



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Ciências da Saúde

Dispensador Modular Inteligente para Administração Medicamentosa

Ana Rita Nunes de Sousa

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Ciências Biomédicas

(2º ciclo de estudos)

Orientador: Professor Doutor Pedro Dinis Gaspar

Covilhã, novembro de 2019

Agradecimentos

Gostaria de expressar o meu sincero agradecimento a todas as pessoas que me auxiliaram no desenvolvimento desta dissertação, pois foram uma mais valia para levar avante este projeto, e sem as quais não teria sido possível a sua conclusão.

Primeiramente, quero agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Pedro Dinis Gaspar, por toda a cooperação, disponibilidade e apoio concedidos ao longo deste ano, e pela sua prontidão e rapidez em me auxiliar a solucionar todos os problemas existentes ao longo do processo de desenvolvimento.

Expresso a minha gratidão para com o Martim Aguiar e para com o Diogo Morais que se prontificaram em me auxiliarem, respetivamente, no desenho e impressão tridimensional (3D) do protótipo, e nas ligações do protótipo.

Aproveito para agradecer a todos os meus amigos que me acompanharam, apoiaram e incentivaram ao longo deste percurso e com os quais cresci e evolui enquanto pessoa.

Gostaria de agradecer, de forma especial, ao meu namorado, por sempre ter acreditado em mim e nas minhas capacidades, e pela sua dedicação, paciência, encorajamento e auxílio fornecidos durante a execução deste projeto.

Para finalizar e, não desvalorizando a sua importância, quero agradecer do fundo do coração a toda a minha família, em particular aos meus pais e irmão, por toda a ajuda, carinho, incentivo e apoio incondicional que me forneceram ao longo da realização desta dissertação e que foram imprescindíveis para a sua conclusão.

Resumo

Com o passar dos anos, a esperança média de vida tende a aumentar, o que se traduz, inevitavelmente, num incremento do envelhecimento da população. Algumas consequências deste processo são a diminuição ou perda de capacidades cognitivas e motoras, refletindo-se diretamente na qualidade de vida e na autonomia das pessoas, comprometendo, muitas vezes, o cumprimento do seu plano terapêutico medicamentoso. Cada vez mais, os medicamentos são introduzidos na vida do ser humano com o intuito de melhorar a sua qualidade de vida. Os idosos e os portadores de demências carecem de uma especial atenção, atendendo a que estão mais suscetíveis ao aparecimento de diversas patologias, sendo necessário, muitas vezes, uma terapêutica medicamentosa complexa, difícil de cumprir de forma autónoma. É então necessário o desenvolvimento de dispositivos e/ou sistemas inteligentes que auxiliem estas pessoas na gestão e cumprimento rigoroso do seu plano terapêutico medicamentoso.

Assim, nesta dissertação de mestrado, é apresentado um dispositivo cujo intuito é auxiliar na gestão e no cumprimento do plano terapêutico medicamentoso, permitindo combater, por exemplo, situações de sobredosagem, interações medicamentosas e até mesmo esquecimento, derivadas, sobretudo, da falta de recordação de instruções, doses e horários. Apesar de existirem no mercado variados tipos de dispensadores de medicamentos, o dispositivo aqui apresentado inclui um conjunto de características inovadoras que, pelo facto de se apresentarem em simultâneo, tornam esta solução distinta face às restantes existentes no mercado. Trata-se de um dispensador de medicamentos, pequeno e portátil, capaz de se adaptar às necessidades medicamentosas do indivíduo face às suas características modulares. Apresenta também alertas sonoros e luminosos de forma a facilitar a sua utilização e interpretação. Este dispositivo é principalmente utilizado para comprimidos de diversas formas e tamanhos, mas também possui um módulo adaptador capaz de albergar medicação líquida ou em pó. Este possuirá uma plataforma que possibilita a gestão das tomas medicamentosas bem como uma melhor comunicação entre médico-paciente-farmacêutico. É de fulcral importância desenvolver um dispositivo simples e fácil de manusear, e que apresente um custo reduzido de modo a poder estar acessível a qualquer classe social. O dispositivo desenvolvido visa contribuir para a adesão à terapêutica e, conseqüentemente, melhorar um conjunto de fatores dependentes desta, como, o aumento da qualidade de vida e de saúde dos pacientes, promovendo uma redução de consultas de acompanhamento e de até mesmo internamentos, conduzindo à redução de custos do sistema de saúde e à melhoria da gestão dos processos associados aos cuidados de saúde.

Palavras-chave

Dispensador de Medicamentos, Modular, Inteligente, Alarme, Plano Terapêutico Medicamentoso.

Abstract

Over the years, the average life expectancy tends to increase, which inevitably translates into an aging population. Some consequences of this process are the decrease or loss of cognitive and motor skills, directly reflecting on people's quality of life and autonomy, often compromising the fulfillment of their medication therapeutic plan. Increasingly, medicines are introduced into human life in order to improve their quality of life. Older people and people with dementia need special attention, as they are more susceptible to the onset of various pathologies, often requiring complex medicine therapy that is difficult to achieve independently. It is then necessary to develop devices and/or intelligent systems that assist these people in the management and strict compliance with their medicine therapy plan.

Thus, in this master's thesis, a device is presented which aims to assist in management and the fulfillment of the medication therapeutic plan, allowing to combat, for example, situations of overdose, medications interactions and even forgetfulness, derived mainly from the lack of recall of instructions, doses and schedules. Although there are several types of medication dispensers on the market, the device presented here includes a set of innovative features that, by being present simultaneously, make this solution detachable from the others on the market. It is a small and portable medication dispenser, able to adapt to the individual's medication needs due to its modular characteristics. It also has audible and luminous alerts to facilitate its use and interpretation. This device is mainly used for tablets of various shapes and sizes, but also has an adapter module capable of accommodating liquid or powdered medication. This will have an intelligent system that enables the management of medication as well as better communication between patient-doctor-pharmacist. It is of the utmost importance to develop a simple and easy-to-handle device that is cost effective so that it can be accessible to any social class. The device developed aims to contribute to adherence to therapy and, consequently, improve a set of factors dependent on it, such as increasing the quality of life and health of patients, promoting a reduction of follow-up appointments and even hospitalizations, leading to reducing health system costs and improving the management of healthcare processes.

Keywords

Dispenser for medication, Modular, Smart, Alarm, Medication Therapeutic Plan

Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice	ix
Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas.....	xiii
Lista de Acrónimos	xv
Capítulo I - Introdução.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Motivação	2
1.3. Objetivos.....	4
1.4. Organização da Dissertação	4
1.5. Nota Conclusiva	5
Capítulo II - Estado da Arte	7
2.1. Administração Medicamentosa.....	7
2.2. Adesão e Não Adesão à Terapêutica	8
2.3. Revisão da Literatura	13
2.4. Patentes	16
2.5. Dispositivos Comerciais	26
2.6. Nota Conclusiva	43
Capítulo III - Materiais e Métodos	45
3.1. Requisitos	45
3.2. Arquitetura do dispensador	46
3.3. Materiais para o Dispositivo	52
3.3.1. Materiais	52
3.3.2. Microcontrolador.....	54
3.3.2.1. Necessidade do Microcontrolador	54
3.3.2.2. <i>Arduíno VS Texas Instruments Launchpad</i>	54
3.3.2.3. Escolha do Microcontrolador para o Protótipo.....	60
3.3.2.4. Escolha do Microcontrolador para o Dispositivo Final	61
3.4. Ferramentas de desenvolvimento	63
3.4.1. <i>SolidWorks</i>	63
3.4.2. <i>Arduino IDE</i>	63
3.5. Nota Conclusiva	64

Capítulo IV - Desenvolvimento do Protótipo	65
4.1. Desenho 3D.....	65
4.1.1. Protótipo Completo	65
4.1.2. Módulo de Controlo	67
4.1.3. Módulo Dispensador	69
4.1.4. Módulo Adaptador	71
4.2. <i>Hardware</i> e Periféricos	72
4.3. Montagem e Ligações	73
4.4. Programação - Código	79
4.4.1. Metodologia de Programação.....	79
4.4.2. Estrutura do Código	80
4.4.3. Código fonte	81
4.4.3.1. Declaração de Variáveis	81
4.4.3.2. Função de inicialização <i>setup()</i>	86
4.4.3.3. Função <i>loop()</i>	91
4.4.3.4. Código do Módulo Dispensador	94
4.4.3.5. Código do Módulo Adaptador	99
4.5. Nota Conclusiva	101
Capítulo V - Análise dos Resultados.....	103
5.1. Introdução.....	103
5.2. Testes de Usabilidade	104
5.3. Recolha dos Resultados Obtidos.....	104
5.4. Nota Conclusiva	107
Capítulo VI - Conclusões	109
6.1. Conclusões Gerais	109
6.2. Conclusões Específicas	110
6.3. Trabalhos Futuros	111
Referências Bibliográficas	113
Anexos	117
Anexo I - Questionário sobre os testes de usabilidade	117

Lista de Figuras

Figura 1 - Evolução da proporção de população jovem e idosa, em Portugal, entre 1960-2050 [12].	9
Figura 2 - Desenho da patente CA2130252A1. Adaptado de [32]. 0201 - Aberturas para receber os comprimidos; 0202 - Gavetas retangulares; 0203 - Botão de controlo; 0204 - Motor; 0205 - Baterias; 0206 - Divisões; 0207 - Pluralidade de poços/compartimentos que recebem medicação; 0208 - Bandeja.	17
Figura 3 - Desenho da patente EP0709078A1. Adaptado de [33]. 0301 - Eixo vertical; 0302, 0303, 0304 e 0305 - Pequenos compartimentos; 0307 - Sistema de dispensa de comprimidos; 0306 e 0308 - Funil; 0309 - Compartimento correspondente.	18
Figura 4 - Desenho da patente US5641091A. Adaptado de [34]. 0401 - Centro; 0402 - Compartimento; 0403 - Eixo rotativo; 0404 - Compartimento inferior.	19
Figura 5 - Desenho da patente US2014131378A1. Adaptado de [35]. 0501 - Conjunto de recolha de comprimidos; 0502 - Invólucro; 0503 - Chassis; 0504 - Caixa para dispensa de comprimidos.	20
Figura 6 - Desenho da patente US2007257051A1 [36].	21
Figura 7 - Desenho da patente US2013035785A1. Adaptado de [37]. 0701 - Compartimento/recipiente; 0702 - Secção de dispensa; 0703 - Abertura.	22
Figura 8 - Desenho da patente US2013282170A1. Adaptado de [38]. 0801 - Tampa; 0802 - Conjunto de bandejas vibratórias.	23
Figura 9 - Desenho da patente US2018029779A1. Adaptado de [39]. 0901 - Estrutura pressionável; 0902 - 1º corpo da caixa; 0903 - 2º corpo da caixa; 0904 - Pluralidade de compartimentos; 0905 - Eixo rotativo.	24
Figura 10 - Desenho da patente US20170354573A. Adaptado de [40]. 1001, 1002, 1003, 1004 e 1005 - Múltiplos compartimentos; 1006 - Bandeja/suporte; 1007 - Dispositivo display.	25
Figura 11 - Dispositivo 7 Day x 4 Large Capacity Pill Box [41].	26
Figura 12 - Dispositivo E-pill Multi-Alarm TimeCap - Simple Pill Timer (One Medication) (esquerda) e esquema do visor da tampa (direita) [42].	28
Figura 13 - Parte frontal (esquerda) e traseira (direita) do dispositivo Pocket Pill Box [44].	29
Figura 14 - Dispositivo E-pill MedGlider PillBox Timer [46].	29
Figura 15 - Dispositivo TabTime Super 8 [48].	30
Figura 16 - Dispositivo e-pill MedGlider HOME Weekly Pillbox with 4 Alarm Timer [50].	31
Figura 17 - Interior da tampa do MedFolio Electronic Pillbox com as amostras e as informações relevantes acerca dos medicamentos [51].	32
Figura 18 - Dispositivo MedFolio Electronic Pillbox [51].	33
Figura 19 - Conjunto completo do dispensador MedSmart [52].	34
Figura 20 - Mecanismo de retirar os comprimidos do MedSmart [52].	35
Figura 21 - Dispositivo MedSmart Plus da e-pill [54].	36

Figura 22 - Mecanismo de dispensa do Medtime Station Automatic Pill Dispenser. Adaptado de [57].....	37
Figura 23 - Esquema do exterior (esquerda) e interior (direita) do dispensador da Philips. Adaptado de [60].....	38
Figura 24 - Dispositivo Hero (esquerda). Sistema onde se colocam os medicamentos (direita). Adaptado de [61].....	40
Figura 25 - Dispensador MedaCube. Adaptado de [63].....	41
Figura 26 - Esboços do exterior do dispositivo completo.	49
Figura 27 - Esboço do interior do módulo dispensador.	49
Figura 28 - Nomenclatura dos modelos de Microcontroladores da Família MSP430 da Texas [71].	60
Figura 29 - Impressora 3D.	66
Figura 30 - Protótipo composto por um módulo de cada tipo.	67
Figura 31 - Módulo de Controlo.	68
Figura 32 - Interior do Módulo Dispensador.	70
Figura 33 - Módulo Adaptador.	71
<i>Figura 34 - Módulo de Controlo.</i>	76
<i>Figura 35 - Módulo Dispensador.</i>	77
<i>Figura 36 - Módulo Adaptador.</i>	77
Figura 37 - Visualização das ligações dos 3 módulos.	78
Figura 38 - Visualização das ligações ao Arduino.	78
Figura 39 - Protótipo completo.	79
Figura 40 - Percentagem das patologias para as quais os inquiridos tomam medicação.	105
Figura 41 - Percentagem do número diário de tomas.	105
Figura 42 - Erros ou falhas na utilização do dispensador.	106

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Exemplos de fatores que influenciam a adesão à terapêutica [15].	12
Tabela 2 - Resumo das principais características das patentes descritas anteriormente.	25
Tabela 3 - Resumo das principais características dos dispensadores comercializados descritos anteriormente.	42
Tabela 4 - Resumo do número de GPIO necessários para o produto final.	50
Tabela 5 - Resumo das principais características dos microcontroladores Arduino mais relevantes [68].	57
Tabela 6 - Resumo dos materiais utilizados no desenvolvimento do Módulo de Controle no protótipo.	72
Tabela 7 - Resumo dos materiais utilizados no desenvolvimento do Módulo Dispensador para o produto final.	72
Tabela 8 - Resumo dos materiais utilizados no desenvolvimento do Módulo Adaptador para o produto final.	73
Tabela 9 - Tabela resumo das ligações dos periféricos ao Arduino.	75
Tabela 10 - Bibliotecas utilizadas na programação.	82
Tabela 11 - Variáveis declaradas na programação.	82

Lista de Acrónimos

2D	Bidimensional;
3D	Tridimensional;
AAL	<i>Ambient Assisted Living;</i>
ADD	<i>Automated Dose Dispensing;</i>
CAD	<i>Computer Aided Design;</i>
CCS	<i>Code Composer Studio;</i>
EUA	Estados Unidos da América;
IDE	<i>Integrated Development Environment;</i>
INE	Instituto Nacional de Estatística;
IoT	<i>Internet of Things;</i>
I/O	<i>Input/Output;</i>
GND	<i>Ground;</i>
GPIO	<i>General Purpose Input/Output;</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display;</i>
LED	<i>Light Emitting Diode;</i>
MDD	<i>Multidose Drug Dispensing;</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde;
PIB	Produto Interno Bruto;
PLA	Poliácido Láctico;
PWM	<i>Pulse Width Modulation;</i>
RAM	<i>Random Access Memory;</i>
RISC	<i>Reduced Instruction Set Computer;</i>
RTC	<i>Real Time Clock;</i>
SI	Sistemas de Informação;
TI	<i>Texas Instruments;</i>
USA	<i>United States of America;</i>
USB	<i>Universal Serial Bus.</i>

Capítulo I - Introdução

Para alcançar a resolução de qualquer problema, é fundamental identificar, interpretar e analisar corretamente o mesmo, permitindo, assim, o desenvolvimento de uma solução viável.

O intuito deste Capítulo inicial é introduzir e enquadrar o tema desta dissertação. Assim, primeiramente, é fornecida uma visão global do tema, seguindo o enquadramento, as motivações e os objetivos a alcançar. No final, expõe-se a organização do documento.

1.1. Enquadramento

Atualmente, observa-se uma evolução gradual na área da saúde, nomeadamente avanços tecnológicos, médicos e farmacêuticos, tanto ao nível dos diagnósticos, como nos materiais/métodos e processos de tratamentos. Todas estas evoluções justificam a notável idade avançada da população, dado o leque de soluções para a maior parte das patologias existentes, e a consequente melhoria dos serviços e cuidados de saúde. Assim, com o passar dos anos, verifica-se que a esperança média de vida tende a aumentar, resultando num incremento da população envelhecida. Este processo de envelhecimento resulta como consequência de uma diminuição da taxa de fecundidade, da natalidade e da mortalidade, e um aumento da longevidade populacional [1][2].

O processo de envelhecimento é um processo natural, gradual e irreversível, que ocorre em todos os seres vivos, ainda que varie de indivíduo para indivíduo, uma vez que existe um leque de fatores que o influenciam. Apesar do envelhecimento ser indicativo de maior maturidade e experiência de vida, também é associado a incapacidade e dependência. A população idosa apresenta uma diminuição ou perda das capacidades cognitivas, mentais e motoras e, normalmente, uma capacidade de memória degradada, características que comprometem diretamente a autonomia do indivíduo, resultando numa diminuição da qualidade de vida e na dificuldade acrescida na realização das tarefas do quotidiano, nomeadamente as que respeitam ao cumprimento do plano terapêutico medicamentoso [3].

Cada vez mais, os medicamentos se revelam eficazes no tratamento de diversas patologias. Com a evolução dos tratamentos, surge a possibilidade de prolongar e melhorar a qualidade de vida da população. O aumento do consumo de medicamentos é observável em todas as faixas etárias, porém, os idosos, devido a serem um grupo populacional mais vulnerável e suscetível a diversas situações e fatores, nomeadamente a doenças crónicas e degenerativas, merecem especial atenção. Nas pessoas mais idosas verifica-se a toma de um maior número de medicamentos e uma acrescida complexidade da terapêutica medicamentosa, atendendo à necessidade de tomar diversos tipos de medicamentos, em diferentes doses e horários. A diminuição ou perda das capacidades cognitivas, mentais, motoras, visuais e auditivas e uma

degradação da capacidade de memória dos idosos, conduz a dificuldades, por exemplo, na leitura de rótulos e incapacidade de recordar instruções, doses e horários, o que pode originar erros nas tomas corretas da sua medicação. O não cumprimento e a não adesão às tomas corretas medicamentosas, de forma intencional ou não, podem acarretar erros graves para a saúde do indivíduo, podendo ocorrer, por exemplo, situações de sobredosagem e interações medicamentosas indesejáveis que se traduzem em ineficácia da terapêutica e, conseqüentemente, conduzem a condições graves de saúde que podem comprometer a sua vida [4] [5].

Outro grupo populacional a ter em consideração são os indivíduos portadores de demências, nomeadamente os doentes de *Alzheimer* e os doentes de *Parkinson*, se apresentarem demência. Uma das principais características destes indivíduos é o facto de apresentarem um declínio das funções mentais, o que limita as suas capacidades e a sua autonomia e, tal como os idosos, revelam-se incapazes de gerir e cumprir de forma rigorosa o seu plano terapêutico medicamentoso que, muitas vezes, é complexo.

Perante a análise do impacto dos problemas mencionados anteriormente, que afetam a saúde e a qualidade de vida das pessoas, é possível concluir que um plano de ação para atenuar ou mesmo contornar algumas destas dificuldades seria uma mais valia e permitiria uma melhoria da saúde e da qualidade de vida.

Seria útil e interessante o desenvolvimento de dispositivos automáticos e/ou sistemas inteligentes que auxiliem os pacientes na gestão e cumprimento das suas tomas medicamentosas, permitindo, desta forma, que se tornem mais autónomos, não necessitando de acompanhamento constante por parte dos cuidadores, reduzindo, também, a probabilidade de ocorrência de erros nas tomas e, com isto, teoricamente, melhorando a eficácia dos tratamentos.

1.2. Motivação

Dada a dificuldade na gestão e cumprimento do plano terapêutico medicamentoso, sobretudo nos idosos e portadores de demências, é necessário promover a adesão à terapêutica, bem como proceder a uma monitorização constante, de modo a tornar eficaz os tratamentos. Esta é uma das grandes preocupações não só para os médicos como para os cuidadores e familiares.

