estudos a polimedicação é apresentada com um sentido classificativo de acordo com o número de medicamentos prescritos em simultâneo [38], sendo classificada em:

- polimedicação *minor* (dois a quatro medicamentos);
- polimedicação *major* (mais do que quatro). [31, 37]

Ou noutras situações, a polimedicação é classificada em:

- polimedicação ligeira (dois a três medicamentos);
- moderada (quatro a cinco medicamentos);
- grave (mais de cinco medicamentos).

A prevalência da polimedicação aumenta com a idade e está associada ao sexo feminino, à residência em meio rural, ao baixo nível de escolaridade e à falta de disponibilidade de consultas médicas [34]. Nos idosos a polimedicação é responsável por custos excessivos, em termos individuais e institucionais, decorrentes de reações adversas, do grande número de interações medicamentosas possíveis e de erros na medicação. Destes fatores, nomeadamente a não adesão à medicação e as reações adversas estão associados ao aumento do risco de hospitalização e internamentos em lares [33, 34]. Cerca de 70 a 80% dos idosos já tiveram problemas relacionados com os medicamentos [37] devido a erros de medicação.

2.5 Ambientes de Vida Assistido

O *Ambient Assisted Living* (AAL), tecnologias de vida assistida com base em ambientes inteligentes, tem investigado a tendência do aumento da população de idosos,

e tem como objetivo descobrir uma solução eficiente para ajudar as pessoas idosas que vivem de forma independente. É certo que, cada vez mais, os idosos preferem viver numa casa própria do que viver em lares ou viver a cargo de qualquer familiar.

O AAL pode ser utilizado para prevenir, curar, melhorar o bem-estar e as condições de saúde da população adulta, nomeadamente idosos com 65 ou mais anos de idade. As tecnologias AAL, para além de ajudarem estes adultos mais velhos na gestão da medicação, podem também proporcionar mais segurança para os idosos, utilizando sistemas de resposta de emergência móveis, sistemas de deteção de queda e sistemas de videovigilância [39]. O objetivo dos AAL é alargar o tempo de vida com qualidade das pessoas mais idosas sem que nunca abandonem o ambiente familiar, aumentando a sua autonomia e ajudando-os na realização de atividades da vida diária com o uso de sistemas inteligentes e de prestação de serviços de cuidados médicos [40].

Os pacientes deixam de seguir a prescrição de medicamentos, por muitas razões, sendo que 30% devido ao esquecimento, 16% devido ao facto dos pacientes terem outras prioridades, 11% optam por não os tomar, 9% não tem a informação adequada e 7% dos pacientes não cumprem a medicação por estarem com instabilidade emocional [24].

O uso de sistemas inteligentes para a gestão de medicamentos pode regular e gerir de forma remota o uso de medicamentos mediante a prescrição médica de cada paciente. É importante que a toma da medicação seja feita com rigor e que se evite que, por qualquer razão, o paciente não tome a sua medicação.

Na secção seguinte iremos abordar os dispensadores automáticos de medicamentos que podem incorporar um ambiente de vida assistido.

2.6 Dispensadores de Medicamentos

Desde os tempos mais remotos que a humanidade tem aproveitado os recursos existentes para melhorar o seu bem-estar e qualidade de vida. É disso exemplo a grande diversidade de dispositivos, mais ou menos evoluídos tecnologicamente, que povoam as nossas vidas e nos auxiliam.

A área da medicina claramente não é exceção e já existem soluções que auxiliam as pessoas no cumprimento do seu regime de medicação. Inicialmente, e sem qualquer recurso a tecnologia, foram criadas caixas de medicamentos portáteis, compartimentadas com alguns espaços, normalmente com os sete dias da semana. Estas caixas são geralmente feitas de plástico e têm o aspeto das caixas da Figura 2.2.

Elas auxiliam os pacientes na gestão da toma e dosagem da sua medicação e são bastante eficientes para ocasiões em que o paciente se ausenta da sua habitação mas, como não envolvem tecnologia, não alertam o paciente para a toma atempada da sua medicação.



Fig. 2.2: Exemplo de uma caixa de medicamentos semanal

Hoje em dia, existem no mercado equipamentos com funcionalidades mais avançadas. São dispositivos com recurso a tecnologia onde o principal objetivo é evitar que o paciente se esqueça da toma da medicação. Os dispositivos têm um tabuleiro com compartimentos, ou algo similar, onde se colocam os medicamentos divididos por tomas, previamente configurados com os respetivos horários. No momento exato do instante programado os dispositivos emitem sinais sonoros ou luminosos alertando o utilizador para uma nova toma de medicação. No caso de o paciente não tomar o medicamento dentro do espaço de tempo previamente estabelecido poderá ficar impedido de o fazer e o cuidador, ou até mesmo o médico de família, é alertado da situação de esquecimento. Quase todos os dispositivos disponíveis no mercado são alimentados através da rede elétrica, no entanto, caso esta falhe, possuem uma bateria que mantém o dispositivo a funcionar num determinado intervalo de tempo.

Em 2008, Atiyeh et al. [41], fez um estudo onde é apresentado um protótipo de dispensador de medicamentos, *iQueue*, baseado na plataforma *open-source* Arduino. Este dispositivo combina o melhor de 3 ideias já existentes e consiste de 2 partes: um distribuidor portátil e uma ‘base’ não portátil que deve permanecer na casa do utilizador. Esta ‘base’ é alimentada através de energia elétrica e comunica com o dispositivo portátil usando ou o módulo *Bluetooth* ou uma conexão *Ethernet*. O distribuidor portátil tem uma bateria recarregável. O *iQueue* permite o agendamento, armazenamento, corte e entrega de medicação bem como a geração de alertas.

Vários projetos já desenvolvidos utilizam sistemas baseados em tecnologia RFID³ (*Radio Frequency Identification*). Loc Ho et al. [42], desenvolveu um protótipo que combina tecnologia RFID com redes de sensores sem fios. O sistema monitoriza a quantidade de medicação necessária para os idosos e ajuda-os a tomar a quantidade exata de medicamento. São feitas leituras no ambiente de forma periódica para verificar se os pacientes tomaram a devida medicação e, quando o utilizador está ao alcance do protótipo é alertado através de um sinal sonoro ou de uma luz intermitente para tomar os respetivos medicamentos.

Um sistema proposto por McCall [43], em 2010, permite que os doentes cumpram o horário da toma da medicação através de um alerta sonoro ou de uma mensagem de texto com hora e data da toma da medicação. O sistema é baseado em RFID e intitula-se de RMAIS (*RFID-based Medication Adherence Intelligence System*). Este sistema utiliza uma base giratória, uma balança e um leitor RFID. A base giratória coloca a respetiva dose de medicação em frente ao paciente sem que, assim, haja a necessidade de escolha por parte deste. A balança permite a pesagem de cada frasco, antes e após a toma da medicação. Com base na diferença entre as duas medições de peso e o peso de cada comprimido (o peso de cada comprimido é previamente gravado na etiqueta RFID), o sistema RMAIS verifica o peso de cada frasco e determina se o paciente tomou a quantidade certa de medicamento. Este sistema permite também notificar/alertar automaticamente o cuidador, via *e-mail* ou mensagem de texto, de incidentes (ex: falha na toma, sobre ou subdosagem).

Fazendo agora uma abordagem aos dispensadores que já se encontram disponíveis para compra no mercado, sabe-se que a maior parte são de formato circular, semelhantes a pratos. Possuem um tabuleiro onde são colocadas as tomas, encontrando-se dividido radialmente em compartimentos, tipicamente múltiplos de sete. Para condicionar o acesso aos medicamentos, existe uma tampa com uma pequena ranhura que possibilita o acesso somente à toma atual. Há alguns modelos onde esta tampa é trancada com recurso a uma chave. Os dispositivos *Pivotell*, o *AlertMed* e *E-pill MedSmart* são três exemplos de dispensadores automáticos de medicamentos com formato circular.

O dispensador *Pivotell*⁴ foi lançado no Reino Unido e desde 2002 até então tem sido amplamente utilizado. Comumente aos dispensadores comerciais circulares normais, o *Pivotell* alerta o utilizador não só através de um alarme mas também

³ RFID consiste de dois componentes: uma etiqueta e um leitor. A etiqueta é ligada a um objeto de rastreamento e o leitor controla os objetos marcados pela etiqueta.

⁴ <http://www.pivotell.co.uk/>

de uma luz intermitente aquando a hora da toma da medicação. Na hora de soar o alarme a correta medicação é dispensada para o único compartimento visível. Os restantes compartimentos estão fora de vista. A medicação é distribuída através de uma ‘bandeja’ interna com 28 compartimentos. É possível programar duas doses para a mesma hora (quando uma dose é constituída por vários medicamentos que não cabem no respetivo compartimento). Tem também um ajuste automático de data/hora para o horário de verão e um indicador do nível de bateria. (Figura 2.3 a).

Um outro sistema comercial é o *AlertMed*⁵ que se encontra disponível para compra *online*. A descrição do produto não se afasta muito do anteriormente descrito. É também um dispensador eletrónico de medicamentos que faz soar um alarme e sinais luminosos no horário programado para a toma da medicação. De salientar que é um dispensador não só adequado a pessoas idosas como também se adequa perfeitamente em hospitais, clínicas, escolas, creches e a pessoas que necessitem de medicação contínua ou esporádica. O sistema *AlertMed* garante a ingestão de medicação conforme prescrito pelo médico nos horários e doses certas. Permite programar a medicação até um máximo de 28 dias. Este dispositivo traz consigo uma chave de segurança que evita o acesso aos medicamentos fora dos horários programados. Opera com 4 pilhas alcalinas comuns, é portátil e pode ser transportado sem necessidade de energia externa (Figura 2.3 b).

Por sua vez, o sistema *E-pill MedSmart*⁶ é um modelo que se destaca por possuir um *display* externo, que contém mais informações disponíveis do que os seus concorrentes, como por exemplo, o aviso da próxima toma e o número de tomas diárias. Este modelo tem duas variantes: a normal e a *plus*. Para além do preço, a única diferença entre ambas é a capacidade de monitorização exterior. O dispensador permite o envio dos relatórios das tomas, a programação remota do dispositivo e o envio de alertas sobre a necessidade de recarregamento de *stock* (Figura 2.3 c).

Para além dos dispensadores com formatos circulares existem outros dispensadores, seguidamente apresentados, com formatos particulares que os distinguem dos anteriores. São exemplos desses dispensadores particulares o dispositivo *GlowCaps*, a *Maya* e o *Jon* lançados pela empresa *MedMinder* e o sistema *Medimi*.

O dispensador *GlowCaps*⁷ oferece funcionalidades consideradas básicas como agenda, libertação programada de fármacos, alarmes e notificações, que permitem

⁵ <http://www.alertmed.com.br/>

⁶ <http://www.epill.com/>

⁷ <http://www.glowcaps.com/>

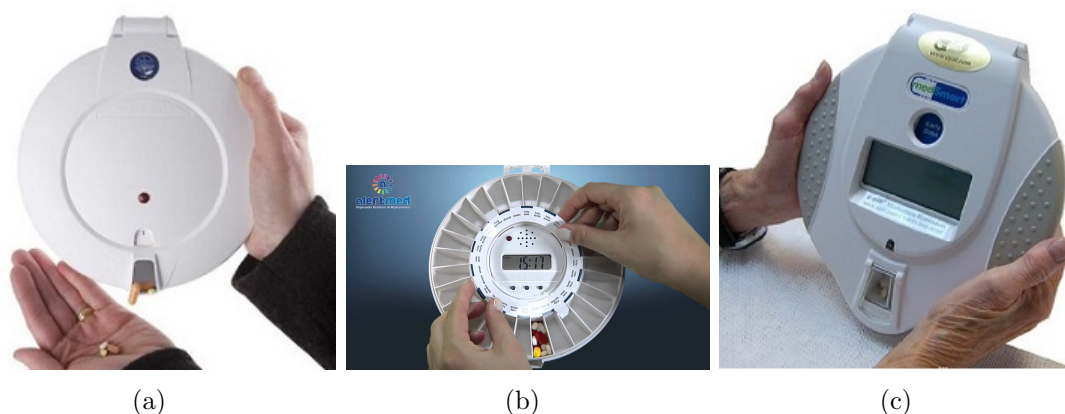


Fig. 2.3: Exemplos de dispensadores automáticos de medicamentos de formato circular (a) *Pivotell*; (b) *AlertMed*; (c) *E-pill MedSmart*.

enviar semanalmente um histórico das tomas para o cuidador e mensalmente para o médico. Para além disso tem a possibilidade de enviar uma notificação para o farmacêutico quando há a necessidade de reposição de *stock* (Figura 2.4 a).

A empresa *MedMinder*⁸ apresenta no mercado dois dispensadores: o *Maya* e o *Jon*. Nestes dispensadores os comprimidos são organizados em compartimentos numa matriz 4x7, sendo os comprimidos colocados em pequenos recipientes. Ambos os dispensadores não possuem ecrã LCD nem botões e toda a sua parametrização é realizada através de uma página *web*. O dispositivo, possui um *modem* GSM para enviar os registos das anomalias e receber a parametrização consoante prescrição médica do paciente. A diferença entre os dois modelos é o facto de o *Jon* ter todos os compartimentos bloqueados, impossibilitando o acesso indevido às tomas, o que não acontece no *Maya*. A supervisão pode ser partilhada entre um prestador profissional de cuidados de saúde e, por exemplo, familiares ou cuidadores. A empresa também disponibiliza um serviço de entrega de tabuleiros já carregados com a prescrição médica do paciente, simplificando assim a tarefa do cuidador (Figura 2.4 b).

Por último, o *Medimi*⁹ é um outro aparelho para libertação de comprimidos que se encontra à venda no mercado, mas que se destaca de todos os outros aqui referenciados por ter um tamanho significativamente mais pequeno e por ser perfeitamente ambulatório. Este dispositivo foi concebido para ser portátil e cabe na palma da mão humana. Possui capacidade para 7 ou 15 tomas. Como meio de aviso da hora da toma da medicação, o dispositivo possui alarme sonoro, sinal luminoso e vibração. Possui também um módulo que possibilita comunicações via GSM e

⁸ <http://www.medminder.com/>

⁹ <http://www.medicpen.se/>

Bluetooth. Em termos monetários, é o mais caro de todos os dispensadores já aqui referenciados (Figura 2.4 c).

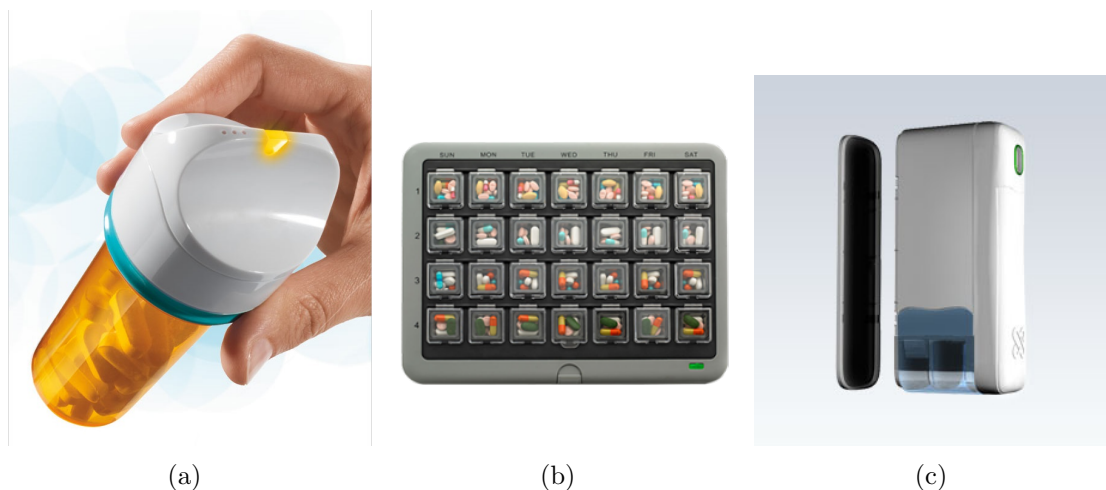


Fig. 2.4: Exemplos de dispensadores automáticos de medicamentos com formato particular (a) *GlowCaps*; (b) *MedMinder - Jon*; (c) *Medimi*.

Após esta abordagem e contextualização acerca da problemática do envelhecimento em Portugal e após apresentação e revisão bibliográfica dos dispensadores automáticos de medicamentos à venda no mercado, segue-se, num novo capítulo, a explicação do funcionamento do microcontrolador Arduíno que foi o microcontrolador utilizado neste projeto para o desenvolvimento e implementação do dispensador automático de medicamentos.

Microcontrolador Arduíno

Neste capítulo, será apresentada a plataforma de desenvolvimento Arduíno, pois foi esta a plataforma utilizada para o desenvolvimento do dispensador automático de medicamentos apresentado neste trabalho. Serão abordadas as principais diferenças entre microcontroladores e microprocessadores bem como uma abordagem a todo o *hardware* e *software* desta plataforma de desenvolvimento.

3.1 Enquadramento

O Arduíno é uma plataforma de desenvolvimento *open-source* que permite construir sistemas interativos que percebam a realidade e respondam com ações físicas, capaz tanto de receber dados do sistema como também de controlá-lo. Por outras palavras, o Arduíno é uma plataforma que pode interagir com o seu ambiente através de *hardware* e *software* [44].

O conceito de Arduíno surgiu na Itália, em 2005, com o objetivo de criar um dispositivo que fosse utilizado em protótipos construídos de uma forma menos dispendiosa e de mais fácil manuseio do que outros sistemas disponíveis no mercado. O equipamento em questão é uma plataforma de computação física: são sistemas digitais ligados a sensores e atuadores, que permitem construir sistemas que percebam a realidade e respondam com ações físicas [45]. É baseado numa placa microcontrolada, com acessos de entrada/saída, sobre a qual foram desenvolvidas bibliotecas com funções que simplificam a sua programação, através de uma sintaxe similar às linguagens C e C++.