Face à realidade do incremento da população envelhecida, observável não só em Portugal como a nível mundial, assim como as pessoas portadoras de demências ou que apresentem alguma limitação física ou mental, é de fulcral importância o desenvolvimento de dispositivos e/ou sistemas inteligentes que os auxiliem a colmatar as falhas existentes na gestão e cumprimento da sua terapêutica medicamentosa, que muitas vezes é complexa.

As implicações da não adesão são severas, influenciando diretamente a diminuição da qualidade de vida e o aumento da taxa de morbidade. Tendencialmente, este resultado origina diversas complicações médicas que, indiretamente, provocam um incremento dos custos e sobrecarga dos serviços de cuidados de saúde, acabando por promover uma deterioração do bom funcionamento dos diversos sistemas de saúde.

Uma vez que muitos destes indivíduos pertencem a classes sociais e económicas baixas, é de crucial importância reduzir ao máximo o custo do dispositivo para que seja acessível a todas as classes sociais.

Perante os problemas mencionados, é importante a implementação de soluções que melhorem, direta e indiretamente, a qualidade de vida da população. Atualmente, existem soluções mais simples, como por exemplo, as caixas organizadoras de comprimidos, ou soluções mais complexas que, para além da organização da medicação, providenciam alarmes para as tomas e, alguns desses, até alertam o cuidador quando os medicamentos não são removidos pelo paciente e, conseqüentemente, não são ingeridos.

Como a gestão das tomas medicamentosas exige trocas de informações entre médico-paciente-farmacêutico, seria interessante desenvolver um dispensador de medicamentos útil a todo o tipo de pacientes, bem como associar a este uma plataforma que permita uma monitorização constante do paciente e das suas tomas, possibilitando ao médico e ao farmacêutico tomarem conhecimento da situação, sem necessidade presencial do paciente.

O mercado dos dispensadores de medicamentos é cada vez maior. Existem diversas soluções que tentam colmatar as falhas existentes no cumprimento e na adesão ao plano terapêutico medicamentoso, contudo, apresentam algumas limitações. As soluções existentes apresentam características limitativas pelo que, muitas vezes, os pacientes acabam por não aderir a 100% à terapêutica. A falta de modularidade e a não inclusão de um componente que permita acoplar medicação líquida ou em pó, são alguns dos fatores limitativos existentes, associados, na maior parte das vezes, a grandes dimensões dos dispensadores. Uma parte da população não possui capacidade financeira para adquirir um dispensador, o que é mais um fator que, caso seja ultrapassado, pode resultar num aumento da adesão à terapêutica.

A presente dissertação vem tentar contribuir neste sentido, apresentando o projeto de um dispensador de medicamentos automático, simples e portátil, que auxilie a recordar instruções, doses e horários, alertando aquando da toma dos medicamentos, evitando, assim, erros no cumprimento do plano terapêutico medicamentoso. Este dispositivo deve também ser fácil de utilizar e interpretar, permitindo uma fácil recolha da medicação, tornando-o passível de ser usado pela maioria dos pacientes. A este dispensador será associado uma plataforma que permitirá uma gestão inteligente das tomas medicamentosas bem como uma melhor comunicação entre médico-paciente-farmacêutico. Dado o leque abrangente de dispositivos deste tipo e a larga competição existente neste mercado, é necessária a criação de um dispositivo que possua características diferenciadoras, tornando-o útil e acessível a toda a população.

1.3. Objetivos

O principal objetivo desta dissertação é a formulação de um dispensador de medicamentos pequeno, portátil e modular, com um conjunto de características que nenhum dispositivo providencia em simultâneo. Este dispensador permite o acoplamento de um módulo adaptador a medicação líquida ou em pó. Terá associado uma plataforma que possibilita a gestão e configuração das tomas medicamentosas, bem como uma melhor comunicação entre médico-paciente-farmacêutico. Este deve ser capaz de auxiliar os pacientes, nomeadamente os idosos e os portadores de demências, a cumprirem de forma rigorosa o seu plano terapêutico medicamentoso, tentando, também, aumentar a sua independência, evitando a necessidade de um acompanhamento presencial constante por parte dos médicos e dos cuidadores/familiares.

Neste projeto, existe também o objetivo de desenvolver um protótipo simplificado do dispositivo idealizado. Este terá muitas das características estipuladas para o dispensador, no entanto, não terá uma plataforma associada nem haverá preocupações acrescidas com as suas dimensões.

As etapas requeridas para a obtenção dos objetivos deste projeto encontram-se descritas sequencial e sumariamente a seguir:

- Correta identificação, análise e descrição do problema;
- Recolha de informações gerais em artigos, e específicas em patentes e em dispositivos comerciais e quais as suas principais características, especificações técnicas e limitações;
- Desenvolvimento de uma arquitetura para o dispensador;
- Seleção das ferramentas e tecnologias a utilizar para o desenvolvimento do protótipo;
- Desenvolvimento do protótipo;
- Análise dos resultados obtidos e elaboração de conclusões.

A execução, com êxito, destas etapas, conduz ao desenvolvimento de um protótipo de um dispensador automático, pequeno, portátil e modular, que possibilita a incorporação de um módulo adaptador a medicação líquida ou em pó, e que, futuramente, terá uma plataforma inteligente associada que possibilita a gestão e configuração das tomas medicamentosas. Este dispositivo, em teoria, deverá ser capaz de melhorar a adesão à terapêutica e, conseqüentemente, a eficácia dos tratamentos.

1.4. Organização da Dissertação

A dissertação é elaborada por Capítulos, de forma lógica e sequencial, de modo a providenciar uma melhor leitura e compreensão do problema descrito ao leitor. Esta dissertação é constituída por 6 Capítulos, descritos a seguir sumariamente.

No Capítulo I é realizada a Introdução. Neste Capítulo é dado a conhecer o problema e os conceitos associados ao mesmo, sendo elaborado um enquadramento. Também são mencionadas quais as motivações que levaram à escolha deste tema, e quais os objetivos que se pretendem alcançar ao longo deste projeto. No final, é descrita a organização desta dissertação.

O Capítulo II refere-se ao Estado da Arte. Este Capítulo é iniciado com o enquadramento aos temas da administração medicamentosa, da adesão e não adesão à terapêutica, dos dispensadores de medicamentos e da importância do processamento e gestão de informação acerca das tomas medicamentosas. Posteriormente, é realizada a revisão da literatura, sendo referenciados e descritos algumas patentes e dispositivos comerciais.

O Capítulo III descreve os Materiais e Métodos utilizados. Neste Capítulo, inicialmente, são estipulados quais os requisitos necessários para o projeto, de seguida é abordada a arquitetura do dispensador, bem como descritos e explicados os materiais a serem utilizados para o desenvolvimento do dispositivo. Neste Capítulo são também estudados os microcontroladores existentes, sendo selecionados aqueles que melhor se adaptam ao desenvolvimento do protótipo e do produto final perspetivado. São também descritas as ferramentas e tecnologias de desenvolvimento.

No Capítulo IV é especificado, pormenorizadamente, o desenvolvimento do protótipo. Primeiramente, aborda-se a impressão 3D do dispositivo, sendo relatadas, detalhadamente, as características de cada módulo. Posteriormente, são descritos o *hardware* e os periféricos do protótipo e as respetivas ligações ao Arduino. Por fim, é abordada a programação do microcontrolador, sendo descritas as metodologias de programação utilizadas, bem como explicado pormenorizadamente o código fonte.

No Capítulo V é realizada a Análise dos Resultados. Neste Capítulo são relatados os testes de usabilidade que permitiram validar o funcionamento do dispositivo e, posteriormente, realizou-se uma análise dos resultados obtidos através da sintetização das respostas recolhidas dos questionários.

No Capítulo VI são fornecidas as Conclusões. Aqui são realizadas as conclusões gerais e específicas e, no fim, é abordado o trabalho futuro.

1.5. Nota Conclusiva

Este primeiro Capítulo pretendeu introduzir o tema e conteúdos desta dissertação, de modo a enquadrar e cativar o leitor para a sua leitura. Inicialmente, foi realizado um enquadramento de forma a dar uma visão global do tema deste projeto. Foram mencionadas quais as motivações que levaram à escolha deste tema, bem como descritos os principais objetivos desta dissertação e, conseqüentemente, traduzidas as etapas necessárias para a sua concretização. Pela leitura deste Capítulo, são notáveis a complexidade e o trabalho inerentes

ao desenvolvimento deste projeto. A elaboração de uma solução funcional será uma tarefa duradoura, multifacetada e complexa, dada a variedade de ferramentas e tecnologias utilizadas e a complexidade de integração das diferentes partes de modo a culminar num dispositivo simples, funcional e de fácil utilização. No final deste Capítulo, também foram descritos a organização e conteúdos do documento.

Capítulo II - Estado da Arte

Este Capítulo diz respeito ao Estado da Arte. Aqui é dada uma visão geral sobre os vários temas inerentes a este projeto. Pretende-se fornecer informações e demonstrar soluções já existentes que auxiliem no desenvolvimento, compreensão e concretização desta dissertação.

2.1. Administração Medicamentosa

Nesta secção, são definidas e explicadas, de forma sumária, algumas definições de conceitos e termos relacionados com o tema de desenvolvimento deste projeto.

Segundo o Decreto de Lei 176/2006 de 30 de agosto, do Estatuto do Medicamento [6]:

- Um medicamento é descrito como *“toda a substância ou associação de substâncias apresentada como possuindo propriedades curativas ou preventivas de doenças em seres humanos ou dos seus sintomas ou que possa ser utilizada ou administrada no ser humano com vista a estabelecer um diagnóstico médico ou, exercendo uma ação farmacológica, imunológica ou metabólica, a restaurar, corrigir ou modificar funções fisiológicas”*;
- Os excipientes são *“qualquer componente de um medicamento, que não a substância ativa e o material da embalagem”*;
- A substância ativa é definida como *“qualquer substância ou mistura de substâncias destinada a ser utilizada no fabrico de um medicamento e que, quando utilizada no seu fabrico, se torna um princípio ativo desse medicamento, destinado a exercer uma ação farmacológica, imunológica ou metabólica com vista a restaurar, corrigir ou modificar funções fisiológicas ou a estabelecer um diagnóstico médico”*.
- A forma farmacêutica é o *“estado final que as substâncias ativas ou excipientes apresentam depois de submetidas às operações farmacêuticas necessárias, a fim de facilitar a sua administração e obter o maior efeito terapêutico desejável”*;

Por fármaco entende-se uma substância química com estrutura definida, dotada de atividade biológica, utilizada em organismos vivos pelos seus efeitos terapêuticos benéficos, uma vez que é capaz de modificar as ações/funções desses organismos [7].

Apresentadas as definições de cada termo, pode-se concluir que um medicamento é composto por uma ou várias substâncias ativas (fármacos) e por outras substâncias como os excipientes, conservantes, entre outras. O fármaco é o princípio ativo do medicamento pelo que é o componente que exerce o efeito farmacológico, enquanto que os excipientes são os componentes que, juntamente com o princípio ativo e outras substâncias, permitem que o medicamento atinja a sua forma final ou forma farmacêutica.

A dose refere-se à quantidade de fármaco que é preciso administrar para produzir o efeito terapêutico pretendido.

A dosagem, segundo o Decreto de Lei 176/2006, é “o teor de substância ativa, expresso em quantidade por unidade de administração ou por unidade de volume ou de peso, segundo a sua apresentação” [6].

A posologia, de forma bastante resumida, é o número de doses diárias, por exemplo, uma possível posologia é 1 comprimido de 500g, 3 vezes por dia.

Por terapêutica medicamentosa ou plano terapêutico medicamentoso entende-se o plano delineado pelo médico, organizado mediante o tipo de medicação, as doses e as posologias, atendendo sempre às características e limitações do paciente.

2.2. Adesão e Não Adesão à Terapêutica

Estima-se que a população idosa tende a aumentar cada vez mais com o decorrer do tempo. O Instituto Nacional de Estatística (INE) divide a população, por idades, em três grandes grupos: a população jovem cuja idade está compreendida entre os 0 e os 14 anos; a população em idade ativa cujo o intervalo de idades é entre os 15 e os 64 anos, e a população idosa na qual os indivíduos possuem uma idade igual ou superior a 65 anos.

Segundo os dados do INE, a população idosa, em Portugal, no ano de 1960, era cerca de 8% da população e em 2001 a proporção já era de cerca de 16% [8]. Dados mais recentes do INE, de 2017, estimam que, em Portugal, até 2080, a população será reduzida progressivamente de 10,3 para 7,7 milhões, sendo que o número de jovens regredirá de 1,4 para 1,0 milhões e o número de idosos aumentará de 2,2 para 2,8 milhões. Através das estatísticas demográficas de 2017, observou-se que, entre o período de 2012 a 2017, em Portugal, a população jovem reduziu de 14,8% para 13,8% e a população idosa sofreu um incremento de 19,4% para 21,5% [9][10]. Para além de Portugal, a nível europeu também se verifica um incremento da população idosa [11], o que é um indicador de que este fenómeno se verifica na maioria dos países desenvolvidos.

Na Figura 1, pode-se observar um gráfico com a evolução da população jovem e idosa, entre 1960 e 2050, em Portugal.

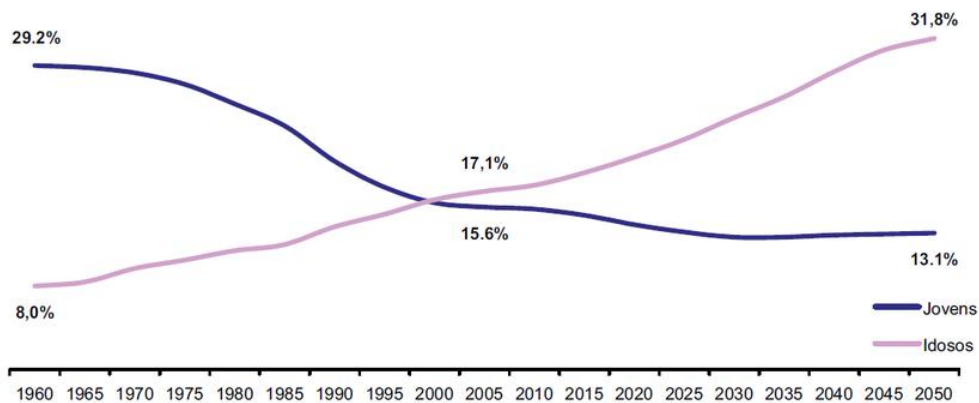


Figura 1 - Evolução da proporção de população jovem e idosa, em Portugal, entre 1960-2050 [12].

O processo de envelhecimento consiste numa degradação progressiva e pode ser analisado sob uma perspetiva biológica, psicológica e social. Do ponto de vista biológico, o organismo está sujeito a diversas modificações orgânicas e danos moleculares e celulares que alteram o seu normal funcionamento e levam a um declínio das suas funções fisiológicas. Os fatores biológicos não atuam da mesma forma em todos os indivíduos, uma vez que todos os organismos reagem de forma diferente, por isso, as pessoas envelhecem de forma diferente. A nível psicológico, tem-se em consideração as competências comportamentais do indivíduo, sobretudo ao nível das aptidões cognitivas, mentais e emocionais, geralmente havendo uma diminuição das capacidades de memória e de processamento de informação, tornando os indivíduos limitados, mas não totalmente incapacitados. Na perspetiva social estão incluídas as atitudes e hábitos da pessoa para com a sociedade, nomeadamente, os seus papéis na sociedade, alterados sobretudo por uma baixa autoestima, maior vulnerabilidade, ou sensação de inutilidade [13].

Existem diversos fatores que contribuem para o incremento da população idosa, como, por exemplo, a redução da fecundidade, da natalidade e da mortalidade, os fluxos migratórios e o aumento da esperança média de vida. O envelhecimento é um processo que, naturalmente, abrange todos os seres vivos e resulta num conjunto de alterações que afetam a sua saúde e independência/autonomia. É de referir que o envelhecimento não é considerado uma doença, e é sujeito a influências de diversos fatores. Todos esses fatores refletem uma diminuição da qualidade de vida dos idosos, sendo que, por essas razões, estão mais propensos ao aparecimento de diversas patologias, nomeadamente doenças crónicas e degenerativas, pelo que é necessário implementar formas de melhorar o seu bem-estar, a sua qualidade de vida e a sua autonomia.

De forma a melhorar a saúde e, conseqüentemente, a qualidade de vida, o consumo de medicamentos é importante na resolução dos problemas de saúde. Os idosos revelam ser consumidores de um maior número de medicamentos, uma vez que estão mais suscetíveis a

doenças crônicas e degenerativas, sobretudo se ao envelhecimento estiverem associados estilos de vida pouco saudáveis. Estas patologias acarretam um plano terapêutico medicamentoso mais complexo, pelo que é necessário incutir nestas pessoas uma boa gestão do seu regime medicamentoso, de modo a melhorar a sua qualidade de vida e o seu bem-estar, e diminuindo, assim, os custos de saúde. Juntamente à complexidade do plano terapêutico medicamentoso, as capacidades cognitivas e psicomotoras dos pacientes, são fatores que também influenciam a gestão da sua medicação [14].

A Organização Mundial de Saúde (OMS) definiu o termo adesão à terapêutica como “o grau em que o comportamento de uma pessoa é representado não só pela ingestão do medicamento, mas também pelo seguimento da dieta, das mudanças no estilo de vida e ainda se corresponde e concorda com as recomendações do médico ou outro profissional de saúde” [15].

Uma boa adesão à terapêutica traduz-se em eficácia do tratamento, bem como em melhorias para a saúde do doente e, conseqüentemente, num aumento da sua qualidade e esperança média de vida. Isto, quando aplicado a diversos pacientes, significa uma melhoria da saúde pública e, conseqüentemente, a promoção de uma redução dos custos e da utilização dos serviços de cuidados de saúde [16].

A não adesão à terapêutica consiste na rejeição ou interrupção do plano elaborado pelo profissional de saúde ou na realização de erros/falhas no cumprimento do regime medicamentoso, prescrito pelo profissional de saúde.

A não adesão à terapêutica acarreta elevados e diversos custos. A análise destes é complexa e abrangente pois, para além da influência negativa na saúde do indivíduo que pratica a não adesão, este comportamento, quando multiplicado por um elevado número de indivíduos pertencentes a um mesmo grupo populacional, pode afetar severamente a macroeconomia de um país.

Em Portugal, em 2018, cerca de 9% do Produto Interno Bruto (PIB) é associado a gastos com a saúde, ou seja, cerca de 18 345 065 000€, correspondendo a 1783,9€ *per capita* anuais, sendo, portanto, um valor considerável. Na zona Euro, o comportamento é semelhante, sendo a percentagem de gastos com a saúde, em média, equivalentes à realidade nacional [17]. Nos Estados Unidos da América (EUA) este número é ainda superior, superando os 17%. É estimado, neste país, que entre 20% a 30% destes gastos sejam em desperdícios. A não adesão é especialmente crítica no caso dos tratamentos de doenças crônicas. A OMS estima que exista uma taxa de 50% de não adesão neste tipo de patologias, sendo, portanto, um problema bastante presente.

É importante reduzir os desperdícios dos custos associados à saúde. A não adesão à terapêutica é diretamente responsável pelo aumento dos custos na saúde. Para a maioria dos tipos de patologias, especialmente para as mais graves e para as crônicas, a não adesão é seriamente prejudicial à eficiência dos tratamentos. Isto contribui para o agravamento da saúde dos pacientes. Assim, a não adesão à terapêutica, quando praticada de forma generalizada, origina um agravamento da saúde geral e um aumento da utilização dos cuidados de saúde que

acabam por se refletir diretamente num aumento dos desperdícios associados aos custos com a saúde e numa degradação do bem-estar social.

A não adesão à terapêutica tem também um forte impacto indireto na economia de um país, uma vez que esta prejudica a saúde das populações e, conseqüentemente, as suas capacidades, originando um aumento da taxa de incapacidade, de abstenção e de produtividade no trabalho. É estimado que os custos indiretos associados à diminuição da capacidade produtiva das populações, tem um impacto no custo 2 a 3 vezes superior ao impacto do custo direto da não adesão.

Desta forma, pode-se ver os benefícios óbvios que a adesão à terapêutica proporciona, sendo que uma maior adesão resulta em melhorias sociais e na saúde, que se refletem direta e indiretamente em redução de custos e, conseqüentemente, em melhorias macroeconómicas [18] [19].

A não adesão à terapêutica influencia diretamente o sucesso dos tratamentos, pelo que interfere na qualidade de vida das pessoas. A não adesão pode ser classificada em dois tipos, intencional e não intencional. A não adesão intencional ocorre quando o paciente opta por não cumprir o plano terapêutico medicamentoso, mesmo que conheça todas as informações e detalhes. A não adesão não intencional acontece quando o paciente se esquece, ou não tem capacidade para gerir de forma autónoma a sua medicação ou não entende as instruções que lhe foram transmitidas pelo profissional de saúde [16].

Existem fatores cognitivos e emocionais que afetam a adesão à terapêutica, entre eles a não perceção da sua necessidade/importância, a ansiedade relativamente às tomas, a falta de confiança no que respeita à obtenção de resultados positivos, o receio dos efeitos adversos e simplesmente, de forma mais frequente, o esquecimento das informações prescritas e definidas pelo médico.

Existem também muitos outros fatores de diferentes naturezas que podem aumentar as probabilidades de determinado grupo populacional estar mais propenso à não adesão à terapêutica. A OMS, em 2003, estabeleceu um modelo de análise dos fatores que afetam a adesão à terapêutica, agrupando-os em pelo menos cinco categorias, descritas de forma sumária na Tabela 1. Estes aspetos podem ser inseridos noutras categorias, uma vez que não são exclusivos de cada dimensão [15].

Tabela 1 - Exemplos de fatores que influenciam a adesão à terapêutica [15].

Fatores	Exemplos
Sociais e Económicos	Idade; Sexo; Estado civil; Nível de escolaridade; Situação profissional; Apoios sociais; Condições habitacionais; Custo dos transportes e dos medicamentos; Distância ao local de tratamento; Raça; Crenças culturais; Desigualdades sociais.
Relacionados com os Serviços e Profissionais de Saúde	Relação médico-doente; Grau de desenvolvimento dos sistemas de saúde; Acessibilidade aos medicamentos; Taxa de participação; Recursos humanos e técnicos disponíveis nos serviços; Horários e duração das consultas.
Relacionados com a Doença	Gravidade dos sintomas; Progressão e gravidade da doença; Impacto do tratamento; Comorbidades associadas.
Relacionados com o Tratamento	Compreensão acerca da complexidade do regime terapêutico medicamentoso e dos seus benefícios; Duração do tratamento; Ausência de melhorias imediatas; Efeitos secundários da medicação; Falta de apoio médico.
Relacionados com a Pessoa Doente	Conhecimentos, crenças, atitudes, perceções e expectativas do doente relativamente à doença e ao tratamento; Esquecimento; <i>Stress</i> psicossocial; Ansiedade sobre possíveis efeitos secundários da medicação; Conhecimento inadequado sobre os sintomas e tratamento; Crenças negativas acerca da eficácia do tratamento; Motivação.

De modo a melhorar a adesão à terapêutica por parte do paciente, é necessário implementar medidas/estratégias que combatam estas falhas. Estas intervenções podem ser educacionais e comportamentais [16].

As intervenções educacionais baseiam-se na promoção e divulgação do conhecimento acerca da doença e do tratamento, tendo em conta a clareza e linguagem de modo a se adaptar às capacidades cognitivas do doente. Estas intervenções, ao envolver familiares e/ou cuidadores, podem tornar-se mais eficazes neste processo. É de referir que a comunicação/relação entre o doente e os profissionais de saúde é de extrema importância.

As intervenções comportamentais possibilitam uma adaptação na vida diária de modo a facilitar o cumprimento do plano terapêutico medicamentoso, através do uso de alarmes ou reforçando/recompensando a melhoria à adesão. Estas intervenções envolvem, também, a necessidade de simplificação dos regimes terapêuticos medicamentosos e uma melhor comunicação e aconselhamento, envolvendo mais os doentes no seu tratamento.

Existem vários estudos que demonstram que as soluções que apresentam alarmes/lembretes, como por exemplo, alertas sonoros ou mensagens de texto, auxiliam mais os pacientes, sendo que estes apresentam uma maior adesão ao tratamento. Por estas razões, na solução idealizada para este projeto, são valorizados estes fatores [20].

Com a evolução da tecnologia e, de modo a melhorar o bem-estar e as condições de saúde dos pacientes, bem como proporcionar uma melhor gestão e adesão ao regime

terapêutico medicamentoso e uma maior segurança para os pacientes, existe uma tendência crescente de utilização dos Ambientes de Vida Assistidos (AAL). Estes consistem em ambientes inteligentes, onde os dispositivos e/ou sistemas inteligentes permitem uma monitorização constante do paciente, sem que ele necessite de sair do conforto de sua casa. Estes sistemas permitem melhorar a qualidade de vida dos pacientes através da monitorização constante dos mesmos, sendo possível a redução dos erros no cumprimento do plano terapêutico medicamentoso e, com isto, proporcionar mais tranquilidade ao doente e ao cuidador [21].

Por estas razões, a utilização de dispositivos e/ou sistemas inteligentes que auxiliem os pacientes na gestão da medicação é um fator importante para se evitarem erros e falhas nas tomas medicamentosas e um método, teoricamente, mais eficaz, quando comparado com os métodos manuais ou puramente automáticos.

A este dispensador de medicamentos será associada uma plataforma, que é integrada com o dispositivo e cuja função é alimentar o sistema com informação. Grande parte do sistema tem como base o processamento de informação. A informação é vista como um conjunto organizado de dados que são interpretados de modo a constituir uma mensagem. A sua gestão e correta interpretação, influencia, diretamente, o sucesso e a fiabilidade deste sistema.

Existem diversas evidências que os sistemas de informação (SI) e, conseqüentemente, o processamento de informação como sistema de apoio à decisão, levam a uma melhoria geral da saúde pública. Neste âmbito, os resultados das tomas medicamentosas captados pelos dispensadores, poderão ser uma valência importante no acompanhamento da evolução das patologias por parte do profissional de saúde, possibilitando a modificação da prescrição, de modo a atingir os resultados pretendidos na saúde do paciente de forma mais rápida e assertiva. Novamente, estas condições conduzem à melhoria da saúde e da qualidade de vida do paciente, e promovem um funcionamento mais eficaz dos serviços de saúde [22].

2.3. Revisão da Literatura

Um dispensador de medicamentos é um dispositivo com capacidade de armazenar e disponibilizar medicamentos, cujo principal intuito é auxiliar os pacientes a cumprirem de forma adequada a sua terapêutica medicamentosa. Atualmente, existe no mercado um vasto conjunto de diferentes tipos de dispensadores de medicamentos, variando desde caixas mais simples que servem para armazenar e organizar os comprimidos até dispensadores mais complexos, automáticos e inteligentes. Estes últimos, para além de albergarem os comprimidos, e da apresentação de mecanismos de alerta para os horários das tomas e das doses certas, podem possuir funcionalidades que permitem o envio de alertas e o histórico semanal das tomas medicamentosas, por mensagem de texto ou por *email*, para os cuidadores ou responsáveis, proporcionando uma melhor monitorização do paciente [23].

Os dispositivos mais básicos servem, essencialmente, para armazenar e organizar as tomas medicamentosas de acordo com os horários definidos para a sua toma e, uma vez que estes dispositivos não apresentam alertas, é da responsabilidade do paciente gerir o momento no qual abre o compartimento da medicação correspondente. Este género de dispositivos apresenta algumas limitações, pois há pacientes mais propensos a cometer falhas humanas, especialmente as pessoas mais idosas e os portadores de demências, comprometendo o cumprimento correto do seu plano terapêutico medicamentoso.

Com a evolução da tecnologia, nomeadamente na área da saúde, foram desenvolvidos os dispensadores inteligentes. Estes dispositivos são uma mais valia para o paciente uma vez que são configuráveis, sendo possível definir, de forma inequívoca, os horários das tomas medicamentosas. Também são capazes de emitir alertas sonoros e luminosos, cujo intuito é auxiliar o doente na gestão dos horários das tomas, evitando esquecimentos que provoquem desvios nos horários estipulados. Nos dispositivos com *software* associado, é também possível um maior controlo do doente por parte do cuidador, sendo este último responsável por analisar os dados gerados pelo SI e tomar as medidas que melhor se adequem. Os dispensadores inteligentes são, portanto, dispositivos do interesse dos cuidadores, e auxiliam no cumprimento do plano terapêutico medicamentoso dos doentes, contribuindo, desta forma, e, indiretamente, para uma melhoria da qualidade de vida e uma maior segurança no tratamento dos idosos e dos pacientes com necessidades especiais. Estes podem também melhorar o funcionamento da sociedade, reduzindo a necessidade presencial constante dos profissionais de saúde, permitindo um maior foco em novos casos clínicos e, conseqüentemente, uma diminuição dos tempos de espera e dos custos, aspetos que são críticos no tratamento de casos urgentes [24] [25].

Foram realizados vários estudos que abordam e discutem a eficácia e as limitações dos dispositivos para dispensa medicamentosa.

O estudo realizado por Mertens et al. [26], em 44 farmácias comunitárias, na Holanda, teve como intuito a comparação de problemas na gestão de medicação em pacientes que utilizam sistemas de distribuição multidoso de medicamentos (MDD - *Multidose Drug Dispenser*) e pacientes que dispensam a medicação manualmente. Foram inquiridos 440 pacientes com idade superior a 65 anos, que estavam em casa e que consumiam um mínimo de cinco medicamentos prescritos crónicos. O questionário aplicado abrangia quatro campos: problemas funcionais, organizacionais, de aderência e de conhecimento sobre a medicação, sendo o seu objetivo a identificação, por parte dos profissionais de saúde, dos pacientes com uma capacidade de gestão de medicação reduzida. Com as respostas do questionário, concluiu-se que os pacientes que utilizavam sistemas MDD eram mais idosos cognitivamente, mais debilitados, consumiam mais medicação, e apresentavam mais problemas na gestão e manipulação da medicação comparativamente aos pacientes que não utilizavam esses sistemas. Apesar dos sistemas MDD apresentarem custos mais elevados relativamente à dispensa manual, são capazes de colmatar falhas no que respeita à falta de capacidade de alguns pacientes

identificarem corretamente a medicação e não serem capazes de aderir a um plano terapêutico medicamentoso complexo.

Reeder et al. [27] indica que o *National Institute of Health* dos EUA submeteu a um questionário de satisfação 96 idosos com pelo menos 60 anos, que possuem os cuidados de saúde em casa e que, apesar de debilitados, revelam ter capacidade de seguir instruções simples, de forma autónoma. Estes utilizaram dispensadores MD.2 continuamente durante um período de 12 meses. O objetivo deste estudo consistiu em retirar ilações no que respeita à facilidade de utilização, confiabilidade, assistência na gestão à medicação, melhoria das tarefas de rotina e aceitação do método. Estes aspetos teriam de ser avaliados com uma pontuação numa escala de 1 a 5. Os resultados obtidos foram unânimes, todos os aspetos em análise obtiveram nota máxima em pelo menos 90% dos doentes, comprovando que, efetivamente, a utilização destes dispositivos era simples e que contribuíram, de forma positiva, para a sua gestão medicamentosa. Alguns pacientes relataram também que a utilização do dispositivo não interferiu na sua independência no que respeita à sua deslocação e que, apesar de, inicialmente, não ter sido fácil adotar a utilização do dispositivo, a adaptação ao mesmo foi realizada com êxito e de forma progressiva. Os dados revelam também que 84% dos pacientes demonstrou vontade de utilizar o dispositivo no futuro.

Sinnemäki et al. [28] efetuaram uma revisão de diversos estudos de forma a extrair conclusões gerais acerca da utilização e aplicabilidade de dispensadores medicamentos. De modo a validar os estudos, um conjunto de condições estipuladas teriam de ser satisfeitas. Nesta revisão, encontraram-se 328 citações de estudos, contudo, somente 7 estudos foram selecionados como válidos, e desses apenas 4 possuíam grupo de controlo. Concluiu-se que não existia informação suficiente capaz de sustentar, de forma inequívoca, que os dispensadores automáticos de medicamentos (ADD) são um método seguro para utilização. Contudo, os estudos válidos sustentam que estes dispositivos podem auxiliar os pacientes, melhorando a gestão da medicação e, conseqüentemente, reduzindo os erros nas tomas medicamentosas. É referida, também, a tendência destes dispositivos serem apenas utilizados pela população mais frágil, uma vez que está mais propensa à conceção de erros nas tomas medicamentosas. Relatou-se que os dispositivos ADD podem promover conforto e confiança ao paciente, o que pode originar uma medicação contínua e prolongada num tratamento, uma vez que estes não sentem necessidade de recorrer aos profissionais de saúde, pois podem assumir que se encontram devidamente medicados. Uma maior autonomia do paciente, nestas situações, dificulta a atualização das doses em função do novo quadro clínico. Os ADD não podem suprimir a necessidade de um acompanhamento constante da evolução do estado de saúde do paciente, sendo sempre necessária uma avaliação médica.

O estudo desenvolvido por Nakrem et al. [29] demonstra que a utilização da tecnologia na saúde pode prejudicar a relação doente-cuidador. Apesar de tornar os pacientes mais autónomos, facilitando a sua independência, gera uma controvérsia no sentido em que existe um incremento das preocupações dos profissionais de saúde no que respeita à segurança da utilização dos dispensadores automáticos em pacientes dependentes. É necessário garantir que

as ações dos profissionais de saúde são corretamente auxiliadas pelo dispositivo, conservando o controlo e a monitorização por parte dos profissionais de saúde. Relativamente a estudos concretos sobre a segurança da utilização de dispensadores automáticos, segundo um estudo de Cheung et al. [30], numa amostra de 15113 incidentes nas tomas medicamentosas, 268 foram associados à toma com sistemas ADD. A maioria destes erros surgem devido a mudanças nos planos terapêuticos medicamentosos do doente, e estão geralmente associados a falhas humanas aquando da inserção dos dados no SI ou na reposição de medicamentos. No entanto, a percentagem de erros ocorridos pela toma inteligente é reduzida, o que justifica a segurança deste método. Ainda assim, é necessário atender que a percentagem de doentes que opta pela medicação ADD não é conhecida.

Segundo a *Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health*, mediante um inquérito realizado a uma amostra de 78 hospitais canadianos, foi demonstrado que 56% utiliza algum tipo de dispensador de medicamentos automático e que 33% afirmam que os dispensadores automáticos serão um investimento futuro. Outro inquérito mais recente retrata que 75% no Canadá e 83% nos Estados Unidos já estariam a utilizar sistemas ADD. O incremento da adoção destes sistemas, em ambiente real, é um indicador bastante forte que revela benefícios na sua utilização, quer ao nível da redução de custos, quer no aumento da eficiência dos hospitais como melhoria do processo de tratamento clínico [31].

2.4. Patentes

Atualmente, existe um número muito vasto de patentes de dispositivos que auxiliam os pacientes na dispensa de medicação. Em seguida, são descritas algumas patentes que aparentam ser mais relevantes.

A patente CA2130252A1 [32] relata um dispensador eletrónico de medicamentos. Este dispensador trata-se de uma caixa retangular constituída por várias gavetas (0202), cada uma com 12 compartimentos (0201) para armazenamento de comprimidos. Este dispositivo possui um motor (0204) e engrenagens que possibilitam a abertura e o fecho das gavetas, uma bateria (0205) como fonte de alimentação, um *display* que permite visualizar a monitorização do movimento das gavetas e um circuito de controlo que agenda os movimentos para dispensa dos medicamentos, em intervalos de tempo pré-definidos. Este dispositivo é automático e programável, e contém uma buzina para a emissão de alertas sonoros. Os compartimentos para armazenamento de comprimidos são capazes de albergar medicação sólida, isto é, comprimidos ou cápsulas com interior sólido ou líquido. Possui um sistema de segurança para impedir que uma dose seja dispensada sempre que a dose anterior não tenha sido removida. Existe uma bandeja (0208) que possui divisões (0206) de modo a formar poços/compartimentos (0207) para que, com a movimentação das gavetas, a medicação fique acessível de modo a ser recolhida pelo paciente. As gavetas estão sempre fechadas e apenas são abertas quando o utilizador

pressiona um botão (0203). Sempre que os compartimentos de uma gaveta ficam vazios, o sistema interrompe o fornecimento de medicamentos dessa gaveta e passa a operar com outra. Aparentemente, este dispositivo não é facilmente transportável. A Figura 2 apresenta a imagem de publicação da patente deste dispositivo.

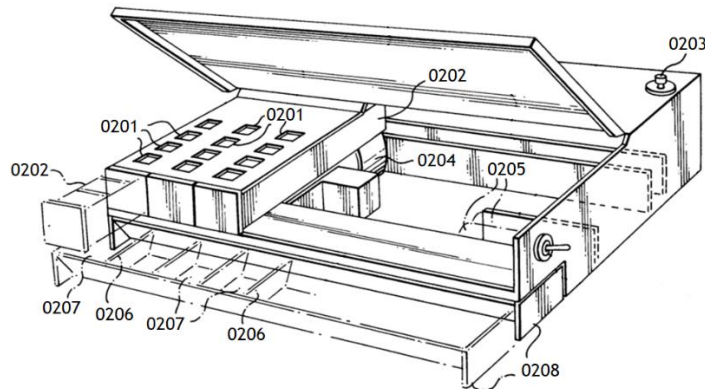


Figura 2 - Desenho da patente CA2130252A1. Adaptado de [32]. 0201 - Aberturas para receber os comprimidos; 0202 - Gavetas retangulares; 0203 - Botão de controlo; 0204 - Motor; 0205 - Baterias; 0206 - Divisões; 0207 - Pluralidade de poços/compartimentos que recebem medicação; 0208 - Bandeja.

A patente EP0709078A1 [33] aborda um dispensador circular, com um sistema mecânico, inteligente e programável, para dispensa de medicamentos. Este dispositivo, cuja estrutura se encontra exposta na Figura 3, é composto por duas bandejas, uma superior e outra inferior. Cada uma possui 28 pequenos compartimentos (0302, 0303, 0304 e 0305), dispostos em 7 grupos de 4. O dispositivo permite a organização da medicação para uma semana, sendo que cada grupo de 4 compartimentos corresponde a 4 momentos de um dia. Os compartimentos estão marcados por cores, consoante o momento da toma, estando também descritos em cada compartimento o dia da semana correspondente. Esta identificação é realizada nas duas bandejas. A bandeja superior serve para armazenar a medicação enquanto a bandeja inferior é responsável por recolher a medicação que não foi dispensada nos horários corretos. A bandeja superior roda através de um eixo vertical (0301) e, nos horários pré-definidos, o conteúdo que se encontra no compartimento da bandeja superior é despejado por um funil (0306), ficando acessível através de uma sistema de dispensa de comprimidos (0307), de modo a que o paciente seja capaz de remover os comprimidos. Se os comprimidos não forem retirados num determinado intervalo de tempo, são despejados através de outro funil (0308) para o respetivo compartimento (0309) da bandeja inferior. Como as duas bandejas estão codificadas por cores e marcações iguais, o cuidador consegue saber quais foram as doses perdidas. As bandejas superior e inferior rodam de forma sincronizada. Este dispositivo possui um sistema de configuração dos alarmes sonoros, em forma de som ou gravação de voz, de modo a sensibilizar o paciente para a importância da toma dos seus medicamentos. Uma vez que as medidas de

cada compartimento são, aproximadamente, 4,0x3,0x2,5cm, este dispositivo aparenta ser facilmente transportável, no entanto, cada compartimento aparenta apresentar uma capacidade reduzida para armazenar comprimidos. Este dispensador apresenta a funcionalidade de alertar, via telefone, o cuidador ou responsável pelo paciente quando as doses são perdidas.

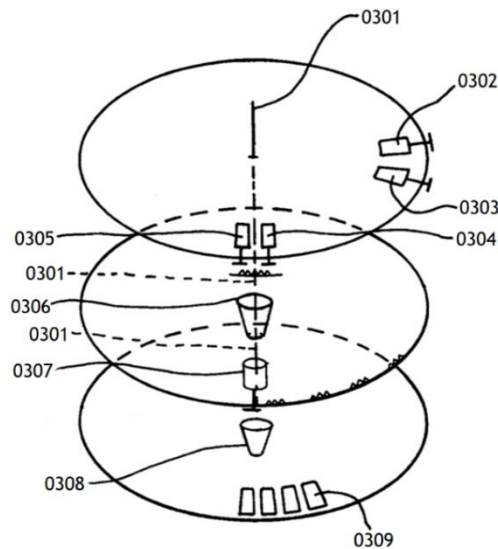


Figura 3 - Desenho da patente EP0709078A1. Adaptado de [33]. 0301 - Eixo vertical; 0302, 0303, 0304 e 0305 - Pequenos compartimentos; 0307 - Sistema de dispensa de comprimidos; 0306 e 0308 - Funil; 0309 - Compartimento correspondente.