Em resumo, o Arduíno pode ser visto como uma unidade de processamento capaz de mensurar variáveis provenientes de um ambiente externo, transformadas

num sinal elétrico, através de sensores ligados aos seus terminais de entrada. Depois a informação é processada computacionalmente. Por fim, ele pode ainda atuar no controle ou no acionamento de outro elemento eletroeletrônico conectado ao terminal de saída.

A Figura 3.1 apresenta um diagrama de blocos de uma cadeia de processamento, onde é utilizado o Arduino.

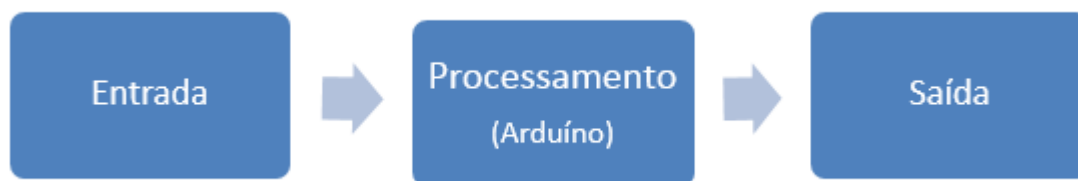


Fig. 3.1: Diagrama de blocos de uma cadeia de processamento utilizando o Arduino

3.2 Microcontroladores e Microprocessadores

É importante ter bem definidas as diferenças entre um microcontrolador e um microprocessador que muitas vezes se tornam alvo de confusão. Um microcontrolador (MCU) é constituído por uma Unidade Central de Processamento (CPU) em conjunto com uma série de periféricos específicos para determinadas aplicações (memória *flash*, memória RAM, *Pulse Width Modulation* (PWM), conversor analógico digital, etc.) é desenhado e construído de forma a integrar diversos componentes externos num único circuito integrado, permitindo que este tenha constante acesso e controlo de todos os periféricos. O Arduino utiliza um microcontrolador ATmega.

Já um microprocessador (MPU) é constituído por um circuito integrado digital, implementado num único *chip*, com a capacidade de executar programas, armazenados numa memória, que contem uma lista de instruções para realização de uma sequência de tarefas lógicas e/ou aritméticas [46]. O MPU é também chamado de CPU ou *Core*.

A sua capacidade de processamento é influenciada pelas suas características nomeadamente a sua arquitetura, o número de *bits* que utiliza, o tipo de instruções que é capaz de efetuar, etc. Outro parâmetro de grande importância no desempenho de um MPU é a memória externa, onde são armazenados todos os programas que serão executados [47].

3.2.1 Arquitetura dos Microcontroladores

A arquitetura dos computadores e microcontroladores divide-se em dois modelos estruturais: *Von-Neumann* e *Harvard*. John Von Neumann deu nome ao conceito de programa armazenado e a principal característica para o desenvolvimento do seu modelo de computador foi a introdução do conceito de memória, considerando a unidade de controlo. Os programas e os dados são temporariamente carregados na memória através de um dispositivo de entrada e em seguida processados pela unidade lógico-aritmética (ALU). Após o processamento, os resultados são transferidos para uma unidade de saída. Todo esse fluxo é administrado pela unidade de controlo.

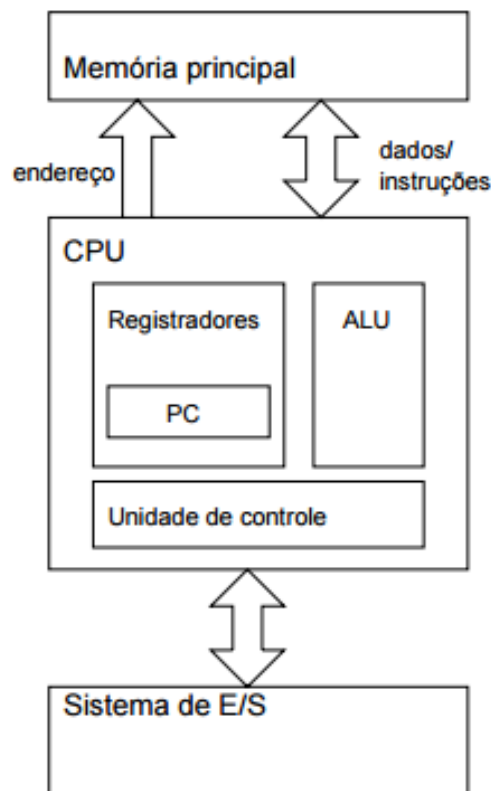


Fig. 3.2: Arquitetura *Von-Neumann*, adaptado de Ricarte [48]

Segundo Ricarte [48], em 1999, o modelo de *Von-Neumann* é composto por três subsistemas básicos: CPU, memória principal e sistema de entrada e saída. A CPU, por sua vez, tem três blocos principais: unidade de controlo (UC), ALU e registradores, incluindo ainda um contador de programa (PC) que indica a posição da instrução a executar. A Figura 3.2 ilustra a arquitetura *Von-Neumann* onde as instruções que constituem o programa a ser executado e os dados gerados durante

a execução compartilham entre si a mesma porção de memória.

Uma variante do modelo básico de máquinas *Von-Neumann* é denominada de máquinas *Harvard*. A arquitetura *Harvard* baseia-se num conceito mais recente que a arquitetura de *Von-Neumann* e foi idealizada por Howard Aiken devido à necessidade de maior rapidez de trabalho por parte do microcontrolador. É uma arquitetura de computador que se distingue das outras por possuir duas memórias diferentes e independentes em termos de barramento e ligação ao processador. Baseia-se na separação de barramentos de dados das memórias onde estão as instruções de programa e das memórias de dados, permitindo que um processador possa aceder às duas memórias simultaneamente, obtendo um desempenho melhor do que a da arquitetura de *Von-Neumann*, pois pode procurar uma nova instrução enquanto executa uma outra [48, 49].

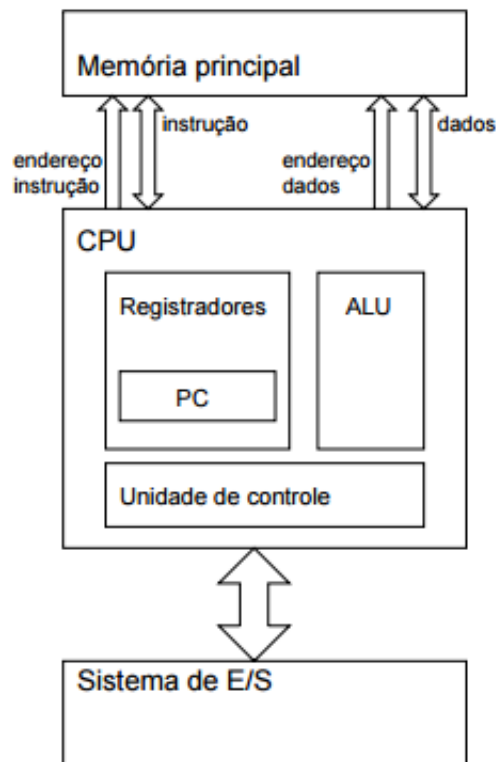


Fig. 3.3: Arquitetura *Harvard*, adaptado de Ricarte [48]

A principal vantagem desta arquitetura é dada pela dupla ligação às memórias de dados e programa (código), permitindo assim que o processador leia uma instrução ao mesmo tempo que faz um acesso à memória de dados. A Figura 3.3 ilustra, através de um diagrama de blocos os modelos de arquitetura *Harvard*, onde há vias separadas para dados e instruções entre memória principal e CPU.

Os microcontroladores com arquitetura *Harvard* são também conhecidos como ‘microcontroladores RISC’ e os microcontroladores com arquitetura *Von-Neumann*, de ‘microcontroladores CISC’. Ambos são explicados na secção seguinte.

3.2.2 Set de Instruções

Como vimos na secção anterior, hoje em dia podemos classificar os processadores tendo em conta o seu conjunto de instruções em duas categorias: CISC e RISC [50].

Na arquitetura CISC (*Complex Instruction Set Computer*) é permitido elaborar programas bastante compactos e codificáveis recorrendo a um uso reduzido de instruções. Possui um grande conjunto de instruções, que geralmente implementam funções específicas e de alto-nível. Esta arquitetura apresenta alguns inconvenientes, como por exemplo, a existência de vários modos de endereçamento. As instruções são processadas mais lentamente porém o *hardware* é mais simples.

Por outro lado, os processadores baseados em arquiteturas do tipo RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) possuem um conjunto pequeno de instruções básicas e fundamentais. Quando comparada com a arquitetura CISC, as arquiteturas RISC apresentam um conjunto de instruções bastante mais reduzidas, possibilitando assim a obtenção de uma enorme simplicidade e um tempo de execução menor por instrução. Conseguindo, assim, com um conjunto de instruções básicas e tempo de execução menor, obter, no final, velocidades de processamento mais elevadas que a arquitetura CISC [47]. As instruções são processadas rapidamente mas necessitam de *hardware* mais complexo.

Os processadores RISC possuem os seguintes tipos de instruções [50]:

- Instruções lógicas e aritméticas sobre registos;
- Instruções de transferência de dados entre memória e registos;
- Instruções de controlo.

O estudo do Arduíno abre-nos portas à compreensão de uma importante ferramenta de desenvolvimento através de uma aprendizagem simples, onde podemos fazer desde *robots* a domótica entre muitas outras aplicações, sem necessidade de conhecimentos avançados de eletrónica digital nem da programação de dispositivos digitais específicos.

Antes de se poder trabalhar com esta plataforma de desenvolvimento é necessário perceber o seu funcionamento. Para tal, na próxima secção, serão estudados os

principais conceitos, a começar pela descrição do Arduino Uno que será utilizado neste projeto como placa de aquisição e conversão de dados, descrevendo o seu funcionamento a nível de *hardware* e *software*.

3.3 Hardware do Arduino Uno

O tipo de Arduino utilizado neste projeto é o Arduino Uno. O Arduino Uno é uma placa baseada no microcontrolador ATmega168 ou ATmega328. Possui 14 pinos de entradas/saídas digitais (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM). Além disso tem também 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16 MHz, uma conexão USB, uma ligação para alimentação, 2 pinos de comunicação série (TX e RX) e um botão de *reset* [46]. Para começar a utilizar o Arduino Uno basta ligá-lo a um computador através um cabo USB ou alimentá-lo através de uma bateria.

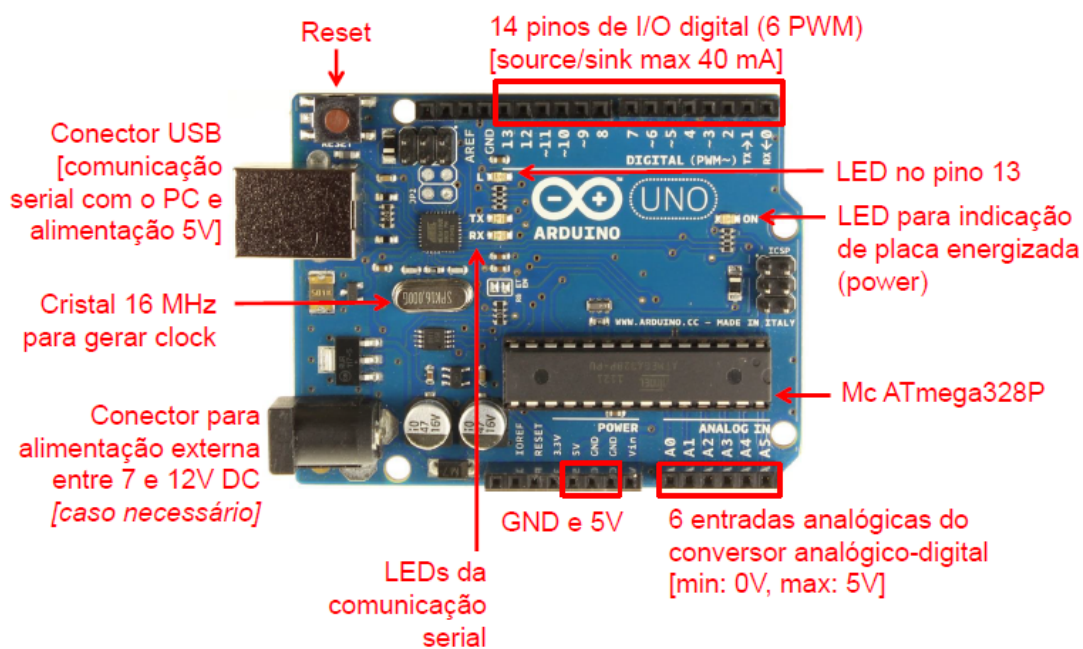


Fig. 3.4: Hardware do Arduino onde se identificam os componentes principais

Para alimentação, o Arduino Uno possui 3 pinos de GND, 1 pino de saída para a alimentação de 3.3V e outro para a de 5V, tem também um pino denominado *V_{in}* que serve de alimentação para quando estiver a utilizar uma placa externa [51]. O microcontrolador ATmega328 tem uma memória *flash* de 32KB, sendo que 0.5KB dessa memória é utilizada para o *bootloader*, 2KB para SRAM e 1KB de EEPROM [52].

Tanto a alimentação como a memória são descritas mais detalhadamente nas subsecções seguintes. A Figura 3.4 ilustra o formato de um Arduíno onde se identificam os componentes principais e os pinos de ligação com o exterior.

3.3.1 Alimentação

A placa pode ser alimentada através da conexão USB com o PC ou através de uma fonte de alimentação externa (uma bateria, por exemplo). A fonte de alimentação é selecionada automaticamente, isto é, a própria placa faz a gestão da alimentação, podendo estar as duas fontes de alimentação ligadas em simultâneo. A placa pode operar com uma fonte externa de 6 a 20V, sendo aconselhável uma tensão entre os 7 e os 12V para evitar problemas de instabilidade ou sobreaquecimento do regulador de tensão [53].

Os pinos de alimentação que o Arduíno Uno possui são:

- **Vin** - Destinado à alimentação da placa quando se usa uma fonte de alimentação externa como alternativa aos 5V fornecidos pela ligação USB. É possível fornecer alimentação através deste pino ou funcionar como saída de tensão quando a placa estiver a ser alimentada por outra das formas de alimentação;
- **5V** - fornece uma alimentação regulada de 5V para dispositivos externos;
- **3.3V** - alimentação de 3.3V para dispositivos externos, fornecida pelo circuito integrado FTDI (controlador USB). A corrente máxima que a alimentação pode fornecer é de 50mA;
- **GND** - pinos terra.

3.3.2 Memória

A grande diferença, em termos de capacidade, entre os vários modelos de Arduíno disponíveis no mercado está na memória do MCU utilizado sendo esta um fator crucial no seu desempenho [50]. A tabela seguinte mostra os vários tipos de memória que possuem os MCU's dos Arduínos atualmente disponíveis no mercado.

Analisando a Tabela 3.1, o ATmega1280 é o melhor em termos de capacidade de memória. É na memória *flash* que é armazenado o programa a ser carregado no microcontrolador para ser executado, assim como o armazenamento do *bootloader*. Na memória SRAM (*Static Random Access Memory*) são criadas e modificadas as

Tab. 3.1: Quantidade de memória disponível em cada modelo de MCU, segundo o *datasheet* de cada um

| | ATmega168 | ATmega328 | ATmega1280 |
|-----------------------|------------|------------|------------|
| Memória Flash | 16 KBytes | 32 KBytes | 128 KBytes |
| Memória SRAM | 1024 Bytes | 32 KBytes | 8192 Bytes |
| Memória EEPROM | 512 Bytes | 1024 Bytes | 4096 Bytes |

variáveis ao longo da execução do programa. Funciona de forma semelhante à memória RAM de um computador, e assim sendo, os dados contidos na memória SRAM são apagados sempre que é cortada a alimentação ao Arduino. Tal não acontece na memória EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*). Esta última é responsável pelo armazenamento de constantes que podem ser acedidas através de bibliotecas próprias.

3.3.3 Pinos de Entrada/Saída

O Arduino Uno disponibiliza 14 pinos digitais dos quais 6 podem se usados como saídas PWM. Cada um dos 14 pinos digitais do Arduino Uno pode ser utilizado como uma entrada ou uma saída. Para definir as entradas e saídas utilizam-se as funções *pinMode()*, *digitalWrite()* e *digitalRead()*. Cada pino opera a uma tensão de 5V e pode dar ou receber um máximo de 40mA de corrente [50, 53]. Cada um deles tem também uma resistência interna de 20 a 50 k Ω , além disto, existem alguns pinos com funções especializadas:

- **Comunicação Série:** pinos 0 e 1 (RX e TX, respetivamente). Usados para receber (RX) e transmitir (TX) dados seriais TTL. Estes pinos são conectados aos pinos correspondentes do *chip* serial FTDI USB para TTL.
- **Interruptores Externos:** pinos 2 e 3. Estes pinos podem ser configurados para disparar uma interrupção de acordo com alguma variação sensível pelo circuito.
- **PWM:** pinos 3, 5, 6, 9, 10 e 11. Fornecem uma saída analógica PWM de 8 *bits* com a função *analogWrite()*.
- **SPI:** pinos 10, 11, 12 e 13. Estes pinos dão suporte à comunicação SPI. A comunicação SPI não está incluída na linguagem Arduino mas pode sempre ser incluída através do uso de uma biblioteca.

- **LED:** pino 13. Há um LED integrado no pino digital 13.
- **I2C:** pinos 4 e 5. Suportam comunicação I2C, usando a biblioteca *Wire*.
- **AREF:** referência de tensão (em *Volt*) para entradas analógicas. Utilizado com a função *analogReference()*.
- **Reset:** envia o valor LOW para o pino 1 do microcontrolador, reiniciando-o.

O Arduino Uno tem 6 entradas analógicas, etiquetadas de A0 a A5, cada uma delas ligada a um conversor analógico-digital de 10 *bits* de resolução (ou seja, 1024 valores diferentes). Por padrão elas medem de 0 a 5V, embora seja possível alterar o limite superior utilizando o pino AREF e a função *analogReference()*.

3.4 *Software do Arduino Uno*

A plataforma Arduino disponibiliza uma Interface de Desenvolvimento (IDE) muito simples onde se faz toda a programação, sendo esta uma aplicação multiplataforma escrita em JAVA. É na IDE que os utilizadores podem gerir, editar, compilar e fazer *upload* dos seus programas.

Com a biblioteca *Wiring* é possível programar na linguagem C e C++. Com as funções *setup* e *loop* é possível criar várias operações de entrada e saída. Existe alguma sintaxe própria de funções já concebida para simplificar a programação. Também nesta interface, quando a programação estiver concluída, é possível fazer o *upload* do programa para o Arduino através de um cabo USB [53].

O *software* Arduino inclui um monitor série, o que permite que simples dados de texto possam ser enviados de e para a placa de Arduino através de uma ligação série externa e ainda tem a particularidade de possuir uma grande coleção de bibliotecas. Algumas delas já vêm com a IDE e outras podem ser descarregadas do próprio *site* do Arduino, ou de outra fonte que esteja disponível [54]. Adicionalmente, o utilizador pode criar as suas próprias bibliotecas. Para se poder utilizar as novas bibliotecas apenas é necessário que as mesmas sejam adicionadas à pasta das bibliotecas da IDE. Ao realizar o *upload* da aplicação, a IDE faz uma verificação de possíveis erros de sintaxe compila o código, e envia o ficheiro resultante para o microcontrolador.

3.4.1 IDE

A IDE é responsável pelo desenvolvimento de programas no Arduino. O ambiente de programação é implementado pela linguagem de programação chamada *Wiring* ou *Processing*, o que nos permite programar com linguagens como C ou C++.

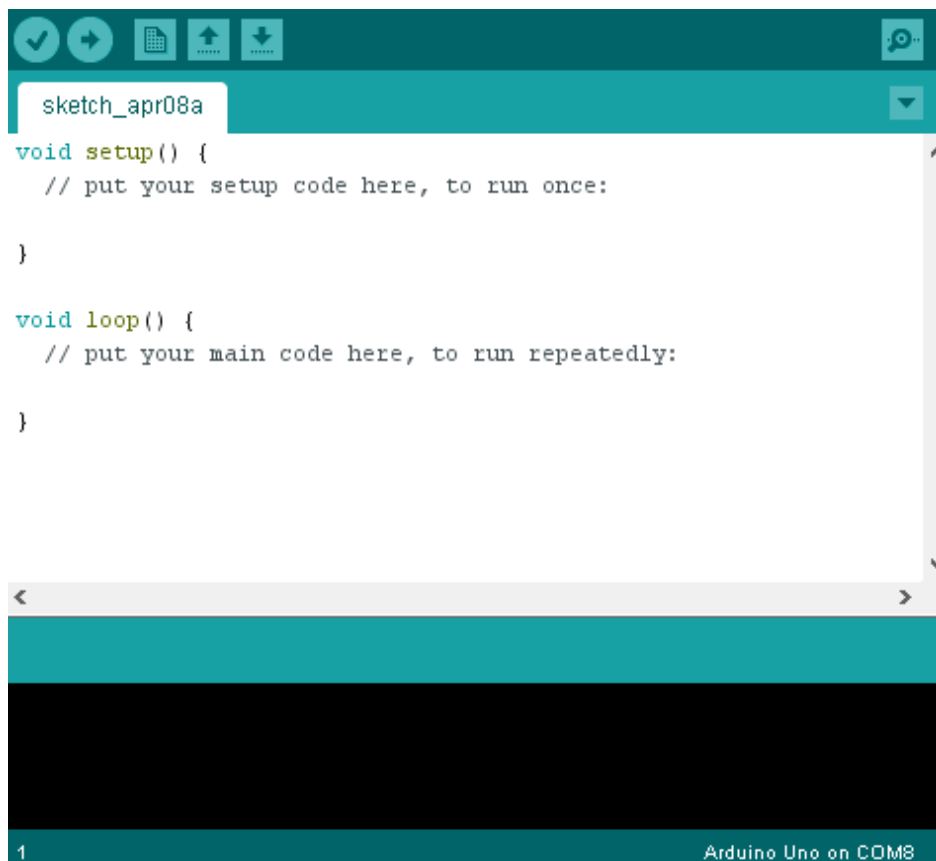


Fig. 3.5: IDE do Arduino

A vantagem de ser uma plataforma *open-source* é que o utilizador não é obrigado a comprar uma licença para usar o Arduino, evitando assim uma despesa considerável em termos monetários [55]. A Figura 3.5 mostra a IDE da plataforma Arduino quando se abre um novo *sketch*, mostra também que a IDE é dividida em três partes: a *Toolbar*, no topo, a janela de código ou janela de *sketch*, no centro, e a janela de mensagens, na base.

A *Toolbar* consiste de seis botões. A explicação de cada um dos botões é apresentada na Tabela 3.2. Estes botões fornecem um rápido acesso às funções mais utilizadas dentro da barra de menus e o funcionamento de cada um dos respetivos botões está explicado na tabela seguinte.

Tab. 3.2: Explicação do funcionamento de cada um dos botões da *Toolbar*

| | |
|---------------------------|--|
| Verificar/Compilar | Verifica se existem erros no código. Caso existam, é parada a verificação com uma mensagem de erro de compilação para o utilizador. |
| Upload | Faz o upload do sketch atual para ao Arduino. |
| Novo | Cria um sketch em branco. |
| Abrir | Mostra uma lista de sketches, exemplos incorporados no Arduino para o utilizador escolher. |
| Guardar | Guarda o sketch atual. |
| Monitor Série | Exibe os dados seriais enviados do Arduino. Aqui é possível selecionar o valor de baud rate. |

3.4.2 Ciclo de Desenvolvimento

Após a instalação do *software* (gratuito e disponível para *download* no site oficial Arduino ¹) o utilizador pode abrir a IDE do Arduino e começar o desenvolvimento do algoritmo. Depois de desenvolvido o algoritmo, para que seja feita a sua execução, é necessário compilar o mesmo. Caso hajam erros de código, o processo de compilação é interrompido, enviando para o utilizador uma mensagem de erro na janela de mensagens. O utilizador pode editar o código como bem entender podendo compilar novamente o algoritmo. Se durante a compilação não forem detetados erros, o algoritmo é carregado no Arduino (fase de *Uploading*) para que, finalmente, possa ser executado.

A análise da Figura 3.6 permite fazer um possível resumo de todas as fases necessárias até à execução do programa criado, sendo muito importante a sua compreensão.

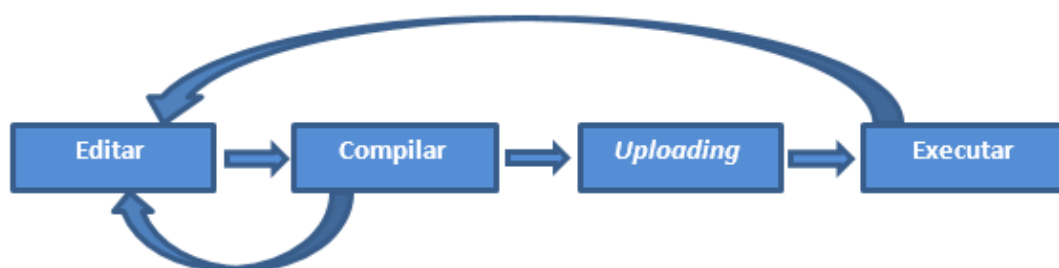


Fig. 3.6: Esquema da fase de desenvolvimento de uma aplicação

¹ <https://www.arduino.cc/>

A estrutura de um programa Arduino é designada por *sketch* e é composto por duas funções principais: *setup()* e *loop()*. Ambas as funções são obrigatoriamente do tipo *void*.

- A função ***void setup()*** tem o código de inicialização do programa e é executada uma única vez, no início da execução da aplicação. Nesta função definem-se os pinos de entrada e saída e os valores iniciais das variáveis, entre outros procedimentos. Esta função apenas volta a ser executada novamente ao ser efetuado o *reset* ou quando se desligar e voltar a ligar a placa de desenvolvimento Arduino.
- A função ***void loop()*** é executada de forma contínua e em ciclo. É formada pelo código principal do programa, o que pode permitir a leitura sucessiva de portas, e de valores provenientes de sensores externos, e atuar de acordo com as condições estabelecidas, entre muitas outras aplicações.



```
sketch_apr08a $
//Declaração de bibliotecas
#include <Client.h>
#include <Server.h>

//Declaração de variáveis
int x=4;
float y=0.5;

void setup() {
  // Instrução 1
  // Instrução 2
}

void loop() {
  // Instrução 3
  // Instrução 4
}
```

Fig. 3.7: Exemplo da estrutura de um *sketch*

O *sketch* tem também uma parte de declaração de bibliotecas, caso sejam necessárias incluir no algoritmo e outra parte de declaração de variáveis, onde se declaram

todas as variáveis usadas ao longo do algoritmo. A Figura 3.7 mostra um exemplo de estrutura de um *sketch*.

3.4.3 Comunicação Série

A comunicação série possibilita a troca de dados entre o Arduino e um PC, ou então entre o Arduino e outros microcontroladores. O Arduino Uno difere das anteriores versões de Arduino (*Duemilanove* e *Mega*) por não utilizar o *chip* FTDI que enca-minha a comunicação série através de USB [44]. Em vez do *chip* FTDI, o Arduino Uno utiliza ATmega8U2, programado como um conversor USB em comunicação série. Isto confere à placa muitas vantagens quando comparada, por exemplo, à placa *Duemilanove*. Uma das vantagens diz respeito ao valor monetário do ATmega que é bem mais barato que o *chip* FTDI. Outra das vantagens, e esta bastante importante, é que o ATmega permite que o *chip* USB tenha sempre o *firmware* atualizado para que ao Arduino seja exibido no PC como um outro dispositivo (tal e qual como acontece quando conectamos um rato ou um teclado ao PC).

Como já referido na secção 3.3.3 as portas para comunicação série estão representadas nos pinos 0 (RX) para receber dados e no pino 1 (TX) para transferir dados. Cada caracter (*byte*) é transmitido *bit* a *bit*. Na IDE do Arduino existe uma ferramenta onde se pode monitorizar a comunicação série entre a placa do Arduino e o PC. A função *Serial.begin()* é a função para inicialização da comunicação série. Define a taxa de transmissão em *bits* por segundo (*baud rate*) para a comunicação série. Os valores de *baud rate* são definidos pelo utilizador e utilizam-se normalmente as taxas: 300, 1200, 2400, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 ou 115200, no entanto podem definir-se outros valores [47]. Esta função está sempre dentro da função *void setup()* do Arduino.

É possível enviar dados através da porta série com as funções *Serial.print()*, *Serial.println()* e *Serial.write()*. A única diferença entre *Serial.print()* e *Serial.println()* é que a segunda instrução adiciona uma nova linha ao dado enviado. O *Serial.write()* permite também o envio de dados pela porta série mas esses dados são dados binários e podem ser enviados como um único *byte* ou um conjunto de *bytes*. É também possível ler os dados recebidos por série com as funções *Serial.read()* e *Serial.peek()*. Esta última função retorna um caracter que foi recebido no pino RX do Arduino. Ambas as funções retornam o valor '-1' se não houver dados disponíveis.

Por fim, a função *Serial.available()* verifica se há dados a serem recebidos por série e retorna o número de *bytes* disponíveis para leitura. Assim sabe-se quando

estão a ser recebidos dados ou não [47, 52]. A Tabela 3.3 aborda, de forma resumida, as funções de comunicação série acima descritas.

Tab. 3.3: Funções de Comunicação Série

| Função | Comunicação Série |
|--------------------|----------------------|
| Serial.begin() | Inicialização |
| Serial.print() | Envio de dados |
| Serial.println () | |
| Serial.write() | |
| Serial.read() | Leitura de dados |
| Serial.peek() | |
| Serial.available() | Verificação de dados |

Depois de toda esta abordagem ao microcontrolador Arduino, plataforma de desenvolvimento utilizada no desenvolvimento do protótipo *ElderlySafety*, num próximo capítulo segue-se a explicação de todo o processo de desenvolvimento, bem como toda a arquitetura do sistema.

Desenvolvimento do sistema *ElderlySafety*

No presente capítulo pretende-se descrever o processo de desenvolvimento do dispensador automático de medicamentos, aqui intitulado de *ElderlySafety*. Serão apresentados em detalhe todas as etapas de desenvolvimento do dispensador, bem como uma enumeração e explicação detalhada de todos os módulos envolvidos no sistema. Serão também exibidas todas as etapas até à implementação do dispositivo, começando pela abordagem ao desenvolvimento do *hardware*.

Posteriormente neste capítulo é descrito todo o processo de desenvolvimento do *ElderlySafety Online* que serve de suporte ao sistema de *hardware* desenvolvido e cuja conexão é feita através do módulo de comunicação *Bluetooth*. Serão abordadas todas as funcionalidades do *ElderlySafety Online*, ou seja, descrição das tecnologias utilizadas quer para implementação do *ElderlySafety Online* como para a criação da base de dados onde são guardados todos os registos inseridos, atualizados, ou apagados e futuramente serão ainda abordadas as componentes de todo o *software* que permite a interligação e o bom funcionamento de todo o sistema *ElderlySafety*.

4.1 Enquadramento

Nesta secção serão descritos todos os componentes utilizados durante o desenvolvimento do projeto *ElderlySafety*, bem como a explicação de todo o processo de funcionamento.

O *ElderlySafety* foi construído com base na plataforma *open-source* Arduíno Uno, previamente descrita e detalhada no Capítulo 3, e recorrendo a um conjunto de módulos de *hardware* específico (*protoboard*, LEDs, *push button*, motor de passo, LCD, fios de ligação e módulo *Bluetooth*). O *ElderlySafety* está ligado, através do módulo

de comunicação *Bluetooth*, a uma página desenvolvida em *web*, denominada *ElderlySafety Online* onde o cuidador poderá fazer todo o registo de medicação do doente (ou então o próprio doente, se este se sentir com capacidades para tal), definir data e hora de toma de cada medicamento, verificar a gravidade e o que fazer em caso de esquecimento de uma toma bem como apurar as possíveis interações medicamentosas. O *ElderlySafety Online* tem também uma zona de consulta de informação sobre o paciente, nomeadamente dados pessoais e dados de saúde relevantes, como patologias associadas, tipo sanguíneo e o número de contacto telefónico do médico de família. Estes evidenciam ser os dados mais relevantes no caso da ocorrência de alguma situação de emergência médica.

4.2 Requisitos Funcionais da Arquitetura do Sistema

O sistema desenvolvido deve respeitar, pelo menos, os seguintes requisitos:

- Sistema para uso doméstico e unipessoal;
- Capacidade para armazenar e dispensar pelo menos 21 tomas (3 tomas diárias, durante uma semana);
- Possuir pelo menos uma forma de avisar o utilizador, por exemplo, sinais luminosos ou sonoros;
- Permitir a monitorização e parametrização remota, através de, por exemplo, uma aplicação desenvolvida em *web*, que deverá permitir:
 1. A definição da data e hora exata da libertação dos medicamentos;
 2. A possibilidade da receção e visualização do cumprimento das tomas;
 3. A parametrização de todas as variáveis do sistema;
 4. Comunicar com o sistema através de *Bluetooth*.

Com base nos requisitos precedentes, foi desenhado um diagrama geral do sistema dispensador de medicamentos que pode ser visto na Figura 4.1. Esta figura representa, de uma forma simplificada, todos os módulos do sistema e a forma como interagem entre si. O dispositivo está pronto a ser utilizado quando o cuidador faz o respetivo registo da hora e data da toma da medicação no *ElderlySafety Online*, e deposita os medicamentos nos respetivos compartimentos do dispensador.

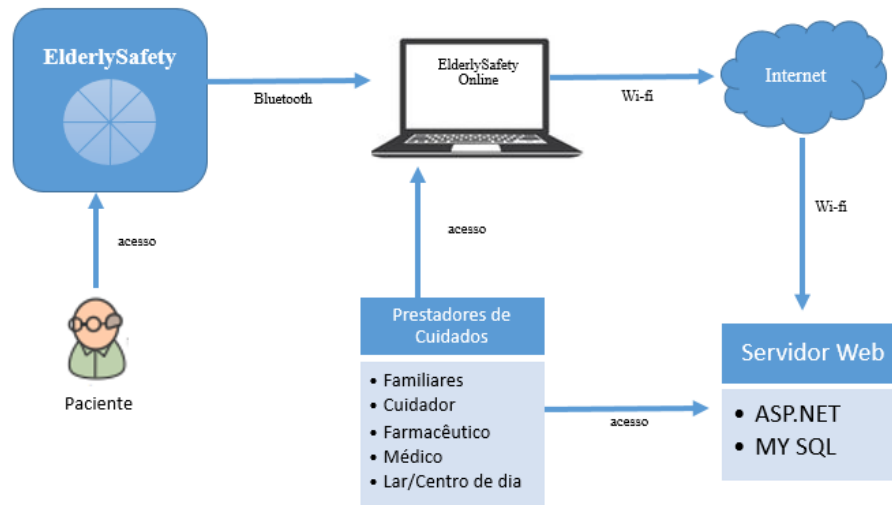


Fig. 4.1: Diagrama de blocos do sistema *ElderlySafety* completo

4.3 Módulos do Dispositivo *ElderlySafety*

Na Figura 4.2 encontra-se um diagrama de blocos interno do dispositivo *ElderlySafety*. A nível da vertente eletrónica, ou seja, o *hardware* do sistema, o dispositivo é constituído pelos seguintes blocos: alimentação, microcontrolador, módulo de comunicação, que neste caso é o *Bluetooth* e por fim a interface com o utilizador que consiste nos alarmes luminosos (através de LEDs), *display* com informações úteis ao utilizador (através de um LCD), um botão (ou *push button*) para acionar a toma da medicação e um tabuleiro de tomas controlado por um motor de passo.