A patente US5641091A [34] descreve um dispensador circular com um sistema rotativo programável. Dispõe de um motor elétrico através do qual se realiza uma rotação sobre o centro (0401). A configuração da rotação permite controlar a dispensa dos comprimidos em função do tempo. Na sua versão *standard* possui, no seu interior, uma bandeja com 28 compartimentos estando, por isso, adaptada a 4 doses diárias, correspondendo a uma semana. Em cada compartimento pode ser colocada medicação em forma de comprimidos, cápsulas ou representações de medicação que não sejam deste género. O dispositivo possui uma cobertura na parte superior que serve de proteção, permite isolar os medicamentos do ambiente exterior e detém apenas uma abertura que permite a remoção dos medicamentos. Através da configuração da rotação do dispositivo, é possível definir em que intervalo de tempo ocorre a rotação de cada compartimento (0402) sobre um eixo (0403), permitindo que os medicamentos caiam num espaço inferior (0404) que possibilita a remoção das doses por parte do paciente. A cobertura superior apresenta alertas luminosos para informar o paciente acerca da necessidade de remoção dos medicamentos, de determinado compartimento, num dado momento. Este dispositivo possui um minicomputador que, através de um programa, gere a rotação dos compartimentos do dispositivo e a emissão de alertas. Apresenta também alarmes de áudio, em forma de sinal sonoro ou alguma mensagem gravada de um familiar. Tal como na patente

anterior, esta invenção possui também a codificação dos compartimentos por cores e abreviaturas dos dias da semana, para facilitar a identificação das doses. Neste dispositivo existe um espaço destinado à inserção de uma folha com informações importantes acerca dos medicamentos e no verso pode ser colocada alguma imagem e/ou mensagem escrita de modo a encorajar o paciente a tomar a sua medicação. Esta imagem será visível após rotação. Outra característica deste dispositivo é a apresentação de uma peça designada por “*Pill Illustrator Sample*” que permite a observação de amostras de comprimidos, nomes, naturezas e dosagens. O minicomputador possui uma conexão à linha telefónica que possibilita, caso seja detetada alguma falha na toma dos medicamentos, a emissão de uma chamada telefónica para o cuidador ou responsável pelo paciente. Apesar de não serem indicadas as dimensões na figura de publicação da patente exposta na Figura 4, aparentemente, este dispositivo não é facilmente transportável.

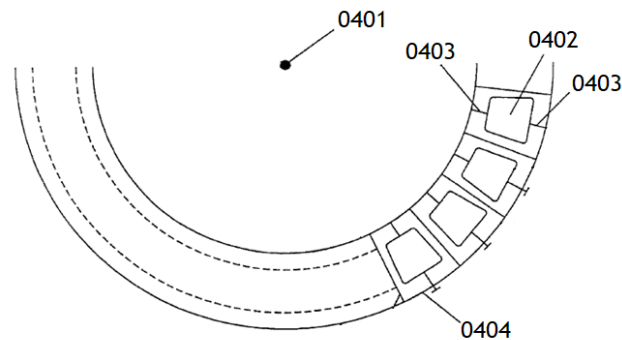


Figura 4 - Desenho da patente US5641091A. Adaptado de [34]. 0401 - Centro; 0402 - Compartimento; 0403 - Eixo rotativo; 0404 - Compartimento inferior.

A patente US2014131378A1 [35] relata um dispensador de medicamentos circular automático e programável. É composto por um chassis (0503) com uma cobertura (0502), vários compartimentos para armazenar os comprimidos, uma caixa de dispensa e um conjunto de recolha (0501) composto por uma bandeja em forma de disco, um dispositivo de condução e um dispositivo de recolha constituído por várias peças e elementos mecânicos, conforme exposto na Figura 5. Este sistema mecânico permite a recolha dos comprimidos do respetivo compartimento para a caixa de dispensa (0504). Possui um painel de operação constituído por um ecrã e botões. Os compartimentos estão dispostos numa bandeja circular e têm a capacidade de armazenar diferentes tipos de comprimidos. No momento da toma de determinado medicamento, o sistema mecânico transporta-o do respetivo compartimento para a caixa de dispensa de comprimidos, de forma a possibilitar a sua extração pelo utilizador. Não é mencionado se este dispositivo apresenta alarmes, sendo difícil aferir o modo de comunicação com o paciente. Não é igualmente referido o número de recipientes nem as dimensões do dispositivo, no entanto, aparenta não ser facilmente transportável.

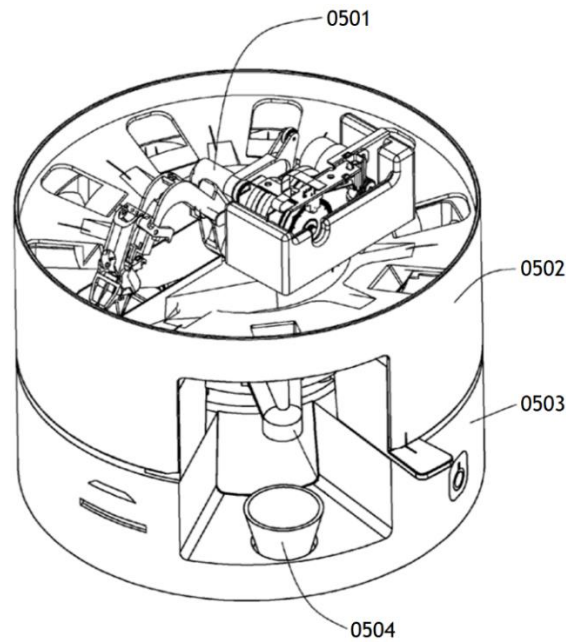


Figura 5 - Desenho da patente US2014131378A1. Adaptado de [35]. 0501 - Conjunto de recolha de comprimidos; 0502 - Invólucro; 0503 - Chassis; 0504 - Caixa para dispensa de comprimidos.

A patente US2007257051A1 [36] refere-se a um dispensador de medicamentos automático e programável. Este dispensador, exposto na Figura 6, detém câmaras cilíndricas que possibilitam o armazenamento da medicação. O número de câmaras é adaptável mediante as necessidades dos utilizadores. Estas câmaras têm não só a capacidade de armazenar comprimidos e cápsulas, como também de medicação que não seja adequada para esta unidade, como líquidos e xaropes. Apesar de estar representado um sistema com 4 câmaras a ser utilizado por um único paciente, este sistema tem a capacidade de conter um número diferente de câmaras e pode admitir diversos utilizadores. Possui um mecanismo associado a cada uma das câmaras de forma a serem individualmente operáveis, tornando possível a dispensa de uma determinada dose de comprimidos de uma determinada câmara num momento pré-definido. Este dispositivo é programável, possui um controlador com um temporizador, uma memória e gestor de *Input/Output (I/O)*. A programação do dispositivo pode ser realizada pelo utilizador ou através de um acesso à rede, que permite também sincronizar os dados do paciente com o sistema de informação de uma farmácia responsável, facilitando, assim, o processo de monitorização e controlo do paciente. Este dispensador tem um alarme sonoro, que pode ser uma buzina, uma música ou mesmo uma gravação com as instruções de toma. No momento da toma de determinada dose, os comprimidos são transferidos para uma área de dispensa, possibilitando ao utilizador a sua remoção. Este dispositivo também apresenta um ecrã e botões que facilitam a interação do utilizador com o mesmo. As câmaras são compostas por uma tampa superior pela qual é realizada a recarga. Apesar deste dispositivo aparentar ser modular, já que possibilita a adaptação do número de câmaras de medicação a utilizar, não

aparenta ser facilmente transportável para o paciente, caso sejam utilizados diversos tipos de medicações.

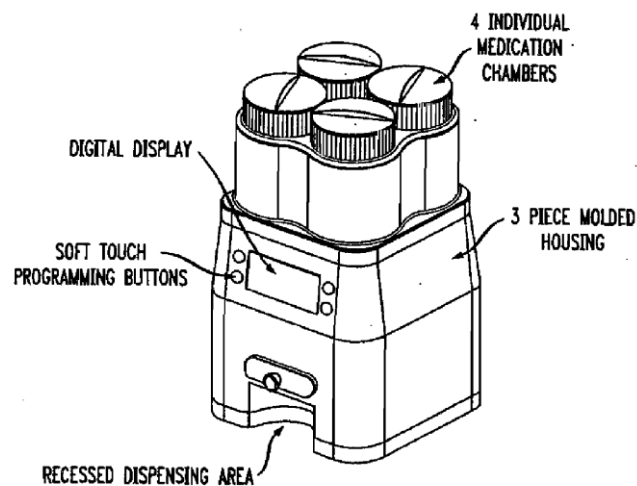


Figura 6 - Desenho da patente US2007257051A1 [36].

A patente US2013035785A1 [37] consiste num dispensador de comprimidos inteligente, com estrutura cilíndrica e com, aproximadamente, 10cm de altura, conforme exposto na Figura 7. Este dispositivo permite o armazenamento de comprimidos, cápsulas e cápsulas de gel de diferentes tamanhos. Possui uma secção de armazenamento de comprimidos na qual se encontra um compartimento (0701) que os contém até serem dispensados, uma secção de dispensa (0702) que se localiza na extremidade inferior da secção anteriormente referida, um sensor ótico, uma memória e um controlador. A secção de dispensa possui um mecanismo, em forma de hélice, que possibilita a extração dos medicamentos, detendo uma abertura (0703) para a remoção dos comprimidos e um sensor ótico. Na tampa superior deste dispensador existe um botão para o utilizador pressionar aquando do momento das suas tomas medicamentosas. Esta tampa é amovível e permite o acesso ao interior do repositório. O controlador tem a capacidade de gerir o tamanho da abertura de dispensa em função do tamanho do medicamento extraído e averiguar se o sensor ótico detetou ou não o comprimido a ser dispensado. O sensor ótico possui a capacidade de detetar a cor, o tamanho ou qualquer indício marcado no comprimido e, por isso, é capaz de verificar se o processo de dispensa ocorreu da forma delineada. Este dispensador está limitado ao armazenamento de um tipo de medicamentos, e possui alertas que podem ser luminosos, por *Light-Emitting Diode* (LED's), sonoros, através de um sinal audível ou gravação de voz, e vibratórios. Estes alarmes permitem avisar o paciente para o horário correto da toma dos seus medicamentos, alertando, também, quando é detetada alguma anomalia. Apesar de ser um dispensador facilmente transportável, como tem a capacidade de albergar apenas um tipo de medicamentos, no caso de o paciente necessitar de utilizar vários tipos de medicação, é preciso igual número destes dispensadores, tornando este dispositivo uma solução nem sempre adequada a diversas situações.

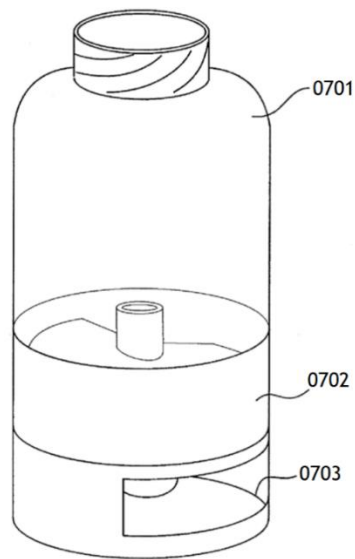


Figura 7 - Desenho da patente US2013035785A1. Adaptado de [37]. 0701 - Compartimento/recipiente; 0702 - Secção de dispensa; 0703 - Abertura.

A patente US2013282170A1 [38], exposta na Figura 8, descreve um dispensador de medicamentos automático e programável. Este dispositivo é composto duas camadas, uma superior e uma inferior, acopladas através de um conjunto de 8 bandejas vibratórias (0802). Contém um controlador que permite a automatização e controlo das tomas. Cada bandeja apresenta um compartimento para armazenamento de medicamentos, possuindo na sua base um sistema mecânico composto por um motor elétrico e molas que provocam a vibração das bandejas, possibilitando, desta forma, a remoção dos comprimidos. Apresenta, também, um sensor ótico que, em função do movimento detetado dos comprimidos, regula a intensidade do motor elétrico de forma a controlar a intensidade de vibração das bandejas para que seja apenas expelida a quantidade exata pretendida do medicamento em questão. O êxito da remoção do comprimido é também verificado por este sensor, que contabiliza o número dos comprimidos expelidos. Na parte superior de cada bandeja existe uma extremidade aberta, com uma tampa (0801), que possibilita o acesso aos comprimidos. O dispositivo admite o armazenamento de diversos tipos de comprimidos. A existência de um controlador permite a implementação de um sistema de informação. Existe uma interface de configuração na qual é possível a gestão dos parâmetros das configurações das tomas. O dispensador está conectado a uma rede, o que permite o acesso remoto à interface de configuração, através de um telemóvel ou computador, e na qual é possível configurar vários parâmetros, entre os quais os horários das tomas e as quantidades de comprimidos. Com a leitura dos registos armazenados pelo sensor ótico, é possível a análise de estatísticas da utilização do dispositivo, através da visualização das mesmas num painel de controlo. Este dispensador possui alertas sonoros, como uma música ou alarme, emitidos através de uma coluna ou outro mecanismo. Possui também alertas visuais, emitidos através de luzes LED ou do *display* LCD. Não são referidas as dimensões, mas dada a

complexidade do dispositivo e a falta de características modulares, aparentemente, não é um dispensador facilmente transportável.

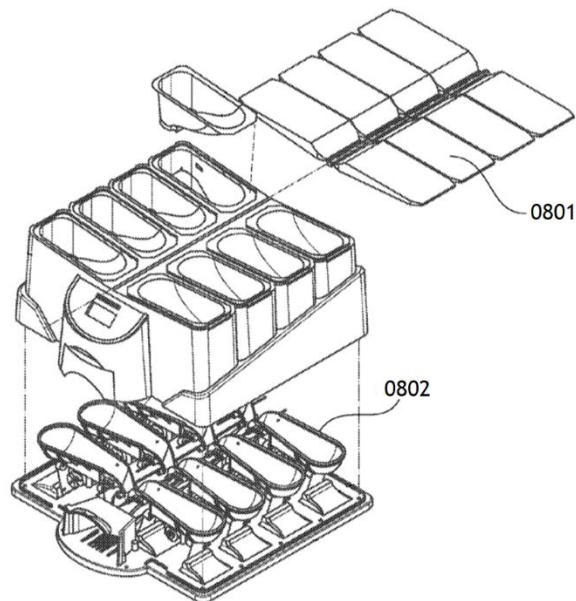


Figura 8 - Desenho da patente US2013282170A1. Adaptado de [38]. 0801 - Tampa; 0802 - Conjunto de bandejas vibratórias.

A patente US2018029779A1 [39], apresentada na Figura 9, relata um dispositivo portátil e automático para dispensa de comprimidos. Este é constituído por uma abertura de recolha de comprimidos, um eixo rotativo (0905) que permite a rotação e, conseqüentemente, a seleção dos compartimentos, e uma estrutura (0901) que pode ser pressionada com o polegar, responsável pela dispensa de um ou vários comprimidos, mediante o número de vezes que for pressionada. O dispensador é constituído, essencialmente, por três peças, duas caixas laterais (0902 e 0903) unidas através de um eixo central e, com a junção das três peças, são construídos os compartimentos (0904) que albergam os medicamentos. Estes podem receber um número indefinido de comprimidos de vários tipos dependendo do tamanho de cada compartimento. Este sistema apresenta uma cobertura na qual existe uma abertura que permite a remoção dos medicamentos. No interior dos compartimentos, que rodam em função do eixo rotativo (0905), existem etiquetas para identificar cada compartimento e que são visíveis através de uma janela quando o compartimento é selecionado. Nesta patente não são referidos quaisquer tipos de alertas ou de sistemas eletrónicos.

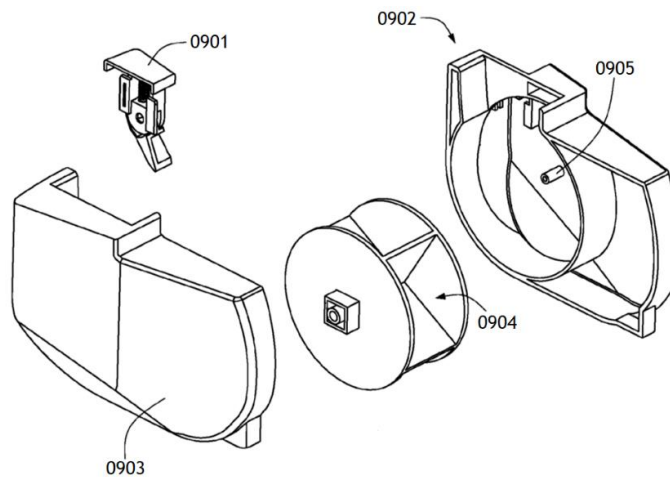


Figura 9 - Desenho da patente US2018029779A1. Adaptado de [39]. 0901 - Estrutura pressionável; 0902 - 1º corpo da caixa; 0903 - 2º corpo da caixa; 0904 - Pluralidade de compartimentos; 0905 - Eixo rotativo.

A patente US20170354573A [40] aborda um dispositivo dispensador de comprimidos, portátil, automático e programável, com uma bandeja que possui vários compartimentos para armazenar comprimidos (ver Figura 10). Este dispositivo contém atuadores, como por exemplo motores, que possibilitam às engrenagens rodarem em cada um dos compartimentos (1001, 1002, 1003, 1004 e 1005) existentes numa bandeja (1006), levando o compartimento respetivo a mover-se em direção à abertura, libertando o comprimido. Este dispositivo caracteriza-se por apresentar um sistema informático complexo. O dispositivo possui um módulo de controlo responsável pela gestão da informação gerada. Este apresenta um processador, memória RAM, uma placa de rede, outros componentes de *hardware*, *software* e *firmware* responsável pelo armazenamento e gestão de todo o sistema. Apresenta um *display* (1007) que imprime a informação ao utilizador. Neste dispositivo é utilizado um sensor para detetar e controlar o movimento dos compartimentos e a libertação dos comprimidos, enviando essa informação para o sistema de informação do dispositivo, que alerta o utilizador no caso da ocorrência de algum desvio em relação ao plano programado. O acionamento do dispositivo pode ser automatizado, através da definição dos horários das dispensas, ou efetuado de forma manual. Com a leitura do documento da patente, não foram encontrados indícios que o dispositivo está capacitado de características de modularidade.

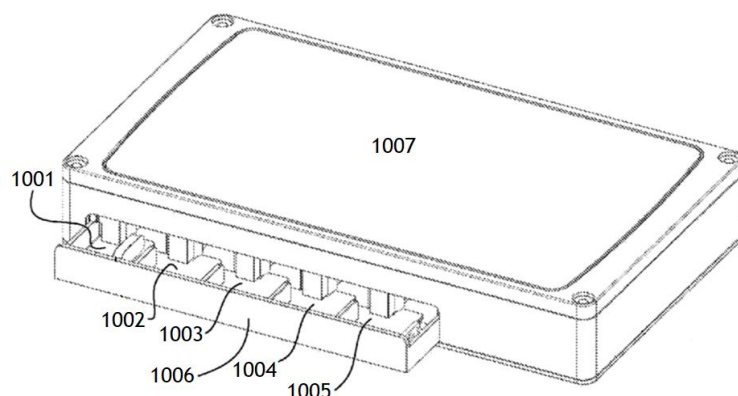


Figura 10 - Desenho da patente US20170354573A. Adaptado de [40]. 1001, 1002, 1003, 1004 e 1005 - Múltiplos compartimentos; 1006 - Bandeja/suporte; 1007 - Dispositivo display.

De modo a facilitar uma comparação dos detalhes e características mais relevantes das patentes dos dispositivos apresentados anteriormente, seguidamente encontra-se na Tabela 2 o resumo das suas principais características. A existência de determinada especificação técnica é indicado por “✓”, enquanto que a sua inexistência é indicado por “X”. Sempre que o documento da patente não identifica claramente uma determinada especificação técnica, é apresentada a indicação “N.D.”.

Tabela 2 - Resumo das principais características das patentes descritas anteriormente.

Patente	Forma	Automático	Inteligente	Alarmes	Número de compartimentos	Facilmente transportável	Modular
CA2130252A1 [32]	Paralelepédica	✓	✓	✓	12	X	X
EP0709078A1 [33]	Circular	✓	✓	✓	28	✓	X
US5641091A [34]	Circular	✓	✓	✓	28	X	X
US2014131378A1 [35]	Circular	✓	N.D.	N.D.	N.D.	X	X
US2007257051A1 [36]	Cilíndrica	✓	✓	✓	4	X	✓
US2013035785A1 [37]	Cilíndrica	✓	✓	✓	1	✓	X
US2013282170A1 [38]	Cúbica	✓	✓	✓	8	X	X
US2018029779A1 [39]	Paralelepédica	✓	N.D.	N.D.	4	✓	X
US20170354573A [40]	Paralelepédica	✓	✓	✓	N.D.	✓	X

2.5. Dispositivos Comerciais

Existe uma enorme diversidade de dispensadores de medicamentos. No intuito desta dissertação apenas são alvo de análise os dispositivos aparentemente mais relevantes, sendo descritos aqueles que apresentam diferenças palpáveis entre eles. Inicialmente, são referenciados alguns dispositivos mais simples e básicos, posteriormente, são abordados os mais sofisticados, alguns deles possuindo um sistema inteligente.