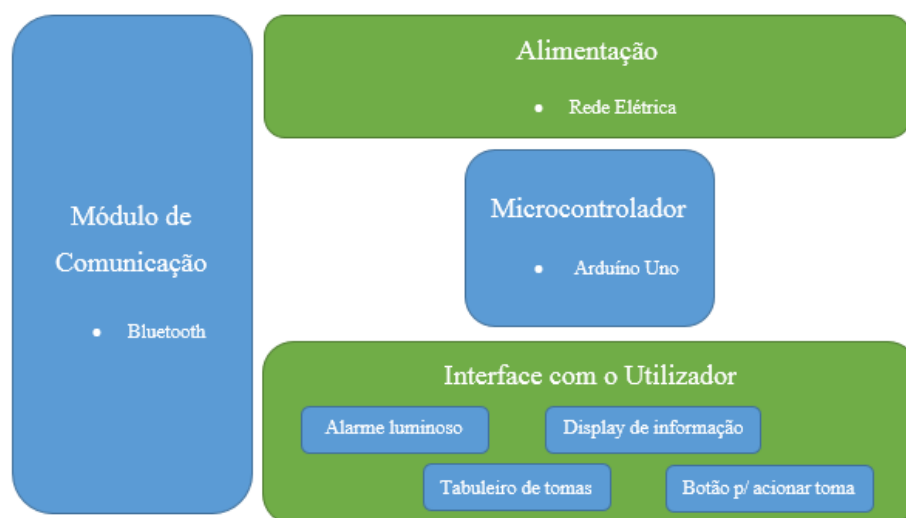


Fig. 4.2: Diagrama de blocos do sistema *ElderlySafety*

De seguida far-se-á uma uma descrição detalhada dos módulos do sistema utilizados neste projeto. A nível da interface com o utilizador, serão abordados, respetivamente, o *push button*, que é acionado quando é feita a toma da medicação, o módulo LED, o LCD e o motor de passo. Por último, é feita uma abordagem ao módulo de comunicação utilizado – *Bluetooth* e ao tabuleiro de tomas incorporado neste sistema.

4.3.1 *Push Button*

O *push button* (ou botão de pressão) é um componente que conecta dois pontos de um circuito quando é pressionado. Tem o mesmo funcionamento elétrico que um interruptor, fechando ou abrindo o circuito elétrico. Neste projeto, o *push button* é definido como uma entrada e é pressionado pelo utilizador para que o sistema detete que a toma da medicação foi efetuada. O *push button* utilizado neste projeto tem o aspeto da Figura 4.3.



Fig. 4.3: Representação de um *push button*

4.3.2 LED

O LED (*Light Emitting Diode*) é um componente eletrónico semicondutor, ou seja, um díodo emissor de luz que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz visível. O LED é um componente do tipo bipolar, ou seja, tem um terminal chamado ânodo e outro chamado cátodo. Dependendo de como for polarizado, permite ou não a passagem de corrente elétrica e, conseqüentemente, a geração ou não de luz. No sistema Arduino o LED é definido como uma saída e, neste projeto, o LED é acionado quando chega a hora exata da toma da medicação. Abaixo, a Figura 4.4, ilustra uma representação simbólica e esquemática de um LED.

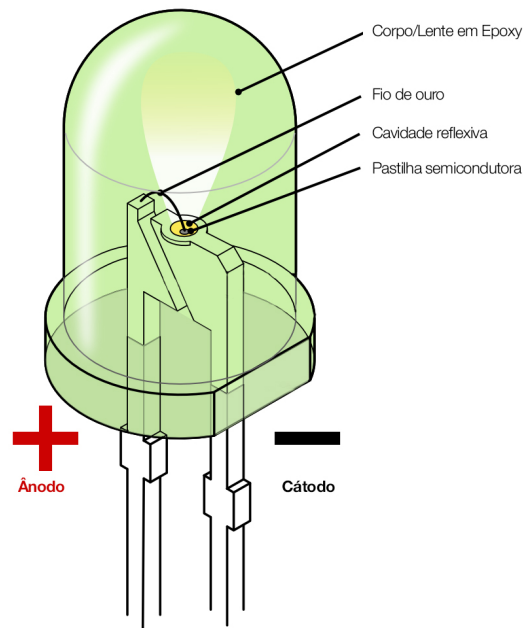


Fig. 4.4: Representação esquemática de um LED

4.3.3 LCD

Um LCD (*Liquid Crystal Display*) é um painel fino usado para exibir informações por via eletrónica, como texto ou pequenas imagens. Sempre que um LCD é utilizado com a plataforma Arduino recorre-se à biblioteca *LiquidCrystal.h*. De salientar também que um *display* LCD necessita de estar conectado a 8 pinos do Arduino, enquanto LEDs ou *push buttons* necessitam de apenas um pino. Neste projeto o LCD é útil para uma melhor interface com o utilizador, mostrando sempre o(s) nome(s) do(s) comprimido(s) que o utilizador está a tomar, bem como o que deve fazer em caso de se ter esquecido da(s) toma(s).

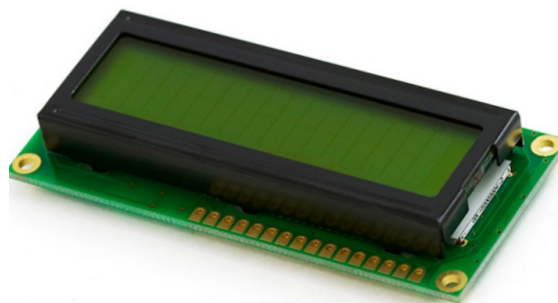


Fig. 4.5: Representação de um LCD adaptável para utilização no Arduino

A Figura 4.5, ilustra uma representação de um LCD adaptável para utilização

na plataforma de desenvolvimento Arduino. Existem vários formatos de LCD, mas este foi o LCD escolhido para utilização neste projeto.

4.3.4 Motor de Passo

É um dispositivo eletromecânico que converte impulsos elétricos em movimentos mecânicos e geram variações angulares discretas. O rotor, ou eixo, de um motor de passo faz uma rotação de pequenos incrementos angulares, denominados ‘passos’ quando pulsos elétricos são aplicados numa determinada sequência. A velocidade com que o rotor gira é dada pela frequência de pulsos recebidos num dado intervalo de tempo e o tamanho da rotação do ângulo é diretamente proporcional ao número de pulsos aplicados. Quanto à sua estrutura os motores de passo podem ser de três tipos:

- Relutância variável:
 - Motor com rotor em ferro, com múltiplos dentes e estator com enrolamentos;
 - Pequenos passos (alta resolução) e altas velocidades.
- Ímã permanente:
 - Rotor constituído por um ímã permanente;
 - Baixa resolução e bom torque;
 - 7.5° a 15° (48 a 24 passos por volta).
- Híbridos:
 - Rotor que combina as particularidades dos rotores dos motores de ímã permanente e de relutância variável;
 - Boa resolução e bom torque;
 - 0.9° a 3.6° (400 a 100 passos por volta).

Quanto ao tipo de alimentação, os motores de passo suportam dois tipos de alimentação:

- Alimentação Unipolar:
 - Tem uma derivação central em cada uma das bobinas;

- Correntes nos enrolamentos unidirecionais.
- Alimentação Bipolar:
 - Não tem derivação central;
 - Correntes nos enrolamentos unidirecionais;
 - Circuito de controlo mais complexo (ponte H);
 - Torque maior;
 - Não se aplica nos motores de relutância variável.

No que diz respeito aos modos de operação, os motores de passo podem operar a dois tipos de passo completo ou a meio passo. Segue-se uma explicação de cada tipo de passo bem como as respetivas sequências corretas para controlar um motor de passo. A Tabela 4.1, a Tabela 4.2 e a Tabela 4.3 mostram, respetivamente, as sequências do Passo Completo 1, do Passo Completo 2 e do Meio Passo.

- Passo Completo 1 (*Full-Step*):
 - Uma bobina alimentada a cada passo;
 - Menor torque;
 - Pouco consumo de energia;
 - Maior velocidade.

Tab. 4.1: Passo Completo 1 (*Full-Step*)

| Nº do passo | B3 | B2 | B1 | B0 |
|-------------|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 1 |

- Passo Completo 2 (*Full-Step*):
 - Duas bobinas alimentadas a cada passo;
 - Maior torque;
 - Consome mais energia que o Passo Completo 1;

Tab. 4.2: Passo Completo 2 (*Full-Step*)

| Nº do passo | B3 | B2 | B1 | B0 |
|-------------|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 |

– Maior velocidade.

• Meio Passo (*Half-Step*):

- Combinação do Passo Completo 1 e do Passo Completo 2 gera um efeito de Meio Passo;
- Consome mais energia que os passos anteriores;
- É muito mais preciso que os passos anteriores;
- O torque é próximo ao do Passo Completo 2;
- A velocidade é menor que as dos passos anteriores.

Tab. 4.3: Meio Passo (*Half-Step*)

| Nº do passo | B3 | B2 | B1 | B0 |
|-------------|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 1 |

O *ElderlySafety* utiliza um motor de 48 passos por rotação, ou seja 7.5° por cada rotação. Isto faz com que este motor tenha uma limitação na sua rotação e não consiga acertar a posição dos 28 compartimentos como foi referido em secções anteriores que seria o ideal devido a assim permitir 4 tomas durante um dia. Sendo assim, e tendo em conta esta limitação do motor, o *ElderlySafety* foi desenvolvido para armazenar até 23 tomas de medicação durante uma semana (como o motor tem 48 passos, de 2 em 2 passos o indicador acerta na posição dos 24 compartimentos).

A alimentação deste motor é do tipo unipolar e o mesmo opera com uma tensão de alimentação de 5V. No sistema *ElderlySafety* o motor de passo opera subjacente ao tabuleiro de tomas, deixando o indicador do motor por cima do mesmo tabuleiro e é responsável por indicar ao utilizador qual a área de onde este deve retirar a sua medicação. A Figura 4.6 ilustra o motor de passo utilizado neste projeto.

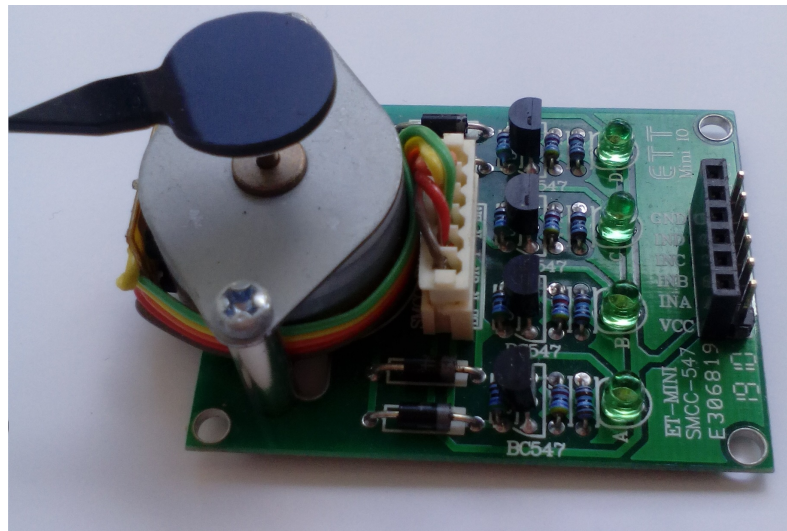


Fig. 4.6: Motor de passo

4.3.5 *Bluetooth*

O *Bluetooth* é um módulo que estabelece comunicação entre dois dispositivos. Neste caso, entre o sistema *ElderlySafety* e o *ElderlySafety Online*. A placa utilizada neste projeto tem como módulo *Bluetooth* o módulo HC-05.

Este módulo funciona em modo transparente e a interface com o *hardware* externo é feita através de uma comunicação série. O módulo implementa a norma *Bluetooth* 2.0 com velocidades de 3 Mbps.

Para que se possa estabelecer uma ligação entre o *hardware* e o *software* do sistema *ElderlySafety*, o módulo *Bluetooth* deve ter as seguintes configurações:

- **Baud Rate:** 115200
- **Data bits:** 8
- **Stop bit:** 1
- **Parity:** No Parity

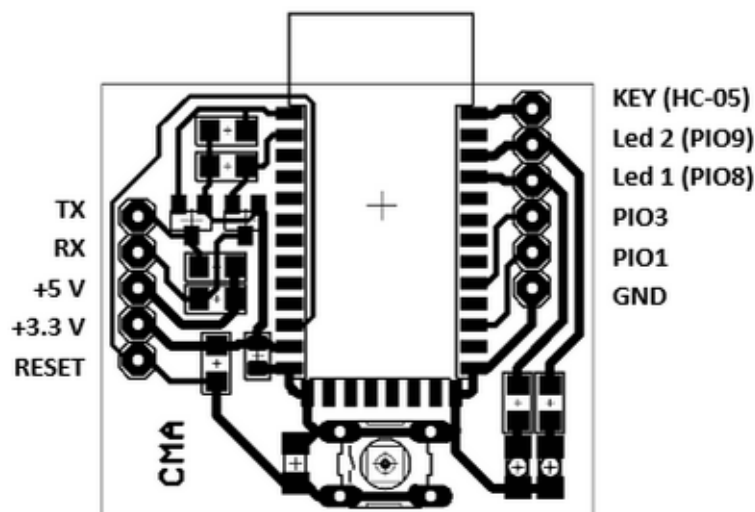


Fig. 4.7: Representação esquemática do módulo *Bluetooth*

A Figura 4.7 ilustra de forma esquemática o módulo *Bluetooth* utilizado neste projeto. O pino TX do módulo deve ser ligado ao pino RX do Arduino, bem como o pino RX do módulo deve ser ligado ao pino TX do Arduino, esta ligação só deve ser estabelecida quando o programa já se encontra carregado na memória do Arduino. O LED verde, incluído no módulo, indica que o módulo se encontra ativo, já o LED vermelho intermitente indica que foi estabelecida uma conexão com outro aparelho que comporte o módulo *Bluetooth*.

4.3.6 Tabuleiro de tomas

O tabuleiro de tomas é o local onde é colocada a medicação dividida pelas diferentes tomas. O tabuleiro poderia ter dois formatos: formato retangular ou formato circular.

Neste projeto, foi utilizado um tabuleiro de tomas de formato circular, radialmente compartimentado com 24 secções. O tabuleiro possui uma posição inicial que é a posição onde se encontra inicialmente o indicador. Após o indicador do motor de passo rodar para uma posição a fim de indicar a data/hora de uma medicação, o mesmo retoma para a posição inicial de forma a permanecer sempre na mesma posição quando não há registo de tomas. Desta forma, tendo em compra que um dos compartimentos é a posição inicial, restam 23 compartimentos, o que permite o registo de até 23 doses de medicações durante uma semana.

Este tabuleiro de tomas deve ser preenchido, pelo cuidador do paciente, no início

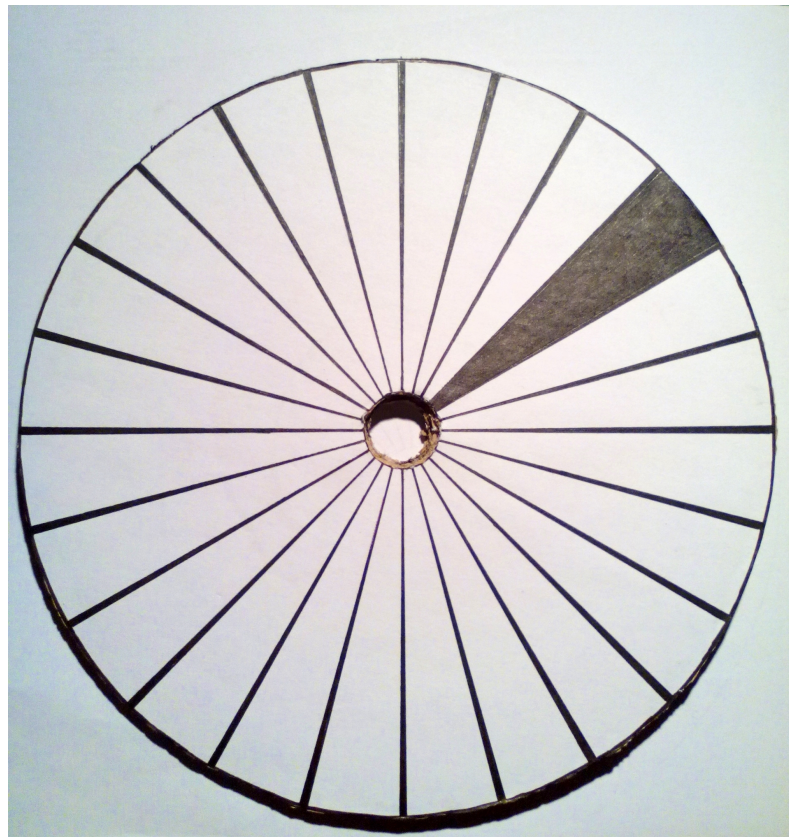


Fig. 4.8: *Design* do tabuleiro de tomas, fora do *ElderlySafety*

de cada semana. O cuidador deve ter a responsabilidade de distribuir a quantidade e a medicação certa, nos corretos compartimentos. A Figura 4.8 ilustra o tabuleiro de tomas, fora do dispositivo *ElderlySafety*, o compartimento com preenchimento a cor preta é a posição inicial do motor de passo.

De salientar que o tabuleiro de tomas encontra-se sob o motor de passo. O tabuleiro permanece estático enquanto o indicador do motor de passo se move (de forma circular) e se encarrega de indicar qual o compartimento no qual se encontra a medicação que o paciente deve tomar naquele instante.

Relativamente às dimensões do tabuleiro, este apresenta um diâmetro de sensivelmente 9cm e como se encontra compartimentado com 24 secções, cada secção é referente a aproximadamente 15°. Este tabuleiro foi desenvolvido a pensar numa validação de conceito, pois idealmente não seria feito em cartão, como é o caso, e cada um dos compartimentos teriam paredes divisórias para evitar o risco dos medicamentos se misturarem. Uma ideia de um tabuleiro de tomas ideal e como sugestão de trabalho futuro está presente na Figura 4.9

Quando o *ElderlySafety* é iniciado, é necessário marcar a posição inicial do indi-

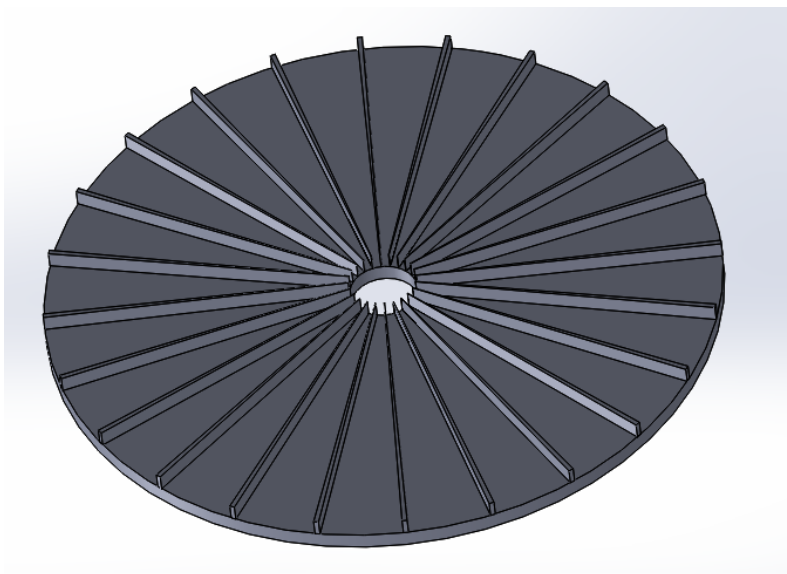


Fig. 4.9: Tabuleiro de tomadas ideal para o sistema *ElderlySafety*

gador, para que este permaneça numa posição fixa e assim poder dar seguimento às posições de medicação de forma correta. Desta forma, ao ser iniciado o dispositivo, o motor faz fazer uma rotação de 360° repetidamente até encontrar um sensor que o faça parar exatamente naquela posição. Aqui esse sensor foi substituído por um *input* do botão, ou seja, o motor irá fazer a sua rotação até verificar que o *push button* foi pressionado, quando isto de verificar, o motor pára e faz o seu ciclo a partir daquela posição.

Esta secção pretendeu elucidar acerca de todo o desenvolvimento de *hardware*, referente ao dispositivo *ElderlySafety*. A secção seguinte irá fazer uma abordagem a todo o desenvolvimento e implementação do *ElderlySafety Online* que funciona acoplado ao sistema *ElderlySafety*.

4.4 Desenvolvimento do *ElderlySafety Online*

A aplicação *ElderlySafety Online* tem como principal objetivo permitir que o cuidador tenha a possibilidade de registar a medicação do paciente (definir data e hora da toma de cada medicamento). A aplicação também permite a visualização de possíveis interações medicamentosas que, como já foi abordado anteriormente, são muito frequentes em doentes polimedicados (como é o caso dos idosos) e informações acerca do que fazer no caso de esquecimento de uma ou mais tomas da medicação. Vários utilizadores podem ter acesso a esta aplicação, mas para isso é necessário a

realização de um *login*. O cuidador é considerado o administrador do *ElderlySafety Online*, e como tal tem acesso a zonas privilegiadas como é o caso da atualização dos dados do paciente. Todos os outros utilizadores são considerados utilizadores comuns.

Na Figura 4.10 está presente um diagrama com a arquitetura da forma como os diversos componentes estão organizados e comunicam entre si. Neste caso, o servidor *web* está dividido em duas partes:

1. O *ElderlySafety Online*, onde os diversos utilizadores do sistema recorrem para parametrizar e ver a informação do dispositivo;
2. A API (*Application Programming Interface*) que serve para atender os pedidos vindos dos dispositivos.

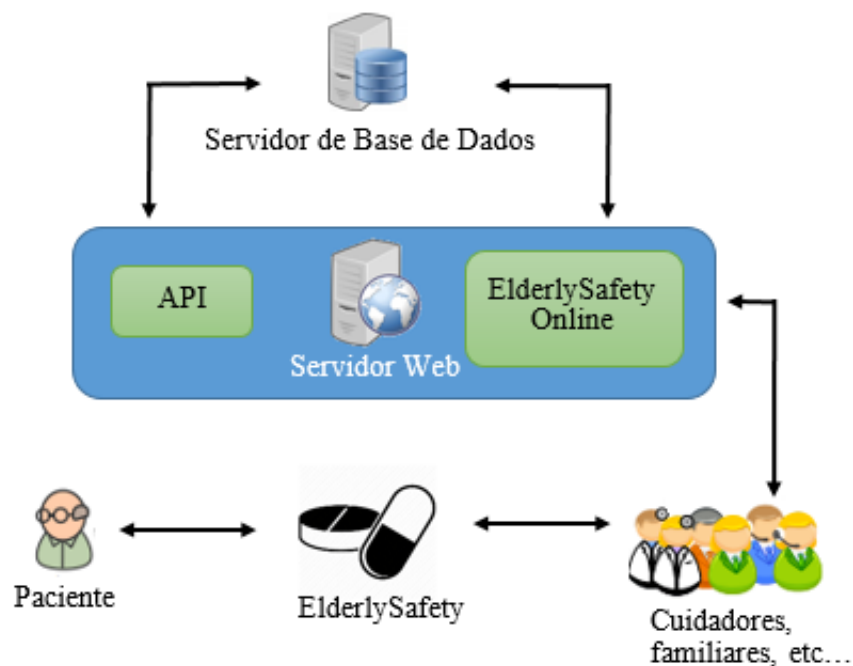


Fig. 4.10: Arquitetura do *software* do sistema

A troca de informação entre a API e o *ElderlySafety Online* é feita indiretamente através do servidor da base de dados. O servidor da base de dados conterá toda a informação relativa ao sistema. A informação mínima a registar é a seguinte:

- Dados de autenticação dos utilizadores;

- Informações pessoais sobre o utilizador;
- Registos dos horários das tomas de medicação;
- Bulário eletrónico dos medicamentos (o que é e para que é utilizado cada medicamento, o que fazer em caso de esquecimento da toma e possíveis interações medicamentosas).

O *software* do dispositivo *ElderlySafety* é responsável por assegurar o funcionamento do *hardware* e comunicar com o servidor *web* para a troca de informação dos horários das tomas e reportar o não cumprimento das tomas. A página inicial do *ElderlySafety Online* permite ao utilizador escolher qual das 3 opções pretende: Informações sobre o paciente, Registo de Medicação ou consulta do Bulário Eletrónico dos Medicamentos. A Figura 4.11 ilustra esta mesma página inicial. O *ElderlySafety Online* é desenvolvido e contruído sobre as tecnologias ASP.NET MVC com a linguagem C# através da ferramenta *Microsoft Visual Studio 2013*.

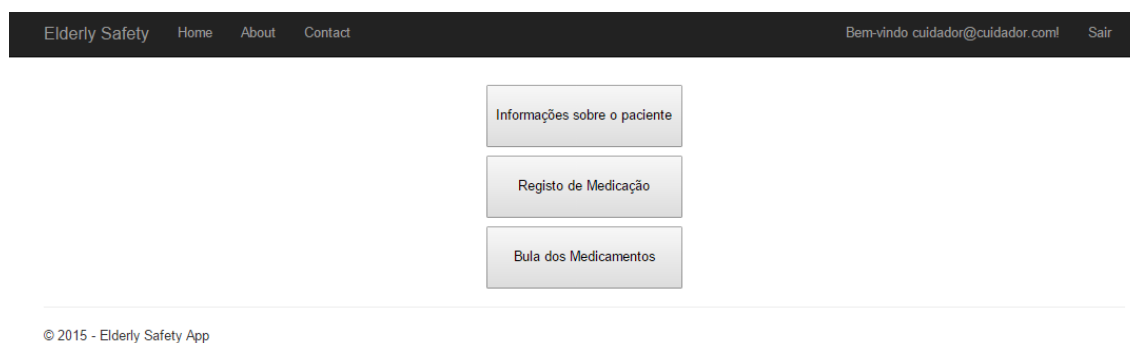


Fig. 4.11: Página inicial do *ElderlySafety Online*

4.4.1 *Microsoft Visual Studio*

O *Microsoft Visual Studio* é um conjunto de ferramentas desenvolvido pela *Microsoft* para desenvolvimento de *software* com o uso do *framework* .NET e a versão utilizada ao longo deste projeto foi o *Microsoft Visual Studio 2013*. É um grande produto de desenvolvimento para *web*, com a plataforma ASP.NET, com suporte às linguagens VB.NET (*Visual Basic* .NET) e C#.

4.4.2 ASP.NET MVC

O ASP.NET, desenvolvido em 2001, é uma plataforma de desenvolvimento criada pela *Microsoft* para o desenvolvimento de aplicações *web* do lado do servidor. Por um longo período a tecnologia era conhecida apenas pela arquitetura *WebForms*. Mas em 2007 a *Microsoft* apresentou uma outra alternativa – o ASP.NET MVC.

Como o ASP.NET MVC faz parte do *.NET framework*, pode ser desenvolvido em qualquer linguagem *.NET* e também é possível acessar a todas as bibliotecas disponíveis pela plataforma. Recursos prontos como *master page*, *forms authentication*, *membership*, *roles*, *profiles* e *globalization* podem diminuir a quantidade de código que o desenvolvedor necessita para escrever, o que torna a tecnologia ASP.NET MVC estável e madura sendo altamente produtiva em desenvolvimento *web*.

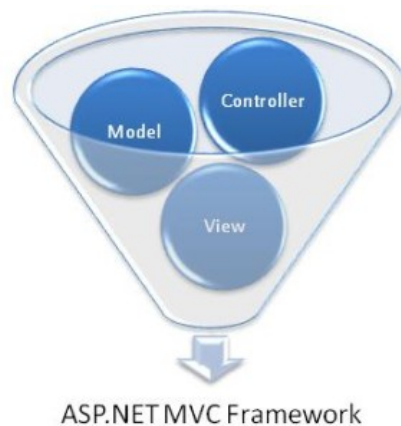


Fig. 4.12: Esquema da tecnologia ASP.NET MVC

A arquitetura MVC (Figura 4.12) possibilita uma aplicação altamente testável e sustentável porque a aplicação ficará naturalmente dividida entre independentes camadas de diferentes *softwares*. MVC é um padrão de arquitetura de *software* que separa a representação da informação da interação com o utilizador. As estruturas MVC estão divididas em três grupos (*Model View Controller*), tal como o próprio nome indica.

- **Model:** esta estrutura serve para interagir com a base de dados;
- **View:** permitem armazenar maioritariamente HTML ou PHP. Esta estrutura permite mostrar ao utilizador uma vista que segue um determinado padrão e substitui os campos dinâmicos;

- **Controller:** são as estruturas de controlo de uma aplicação PHP com estrutura MVC, é a partir deles que tudo é gerado na aplicação. De uma maneira básica, dependendo do URL, serão chamados diferentes controladores que modificarão o desempenho da aplicação.

4.4.3 Informações pessoais sobre o paciente

Esta página serve apenas para informar os familiares ou prestadores de cuidados de saúde acerca dos dados pessoais do paciente utilizador do dispensador automático de medicamentos. Os dados que se visualizam nesta página são inseridos e editados apenas pelo cuidador do paciente, que tem de efetuar um *login* específico. Após efetuar esse *login*, o cuidador acede à página como administrador e acede a dados que os utilizadores comuns não podem aceder, como é o caso do registo de informações pessoais do paciente.



Elderly Safety Home About Contact Bem-vindo cuidador@cuidador.com! Sair

Informações Sobre o Paciente

| | |
|------------------------|----------------------|
| Nome Completo: | Lúcia Neto Torres |
| Data Nascimento: | 14/11/1942 |
| Tipo Sanguíneo: | A+ |
| N° Utente: | 15796320 |
| Médico de Família: | José Ribeiro |
| Contacto do Médico: | 227645123 |
| Principais Patologias: | Alergia a penicilina |

[Editar Dados](#)

© 2015 - Elderly Safety App

Fig. 4.13: Página de informações do paciente.

As informações visíveis nesta página, acerca do paciente, são as seguintes:

- Nome Completo;
- Data de Nascimento;
- Tipo Sanguíneo;
- Número de Utente;
- Nome do Médico de Família;
- Contacto do Médico de Família;

- Patologias diagnosticadas;
- Fotografia atual.

Estes tipos de informações são importantes caso o paciente tenha algum tipo de problema que careça de urgência médica, poderá assim contactar rapidamente o médico de família e este caso necessite pode verificar as patologias associadas ao paciente, por exemplo: alergias a algum tipo de químico ou de fármaco.

O aspeto visual da página em questão pode ser observado na Figura 4.13. A figura mostra a página vista como administrador, caso a página seja aberta por um utilizador comum, a única coisa que é alterada é a omissão do botão de ‘Editar Dados’ que aparece abaixo das informações.

4.4.4 Registo de medicação

A página do Registo de Medicação é talvez a página mais importante de todo o *ElderlySafety Online*. É aqui que o cuidador pode fazer o registo de toda a medicação do paciente. Ao fazer um *clique* no botão da página inicial ‘Registo de Medicação’ é aberto uma espécie de agenda de tarefas, com um calendário onde o cuidador pode então registar a medicação a que o paciente está sujeito.

A Figura 4.14 mostra o aspeto da página de Registo de Medicação ainda sem nenhum registo de medicação adicionado.

O calendário utilizado neste projeto foi desenvolvido através de uma biblioteca importada da empresa DHTMLX ¹. O calendário DHTMLX é um calendário de eventos *JavaScript* que serve para ser adicionado ou importado quer em programação *web* quer em aplicações móveis. Permite aos utilizadores gerir de forma rápida e intuitiva os eventos de diferentes pontos de vista: diária, semanal, mensal ou anual. Para além disso permite que se adicionem eventos repetitivos, o que facilita, em muito, o registo, pois assim o cuidador tem a facilidade de registar uma medicação em um só registo em vez de adicionar os registos um por um. Por exemplo, se o paciente tomar um antibiótico de 12 em 12 horas, esse registo no calendário pode ser feito de uma só vez, escolhendo a opção repetitiva de 12 em 12 horas. É, por isso, um calendário altamente personalizável e rápido.

A utilização deste calendário requer a compra de uma licença comercial que comporta custos elevados. A versão utilizada neste projeto foi a versão *dhtmlxScheduler.Net* edição *Standard* que custa cerca de 450\$. Como são valores monetários

¹ <http://scheduler-net.com/>

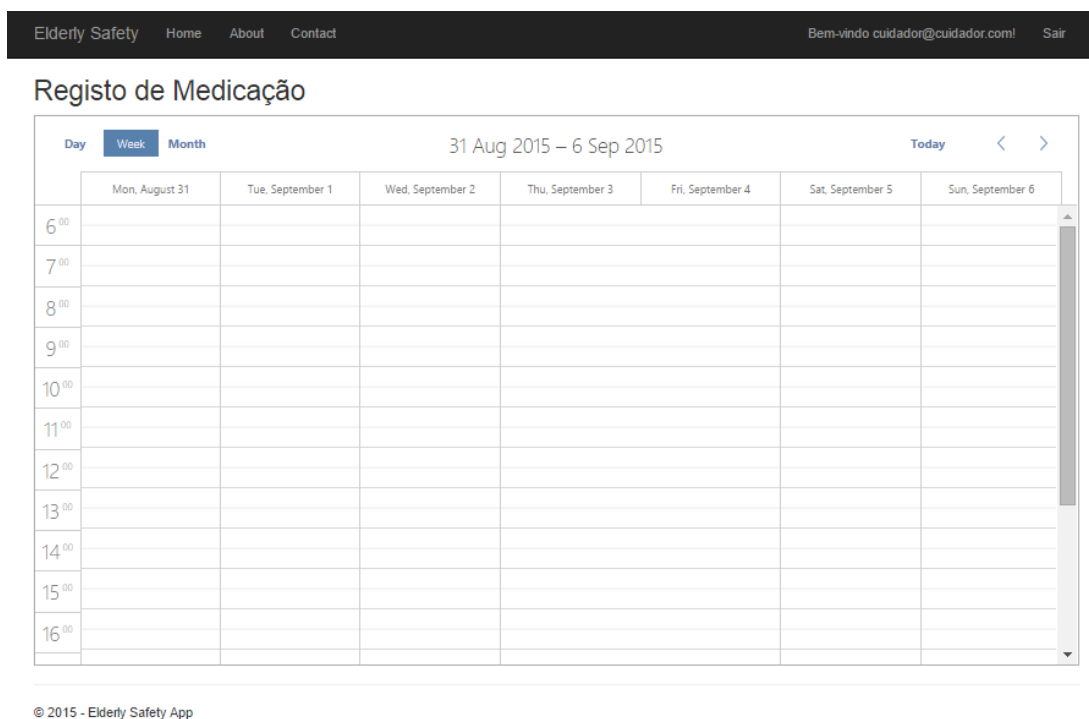


Fig. 4.14: Página de registo de medicação do paciente

elevados, neste projeto foi pedida e aceite uma licença académica, para programação *web* em ASP.NET MVC, que permite a utilização do calendário DHTMLX durante um certo período de tempo.

Quando se pretende fazer um novo registo basta que no calendário se faça clique em cima do dia pretendido para o registo. Ao clicar num qualquer dia da semana irá rapidamente aparecer uma janela de novo registo como se pode verificar na Figura 4.15.