Esta secção está organizada de acordo com a complexidade e funcionalidades crescentes dos dispensadores de medicamentos. As informações e os detalhes destes produtos comerciais estão limitados pela documentação disponibilizada pelos fabricantes e vendedores.

- **7 Day x 4 Large Capacity Pill Box [41]**

Esta *Pill Box* da *e-pill* consiste numa caixa organizadora de comprimidos cujas funções são, única e exclusivamente, armazenar e organizar os comprimidos de acordo com as tomas diárias. Este dispositivo é simples e possui 7 caixas individuais (cada caixa corresponde a um dia da semana). Cada uma dessas caixas apresenta 4 compartimentos correspondentes a um determinado momento do dia (manhã, almoço, jantar e deitar), o que perfaz um total de 28 compartimentos, conforme exposto na Figura 11. Cada compartimento é capaz de albergar até 30 comprimidos do tamanho de uma aspirina. As caixas são pousadas sobre uma base/suporte de plástico, a qual tem identificados os dias da semana, ordenados de domingo a sábado, escritos também em *Braille*. Relativamente às caixas individuais diárias, as tampas dos diferentes compartimentos também estão identificadas com manhã, meio-dia, tarde e deitar. Como as caixas são individuais e fáceis de transportar, podem comodamente ser utilizadas no dia a dia, visto que cabem facilmente num bolso ou numa mala. As medidas deste dispositivo, a contabilizar com o suporte, são, aproximadamente, 24,0x17,0x2,5cm. As dimensões de cada caixa individual diária são cerca de 13,0x3,0x2,5cm e pesa cerca de 340g. O preço desta *Medbox* da *e-pill* varia, aproximadamente, entre os 27€ e os 45€.



Figura 11 - Dispositivo 7 Day x 4 Large Capacity Pill Box [41].

Existem muitos outros modelos de caixas organizadoras de comprimidos, de outras marcas e formas, cuja maioria pode ser encontrada numa gama ampla de valores, geralmente compreendida entre um intervalo aproximado de 3€ a 40€.

A vantagem deste género de dispositivos mais básicos é o seu tamanho reduzido sendo, por isso, facilmente transportáveis. A sua simplicidade facilita também a correta identificação e organização diária.

As desvantagens/limitações consistem na não inclusão de alarmes no dispositivo, pelo que o paciente não se encontra precavido em relação a esquecimentos, e a falta de capacidade de registo ou processamento de informação, o que impede um acompanhamento remoto do paciente e a análise dos comportamentos do mesmo. O facto de, maioritariamente, estes dispositivos apresentarem pequenas dimensões facilita o seu transporte, mas dificulta a sua utilização em doentes que necessitem de uma grande quantidade e variedade de medicamentos.

- **e-pill Multi-Alarm TimeCap - Simple Pill Timer [42] [43]**

Este tipo de dispositivo, apresentado na Figura 12, é ligeiramente mais elaborado que o descrito anteriormente. Consiste, essencialmente, numa tampa para um frasco de medicamentos que apresenta um temporizador e um visor cuja funcionalidade é mostrar o momento da última abertura e o dia e a hora atuais, bastando, para este último, clicar num botão. Este visor regista um valor sempre que a tampa for removida, mostrando sempre o valor correspondente à última abertura, mesmo que não tenha sido definido nenhum alarme. O visor é acompanhado de botões que possibilitam a configuração do dispositivo. Esta tampa é acompanhada por um frasco, sendo que é possível a sua adaptação a frascos de 33mm. É possível a definição de até 24 alarmes por dia, não sendo necessário redefinir os alarmes diariamente uma vez que o dispositivo faz um *auto reset* à 00h, restaurando as definições do dia anterior. Aquando do momento da toma, um alerta é emitido durante 10s e o visor pisca até que a tampa do frasco seja removida. Com esta funcionalidade, caso o alarme seja emitido e a tampa não seja retirada, é possível identificar que o medicamento da dose anterior não foi removido.

O visor deste dispositivo tem como dimensões cerca de 5,0x2,5cm, o tamanho da tampa do frasco é o padrão de 33mm. O preço deste dispositivo varia, sensivelmente, entre 27€ e 45€. Possui 1 pilha LR44 como bateria, que tem uma duração média de 1 ano.

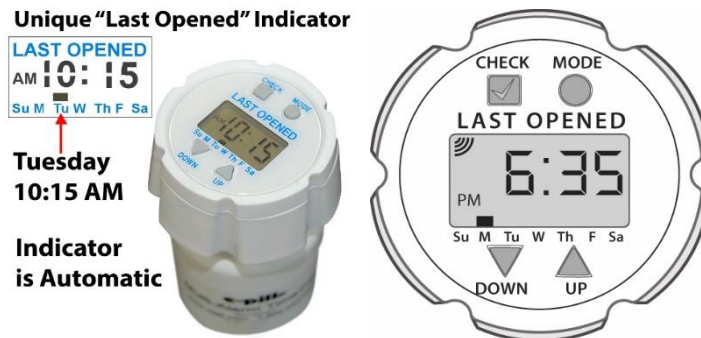


Figura 12 - Dispositivo E-pill Multi-Alarm TimeCap - Simple Pill Timer (One Medication) (esquerda) e esquema do visor da tampa (direita) [42].

As vantagens deste dispositivo são a apresentação de alarmes/lembretes para o utilizador, e a sua portabilidade. A principal desvantagem é que, apesar da sua portabilidade, o frasco apenas pode ser utilizado para um tipo de medicação, o que implica que, caso o paciente esteja a cumprir uma terapêutica medicamentosa composta por diferentes tipos de medicamentos, o número de frascos necessários tem de ser igual ao número dos diferentes tipos de medicamentos.

- **e-pill 4 Alarm Vibrating Pocket Pill Box [44] [45]**

Este tipo de dispositivo consiste em caixas organizadoras de comprimidos de tamanho reduzido, portáteis, com alarmes e um visor. A *Pocket Pill Box* da *e-pill* apresenta forma quadrangular, é compacta e discreta, apresenta alarmes sonoros e/ou vibratórios e possibilita a definição máxima de 4 alarmes diários que são redefinidos automaticamente caso não sejam alterados. No momento em que os alarmes são emitidos, o utilizador, após retirar os comprimidos, deve pressionar um botão para desligar os alarmes. No caso de ser necessário fazer um *reset*, basta usar a ponta de um *clip* e pressionar o botão de *reset* existente na parte traseira da *pill box*.

Este dispositivo possui, na parte frontal, o visor e os respetivos botões que permitem a sua configuração e, na parte traseira, apresenta 4 compartimentos, devidamente numerados, para organizar apenas 4 doses. Cada compartimento é capaz de armazenar até 8 comprimidos do tamanho de uma aspirina. No que respeita à bateria, este dispositivo possui 1 pilha AAA para alimentar os alarmes e 3 *button cells* para o relógio, cuja duração média ronda os 12 meses.

Este dispositivo, representado na Figura 13, é fácil de transportar, cabendo num bolso. É igualmente fácil de configurar e apresenta um visor cuja luz de fundo proporciona uma leitura acessível, mesmo à noite.

O tamanho deste dispositivo é cerca de 7,0x6,0x2,5cm, pesa cerca de 85g e o seu preço oscila, aproximadamente, entre 36€ e 45€.



Figura 13 - Parte frontal (esquerda) e traseira (direita) do dispositivo Pocket Pill Box [44].

Novamente, existe um leque abrangente de modelos e marcas, que variam ligeiramente uns dos outros. A *e-pill* tem outro dispositivo muito semelhante a este, mas em forma retangular, o *e-pill MedGlider Daily Pillbox Timer* [46] [47]. A *MedGlider Pillbox Timer*, exposta na Figura 14, é um dispositivo similar ao *Pocket Pill Box*. As diferenças mais assinaláveis entre as duas caixas são, essencialmente, estéticas (forma retangular), de capacidade de armazenamento (até 18 comprimidos do tamanho de uma aspirina) e de bateria (2 pilhas AAA). O preço da *MedGlider Pillbox Timer* varia, geralmente, entre os 36€ e os 45€.

A principal vantagem destes dispositivos é a sua portabilidade aliada à existência de alarmes. As desvantagens são a sua reduzida capacidade de armazenamento de diferentes doses ou tipos de medicação e, também, a capacidade de armazenamento de cada compartimento ser reduzida.



Figura 14 - Dispositivo E-pill MedGlider PillBox Timer [46].

- **TabTime Super 8** [48] [49]

Este dispositivo, ilustrado na Figura 15, consiste numa caixa retangular e apresenta um tamanho reduzido, o que o torna portátil e fácil de transportar. O *TabTime Super 8* abre-se em forma de livro e, assim que aberto, apresenta de um lado um visor e do outro 8 compartimentos

numerados cuja funcionalidade é o armazenamento e respetiva separação de 8 doses ou 8 tipos de medicamentos a serem tomadas em diferentes períodos do dia. Apresenta alarmes sonoro, vibratório e luminoso, sendo que o limite máximo diário é de 8 alarmes. Quando está fechado, possui um LED vermelho que pisca aquando do momento da toma, cessando a sua atividade quando o dispositivo é aberto. É possível também a definição de contagem regressiva.

O volume sonoro do alarme foi escolhido tendo em vista o alcance de pessoas com problemas de audição. O fecho do dispositivo tem auxílio magnético, o que facilita a sua abertura para os indivíduos que apresentem mãos fracas ou trémulas. Possui, também, 3 botões de controlo que permitem configurar o dispositivo. O seu visor é de grandes dimensões o que facilita a leitura do mesmo. A bateria funciona a pilhas. O seu tamanho é de 11,0x6,0x3,0cm, pesa cerca de 95g e o seu preço ronda os 26€. A empresa não possui distribuidor em Portugal, contudo é possível adquirir este equipamento na Europa através, por exemplo, da amazon.es. Apesar de não existir venda direta para Portugal, a empresa compromete-se a prestar suporte via *email*.

Apesar deste dispositivo ser pequeno, portátil e possuir alertas sonoro, luminoso e vibratório, a principal desvantagem, que é comum à maior parte dos dispositivos, é a aparente capacidade reduzida de cada compartimento para albergar comprimidos, requerendo o seu recarregamento com uma frequência elevada.



Figura 15 - Dispositivo TabTime Super 8 [48].

- **e-pill MedGlider Home Weekly Pillbox with 4 Alarm Timer [50]**

Este dispositivo, exposto na Figura 16, consiste numa caixa organizadora de comprimidos à qual se adicionou um visor e um sistema de alarme. Possui 7 caixas amovíveis, sendo que cada caixa corresponde a um dia da semana. Em cada uma delas existem 4 compartimentos que permitem separar as doses de medicamentos consoante o momento do dia em que é suposto serem tomadas. No total, possui 28 compartimentos. Cada compartimento tem capacidade para armazenar até 18 comprimidos do tamanho de uma aspirina.

Possui, ainda, um temporizador que aciona um alarme sonoro quando for o momento de tomar algum medicamento, aparecendo no visor do equipamento qual a caixa de comprimidos que deve ser utilizada. É possível definir até 4 alarmes diários. Para interromper o alarme é necessário pressionar o botão de “paragem”. Se este botão não for pressionado, significa que o paciente não utilizou a caixa e, por isso, não tomou a medicação, sendo emitida uma mensagem intermitente no visor a avisar que determinada toma foi perdida, por exemplo, “*missed pillbox 1*” até à hora do próximo alarme. Possui 2 pilhas AAA como fonte de alimentação, cuja duração média ronda 1 ano.

As dimensões são, aproximadamente, 27,0x14,0x5,0cm, pesa cerca de 375g e o seu preço ronda os 50€ e 59€.



Figura 16 - Dispositivo e-pill MedGlider HOME Weekly Pillbox with 4 Alarm Timer [50].

Existem diversos dispositivos deste género, de outras marcas e modelos, mas com características muito semelhantes às mencionadas anteriormente.

As principais vantagens consistem no tamanho reduzido do dispositivo e na existência de alarmes de fácil interpretação. As principais desvantagens deste dispositivo são a capacidade reduzida de armazenamento de cada compartimento e a limitação do número de doses diárias.

- **MedFolio Electronic Pillbox [51]**

Este dispositivo consiste numa caixa organizadora de comprimidos que, na sua tampa, possui um sistema de informação. Este é composto por 7 caixas individuais, cada uma correspondendo a um dia da semana e estando divididas em 4 compartimentos cuja função é separar mediante o momento do dia em que os medicamentos têm de ser tomados. Os compartimentos possuem uma capacidade de armazenamento que ronda os 20 a 25 comprimidos do tamanho de uma aspirina.

Nas extremidades do interior da tampa deste dispositivo existem 16 compartimentos (8 de cada lado) que permitem a colocação de amostras dos comprimidos. No centro, é possível inserir uma folha com informações relevantes referentes aos comprimidos, como, por exemplo, identificação, posologia, objetivo, entre outras. Esta característica pode ser visualizada na Figura 17. Esta tampa é removível pelo que, quando o paciente necessitar de informar um profissional de saúde acerca da sua terapêutica medicamentosa, é suficiente mostrar estas informações.

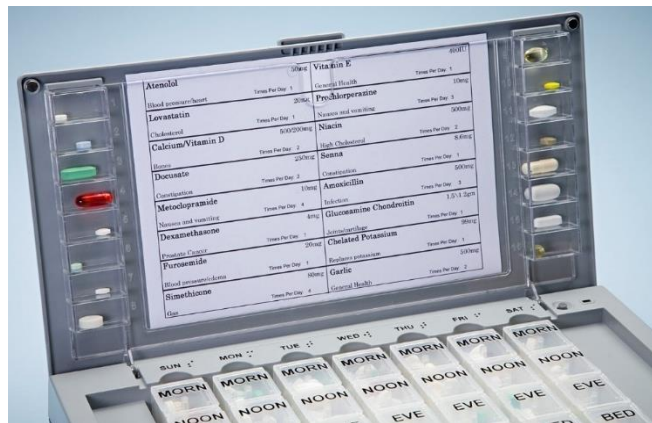


Figura 17 - Interior da tampa do MedFolio Electronic Pillbox com as amostras e as informações relevantes acerca dos medicamentos [51].

No momento da toma de algum medicamento, são emitidos alarmes sonoro e luminosos. Na tampa, existe um LED verde que pisca de modo a indicar que chegou o instante da toma de algum medicamento e, quando a caixa é aberta, o compartimento que tem a dose a ser tomada fica também iluminado. Os alarmes podem ser desligados quando se pressiona um botão, ou então desligam-se automaticamente após 2h, independentemente de a dose ter sido tomada ou não.

Existem duas versões deste dispositivo, o *MedFolio Wireless Pillbox* e o *MedFolio Cellular Pillbox* que, correspondentemente, estão orientados para uma ligação ao computador e ao telemóvel.

Na versão *wireless*, para a configuração do dispositivo, é necessária uma ligação ao computador, via *Universal Serial Bus* (USB). A própria empresa disponibiliza um *software* que permite ao computador comunicar com o dispositivo através da ligação USB. Após a conexão USB efetuada com êxito, o utilizador é automaticamente reencaminhado para uma aplicação *web*, sendo, para isso, necessária uma ligação à *internet*, na qual é possível a configuração das tomas medicamentosas e a análise da informação das tomas anteriores. A este sistema é possível a adição de um serviço, com um custo mensal extra de cerca de 3€, que possibilita ao utilizador receber notificações via *email* ou mensagem de texto das tomas medicamentosas e avisar os cuidadores para as doses perdidas.

Na versão *cellular*, é apenas necessário ligar o dispositivo à corrente elétrica para que comunique com um servidor *cloud* seguro proprietário da empresa. Após esta conexão é possível ao utilizador aceder à aplicação *web*, na qual se configura as tomas. A este sistema é igualmente possível a adição de um serviço, com um custo mensal extra a rondar os 9€, que possibilita ao utilizador receber notificações via *email* ou mensagem de texto das tomas medicamentosas e alertar os cuidadores para as doses perdidas.

As dimensões deste dispositivo, apresentado na Figura 18, são, aproximadamente, 37,0x18,0x6,0cm e tem um custo de sensivelmente 181€.



Figura 18 - Dispositivo MedFolio Electronic Pillbox [51].

As vantagens deste dispositivo são a sua organização, a disponibilização de um sistema de informação que armazena e processa dados de forma a criar informação relativamente às tomas, possibilitando ao utilizador e ao cuidador o controlo do plano terapêutico medicamentoso, e o acoplamento de amostras e informações relevantes acerca dos medicamentos.

As desvantagens consistem, essencialmente, no seu tamanho relativamente grande aliado à sua falta de modularidade da caixa principal que podem comprometer o seu uso em algumas situações, e o preço deste dispositivo ser relativamente elevado sendo ainda necessária uma subscrição mensal para tirar partido de todas as funcionalidades do dispositivo o que poderá não estar ao alcance de uma determinada percentagem da população.

- **e-pill MedSmart Automatic Pill Dispenser [52] [53]**

O *MedSmart*, apresentado na Figura 19, desenvolvido pela empresa *e-pill*, é um dispensador automático de comprimidos. Apresenta forma circular, com cerca de 22cm de diâmetro e com uma largura de aproximadamente 6cm. O seu peso ronda as 795g.

A sua estrutura circular, tipo disco, possui capacidade máxima para 29 compartimentos dos quais 28 são utilizados para colocar medicação, o restante compartimento fica vazio e deve

ser alinhado com a abertura no momento do abastecimento do dispositivo. A capacidade máxima de cada compartimento é de 20 comprimidos do tamanho de uma aspirina.

O dispositivo possui uma abertura no invólucro de plástico exterior e os comprimidos, em função das configurações das tomas, ficam acessíveis por essa abertura quando chega o momento da sua toma. Este sistema funciona por rotação dos compartimentos e, dependendo dos horários definidos nas configurações das tomas, é possível deixar acessível apenas o compartimento que contém os medicamentos pretendidos no momento definido.

No que diz respeito à bateria, este dispositivo deve ser alimentado, preferencialmente, por energia elétrica convencional, podendo, também, ser alimentado por 4 pilhas AA em situações de necessidade. Relativamente à primeira opção, o dispositivo deve repousar sobre uma plataforma designada por *Docking Base* que está encarregue da alimentação do dispositivo. Quando este é retirado da plataforma ou caso ocorra uma falha na corrente, o dispositivo passa a ser alimentado pelas pilhas, o que previne situações em que o doente não receba a medicação devido a uma falha de corrente. De modo a conservar a bateria, é aconselhável manter o dispositivo nesta *Docking Base*.



Figura 19 - Conjunto completo do dispensador MedSmart [52].

Por questões de segurança, os compartimentos nos quais se colocam os comprimidos, assim como os botões que permitem a configuração das tomas, encontram-se no interior do dispositivo e estão cobertos pelo invólucro exterior que, para ser aberto, necessita de uma chave, sendo que só o responsável ou cuidador tem acesso à mesma.

Quanto aos alarmes, é possível definir até 6 alarmes diários, o que é um fator limitante, já que pode ser um número insuficiente para alguns tipos de pacientes. O alarme é emitido através de um sinal sonoro e um sinal luminoso através de uma luz intermitente, cessando apenas quando o dispositivo for inclinado e os comprimidos dispensados.

Quando o alarme é ativado, o interior do dispositivo roda, ficando o compartimento, correspondente àquele momento, acessível até que os medicamentos sejam retirados. Se os comprimidos não forem retirados até ao momento da dose seguinte, considera-se que essa toma

foi perdida. Nessa situação, o dispositivo avança para o compartimento seguinte, sendo que os comprimidos perdidos ficam inacessíveis, de modo a evitar situações de sobredosagens. Para que o utilizador recolha os comprimidos, basta retirar o dispensador da plataforma *Docking Base* e depois incliná-lo. Este método, apresentado na Figura 20, é a única forma do dispensador detetar que os comprimidos foram retirados, outro fator limitante, já que alguns pacientes podem apresentar limitações físicas que os impeçam de efetuar tal ação.



Figura 20 - Mecanismo de retirar os comprimidos do MedSmart [52].

Este dispensador também possui um botão que permite antecipar a dose. Esta funcionalidade é útil caso o utilizador queira sair de casa e necessite levar a medicação consigo, utilizando a caixa de comprimidos que vem incluída, mesmo que não leve o dispensador.

O *MedSmart* apresenta um ecrã no qual é possível observar a data e hora atuais, o número de alarmes diários, o tipo de som do alarme, a hora do próximo alarme, as doses restantes e as condições da bateria. O dispositivo possui também 5 botões que permitem a configuração de todas as suas funcionalidades.

Este dispensador permite a consulta do histórico das tomas dos medicamentos, melhor dizendo, possibilita a observação das horas a que o paciente inclinou o dispositivo para recolher os comprimidos.

O *MedSmart* sofreu atualizações nas suas funcionalidades, sendo que a *e-pill* lançou um dispositivo melhorado designado por *MedSmart Plus* [54]. Esta evolução tem a capacidade de possibilitar uma monitorização remota do paciente sendo, para isso, necessário um acesso à rede. Nesta versão, exposta na Figura 21, o dispositivo tem a capacidade de avisar remotamente quando uma toma é perdida, transferir o historial de tomas e alertar quando a bateria se encontra fraca ou caso tenha ocorrido algum problema de funcionamento. Estas notificações podem ser realizadas através de uma chamada, *email* ou mensagem para o telemóvel, não apresentam nenhum custo extra e permitem aos cuidadores e aos profissionais de saúde,

monitorizar, de forma mais consistente, o plano terapêutico medicamentoso do paciente. O historial das dispensas dos medicamentos pode ser consultado *online*.



Figura 21 - Dispositivo MedSmart Plus da e-pill [54].

Atualmente, o preço do *MedSmart* varia entre 500€ e 632€ e o do *MedSmart Plus* varia entre 718€ a 813€. Existem outros produtos com funcionamento, *design* e funcionalidades semelhantes, mas fabricados por outras entidades, como o caso do *Pivotell* [55], e do *MedReady* [56], cujos preços rondam, respetivamente, os 150€ e os 135€.

Um outro equipamento deste tipo, que merece ser mencionado, é o *MedTime Station Automatic Pill Dispenser* [57] [58], apresentado na Figura 22, também desenvolvido pela *e-pill*. Basicamente apresenta características e funcionalidades semelhantes às do *MedSmart*. Diferencia-se, essencialmente, por possuir um sistema que facilita a dispensa dos medicamentos bastando, para isso, que o paciente puxe a alavanca azul de modo a que os comprimidos caiam no copo de aço inoxidável. Este sistema, na parte inferior, apresenta umas borrachas/pegas que lhe permitem aderir a uma superfície. A capacidade de armazenamento de cada compartimento é de 18 comprimidos do tamanho de uma aspirina. As suas dimensões rondam os 25,0x23,0x20,0cm e o seu preço varia, aproximadamente, entre 264€ e 409€.



Figura 22 - Mecanismo de dispensa do Medtime Station Automatic Pill Dispenser. Adaptado de [57].

As vantagens deste género de dispositivos são a sua portabilidade, a organização e a facilidade de manuseamento.

As desvantagens consistem, essencialmente, no preço elevado, na falta de modularidade e na necessidade de utilização da base.

- **Philips Medication Dispensing Service [59] [60]**

Este dispensador de medicamentos, é um produto da *Philips*, está integrado num serviço disponibilizado por esta empresa e, por isso, não pode ser vendido separadamente. Atualmente, a instalação deste serviço tem um preço de aproximadamente 90€ e um custo mensal a rondar os 55€. Este produto não é comercializável em Portugal.

Este dispensador possui 10 cilindros nos quais se empilham 6 pequenos copos de plástico. Estes são responsáveis pelo armazenamento da medicação correspondente às diferentes doses, perfazendo um total de 70 doses. Os copos são fornecidos pela *Philips* juntamente com um suporte de organização dos mesmos e nos quais o utilizador ou cuidador deve identificá-los corretamente com o dia e a hora da toma, através do uso de um marcador de tinta permanente. Para o sistema funcionar em perfeitas condições, os copos têm de estar devidamente tapados com a tampa fornecida para cada copo e não devem estar partidos nem exceder a capacidade de armazenamento. Apenas é permitido o uso de comprimidos ou cápsulas, não podendo ser utilizada medicação líquida.

O sistema deste dispositivo funciona por rotação, sobre um eixo central, que permite a colocação do copo correspondente no local de dispensa aquando da hora da sua respetiva toma. Apesar de não serem enunciadas as dimensões exatas do equipamento, aparenta ter um tamanho relativamente grande, o que implica dificuldade no seu transporte, pelo que é suposto ser utilizado principalmente em ambiente doméstico. O dispositivo é alimentado por corrente elétrica. Este possui uma bateria que possibilita uma autonomia de cerca de 18 horas.

Este dispensador possui, no seu interior, um teclado com diversos botões que permitem a configuração dos parâmetros necessários para as tomas medicamentosas e a utilização de funcionalidades do dispositivo. Contudo, o sistema está bloqueado e só é aberto através da utilização da chave de desbloqueio.

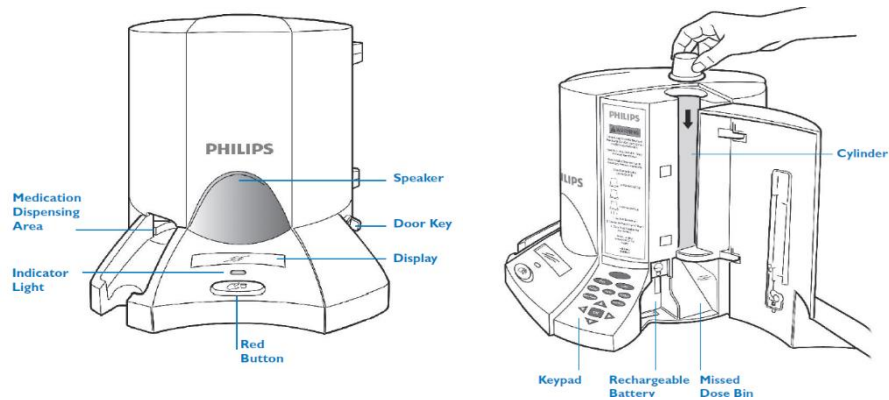


Figura 23 - Esquema do exterior (esquerda) e interior (direita) do dispensador da Philips. Adaptado de [60].

Este dispositivo, cujo exterior e interior podem ser visualizados na Figura 23, destaca-se por permitir enviar notificações para os cuidadores, necessitando, para isso, de uma ligação telefónica associada.

No que respeita a alarmes, é possível definir, no máximo, até 6 alarmes diários. Estes podem ser lembretes da dispensa da medicação ou mensagens a lembrar o utilizador de eventos como, por exemplo, “*Take your insulin*” ou “*Check your blood pressure*”. Esta funcionalidade é uma mais valia, uma vez que é possível alertar para diversos eventos e para a toma de medicação não compatível com o dispensador. Caso seja necessário, este dispositivo apresenta uma funcionalidade que permite antecipar o horário das dispensas dos medicamentos.

Quando os alarmes são emitidos, o dispensador acende uma luz vermelha intermitente na parte frontal e emite uma mensagem. O utilizador necessita de pressionar o botão existente no painel frontal para que ocorra a dispensa dos medicamentos. Se o utilizador não pressionar o botão após 90min, a dose é considerada como perdida, sendo dirigida para um compartimento de doses perdidas, cuja capacidade máxima é de 4 copos. Caso a toma não seja efetuada, o centro de monitorização/suporte atua de modo a notificar algum dos cuidadores ou responsáveis pelo paciente. É possível a definição de até 4 cuidadores que recebem os alertas sobre doses perdidas, falta de medicação, bateria fraca e erros/falhas no sistema. Caso o cuidador não responda a 4 notificações de alertas, o dispensador contacta o centro de monitorização/suporte para que um especialista consiga entrar em contacto com o cuidador ou

averigue a situação. Quando o dispensador deteta que faltam apenas 3 dias para acabar a medicação, este envia um alerta “*Almost empty*” para o primeiro cuidador definido.

Todos os dias o dispositivo contacta o centro de monitorização/suporte de modo a atualizar as informações sobre as tomas, sendo estas disponibilizadas *online*. Para o cuidador ter acesso a estas informações basta contactar o centro de monitorização/suporte para lhe ser cedido um *login*.

As principais vantagens deste dispositivo são a sua grande capacidade de armazenamento e o sistema inteligente de configuração e monitorização constante, podendo enviar alertas aos cuidadores. As desvantagens estão relacionadas com o tamanho do dispositivo, pois não permite que este seja facilmente transportável, e o preço mensal dos serviços associados à sua utilização e monitorização diária.

- **Hero [61] [62]**

Hero, observado na Figura 24, é um dispensador automático de medicamentos que possui um ecrã na parte frontal juntamente com um conjunto de botões que permitem configurar o dispositivo. As dimensões deste equipamento são 22,9x22,9x38,1cm, tratando-se, assim, de um dispositivo de grande porte pelo que não é facilmente transportável, estando orientado para uma utilização num local fixo. Tem a capacidade máxima de 10 copos, cada um dos quais apto para receber diferentes tipos de medicamentos. A marca enuncia que o dispositivo é capaz de armazenar comprimidos para um período de cerca de 30 dias. Para efetuar a dispensa dos medicamentos, o utilizador apenas tem de pressionar o botão principal na parte frontal do dispositivo quando os alarmes forem emitidos.

Existe uma aplicação *Hero* para dispositivos móveis ou uma aplicação *web*, no qual é necessária a criação de uma conta usando um endereço de *email*. Nesta aplicação é possível a configuração das tomas e do envio de notificações ao utilizador, aquando das tomas, e aos seus familiares e/ou cuidadores informando que determinada dose foi tomada ou alertando caso esta não seja tomada ou esteja atrasada. Com a aplicação é também possível visualizar estatísticas sobre as tomas e consultar informações sobre os medicamentos tomados. Esta tem uma funcionalidade inteligente que avisa caso haja interações medicamentosas indesejáveis, fornecendo também uma linha de apoio ao cliente disponível 24h/dia. O dispositivo envia informação através de uma conexão *Wi-Fi*, o que possibilita manter o *software* atualizado e permitir a utilização das aplicações para a realização das diferentes configurações ou visualização de informações. Os utilizadores, para adquirirem o dispositivo, necessitam de se tornar um membro *Hero*. Para isso, existe um pagamento inicial de cerca de 90€ e, posteriormente, é necessário o pagamento de mensalidades de aproximadamente 27€. Com isto, o utilizador tem acesso a um dispositivo *Hero*, à aplicação *Hero*, a suporte 24h/dia e a recargas gratuitas. Existe também a possibilidade de fazer *upgrade* para o plano *Super Hero*, no qual funcionários do *Hero* ficam responsáveis pela monitorização da adesão do utilizador,

dos níveis de comprimidos e da ligação ao *Wi-Fi*. Atualmente, o *Hero* só está disponível nos Estados Unidos.



Figura 24 - Dispositivo *Hero* (esquerda). Sistema onde se colocam os medicamentos (direita). Adaptado de [61].

As vantagens deste dispositivo são o seu sistema inteligente, a sua grande capacidade de armazenamento e a sua facilidade de utilização. As desvantagens baseiam-se nas suas grandes dimensões pelo que não é facilmente transportável, e no seu preço elevado.

- **MedaCube** [63]

O *MedaCube*, representado na Figura 25, é um dispensador inteligente, de grandes dimensões, capaz de albergar até 16 tipos diferentes de medicamentos, tendo uma autonomia de cerca 90 dias. Possibilita a configuração até 20 alarmes diários. Quando os alarmes são emitidos, é necessário pressionar um botão para que a medicação seja dispensada. Se o utilizador não remover a dose no horário definido, o *MedaCube* repete o alerta passados 10min.

Este dispositivo está dotado de características inteligentes. Todas as informações recolhidas são processadas e armazenadas numa *cloud*, tendo os cuidadores acesso autorizado a essas informações, que podem ser visualizadas num portal. É também possível a partilha destas informações com profissionais de saúde, se o paciente assim autorizar. Para a disponibilidade destas funcionalidades, é necessária uma ligação à *internet*. Os cuidadores recebem alertas quando as doses estão atrasadas ou são perdidas, quando existem falhas de energia ou quando for necessário reabastecer o sistema com medicação. Estas notificações são enviadas via *email*, mensagem de texto ou chamada telefónica. As dimensões deste dispositivo são aproximadamente 25x25x25cm, pelo que não é facilmente transportável, e pesa cerca de 4,5kg. É possível a compra deste dispensador por cerca de 1350€. Atualmente, a empresa não envia nem vende o *MedaCube* para fora dos Estados Unidos.



Figura 25 - Dispensador MedaCube. Adaptado de [63].

As principais vantagens são o sistema inteligente, a capacidade de armazenamento e a facilidade de manuseamento. As desvantagens baseiam-se na falta de portabilidade e modularidade, e no preço elevado.

Buono et al. [64] desenvolveram um dispensador de medicamentos modular, composto por uma base que serve de suporte e de alimentação a um conjunto de *pill boxes*, e diversos alertas que relembram o utilizador para o horário das tomas medicamentosas. Este dispositivo foi desenvolvido com o objetivo de proporcionar uma orientação a um tratamento em casa do doente, estando indicado para pacientes dependentes de terceiros. Apesar de ser modular e apresentar, teoricamente, uma capacidade ilimitada de suportar *pill boxes*, aparenta não ser facilmente transportável, contudo, permite a toma de diversos tipos de medicamentos. O controlo e a configuração das tomas medicamentosas são realizados por uma aplicação para *smartphone*, a cargo do cuidador, sendo o dispositivo pensado para utilização em casa.

O MedTracker [65] é um sistema que regista todas as movimentações de medicamentos efetuadas pelo utilizador num dispensador. Posteriormente, é efetuada, via *bluetooth*, uma comunicação com um computador, no qual é possível extrair estatísticas e dados relevantes relativamente ao consumo dos diferentes medicamentos. Este sistema, no entanto, serve apenas como complemento dos dispensadores, uma vez que não implementa qualquer tipo de mecanismo de controlo de dispensa medicamentosa nem nenhum tipo de alertas.

De modo a facilitar uma comparação dos detalhes e características mais relevantes dos dispensadores disponíveis no mercado, seguidamente encontra-se na Tabela 3 um resumo das suas principais características.

Tabela 3 - Resumo das principais características dos dispensadores comercializados descritos anteriormente.

Nome do Dispensador	Automático	Inteligente	Alarmes	Número de alarmes diários	Número de compartimento	Capacidade dos compartimento	Facilmente transportável	Modular	Preço
7 Day x 4 Large Capacity Pill Box [41]	X	X	X	X	28	30	✓	✓	27€-45€
e-pill Multi-Alarm TimeCap - Simple Pill Timer [42] [43]	✓	X	✓	24	1	N.D.	✓	X	27€-45€
e-pill 4 Alarm Vibrating Pocket Pill Box [44] [45]	✓	X	✓	4	4	8	✓	X	36€-45€
e-pill MedGlider Daily Pillbox Timer [46] [47]	✓	X	✓	4	4	18	✓	X	36€-45€
TabTime Super 8 [48] [49]	✓	X	✓	8	8	N.D.	✓	X	26€
e-pill MedGlider Home Weekly Pillbox with 4 Alarm Timer [50]	✓	X	✓	4	28	18	✓	SEMI	50€-59€
MedFolio Electronic Pillbox [51]	✓	✓	✓	N.D.	28	20-25	✓	SEMI	181€ + 3€/mês ou 9€/mês
e-pill MedSmart Automatic Pill Dispenser [52] [53]	✓	X	✓	6	23 ou 28	20	✓	X	500€-632€
e-pill MedSmart Plus [54]	✓	✓	✓	6	23 ou 28	20	✓	X	718€-813€
MedTime Station Automatic Pill Dispenser [57] [58]	✓	X	✓	N.D.	23 ou 28	18	X	X	264€-409€
Philips Medication Dispensing Service [59] [60]	✓	✓	✓	6	60	N.D.	X	X	90€ + 55€/mês
Hero [61] [62]	✓	✓	✓	N.D.	10	N.D.	X	X	90€ + 27€/mês
MedaCube [63]	✓	✓	✓	20	16	N.D.	X	X	1350€

2.6. Nota Conclusiva

Ao longo deste segundo Capítulo realizou-se o Estado da Arte. Inicialmente, enquadraram-se os temas principais da administração medicamentosa, da adesão e não adesão à terapêutica e dos dispensadores de medicamentos. Depois foram exploradas e descritas as principais características, vantagens e limitações de diversos tipos de dispensadores de medicamentos, bem como foram dados exemplos de patentes e dispositivos comercializados que se consideraram ser os mais relevantes.

Mediante a revisão de literatura podemos constatar que os dispensadores inteligentes, apesar dos custos mais elevados comparativamente aos dispositivos mais simples e menos complexos, revelam um impacto positivo na gestão do plano terapêutico medicamentoso, tendo como principal consequência uma redução dos erros humanos associados às tomas medicamentosas, possibilitando um melhor controlo sobre as tomas, quer por parte do doente quer por parte do cuidador. Apesar dos diversos benefícios, existem também desvantagens. No que respeita aos tratamentos prolongados e contínuos, verificou-se uma diminuição da procura dos profissionais de saúde, o que é um erro grave, pois estes dispositivos não podem suprimir a necessidade de acompanhamento por parte dos profissionais de saúde. É de salientar que os dispensadores não se resumem a uma utilização doméstica, estes dispositivos são também utilizados em ambiente hospitalar de modo a proporcionar uma redução dos custos e da sobrecarga de trabalho dos profissionais e, conseqüentemente, um aumento da eficiência do processo de tratamento clínico.

No que respeita às patentes de dispensadores de medicamentos são encontradas diversas referências a dispositivos automáticos e inteligentes. Este tipo de dispensadores, quando comparados com os dispensadores manuais, geralmente, apresentam um sistema de funcionamento mais complexo, possuindo alarmes para lembrar o utilizador da toma dos seus medicamentos. Alguns contêm uma interface no próprio dispositivo ou numa aplicação integrada que permite configurar e/ou acompanhar as dispensas de medicamentos e inclusive informar o cuidador de forma remota. No entanto, em muitos destes dispensadores, a complexidade dos sistemas desenvolvidos aumenta as dimensões do dispositivo que, pela falta de modularidade da maioria deles, compromete a sua portabilidade, invalidando a sua utilização nos casos em que é necessário a utilização dos dispositivos fora de casa. Alguns deles, apresentam poucos compartimentos ou, apesar de apresentarem vários compartimentos, pela dimensão de cada um deles, são capazes de armazenar um número limitado de medicamentos.

Quanto aos dispositivos comerciais, existe um leque bastante grande de dispensadores de medicamentos, com diversas funcionalidades, tendo sido, neste Capítulo, mencionados apenas alguns dos mais populares. Existem, também, muitos fabricantes que oferecem uma vasta gama de produtos, com modelos similares e preços ligeiramente diferentes. Os diferentes tipos de dispositivos apresentam todos eles vantagens e desvantagens quando comparados entre si, tendo, teoricamente, um mercado alvo diferente.

Após as conclusões efetuadas pela leitura do Estado da Arte, é possível observar que, grande parte dos dispositivos mais complexos, estão carentes de características de modularidade o que compromete a sua portabilidade, limitando a sua utilização em alguns pacientes. Observando, também, o preço de venda destes dispositivos complexos, é possível concluir que o seu usufruto está maioritariamente limitado às populações de classes economicamente superiores.

Seria interessante e útil desenvolver um dispositivo que possua algumas das características dos dispensadores mais complexos aliado a características modulares e cujo preço fosse ao encontro da população mais carenciada, pois é um nicho de mercado grande que não deve ser descurado. Aqui, salienta-se uma outra janela de oportunidade para o desenvolvimento deste tipo de dispositivos associada à congregação dos dados da toma medicamentosa e à monitorização remota de parâmetros fisiológicos da patologia, e envio destes dados por ligação à *internet* para o cuidador de saúde. Estes dados poderão ser apresentados ao profissional de saúde, com potencial análise à priori por um método de apoio à decisão automático baseado em inteligência artificial.

Capítulo III - Materiais e Métodos

Após as conclusões retiradas dos Capítulos I e II, é possível planejar o desenvolvimento de um dispensador que possua as características que permitam colmatar algumas das limitações ou pontos fracos existentes nos produtos atuais.

Dada a diversidade de componentes deste dispositivo, é necessária a utilização das ferramentas e das tecnologias que melhor proporcionem o seu desenvolvimento.

Para esta dissertação será desenvolvido um protótipo simplificado do dispensador. Este é desenvolvido de raiz, sendo necessário o desenho da sua arquitetura e a utilização de uma linguagem para programar o microcontrolador.

3.1. Requisitos

Existem diversos requisitos que são necessários contemplar de modo a alcançar o desenvolvimento de uma boa solução. O mercado dos dispensadores de medicamentos encontra-se relativamente explorado, pelo que é necessário o desenvolvimento de um dispositivo com características diferenciadoras. Um dos seus grandes objetivos é facilitar a independência dos seus utilizadores, para isso, é importante promover a portabilidade do equipamento.