4.4.5 Bulário eletrónico dos medicamentos

Esta página mostra um bulário eletrónico de medicamentos e serve de consulta caso o utilizador necessite de saber o que é e para que serve o medicamento que está a tomar, o que fazer no caso de se esquecer de uma ou mais tomas e verificar quais as possíveis interações medicamentosas que possam ocorrer. É certo que existem fármacos no mercado para todo o tipo de prevenção, tratamento e/ou melhoria de inúmeras doenças em todo o mundo. O bulário eletrónico aqui apresentado apenas incorpora fármacos que alguns estudos dizem ser os mais utilizados pelas pessoas mais idosas.

Fleming e Goetten [56], em 2005, fizeram um estudo onde mostraram que os

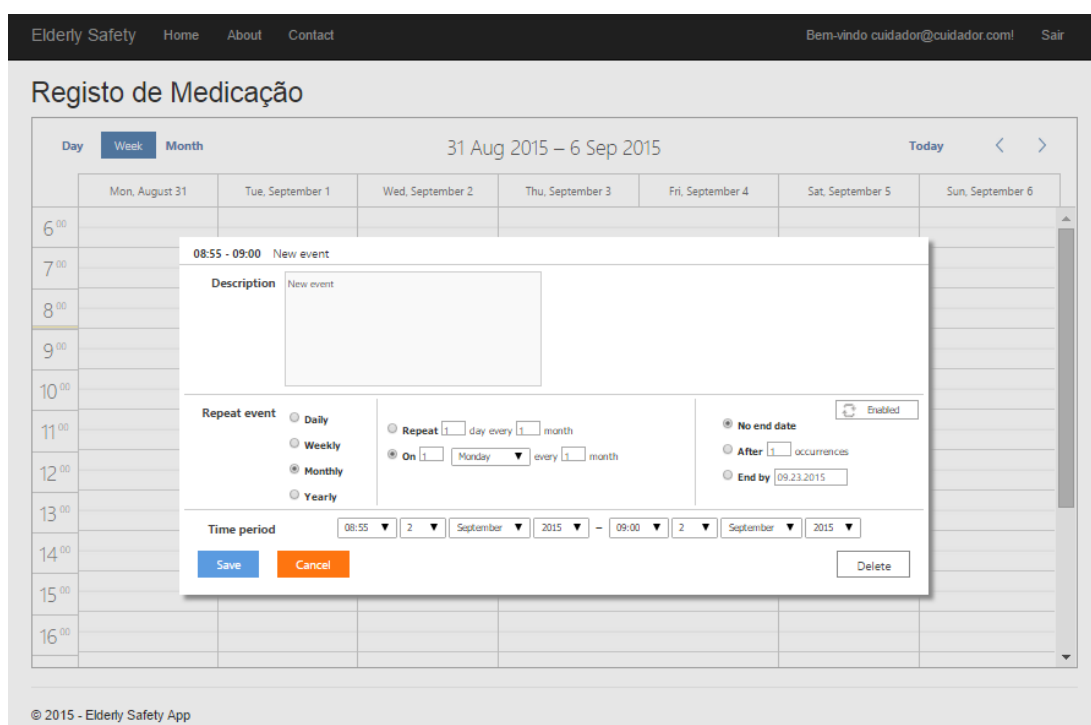


Fig. 4.15: Janela de um novo registo de medicação

grupos de medicamentos mais utilizados pelos idosos são, em primeiro lugar com 44% os medicamentos psicotrópicos (que incluem fármacos hipnóticos, antidepressivos e sedativos), em segundo lugar os anti hipertensivos com 36% e por último os antiulcerosos com apenas 20%. Segundo uma outra pesquisa, desta vez realizada por Mosegui et al. [57] entre as classes terapêuticas mais consumidas entre os idosos estão os medicamentos cardiovasculares, os antirreumáticos, e os analgésicos.

Perante estes estudos, procedeu-se à recolha e análise de informações do domínio médico-farmacêutico, mais concretamente relativas aos medicamentos. O bulário eletrónico incorporado neste projeto agrupa exatamente 1241 medicamentos e são considerados os medicamentos mais comumente utilizados pelos idosos. Todos os dados de cada medicamento foram recolhidos do Prontuário Terapêutico *online* do INFARMED ².

Os grupos de medicamentos que o bulário eletrónico do *ElderlySafety Online* incorpora, segundo a classificação do Prontuário Terapêutico do INFARMED em 2015, são os seguintes:

² <https://www.infarmed.pt/prontuario/index.php>

- Aparelho Cardiovascular:
 - Cardiotónicos;
 - Antiarrítmicos;
 - Simpaticomiméticos;
 - Anti-hipertensores;
 - Vasodilatadores;
 - Venotrópicos;
 - Antidislipídemicos.

- Aparelho Digestivo:
 - Antiácidos e antiulcerosos.

- Sistema Nervoso Central:
 - Psicofármacos;
 - Antiparkinsonianos;
 - Analgésicos e antipiréticos;
 - Medicamentos utilizados no tratamento sintomático da demência de *Alzheimer*;
 - Medicamentos utilizados no tratamento sintomático das alterações das funções cognitivas.

Este bulário eletrónico permite que, para cada medicamento, se verifique o que é e quais as indicações terapêuticas, na primeira coluna, informar-se sobre o que fazer em caso de esquecimento de uma toma, na segunda coluna, e, na terceira coluna está disponível informação sobre as possíveis interações medicamentosas. Ao longo do desenvolvimento do presente bulário eletrónico, os procedimentos que mais se evidenciaram para solucionar uma medicação atrasada ou esquecida foram os seguintes:

1. Deve-se ignorar o horário esquecido e tomar o medicamento no próximo horário como programado. O horário perdido deve ser adicionado ao fim do período total da medicação.

2. Toma-se a dose esquecida imediatamente e continuar a medicação regularmente.
3. Deve-se tomar o horário esquecido imediatamente e reprogramar os próximos horários com base no novo horário tomado.
4. O usuário deve ignorar o horário esquecido e informar o seu médico de família de imediato.

Elderly Safety
Home About Contact
Bem-vindo cuidador@cuidador.com! Sair

Bulário Eletrónico

Pesquisar Medicamento:

| Medicamento | Descrição do Medicamento | O que fazer em caso de Esquecimento | Possíveis Interações Medicamentosas |
|---------------------------------|---|--|---|
| A-A-S | A-A-S actua prevenindo a formação de coágulos (trombos) sanguíneos. | Se estiver próximo da hora de tomar o próximo comprimido, não tome o comprimido que se esqueceu. Se não estiver próximo da hora de tomar o próximo comprimido, tome-o logo que se lembrar. Não tome uma dose a dobrar para compensar um comprimido que se esqueceu de tomar. | Os antiácidos aumentam a excreção urinária; aumento do risco de hemorragia e/ou ulceração gastrointestinal quando associado a anticoagulantes ou corticosteróides; aumenta o efeito da fenitoína e do valproato; redução da excreção de metotrexato; antagonismo do efeito de diuréticos. |
| Abolibe Forte | ABOLIBE FORTE está indicado no tratamento da demência ligeira a moderada. | Não tome uma dose a dobrar para compensar uma dose que se esqueceu de tomar. Quando tal acontecer, deve recomeçar o tratamento logo que se lembre e informar o seu médico do sucedido. | Varfarina e antiagregantes plaquetários. |
| Ácido Acetilsalicílico Phamakem | ÁCIDO ACETILSALICÍLICO PHARMAKERN possui, entre outras, a capacidade de reduzir a agregação das plaquetas, um dos componentes do sangue fundamental para a formação dos coágulos sanguíneos | Deve retomar a medicação sem tomar uma dose a dobrar para compensar uma dose que se esqueceu de tomar | Os antiácidos aumentam a excreção urinária; aumento do risco de hemorragia e/ou ulceração gastrointestinal quando associado a anticoagulantes ou corticosteróides; aumenta o efeito da fenitoína e do valproato; redução da excreção de metotrexato; antagonismo do efeito de diuréticos. |

Página 1 de 307

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
...
»
»»

Fig. 4.16: Página do bulário eletrónico de medicamentos.

Como se pode verificar, há muitos parâmetros a serem considerados quando se tomam medicamentos. Na maioria das vezes, o idoso não tem acesso a toda essa informação técnica, ou simplesmente ignora o facto de se ter esquecido da medicação, causando riscos de saúde, por vezes irrecuperáveis. Pensando em todos estes cenários, foi criado um sistema de cores que permite ao utilizador verificar o nível de gravidade do esquecimento de uma ou mais tomas, como se pode verificar na Figura 4.16.

O sistema de cores, neste bulário, é composto por três cores: verde, amarelo e vermelho, cada uma atribuída a diferentes funções. A cor verde significa que o esquecimento da toma não é considerado grave e, por isso, o utilizador deve ignorar o

esquecimento daquela toma e retomar a posologia das doses seguintes como habitual e prescrito pelo médico. A cor amarela é atribuída quando se deve tomar o medicamento assim que se lembrar que se esqueceu de o tomar, a menos que restem apenas 4 horas para a toma do medicamento seguinte. A dose não deve ser ignorada, mas sim ingerida assim que se lembre. Por último a cor vermelha é a cor atribuída a todas as doses cujo seu esquecimento é considerado grave. Normalmente, nestes casos é aconselhado falar rapidamente com o médico de família e contar o sucedido. Acerca das interações medicamentosas as substâncias dedicadas à terapia cardiovascular estão envolvidas na maior parte das interações verificadas. Esses medicamentos têm utilização muito disseminada na terceira idade, consomem geralmente grande parte do orçamento doméstico dos idosos e podem estar envolvidos num número elevado de interações medicamentosas. Num estudo realizado por Beers et al. [58], cinco classes de medicamentos responderam por 89% das interações medicamentosas devidas a prescrições realizadas sem consentimento do médico de família e são elas: os analgésicos narcóticos, os anti-inflamatórios não esteroides (AINE), os benzodiazepínicos, os antiácidos e os diuréticos.

4.4.6 Notificação de esquecimento de toma

Um dos principais objetivos do sistema *ElderlySafety* é detetar esquecimentos e alertar o cuidador do paciente dessa ocorrência. O protótipo de dispositivo aqui desenvolvido está então programado para, após chegado o momento de uma nova toma de medicação, aguardar uma resposta do paciente (que será pressionar o *push button*) durante um período de 10 minutos.

ElderlySafety



Elderly Safety (elderlysafety_@hotmail.com) Adicionar aos contactos 17:42 ▶
Para: zt.martins@hotmail.com ✉

O ElderlySafety informa que o paciente a seu cuidado se esqueceu de tomar a medicação agendada à 10 min atrás.

Com as melhores saudações

O sistema:
ElderlySafety®

1

Fig. 4.17: *E-mail* automático recebido em caso de esquecimento.

Caso decorrido este tempo e não tenha sido detetada a chegada de uma resposta o *ElderlySafety* declara o esquecimento da toma da medicação. Ao declarar esquecimento, o *ElderlySafety Online* encarrega-se de enviar um *e-mail* automático para o cuidador com uma mensagem de alerta, informando-o que o paciente a seu cuidado se esquecera de tomar uma ou mais doses da sua medicação habitual. O cuidador pode de imediato pesquisar no bulário eletrónico incorporado no *ElderlySafety Online* e verificar a gravidade do esquecimento e tomar as devidas providências para com o paciente. A Figura 4.17 mostra um ‘print’ de um *e-mail* recebido num caso em que o paciente se esqueceu de tomar a medicação.

4.4.7 Criação da base de dados

Todos os registos de dados (criados, removidos ou atualizados) no *ElderlySafety Online* são gravados numa base de dados criada propositadamente para este projeto. A base de dados foi criada em MySQL. O MySQL é um sistema de gestão de bases de dados (SGBD), e utiliza a linguagem SQL (*Structured Query Language*). Para navegar na aplicação *ElderlySafety Online* é necessária a realização de um *login*, que requer previamente um registo na aplicação, com entrada de dados de *email* e *password*. Para cada *login* é necessário um registo, como se pode ver representado na Figura 4.18

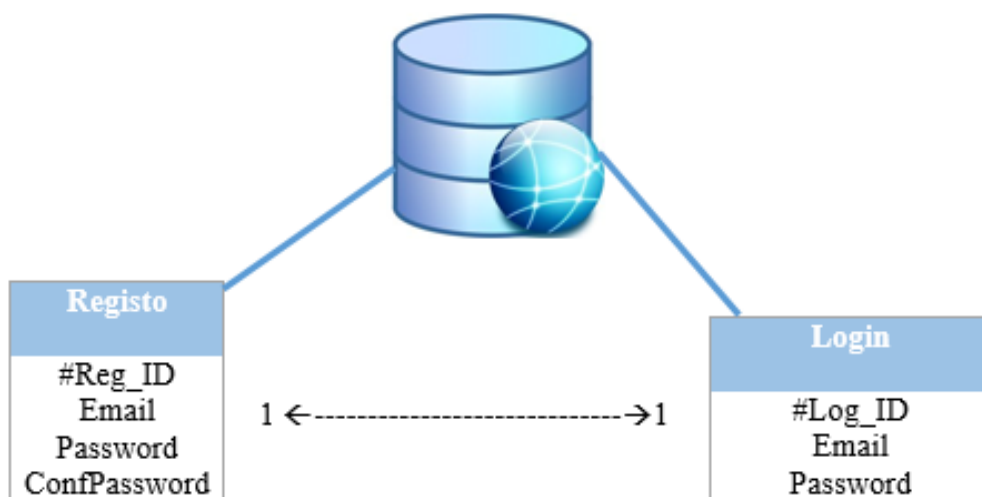


Fig. 4.18: Representação do *login* e registo.

Após efetuado o *login* no *ElderlySafety Online*, o utilizador tem acesso a três

botões estáticos que dão acesso às informações sobre o paciente, ao registo de medição e ao bulário eletrónico de medicamentos, respetivamente. Todas estas páginas estão conectadas a uma base de dados embora sem qualquer ligação entre si, tal como ilustra a Figura 4.19

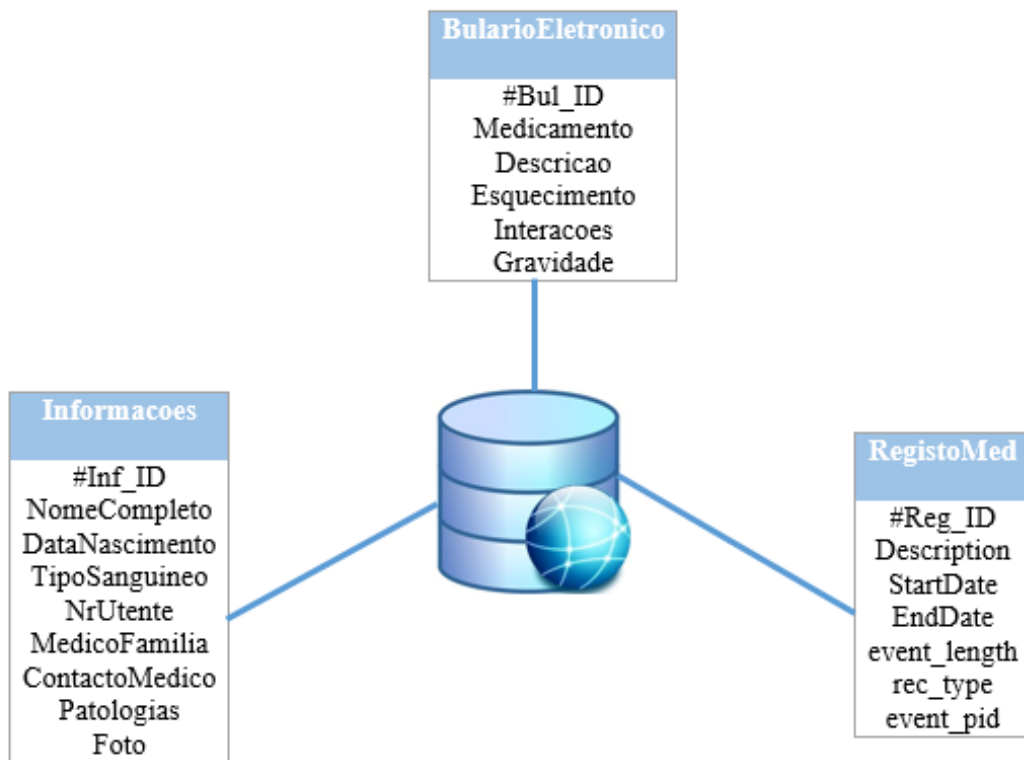


Fig. 4.19: Representação da base de dados utilizada neste protótipo.

A base de dados utilizada neste projeto é, portanto, constituída pelas seguintes tabelas:

- **Registo:** onde são guardados os dados de registo dos diferentes utilizadores: *email*, *password* e confirmação de *password*.
- **Login:** é guardada a informação de *login* dos utilizadores: *email* e *password*.
- **Informacoes:** é nesta tabela que são guardados os registos de informação pessoal de cada utilizador. Só o cuidador (considerado administrador) pode inserir, editar e apagar dados. Os restantes utilizadores apenas podem visualizar os dados.

- **RegistoMed:** contem toda a informação de registo de medicação do paciente. É guardada uma descrição com o nome do medicamento bem como o início e o fim da data da toma (em formato *DateTime* que regista a data e a hora). Para além disso, foram acrescentados a esta tabela 3 campos para que fosse possível o registo de tomas recorrentes: *event_length*, *event_pid* e *rec_type*.
 - **event_length:** regista o tempo de duração de uma toma em segundos. É, por isso, um campo do tipo *bigint*;
 - **event_pid:** regista as ocorrências particulares, ou seja, aquelas que fogem à regra do diário, mensal ou anual;
 - **rec_type:** define a repetição lógica de tomas recorrentes (por exemplo, diariamente, o primeiro sábado de cada mês, de 2 em 2 meses, etc.).
- **BularioEletronico:** é nesta tabela que são guardadas todas as informações do domínio médico-farmacêutico retiradas do Prontuário Terapêutico *Online* do INFARMED para cada um dos medicamentos mais comumente utilizados pelos idosos.

O capítulo seguinte apresenta os resultados obtidos após todo o desenvolvimento do protótipo de dispensador automático de medicamentos *ElderlySafety*.

Resultados Obtidos

Neste capítulo, serão apresentados todos os resultados obtidos após o desenvolvimento de todo o sistema *ElderlySafety*. Este capítulo aborda, assim, a conceção do corpo do sistema que consiste tanto do *hardware* como do *software*. Primeiramente será apresentado e detalhado o *design* final do dispositivo, apresentando algumas limitações e melhorias. Por último, este capítulo apresenta alguns testes de validação que foram realizados para assegurar que o *software* e o *hardware* desenvolvidos neste projeto tenham o funcionamento e o desempenho de acordo com os objetivos inicialmente definidos.

5.1 Funcionalidades do Sistema

O dispositivo *ElderlySafety* em conjunto com o *ElderlySafety Online* cumprem as seguintes funcionalidades, de acordo com os objetivos propostos inicialmente:

- Capacidade de leitura da base de dados, recolhendo informações acerca da data, hora e nome do medicamento;
- Capacidade de comparação da leitura feita da base de dados (data e hora) com a data e hora atual, definida pelo computador onde é inicializado o *ElderlySafety Online*;
- Caso as datas e horas coincidam (data/hora do registo e data/hora atual) é acionado um LED intermitente e, conseqüentemente o indicador do tabuleiro de tomas faz a sua rotação para o compartimento de medicação correto;

- Capacidade de deteção de esquecimento da toma. São dados 10 minutos ao paciente para confirmar a sua toma (através do botão) caso exceda este tempo, é dado o esquecimento que faz com que seja enviada via *e-mail* uma mensagem para o cuidador;

5.2 Entradas e Saídas do Dispositivo

Na Figura 5.1 é possível verificar que todos os 14 pinos digitais do Arduino Uno foram preenchidos com módulos necessários ao desenvolvimento do sistema. Seguidamente, e para uma melhor compreensão, serão listadas as funcionalidades de cada pino do microcontrolador neste projeto.

- **Pino 0 ou RX:** ligado ao pino TX do módulo *Bluetooth*;
- **Pino 1 ou TX:** ligado ao pino RX do módulo *Bluetooth*;
- **Pino 2:** ligado ao *input A* do motor de passo;
- **Pino 3:** ligado ao *input B* do motor de passo;
- **Pinos 4, 5, 6, 7, 8 e 9:** associados ao módulo LCD;
- **Pino 10:** ligado ao *input C* do motor de passo;
- **Pino 11:** ligado ao *input D* do motor de passo;
- **Pino 12:** associado ao *push button*;
- **Pino 13:** associado ao LED.

As entradas e saídas externas (presentes no *hardware* do sistema) que servirão para o utilizador interagir com o equipamento são as seguintes:

- **Entradas:**
 - Botão de confirmação de toma: Este botão tem como função indicar a presença do paciente junto ao equipamento, pois isto garante que este se apercebeu do alarme e está junto do mesmo. Se o paciente clicou no botão, o sistema considera que a toma da medicação foi efetuada.
- **Saídas:**
 - LED de sinalização: Serve para alertar luminosamente o paciente de que chegou a hora de tomar a sua medicação.

- Indicador do motor de passo: Este indicador altera a sua posição no momento da toma da medicação para o compartimento correto.

5.3 *Design* do Protótipo Final

Através da ferramenta *Fritzing*¹, foi possível fazer uma montagem gráfica do sistema *ElderlySafety* desenvolvido (Figura 5.1).

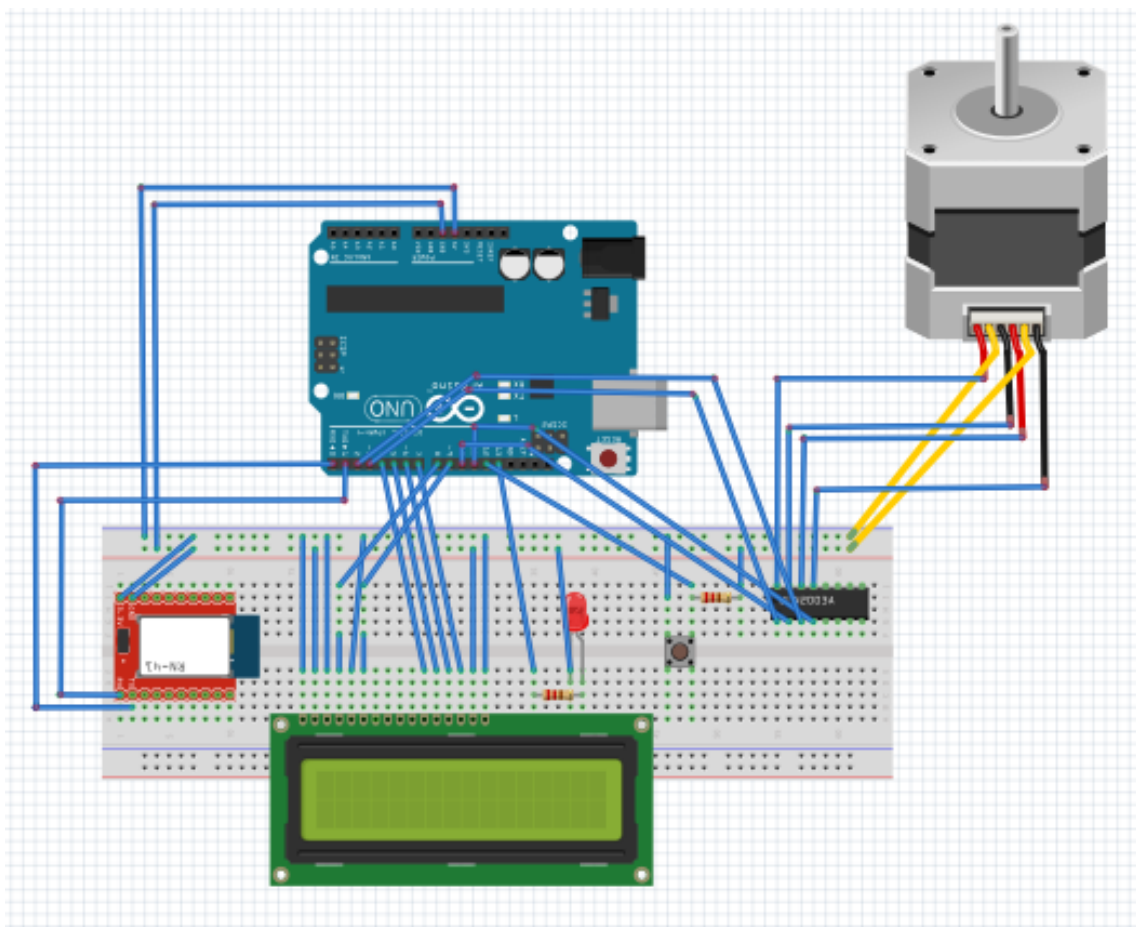


Fig. 5.1: Montagem do circuito do sistema *ElderlySafety*

O *Fritzing* é um programa *open-source* para a realização de projetos e testes com o microcontrolador Arduino. É um programa em ambiente gráfico que facilita montagens com o Arduino. Este programa tem a capacidade de mostrar, de modo virtual, como será uma montagem física numa *protoboard*, bem como todo o circuito elétrico.

¹ <http://www.fritzing.org/>

A Figura 5.2 mostra a imagem do *design* do protótipo final do dispositivo *ElderlySafety*.

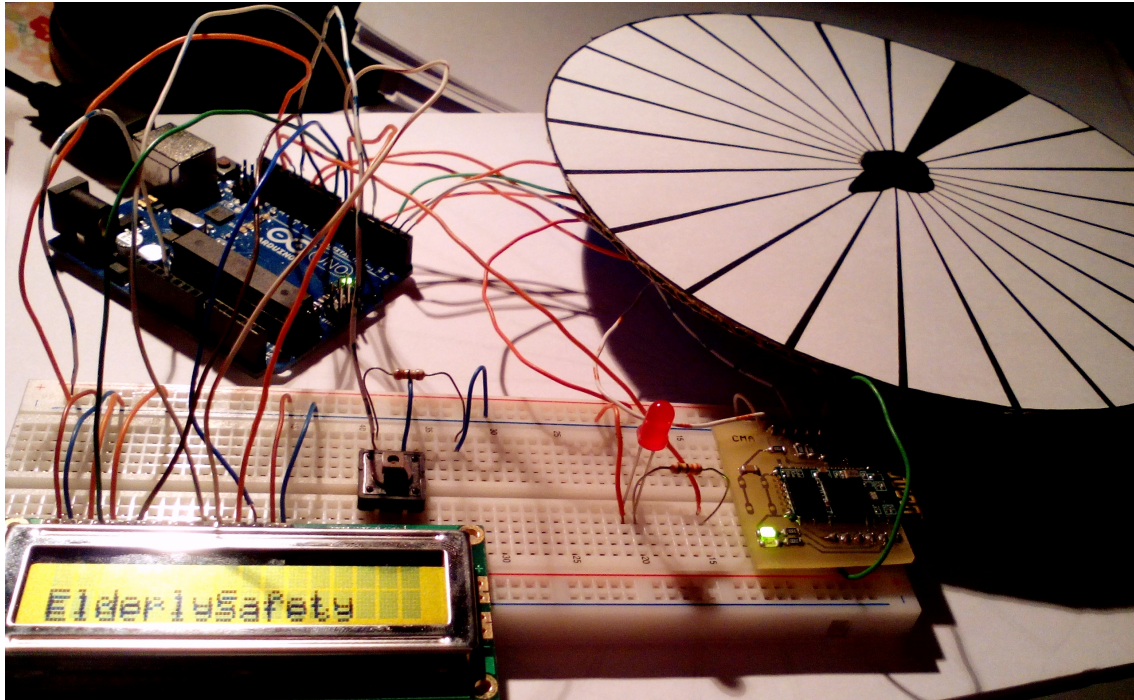


Fig. 5.2: *Design* do sistema *ElderlySafety*

5.4 Validação do Dispositivo

Com o objetivo de verificar o bom funcionamento do dispositivo *ElderlySafety* foram efetuados um conjunto de testes de validação. Estes testes consistem em o dispositivo permanecer na casa de um idoso durante 5 horas e este registrar as falhas e os sucessos que o dispositivo revelou. A finalidade destes testes, para além de validar o protótipo desenvolvido, também consiste em garantir que o *ElderlySafety* está funcional para integrar um ambiente de vida assistido de um idoso.

5.4.1 Características da Amostra

Como se trata da validação de um conceito e não de estudos estatísticos, o elevado tamanho da amostra não se mostra muito importante para a validação deste dispositivo. Tendo isso em conta, para a utilização do dispositivo *ElderlySafety* e consequente realização dos testes de validação foram escolhidas e convidadas 4 pessoas, 2 do sexo masculino (M) e 2 do sexo feminino (F), com idades compreendidas

entre os 73 e os 82 anos de idade, todas elas tomam medicação diária, desde 2 a 7 medicamentos e apenas uma revela alguns problemas ligeiros de falta de memória, devido a défices demenciais relativos à idade. Todas as características relevantes da amostra podem ser consultadas na Tabela 5.1.

Tab. 5.1: Detalhes da amostra da população

| Indivíduo | Género | Idade | Prob. Memória | Med. Diária | Escolaridade |
|-----------|--------|-------|---------------|-------------|--------------|
| 1 | F | 73 | Não | 5 | 4º ano |
| 2 | M | 82 | Não | 2 | 6º ano |
| 3 | F | 79 | Sim | 7 | 4º ano |
| 4 | M | 81 | Não | 4 | Não tem |

Antes da utilização do *ElderlySafety* foi explicado de forma detalhada, a cada um dos indivíduos da amostra, o funcionamento do dispositivo, tanto a nível de *hardware* como de *software*. Nesta fase inicial de apresentação do dispositivo, alguns dos indivíduos mostraram alguma relutância devido, muito provavelmente, ao desconforto com o uso de tecnologia a que não estão acostumados, esse problema foi mitigado quando lhes foi apresentado um cuidador, que os iria acompanhar e ajudar caso ocorresse algum problema. O autor do protótipo *ElderlySafety* ficou responsável por ser o cuidador de todos os indivíduos, encarregando-se das seguintes tarefas: definir a posição inicial do indicador de tomas, preencher o tabuleiro de tomas do *ElderlySafety* com os respetivos medicamentos, preencher o Registo de Medicação no *ElderlySafety Online*, receber no seu *e-mail* todas as notificações de esquecimento de cada um deles e alertar o paciente, acerca do que fazer aquando o esquecimento da toma de alguma medicação.

5.4.2 Resultados e Discussão

Após cada um dos 4 indivíduos usufruir do *ElderlySafety* durante um período 5 horas foi-lhes dado um formulário, presente no Anexo A.1, para que assim se pudessem tirar conclusões acerca do bom funcionamento do dispositivo. Após a análise dos formulários já preenchidos, verificou-se que 3 dos 4 indivíduos da amostra consideraram que o *ElderlySafety* os ajudou num estilo de vida mais autónomo. O gráfico que mostra essa proporção pode ser analisado na Figura 5.3.

O gráfico revela que apenas um indivíduo, neste caso o indivíduo 4, não considerou que o *ElderlySafety* o tenha ajudado numa vida menos dependente, o mesmo indivíduo revelou que o dispositivo nunca mostrou falhas e alertou-o sempre a tempo

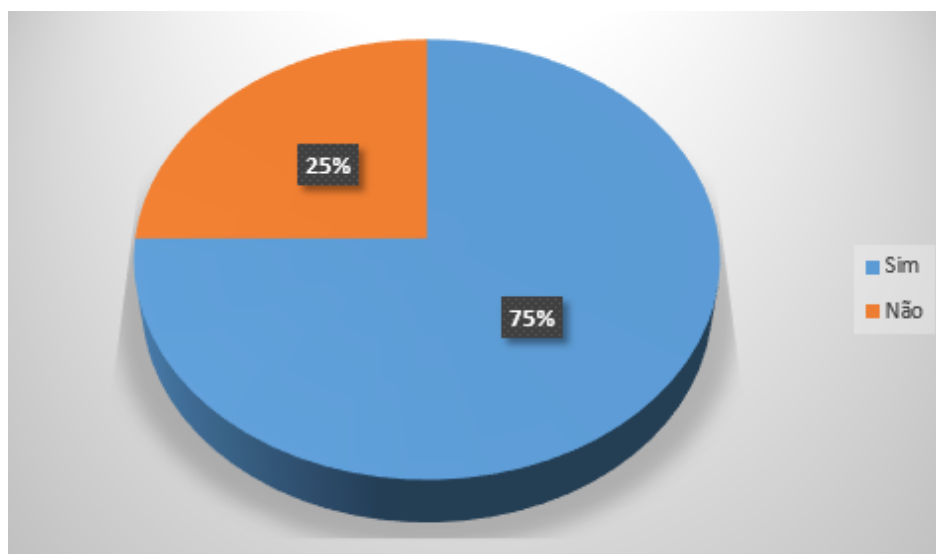


Fig. 5.3: Contribuição do *ElderlySafety* num estilo de vida mais autónomo

da toma da medicação. Estes factos levam-nos a concluir que o que faz com que este indivíduo não se tenha familiarizado com o *ElderlySafety* não é o facto do dispositivo mostrar falhas (até porque não aconteceu) mas sim o facto de este indivíduo não ter completo nenhum nível de escolaridade, o que faz com que não consiga adaptar-se muito bem ao uso de tecnologia na sua vida.

De uma maneira geral, e dentro de uma amostra de 4 elementos, conclui-se que 75% desses elementos consideram que o *ElderlySafety* os pode ajudar na gestão da sua medicação e num estilo de vida menos dependente de terceiros.

Acerca da validação do protótipo *ElderlySafety* como funcional, era importante que a quantidade de falhas deste dispositivo fossem as mais reduzidas possíveis. Existem algumas situações que são consideradas falhas, nomeadamente quando o protótipo não dispensa a medicação à hora correta, quando o motor falha, não indicando corretamente o compartimento no qual se encontra a correta medicação ou quando os fios de ligação, por erro humano, são desconectados.

Após a análise dos formulários, nenhum dos indivíduos revelou ter encontrado algum tipo de falhas no sistema, salientando que o mesmo funcionou perfeitamente durante o período de tempo proposto. O que nos leva a concluir que o protótipo de dispensador automático de medicamentos desenvolvido neste projeto se encontra inteiramente funcional para incorporar um ambiente de vida assistido e para ajudar qualquer idoso na gestão da sua própria medicação.

O dispositivo *ElderlySafety* é unipessoal, mas não é transportável. Apesar de ser implementado com o microcontrolador Arduino, o sistema desenvolvido nesta

dissertação serve apenas como uma valiação de conceito. O sistema pode ser melhorado tanto a nível de *design* como a nível funcional. Estas sugestões de melhoria como um trabalho futuro estão descritas na subsecção [6.2](#) do próximo capítulo.

Conclusão

Neste último capítulo são expostas de uma forma resumida todas as conclusões retiradas do trabalho desenvolvido. Posteriormente, são também apresentadas as limitações e as perspectivas que se abrem para a continuação deste trabalho no futuro.

6.1 Conclusões

O envelhecimento da população mundial é um dos fenómenos mais marcantes na sociedade do século XXI. Século este em que o envelhecimento começa a ser um paradoxo, por um lado é uma história de sucesso individual em que as pessoas vivem mais anos, por outro lado um desafio à sustentabilidade do sistema social e de saúde pública.

O processo de envelhecimento caracteriza-se pela maior longevidade das pessoas traduzido por um aumento da esperança média de vida.