Para facilitar o transporte do dispositivo é importante zelar pelas suas dimensões e peso reduzidos, pelas suas características de modularidade que permitem ao utilizador transportar apenas os módulos de que necessita, e também pela sua autonomia que possibilita ao utilizador se poder afastar da sua área de residência sem ter de se preocupar constantemente com o fornecimento de energia ao dispositivo.

É também de fulcral importância garantir que o dispositivo possa ser utilizado por doentes com capacidades cognitivas e motoras reduzidas, pelo que é necessária a implementação de características automáticas e inteligentes, e a garantia da automação do sistema mecânico e da emissão de alertas.

Existe um grande número de dispositivos no mercado que são detentores de algumas destas funcionalidades, no entanto, alguns deles tem um preço demasiado elevado. É objetivo também deste projeto abranger grande parte da população e das classes sociais, proporcionando também à população mais carenciada a nível económico e com capacidades cognitivas e motoras reduzidas, o acesso à possibilidade de gerir as suas tomas medicamentosas, utilizando um dispositivo automático e inteligente.

A vontade de desenvolvimento de um produto de qualidade, com características de portabilidade e modularidade, mas acessível a grande parte da população, aumenta exponencialmente a complexidade deste projeto. Isto leva a uma necessidade de preocupação

com os custos e qualidade dos materiais utilizados no dispositivo, sendo necessária a escolha correta dos materiais que permitem uma redução significativa dos custos e promovam a portabilidade do dispositivo, sem comprometer a qualidade final do mesmo.

3.2. Arquitetura do dispensador

Através da elaboração de uma arquitetura para o dispositivo, é possível obter uma visão abrangente, simplificada e esquemática do mesmo. Esta possibilita fragmentar o projeto, facilitando a sua visualização e, conseqüentemente, o desenvolvimento de cada uma das diferentes partes.

Inicialmente, é necessário analisar e organizar todos os componentes e funcionalidades do dispositivo de modo a se perspetivar um produto funcional. Este dispensador foi idealizado de forma a possuir um vasto conjunto de características benéficas a qualquer utilizador, nomeadamente aos idosos e portadores de demências.

Este dispositivo consiste num dispensador de medicamentos automático, pequeno, portátil, composto por módulos, cujo limite máximo é de 8 módulos. Cada módulo de controlo ou dispensador, na forma padrão do dispositivo, é um paralelepípedo cujas dimensões ideais seriam, aproximadamente, 7x5x2,5cm, o que perfaz um total de 20cm de largura do dispositivo total, dimensão inferior à maioria dos restantes dispositivos concorrentes existentes no mercado. Contudo, é de referir que a largura do módulo adaptador deve ser ligeiramente maior, cerca de 3,5cm, deste modo, é possível suportar um número maior de frascos. A união dos módulos será realizada por grampos, estilo *click/encaixe*, como, por exemplo, do género do fecho de uma tampa de um comando de televisão.

A modularidade do dispensador é uma das características diferenciadoras, pois o utilizador pode adaptar o número de módulos consoante o número de medicamentos que componha o seu plano terapêutico medicamentoso. Cada módulo corresponde a um tipo de medicamento.

Para as ligações dos módulos, no protótipo serão utilizados *jumpers*, mas no produto final os fios serão impressos numa placa de circuito impresso, a qual será conectada de módulo em módulo através de conectores. Os conectores utilizados têm de apresentar o número total de portas entrada/saída genéricos (*General Purpose Input/Output - GPIO*) necessários, mediante o número de GPIO requeridos para a totalidade do dispositivo.

O primeiro módulo é o módulo de controlo (1). Este é obrigatório e possui os seguintes componentes:

- Um microcontrolador que possibilita a execução das funcionalidades estipuladas;
- Um *Real Time Clock* (RTC) de modo a permitir ao sistema utilizar um relógio interno atualizado que possibilite o tratamento dos *inputs* relativamente aos horários das tomas;

- Uma bateria ou pilhas como fonte de alimentação;
- Um LED vermelho (2) para indicar quando o nível de bateria está reduzido;
- Uma buzina para a emissão de alertas sonoros;
- Uma placa de rede para comunicar, via *Wi-fi* ou outro meio de comunicação, com uma plataforma que possibilita a configuração dos parâmetros das tomas de acordo com o plano terapêutico medicamento do paciente.

Este último componente não será incorporado no protótipo, esta funcionalidade não é nuclear para validar o funcionamento do dispositivo, uma vez que apenas é responsável pela leitura e escrita de dados. Dado tempo necessário acrescido para o desenvolvimento da plataforma que permite uma gestão inteligente das tomas medicamentosas, o facto de esta ultrapassar o âmbito do desenvolvimento estipulado para esta dissertação e após se ter validado positivamente a possibilidade da sua concretização, o foco do desenvolvimento ficará pelo *hardware* do dispositivo.

No que respeita aos módulos dispensadores (7), estes apresentam uma interface simples cujo intuito é facilitar a sua utilização. Este dispositivo é composto, no máximo, por 8 módulos, sendo que o primeiro é o módulo de controlo e os restantes são módulos dispensadores e/ou adaptadores.

No interior dos módulos dispensadores existe:

- um compartimento (8) para armazenamento dos comprimidos;
- uma coluna (10) que permite a saída dos mesmos;
- um travão (9) para impedir a extração de mais do que um comprimido de cada vez;
- uma mola (13) como sistema de atuação mecânico, podendo funcionar também por um sistema eletromecânico;
- um botão/sensor fim de curso (*microswitch* com patilha) (12) de forma a contabilizar o número de comprimidos;
- um servo motor (11) ou um eletroímã (por exemplo, solenoide de 5v) para trancar o dispositivo.

O fim de curso serve para que, quando o botão for pressionado, a guia horizontal (14) existente no compartimento que armazena os comprimidos desça, toque neste sensor e, desta forma, é dada indicação ao microcontrolador de que um comprimido foi dispensado. Esta característica é útil pois, quando o utilizador necessitar de tomar, por exemplo, no mesmo horário, dois comprimidos iguais, permite que seja efetuada a contabilização do número de comprimidos removidos e que os alarmes sejam desligados apenas quando a dose total for dispensada.

Os componentes referidos anteriormente têm em vista a simplicidade do módulo dispensador, contudo, é de referir que a escolha de uma coluna com um travão pode não ser a melhor opção para a extração de um comprimido de cada vez, pelo que se pode utilizar, invés deste sistema, um micromotor que permita a rotação de um cilindro que possui um compartimento para apenas 1 comprimido.

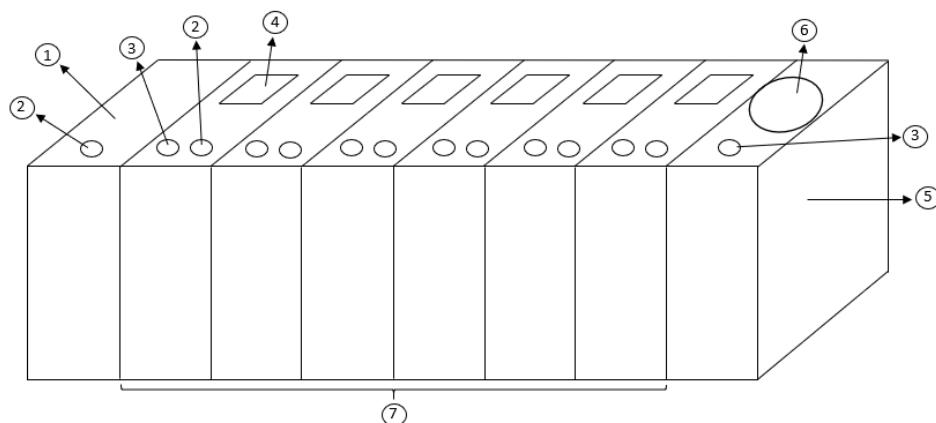
No exterior de cada módulo dispensador é observável:

- um botão (4) para que, assim que os alertas sejam emitidos, seja facilmente pressionado pelo utilizador;
- um LED verde (3) para indicar o módulo no qual o utilizador deve pressionar o botão;
- um LED vermelho (2) para indicar quando o módulo necessita de ser abastecido com medicamentos.

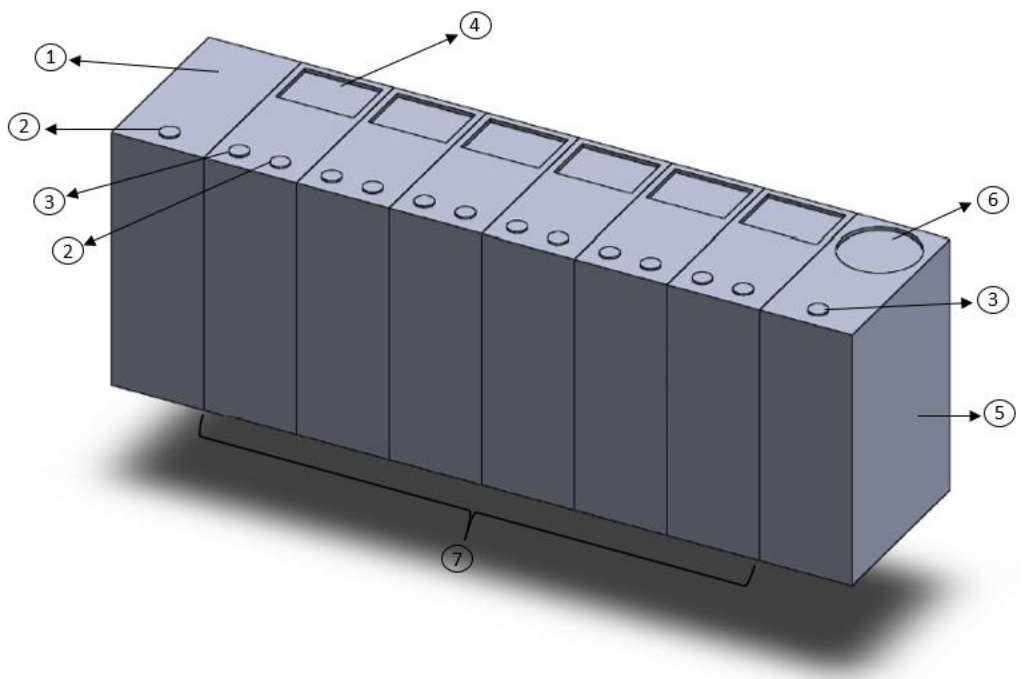
É de referir que existe um número mínimo de comprimidos armazenados obrigatório, de modo a proporcionar que cada módulo nunca fique totalmente vazio. Quando o módulo atingir o limite mínimo definido, o LED vermelho desse módulo acende para indicar que é necessário abastecer. Isto é útil para evitar situações de falhas no tratamento medicamentoso do paciente por falta de acesso à medicação em caso de esquecimento do abastecimento. O limite mínimo estipulado é de 4 comprimidos.

Outra característica vantajosa e inovadora deste dispositivo é a possibilidade de acoplamento de um módulo adaptador (5) para medicação líquida ou em pó, característica diferenciadora em relação a muitos dos dispositivos atuais. Este módulo consiste num cilindro almofadado (6) no qual é possível a inserção de um frasco de medicação líquida ou um cilindro com capacidade para aproximadamente 60ml, no qual se coloca água e se mistura medicação em pó. É de salientar que este módulo adaptador apenas tem como funções servir de suporte e permitir alertar quando for o momento da toma da medicação, não tendo implementado mecanismos de contabilização de doses. Possui um LED verde (3) para indicar quando for o momento de administrar este tipo de medicação.

De forma a facilitar a observação do que seria expectável obter para o produto final, realizou-se um esboço, ao nível exterior e interior. Na Figura 26 está demonstrado, em A o esboço do exterior do dispensador completo e em B esse mesmo esboço realizado no *SolidWorks*, e na Figura 27 pode-se observar o interior de cada módulo dispensador.



A - Esboço inicial do dispensador.



B - Esboço do dispensador realizado no SolidWorks.

Figura 26 - Esboços do exterior do dispositivo completo.

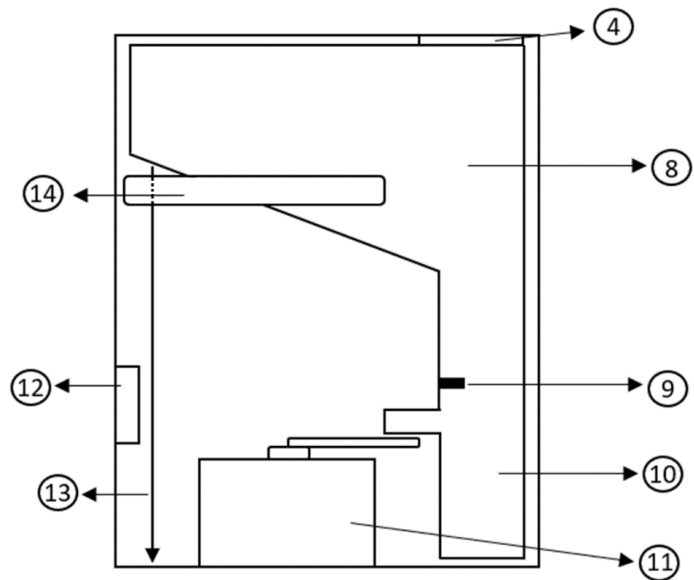


Figura 27 - Esboço do interior do módulo dispensador.

Antes de proceder à escolha do microcontrolador, é necessário conhecer o número exato de pinos que serão necessários para o desenvolvimento do dispositivo. O módulo de controlo requer 3 *Outputs* (1 para a buzina, 1 para o LED vermelho e 1 para o RST do RTC), o módulo dispensador necessita de 3 *Outputs* (1 para o LED verde, 1 para o LED vermelho e 1 para o servo motor) e o módulo adaptador apenas precisa de 1 *Output* (1 para o LED verde). No que respeita aos *Inputs*, o módulo de controlo necessita de 3 *Inputs* (1 para o CLK e 1 para o DAT do RTC e 1 para o suporte das pilhas/bateria) e cada módulo dispensador requer apenas 1 *Input* relativo ao botão/sensor fim de curso (*microswitch* com patilha).

O módulo Wireless a utilizar pode ser, por exemplo, o ESP8266 que requer 3 *Inputs* (1 para o CH_PD, 1 para o REST e 1 para o TX), 1 *Output* (1 para o RX) e 2 GPIO que podem ser *Output* ou *Input* (1 para o GPIO0 e 1 para o GPIO2). Assim, no total, caso o dispositivo seja construído com o número máximo de módulos, isto é, com 1 módulo de controlo e 7 módulos dispensadores, são necessários 40 GPIO.

Na Tabela 4 é possível observar um resumo do número de pinos necessários para cada um dos módulos do dispensador.

Tabela 4 - Resumo do número de GPIO necessários para o produto final.

	Periféricos	<i>Input</i>	<i>Output</i>	GPIO que podem ser <i>Input</i> ou <i>Output</i>	Total
Módulo de Controlo	Buzina	X	1	X	6 <i>Input</i> 4 <i>Output</i> 2 GPIO
	LED vermelho	X	1	X	
	Módulo Wireless ESP8266	3	1	2	
	RTC	2	1	X	
	Suporte para as pilhas	1	X	X	
Módulo Dispensador	Botão/sensor fim de curso (<i>microswitch</i> com patilha)	1	X	X	1 <i>Input</i> 3 <i>Output</i>
	LED verde	X	1	X	
	LED vermelho	X	1	X	
	Servo motor	X	1	X	
Módulo Adaptador	LED verde	X	1	X	1 <i>Output</i>

O dispositivo estará conectado a uma plataforma, na qual será possível efetuar a gestão inteligente e configuração das tomas medicamentosas, de acordo com o plano terapêutico medicamentoso do utilizador. A plataforma está conectada a uma base de dados cuja utilidade é a leitura e armazenamento dos dados. A plataforma deve ser desenvolvida tendo em vista a

possibilidade do seu uso móvel, e deve ter uma interface simples e limpa, que promova uma fácil utilização e visualização das informações através da mesma.

O funcionamento deste sistema assenta em quatro perfis de utilização: o utilizador, o cuidador, o administrador e o médico. O utilizador é o paciente, o cuidador uma pessoa responsável por supervisionar os comportamentos do paciente, o administrador fica ao encargo do farmacêutico e o perfil médico é ocupado apenas pelo médico.

O perfil médico apenas tem permissões para submeter uma receita médica e associar a mesma a um determinado paciente, podendo visualizar as informações necessárias sobre as tomas medicamentosas do paciente.

A configuração dos parâmetros das tomas medicamentosas apenas pode ser realizada pelo perfil administrador, através da plataforma, sendo que o farmacêutico é também responsável pelo abastecimento do dispositivo.

O cuidador apenas tem acesso a informações como, por exemplo, o registo semanal das tomas medicamentosas e das doses perdidas, entre outras informações, não tendo permissões para proceder à configuração dos parâmetros. Este também não deve ter interação direta com o dispositivo, sendo que o seu âmbito de ação se resume à plataforma.

O utilizador deve apenas receber o dispositivo, já preparado pelo administrador, e estar atento aos alertas seguindo as recomendações dados pelo dispensador. Dependendo do nível de autonomia do paciente, o utilizador poderá também ser o cuidador, tendo acesso diretamente à leitura de informações relativas às suas tomas.

O objetivo do funcionamento deste dispensador é permitir estabelecer uma rede médico-paciente-farmacêutico. O fluxo de informação na plataforma pode ser visto da seguinte forma: o médico prescreve uma receita que é armazenada na base de dados da plataforma, posteriormente, o farmacêutico acede a essa receita e é responsável por configurar os parâmetros do dispositivo, de acordo com o plano terapêutico medicamentoso do paciente, e também de abastecer o dispensador com os medicamentos. O paciente apenas tem de se dirigir à farmácia para fazer o levantamento do dispositivo, seguir as instruções cedidas pelo sistema do dispositivo e, quando os módulos atingirem o limite mínimo de comprimidos, o paciente será notificado para se dirigir novamente à farmácia para o abastecimento do dispensador. Simultaneamente, o médico será avisado desta condição para providenciar nova receita, assim como o farmacêutico para que tudo esteja preparado aquando da vinda do paciente. Durante todo este processo, o cuidador pode acompanhar os comportamentos do paciente, observando a sua informação na plataforma, devendo reportar ao médico ou ao farmacêutico caso detete alguma anomalia.

De modo a manter o dispositivo seguro para o utilizador, só o administrador tem acesso à configuração dos parâmetros das tomas. O acesso a cada um dos perfis de utilização é efetuado através de um *login* que contém uma palavra-chave de acesso.

Em suma, este dispensador possui um leque de características que, pela disponibilização de todas elas em simultâneo, colmata algumas fragilidades ou limitações dos

produtos existentes ou proporciona as mesmas a um preço baixo, pelo que se torna um dispositivo destacável dos restantes atualmente comercializados.

No que respeita aos materiais a serem utilizados para o protótipo e, uma vez que este será desenvolvido de raiz, é necessária a utilização de um *software* que permita o desenvolvimento de um modelo 3D sobre o qual é posteriormente efetuada a impressão 3D. É necessário também a escolha do melhor microcontrolador tendo em vista as suas funcionalidades, características e preço, bem como o IDE (*Integrated Development Environment*) mais adequado para a sua programação. Estas ferramentas bem como os materiais a utilizar, serão abordados nas secções seguintes.

3.3. Materiais para o Dispositivo

Para a elaboração de um produto final são necessários diversos materiais e componentes. Nesta secção é efetuada uma descrição e explicação de todos os elementos necessários para o desenvolvimento do mesmo.

3.3.1. Materiais

Para o desenvolvimento do dispositivo é essencial elaborar uma lista de material a ser utilizado. No que respeita à parte física do dispensador, vai-se utilizar plástico, através de injetores, como a matéria para a estrutura externa do dispensador.

Para além do material necessário para a estrutura básica do dispositivo, são necessários outros materiais que permitem a implementação das funcionalidades ou características estipuladas.

Para o desenvolvimento das funcionalidades propostas para o protótipo, detalhado no Capítulo 4, não será necessário contemplar todos os materiais aqui descritos.

Os materiais que seriam expectáveis utilizar para o desenvolvimento de cada um dos módulos para obtenção do dispositivo final, encontram-se descritos seguidamente.

- **Módulo de Controlo:**
 - Buzina: Este material é utilizado com o intuito de funcionar como mecanismo de alerta sonoro.
 - LED vermelho: Alerta para bateria fraca.
 - Módulo *Wireless*: Possibilita uma conexão à rede.
 - Pilhas/Bateria: São utilizadas como fonte alimentação.
 - Plástico: Material escolhido para a estrutura física do dispositivo.