Desde os tempos mais remotos que a humanidade tem aproveitado os recursos existentes para melhorar o seu bem-estar e qualidade de vida. É disso exemplo a grande diversidade de dispositivos, mais ou menos evoluídos tecnologicamente, que povoam as nossas vidas e nos auxiliam. É graças a estes avanços nas tecnologias médicas e farmacêuticas que hoje em dia se pode afirmar que os medicamentos podem curar ou controlar múltiplas doenças ajudando as pessoas a viver ativamente e com uma melhor qualidade de vida durante largos anos. O problema surge quando os sujeitos alvos de medicação são pessoas com necessidades especiais, idosos com alguma demência, ou então, idosos que vivem sozinhos e não têm qualquer tipo de ajuda para a toma atempada dos respetivos medicamentos. Muitas das vezes, devido à grande quantidade de medicamentos, os idosos acabam por fazer uma má

gestão dos mesmos, sendo que a gestão da medicação se revela uma das maiores preocupações para um sénior. Tanto o abuso como a falta de um medicamento podem resultar em situações críticas, potencialmente fatais.

Foi neste contexto que surgiu a necessidade de desenvolver algo que permitisse a estas pessoas com necessidades especiais uma vida mais autónoma. Este projeto consiste no desenvolvimento de um protótipo de dispensador automático de medicamentos capaz de dispensar a medicação a uma data e hora previamente programadas numa aplicação desenvolvida para acompanhamento do dispensador *ElderlySafety*.

A implementação do dispensador foi alcançada com sucesso indo de encontro com os objetivos propostos inicialmente. Foi desenvolvido um protótipo de uma solução microcontrolada, com capacidade para gerir a entrega atempada da medicação aos pacientes. Foi criada uma plataforma física, através da plataforma Arduíno com um tabuleiro de tomas em formato circular, compartimentado radialmente, acoplado a um motor de passo que indica qual o compartimento em que se apresenta a medicação correta. O tabuleiro de tomas suporta 23 compartimentos durante uma semana.

O *ElderlySafety Online* permite o registo de toda a medicação, permite o acesso a informações pessoais do paciente e permite a consulta de interações medicamentosas bem como indicações acerca do que fazer no esquecimento de uma toma através de um bulário eletrónico, indo de encontro com os objetivos inicialmente propostos.

Os testes de validação realizados com o objetivo de testar a funcionalidade do protótipo, embora efetuados com um número reduzido de amostra e com apenas 5 horas de período de teste, mostraram que o dispositivo *ElderlySafety*, apesar de ser uma validação de conceito mostra-se funcional e apto para integrar num ambiente de vida de qualquer idoso.

6.2 Trabalhos Futuros

O projeto desenvolvido nesta dissertação consiste no desenvolvimento e implementação de um protótipo de dispensador automático de medicamentos que é visto apenas como uma validação de conceito, visto não ser desenvolvido com tecnologia que o pudesse tornar um sistema comercial. A título pessoal, considero que o trabalho desenvolvido carece de algumas possíveis melhorias num trabalho futuro, até para que deixe apenas de ser visto como uma validação de conceito e sim como um dispositivo funcional, transportável e comercial. As sugestões de melhoria baseiam-se no modo de alerta, no formato e no *design* do dispositivo.

Como sugestões de trabalho futuro, posso enumerar:

- Para que o dispositivo pudesse ser considerado transportável, seria necessária uma redução do seu tamanho. Permitindo assim que o idoso pudesse transportar o dispositivo sempre consigo, evitando assim muitos esquecimentos de tomas. Para isso, seria necessária uma mudança do microcontrolador utilizado.
- O *ElderlySafety Online* exige que o cuidador do paciente, disponha um PC ou PDA com internet. Se ao invés de uma aplicação *web* fosse desenvolvida uma aplicação *Android* ou uma aplicação *Windows* permitia que o cuidador registasse a medicação e recebesse informações no seu telemóvel pessoal sem a necessidade de recorrer a um *browser*.
- Ao longo deste projeto foi dada uma maior importância ao facto de desenvolver um dispositivo ‘funcional’ menosprezando o *design* do mesmo. No entanto, considero que o *design* do dispositivo *ElderlySafety* pode e deve ser melhorado num futuro. O *design* do dispositivo revela-se bastante importante quando se trata de algo comercial, o que pode vir a acontecer com o *ElderlySafety* num futuro.
- O modo de alerta ideal seria um alerta sonoro, evitando que o paciente estivesse sempre à espera de um piscar de LED.

Bibliografia

- [1] Gonçalves, C. e Carrilho, M., “Envelhecimento Crescente mas Especialmente Desigual,” *Revista de Estudos Demográficos*, vol. 40, pp. 21–37, 2007.
- [2] Agostinho, P., “Perspectiva Psicossomática do Envelhecimento,” *Revista Portuguesa de Psicossomática*, vol. 6, pp. 31–36, Jan-Jun 2004.
- [3] Penteadó, P., Cunico, C., Oliveira, K. e Polichuk, M., “O Uso de Medicamentos por Idosos,” *Visão Acadêmica*, vol. 3, pp. 35–42, Jan-Jun 2002.
- [4] Carrilho, M. e Craveiro, M., “A Situação Demográfica Recente em Portugal,” *Revista de Estudos Demográficos*, vol. 50, no. 5, pp. 45–78, 2013.
- [5] Foreman, K., Stockl, K., Le, L., Fisk, E., Shah, S., Lew, H., Solow, B. e Curtis, B., “Impact of a Text Messaging Pilot Program on Patient Medication Adherence,” *Clinical Therapeutics*, vol. 34, pp. 1084–1091, Mar 2012.
- [6] Mitchel, J., Mathews, H., Hunt, L., Cobb, K. e Watson, R., “Mismanaging Prescription Medications Among Rural Elders: The Effects of Socioeconomic Status, Health Status, and Medication Profile Indicators,” *The Gerontological Society of America*, vol. 41, pp. 348–356, Feb 2001.
- [7] Carrilho, M., e Craveiro, M., “A Situação Demográfica Recente em Portugal,” *Revista de Estudos Demográficos*, vol. 50, no. 5, pp. 45–78, 2013.
- [8] Spirduso, W., Francis, K. e MacRae, P., *Physical Dimensions of Aging*. Human Kinetics, 2nd ed., 1995.
- [9] Andrews, G., “Care of Older People - Promoting Health and Function in an Ageing Population,” *BMJ*, vol. 332, pp. 728–729, Mar 2001.
- [10] Katzung, G., Masters, B. e Trevor, J., *Basic & Clinical Pharmacology*. Lange Medical Books, 2004.
- [11] Avorn, J., “Medication Use and the Elderly: Current Status and Opportunities,” *Health Affairs*, vol. 14, no. 1, pp. 276–286, 1995.

- [12] Korff, V., Gruman, J., Schaefer, J., Curry, S. e Wagner, E., "Collaborative Management of Chronic Illness," *Annals of Internal Medicine*, vol. 127, pp. 1097–1102, Dec 1997.
- [13] Kripalani, S., Henderson, L., Chiu, E., Robertson, R., Kolm, P. e Jacobson, T., "Predictors of Medication Self-management Skill in a Low-literacy Population," *Journal of General Internal Medicine*, vol. 21, no. 8, pp. 852–856, 2006.
- [14] Maddigan, S., Farris, K., Keating, N., Wiens, C. e Johnson, J., "Predictors of Older Adults' Capacity for Medication Management in a Self-Medication Program," *Journal of Aging and Health*, vol. 15, pp. 332–352, May 2003.
- [15] Haynes, RB., Ackloo, E., Sahota, N., McDonald, HP. e Yao, X., "Interventions for enhancing medication adherence," *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 2, no. 2, 2008.
- [16] Almeida, H., Versiani, E., Dias, A., Novaes, M. e Trindade, E., "Adesão a tratamentos entre idosos," *Comunicação Ciências Saúde*, vol. 18, pp. 57–67, Jan-Mar 2007.
- [17] Leite, S. e Vasconcelos, M., "Adesão à terapêutica medicamentosa: elementos para a discussão de conceitos e pressupostos adotados na literatura," *Ciência & Saúde Coletiva*, vol. 8, no. 3, pp. 775–782, 2003.
- [18] Vik, S., Maxwell, C. e Hogan, D., "Measurement, correlates, and health outcomes of medication adherence among seniors," *Annals of Pharmacotherapy*, vol. 38, no. 2, pp. 303–312, 2004.
- [19] Lehane, E. e McCarthy, G., "Medication non-adherence-exploring the conceptual mire," *International Journal of Nursing Practice*, vol. 15, no. 1, pp. 25–31, 2009.
- [20] Telles-Correia, D., Barbosa, A., Mega, I. e Monteiro, E., "Validação do Questionário Multidimensional da Adesão no Doente com Transplante Hepático," *Revista Portuguesa de Educação*, vol. 21, no. 1, pp. 31–36, 2008.
- [21] Vermeire, E., Hearnshaw, H., Van Royen, P. and Denekens, J., "Patient adherence to treatment: three decades of research. A comprehensive review," *Journal of clinical pharmacy and therapeutics*, vol. 26, no. 5, pp. 331–342, 2001.
- [22] Gurwitz, J., Field, T., Judge, J., Rochon, P., Harrold, L., Cadoret, C., Lee, M., White, K., LaPrino, J., Erramuspe-Mainard, J., DeFlorio, M., Gavendo, L., Auger, J. and Bates, S., "The Incidence of Adverse Drug Events in Two Large Academic Long-Term Care Facilities," *The American Journal of Medicine*, vol. 118, pp. 251–258, Apr 2005.
- [23] Peterson, AM., Takiya, I. and Finley, R., "Meta-Analysis of Trials of Interventions to Improve Medication Adherence," *American Journal of Health-System Pharmacy*, vol. 60, no. 7, pp. 657–665, 2003.

- [24] Osterberg, L. e Blaschke, T., “Adherence to medication,” *New England Journal of Medicine*, vol. 353, pp. 487–497, Aug 2005.
- [25] Stuck, A., Beers, M., Steiner, A., Aronow, H., Rubenstein L. e Beck, J., “Inappropriate Medication Use in Community-Residing Older Persons,” *Archives of Internal Medicine*, vol. 154, pp. 2195–2200, Oct 1994.
- [26] Machado, MMP., “Adesão o Regime Terapêutico: Representações das Pessoas com IRC sobre o contributo dos Enfermeiros,” Master’s thesis, Universidade do Minho, Mai 2009.
- [27] Páscoa, C., “Adesão à Terapêutica como Determinante da Efectividade dos Cuidados de Saúde: A Problemática da Não Adesão à Terapêutica em Doentes Submetidos a Angioplastia Transluminal Percutânea Coronária,” Master’s thesis, Universidade de Évora, Nov 2010.
- [28] Bugalho, A. and Carneiro, A., “Intervenções para Aumentar a Adesão Terapêutica em Patologias Crónicas,” *Lisboa: Centro de Estudos de Medicina Baseada em Evidência*, no. 1, pp. 9–16, 2004.
- [29] MacLaughlin, E., Raehl, C., Treadway, A., Sterling, T., Zoller, D. and Bond, C., “Assessing Medication Adherence in the Elderly,” *Drugs & Aging*, vol. 22, no. 3, pp. 231–255, 2005.
- [30] Hughes, C., “Medication Non-Adherence in the Elderly,” *Drugs & Aging*, vol. 21, no. 12, pp. 793–811, 2004.
- [31] Viktil, K., Blix, H., Moger, T. e Reikvam, A., “Polypharmacy as Commonly Defined is an Indicator of Limited Value in the Assessment of Drug-Related Problems,” *British Journal of Clinical Pharmacology*, vol. 63, pp. 187–195, Aug 2007.
- [32] Bushardt, R. e Jones, K., “Nine Key Questions to Address Polypharmacy in the Elderly,” *Journal of the American Academy of Physician Assistants*, vol. 18, pp. 32–37, May 2005.
- [33] Rollason, V. e Vogt, N., “Reduction of Polypharmacy in the Elderly,” *Drugs & Aging*, vol. 20, no. 11, pp. 817–832, 2003.
- [34] Brandt, N., “Geriatric Polypharmacy: Unraveling the Mystery,” *Advanced Studies In Medicine*, vol. 6, pp. 182–188, Apr 2006.
- [35] Williams, C., “Using Medications Appropriately in Older Adults,” *American Family Physician*, vol. 66, pp. 1917–1930, Nov 2002.
- [36] Beyth, R. e Shorr, R., “Epidemiology of Adverse Drug Reactions in the Elderly by Drug Class,” *Drugs & Aging*, vol. 14, pp. 231–239, Mar 1999.

- [37] Frazier, S., “Health Outcomes and Polypharmacy in Elderly Individuals,” *Journal of Gerontological Nursing*, vol. 31, pp. 4–11, Sep 2005.
- [38] Silva, P., Luís, S. e Biscaia, A., “Polimedicação: Um Estudo de Prevalência nos Centros de Saúde do Lumiar e de Queluz,” *Revista Portuguesa de Medicina Geral e Familiar*, vol. 20, no. 3, pp. 323–336, 2004.
- [39] Rashidi, P and Mihailidis, A., “A Survey on Ambient-Assisted Living Tools for Older Adults,” *Biomedical and Health Informatics*, vol. 17, no. 3, pp. 579–590, 2013.
- [40] Sun, H., Florio, V., Gui, N. e Blondia, C., “Promises and Challenges of Ambient Assisted Living Systems,” in *Information Technology: New Generations. Sixth International Conference*, pp. 1201–1207, IEEE, 2009.
- [41] Atiyeh, K., Bays, P., Ekstien, C., Regazzi, A. e Wong, D., “iQueue,” Master’s thesis, Columbia University, Department of Biomedical Engineering, 2008.
- [42] Ho, L., Moh, M., Walker, Z., Hamada, T. e Su, C., “A Prototype on RFID and Sensor Networks for Elder Healthcare: Progress Report,” in *Proceedings of the SIGCOMM workshop on Experimental approaches to wireless network design and analysis*, pp. 70–75, ACM, Aug 2005.
- [43] McCall, C., Maynes, B., Zou, C. e Zhang, N., “RMAIS: RFID-based Medication Adherence Intelligence System,” in *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), Annual International Conference*, pp. 3768–3771, IEEE, 2010.
- [44] McRoberts, M., *Arduíno Básico*. Novatec Editora, 2011.
- [45] Di Renna, R., Brasil, R., Cunha, T., Beppu, M. e Fonseca, E., “Introdução ao Kit de Desenvolvimento Arduíno,” *Tutoriais PET-Tele (Universidade Federal Fluminense-UFF)*, Niterói, Jun 2013.
- [46] Teikari, P., Najjar, R., Malkkic, H., Knoblauch, K., Dumortier, D., Gronfier, C. e Cooper, H., “An Inexpensive Arduino-Based LED Stimulator System for Vision Research,” *Journal of Neuroscience Methods*, vol. 211, no. 2, pp. 227–236, 2012.
- [47] Santos, N., “Arduino, Introdução e Recursos Avançados,” *ASPOF EN-AEL*, 2009.
- [48] Ricarte, I., “Organização de Computadores,” *Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial, Universidade Estadual de Campinas*, 1999.
- [49] Francillon, A. e Castelluccia, C., “Code Injection Attacks on Harvard-Architecture Devices,” in *Proceedings of the 15th conference on Computer and Communications Security*, pp. 15–26, ACM, 2008.

-
- [50] Arroz, G., Monteiro, J. e Oliveira, A., “Introdução aos Sistemas Digitais e Microprocessadores,” *IST*, 2003.
- [51] Banzi, M., *Getting Started with Arduino*. O’Reilly Media, Inc., 2011.
- [52] D’Ausilio, A., “Arduino: A low-cost multipurpose lab equipment,” *Behavior Research Methods*, vol. 44, no. 2, pp. 305–313, 2012.
- [53] Araújo, J., “Sistema de aquisição e monitorização de dados para indústria alimentar e laboratorial,” Master’s thesis, Instituto Politécnico de Viseu. Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, 2012.
- [54] Mellis, D., Banzi, M., Cuartielles, D. e Igoe, T., “Arduino: An Open Electronics Prototyping Platform,” in *Proc. CHI*, Apr-May 2007.
- [55] Navarro, M., “Arduino Based Acquisition System for Control Applications,” Master’s thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, Mar 2012.
- [56] Fleming, I. e Goetten, LF., “Medicamentos mais Utilizados pelos Idosos: Implicações para a Enfermagem,” *Arquivos da Ciência e da Saúde Unipar, Umuarama*, vol. 9, pp. 121–128, May-Aug 2005.
- [57] Mosegui, G., Rozenfeld, S., Veras, R. e Vianna, C., “Avaliação da Qualidade do Uso de Medicamentos em Idosos,” *Journal of Public Health*, vol. 33, pp. 437–444, Oct 1999.
- [58] Beers, M., Storrie, S. e Lee, G., “Potential Adverse Drug Interactions in the Emergency Room: An Issue in the Quality of Care,” *Annals of Internal Medicine*, vol. 112, pp. 61–64, Jan 1990.

Apêndice **A**

Anexos

A.1 Formulário de validação do *ElderlySafety*



Género:

Feminino

Masculino

Data de Nascimento: ___/___/_____

Toma medicação diária?

Sim

Não

Se sim...

Quantos medicamentos? _____

A posologia da sua medicação inclui que partes do dia? Manhã

Meio-dia

Tarde

Noite

Durante as 24 horas de utilização do *ElderlySafety*, alguma vez se esqueceu da toma da sua medicação?

Sim

Não

Durante as 24 horas, detetou alguma falha no dispositivo *ElderlySafety*?

Sim

Não

Se sim, que tipo de falhas?

Sente que o *ElderlySafety*, de alguma forma o ajudou?

Sim

Não

Considera que o *ElderlySafety* o pode ajudar numa vida mais autónoma?

Sim

Não