- Microcontrolador: Tem como função executar e transformar em ações as tarefas programadas.
 - Resistência 330Ω: Permite limitar a corrente elétrica que é submetida aos LED's.
 - RTC: Tem como intuito informar ao sistema o tempo atual.
 - Suporte para pilhas: É o local onde se colocam as pilhas.
- **Módulo Dispensador:**
 - Botão: É pressionado pelo utilizador quando for o momento da toma medicamentosa.
 - Fim de curso (*microswitch* com patilha): É utilizado com o intuito de contabilizar o número de comprimidos que forem dispensados.
 - LED verde: Indica qual o módulo que deve ser pressionado o botão no momento da toma.
 - LED vermelho: Avisa o utilizador quando for atingido o limite mínimo de comprimidos.
 - Mola/motor: É o sistema de atuação utilizado.
 - Resistências 330Ω: Permitem limitar a corrente elétrica que é submetida aos LED's.
 - Servo motor: Tem como finalidade permitir trancar o dispositivo, tornando-o mais seguro para o utilizador.
- **Módulo Adaptador:**
 - Almofada/esponja: Tem como função servir de apoio no cilindro, de modo a ser possível a adaptação de vários diâmetros de frascos, tendo em conta que existe um diâmetro máximo.
 - Cilindro: Possibilita a inserção de um frasco de medicação líquida ou um cilindro no qual é possível misturar a medicação em pó com água.
 - LED verde: Indicação para o utilizador de quando for o momento de administrar a medicação líquida ou em pó.
 - Resistência 330Ω: Permite limitar a corrente elétrica que é submetida aos LED's.

3.3.2. Microcontrolador

3.3.2.1. Necessidade do Microcontrolador

O microcontrolador consiste num circuito integrado que possui recursos de *hardware* como memória, processador e I/O, no qual podem ser injetados procedimentos e instruções escritas utilizando uma linguagem de programação, cujo intuito final é a realização de diversas funções/tarefas [66].

Os microcontroladores caracterizam-se por permitirem a conexão com diversos tipos de periféricos, possuem dimensões e capacidade de processamento reduzidas, sendo, por isso, bastante compactos e apresentam requisitos de energia diminutos.

Para o alcance do objetivo final do protótipo, é necessário processar informação. A automação e a configuração da emissão de alertas exige a leitura das configurações armazenadas e o seu cruzamento com a leitura em tempo real do tempo atual. É necessário também o envio de sinais para a ativação do servo motor/eletroímã e a recolha das leituras geradas pelo botão fim de curso (*microswitch* com patilha).

A utilização de um microcontrolador programável permite implementar estas funcionalidades através do desenvolvimento de procedimentos utilizando uma linguagem de programação.

Aparentemente, a utilização de um microcontrolador revela-se capaz de proporcionar uma solução para todos os requisitos estipulados para o desenvolvimento deste projeto. Os microcontroladores possuem capacidade de processamento suficiente para a manipulação do volume de dados utilizados, e são suficientemente pequenos e eficientes para não comprometerem os requisitos de tamanho, modularidade e de consumo energético do dispositivo.

3.3.2.2. *Arduíno VS Texas Instruments Launchpad*

O Arduíno é uma plataforma eletrónica de prototipagem *open-source*. Esta plataforma surgiu em 2005, em Itália, como um projeto para proporcionar uma plataforma económica e de fácil aprendizagem e utilização, desenvolvida com o intuito de proporcionar a novatos ou mesmo profissionais, uma plataforma eficaz e acessível para desenvolverem dispositivos capazes de interagir com o meio. Esta plataforma, de forma gradual, tem ganho cada vez mais importância e utilizadores, ocupando uma posição de destaque na atualidade.

Para efetuar a programação é disponibilizado o Arduino IDE. Este é um IDE *userfriendly* no qual é possível escrever as instruções que, mais tarde, podem ser compiladas e submetidas ao microcontrolador. O Arduino IDE utiliza uma linguagem própria, na sua essência baseada em

C/C++, e promete a simplificação de muitos procedimentos com a disponibilização de várias bibliotecas, com um elevado nível de abstração e com uma programação de alto nível.

Através da injeção de instruções no microcontrolador Arduino, é possível ler diversos tipos de *inputs* e processá-los de forma a gerar um *output* pretendido [67]. É de destacar o esforço por parte do Arduino para o desenvolvimento de soluções orientadas a todo o tipo de utilizadores e necessidades, existindo uma ampla gama de placas de desenvolvimento com diferentes características. O Arduino foi desenvolvido com o intuito de ser acessível aos utilizadores, disponibilizando um ambiente de desenvolvimento simples e limpo, capaz de facilitar a tarefa de programação e proporcionar uma maior facilidade de aprendizagem aos novos utilizadores que não estão familiarizados com o ambiente ou com a programação de microcontroladores.

Este destaca-se, também, pela sua extensa comunidade de utilizadores e pelas vantagens inerentes a uma licença *open-source*. Diversos tutoriais e vídeo-aulas podem ser encontrados facilmente na *internet*, ensinando programação em Arduino e explicando como desenvolver diversas funcionalidades específicas. Muitos códigos já concebidos e bibliotecas, que podem ser utilizadas, podem ser facilmente encontrados, inclusive no *site* oficial do Arduino. Existe, ainda, um fórum onde é possível contactar a comunidade para o esclarecimento de dúvidas e para a procura de soluções para problemas conhecidos. Existem diversas variantes de Arduino, cada uma das quais possuindo características técnicas de *hardware*, periféricos e portas extras que variam bastante em função da variante escolhida, sendo que as variantes têm preços distintos.

Cada um dos Arduino's foi desenvolvido a pensar na satisfação das necessidades de um grupo de utilizadores específico ou no desenvolvimento de projetos de determinado tipo. A sua versão *standard* é o Arduino Uno que tem um custo de 20€. Existe um leque abrangente de placas de desenvolvimento Arduino, que se dividem, essencialmente, em 3 grandes famílias: *Entry Level*, *Enhanced Features* e *IoT* [68].

Os dispositivos ainda comercializados pertencentes à família *Entry Level* são o Arduino Uno, Arduino Leonardo, Arduino Micro, Arduino Nano, MKR2UNO Adapter e Arduino Starter Kit. Estes foram desenvolvidos tendo em vista, essencialmente, a facilidade de utilização e de aprendizagem para quem é iniciante no mundo da eletrónica e da programação. Apesar da sua simplicidade, estes são ferramentas poderosas, com capacidade de responder positivamente a grande parte dos requisitos da maioria dos projetos, proporcionando flexibilidade de desenvolvimento e a adição de periféricos, por isso, são excelentes opções para muitos projetos, especialmente recomendados para a realização de protótipos e projetos caseiros.

A família *Enhanced Features* apresenta modelos de elevada *performance* e com funcionalidades mais específicas e avançadas. Estes são recomendados para utilização em projetos mais complexos, cujos requisitos se encontrem bem definidos. Esta família disponibiliza microcontroladores com características e *performance* que permitam responder a algumas necessidades específicas que possam existir. Os produtos ainda comercializados pertencentes a esta família são o Arduino Mega 2560, Arduino Zero, Arduino Due, Arduino MKR

Zero, Arduino Motor Shield, Proto Shield, MKR Proto Shield, Arduino 4 Relays Shield, Arduino Mega Proto Shield, MKR Relay Proto Shield, MKR Can Shield, MKR 485 Shield, MKR Mem Shield e MKR Connector Carrier.

Por último, a família dos IoT (*Internet of Things*) cujos modelos apresentam características que possibilitam conexão à *internet*. Estes possuem periféricos extras que possibilitam realizar uma conexão à rede. Cada vez mais os dispositivos estão ligados à *internet*, existindo uma enorme quantidade de funcionalidades e possibilidades que o mundo *online* proporciona, sendo este tipo de dispositivos essenciais quando é necessário uma integração com um sistema de informação. Os dispositivos comercializados atualmente desta família são o Arduino Yún, Arduino Ethernet, MKR Fox 1200, MKR Wan 1300, MKR GSM 1400, MKR WiFi 1010, Uno WiFi REV2, MKR NB 1500, MKR Vidor 4000, Arduino MKR1000, MKR ETH Shield e MKR IoT Bundle.

Na Tabela 5 estão resumidas as principais características dos produtos Arduino mais relevantes.

Tabela 5 - Resumo das principais características dos microcontroladores Arduino mais relevantes [68].

Nome	Processador	Velocidade do CPU	Analogico In/Out	Digital IO/PWM	EEPROM [kB]	SRAM [kB]	Flash [kB]	USB	Comprimento [mm]	Largura [mm]	Peso [g]	Extras	Preço
Arduino Uno Rev3	ATmega328P	16	6/0	14/6	1	2	32	Regular	68,6	53,4	25	X	20€
Arduino Leonardo	ATmega32u4	16	12/0	20/7	1	2,5	32	Micro	68,6	53,3	20	X	18€
Arduino Micro	ATmega32U4	16	12/0	20/7	1	2,5	32	Micro	48	18	13	X	18€
Arduino Nano	ATmega328	16	8/0	22/6	1	2	32	Mini-B	45	18	7	X	20€
Arduino Mega 2560 Rev3	ATmega2560	16	16/0	54/15	4	8	256	Regular	101,52	53,3	37	X	35€
Arduino Zero	ATSAMD21G18	48	6/1	20/10	X	32	256	Micro	68	53	12	X	40€
Arduino Due	AT91SAM3X8E	84	12/2	54/12	X	96	512	OTG	101,52	53,3	36	X	35€
Arduino MKR Zero	SAMD21 Cortex-M0 + ARM MCU	48	7/1	22/12	X	32	256	Micro	61,5	25	22	SD Connector SPI Interfaces	20,90€
Arduino Yún Rev2	ATmega32U4 + Atheros AR9331	16 + 400	12/0	20/7	1	2,5 + 64000	32 + 16000	Regular + RJ45	73	53	X	Linux Processor + Ethernet + Wi-Fi + Micro SD	49€
Arduino Uno WiFi Rev2	ATMEGA4809	20	6/0	14/5	0,256	6,144	48	Regular	68,6	53,4	25	Wi-Fi	38,90€
Arduino MKR1000 WiFi	SAMD21 Cortex-M0 + 32 bits Low Power ARM MCU	48	7/1	8/12	X	32	256	Micro	61,5	25	32	Wi-Fi	30,99€

Os microcontroladores *Launchpad TI* são um projeto proprietário da *Texas Instruments*. São disponibilizados diversos tipos de variantes dos dispositivos que possuem características bastante distintas e orientados para diferentes tipos de finalidades [69].

O *Code Composer Studio (CCS)* é o IDE utilizado para o desenvolvimento de aplicações para microcontroladores Texas. Este é um *software* robusto e complexo que disponibiliza vastas funcionalidades. Possui uma interface bastante complexa e pesada, o que dificulta o processo de aprendizagem dos utilizadores iniciantes e a adaptação ao seu ambiente de desenvolvimento, no entanto, proporciona uma gama abrangente de funcionalidades facilitando o desenvolvimento de sistemas complexos e profissionais para utilizadores experientes. O CCS permite a utilização da linguagem *C/C++* ou *assembly*, sendo possível a seleção da linguagem pretendida na criação do projeto no CCS [70].

A Texas divide os tipos de dispositivos em grandes famílias, definidas em função das características dos dispositivos, que promovem diretamente um uso mais orientado para um determinado tipo de finalidade. É possível encontrar dispositivos desenhados com orientação para aplicação com requisitos críticos de segurança, aplicação com necessidade de operação em tempo real, aplicação de baixo consumo, entre outros. Cada uma destas famílias de dispositivos possuem ainda segmentação de modelos, existindo muitos dispositivos diferentes que se distinguem pelas suas características técnicas de *hardware*, *hardwares* extra e suporte de periféricos, dimensões, peso e preço. Desta forma, é possível aos utilizadores optar pelo dispositivo que mais se adequa às suas necessidades técnicas e ao seu orçamento. Os *kits* da Texas destacam-se, especialmente, pela disponibilização de boas soluções a um baixo custo, sendo que existe uma boa quantidade de soluções com um preço inferior a 10€.

Pelo facto de ser um projeto proprietário e relativamente recente, quando comparado com as plataformas concorrentes, ainda existem relativamente poucas informações, códigos disponibilizados e tutoriais *online*. A Texas tenta combater e contornar este facto, esforçando-se bastante através da disponibilização oficial de vários vídeos explicativos, tutoriais e documentação sobre a utilização e programação dos seus dispositivos.

Os microcontroladores Texas podem ser ramificados, essencialmente, em três grandes famílias, seguidamente descritas e resumidas:

- **C2000** - São microcontroladores de 32 *bits* de alto desempenho. Este tipo está especialmente orientado para o desenvolvimento de aplicações com requisitos de tempo real, proporcionando um elevado desempenho no processamento de sinais. São bastante utilizados na programação de controladores e em sistemas que necessitam de leitura de sensores precisa e instantânea.
- **Hercules** - Esta gama de microcontroladores é equipada com um ARM Cortex-R de 32 *bits*. Está vocacionada para a segurança funcional na qual é possível, através da definição e utilização de um atuador, tratar de uma situação potencialmente perigosa. Estando certificado com o IEC61508 e o ISO26262, este tipo de microcontroladores revela-se preparado para utilização intensiva e segura, sendo especialmente usado na automação e na indústria.

- **MSP430** - A família de microcontroladores MSP430 está equipada com processadores de baixo consumo *Reduced Instruction Set Computer* (RISC) de 16 bits. A reduzida complexidade e poder computacional desta arquitetura permite o desenvolvimento de sistemas com requisitos de baixo consumo energético a um custo reduzido. Este tipo está também vocacionado para a utilização de periféricos. A arquitetura das portas permite que as mesmas sejam utilizadas com funcionalidades de I/O, flexibilizando, assim, a integração de vários componentes. Esta possui conversores analógico digital integrados que proporcionam o desenvolvimento de aplicações de medição e monitorização. É de destacar o facto de que na aquisição de um MSP430 é fornecido um *kit* de desenvolvimento que inclui documentação, guias, suporte *online*, exemplos de código e *software* que auxiliam no processo de aprendizagem e desenvolvimento.

Existem ainda outros microcontroladores da Texas com diferentes características e que não pertencem a nenhuma destas famílias, cujas informações podem ser consultadas no *site* da Texas.

A família de microcontroladores MSP430 possui centenas de modelos diferentes, cada um com características diferentes. Através da leitura da nomenclatura do modelo de cada um deles, é possível subentender diversas informações sobre o mesmo, cada dígito representa uma determinada característica.

Na Figura 28 é possível observar o que cada dígito representa e qual o intervalo de valores admissível.

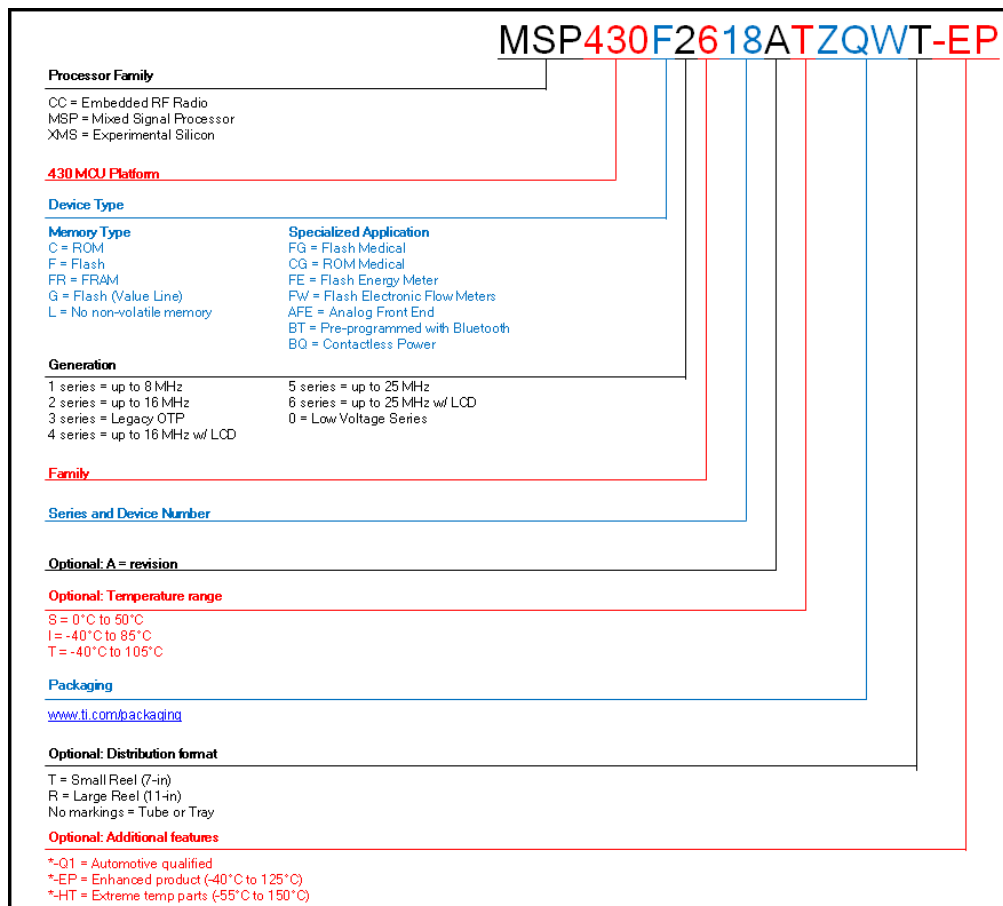


Figura 28 - Nomenclatura dos modelos de Microcontroladores da Família MSP430 da Texas [71].

3.3.2.3. Escolha do Microcontrolador para o Protótipo

Após a análise dos requisitos que são necessários satisfazer, é possível efetuar a escolha da família do microcontrolador que possua as características que, aparentemente, melhor satisfaçam as necessidades estipuladas.

Inicialmente, é necessária a escolha de um microcontrolador capaz de proporcionar a implementação das funcionalidades pretendidas para o dispensador. É necessária capacidade de processamento dos dados gerados pelos *inputs* e, em função disso, gerar um *output* específico dentro de um tempo de processamento aceitável, necessita também de permitir a integração e manipulação de periféricos extras. Após a análise das diversas famílias de microcontroladores, foi possível concluir que, quer os dispositivos Arduino como os Texas, possuem microcontroladores que satisfaçam estes requisitos.

Para o desenvolvimento do protótipo não são necessárias grandes preocupações com custos nem preocupações acrescidas com as dimensões estipuladas. É fundamental eliminar complexidades desnecessárias de forma a agilizar o processo de desenvolvimento. Nesta dissertação, pelos motivos explicados anteriormente, não será desenvolvida e integrada a plataforma de gestão, sendo que o foco do protótipo será o desenvolvimento do dispositivo e a

programação do *hardware*, pelo que não é necessária a escolha de um microcontrolador que disponibilize métodos de acesso à rede.

Para o desenvolvimento do protótipo, uma vez que apenas serão criados um módulo de cada, são necessários 7 *Outputs* (3 do Módulo do Controlo, 3 do Módulo Dispensador e 1 do Módulo Adaptador) e 4 *Inputs* (3 do Módulo de Controlo e 1 do Módulo Dispensador) o que perfaz um total de 11 GPIO. O microcontrolador escolhido necessita de 11 GPIO de forma a conectar todos os periféricos estipulados para o protótipo e pelo menos 1 entrada *Pulse Width Modulation* (PWM) para o servo motor.

Neste protótipo, uma vez que a plataforma não será desenvolvida, será utilizado um botão de pressão para fazer o *reset* ao código cada vez que seja realizado o abastecimento com comprimidos, este também permite desligar os alarmes do módulo adaptador, por isso, o módulo dispensador requer 2 *Inputs* (fim de curso e botão de pressão).

Os microcontroladores Arduino, em teoria, quando comparados com os Texas, proporcionam um desenvolvimento mais rápido e simples, visto as facilidades de desenvolvimento, a simplicidade associada ao mesmo, e a grande quantidade de informações e tutoriais existentes *online*, pelo que a escolha para o desenvolvimento do protótipo recai sobre um microcontrolador Arduino.

Dentro dos microcontroladores Arduino existe um vasto leque de escolhas, a grande maioria dos dispositivos disponíveis cumpre os requisitos estipulados. A escolha do microcontrolador acabou por recair pelo Arduino Uno, visto ser o modelo *standard* e aconselhado aos iniciantes. É aquele sobre o qual é possível encontrar mais informação específica e tutoriais, pois apresenta um preço acessível, cumpre todos os requisitos estipulados e permite simplificar o processo de desenvolvimento. Por todas estas razões, acabou por ser o dispositivo que, aparentemente, melhor se adequa ao desenvolvimento do protótipo.

3.3.2.4. Escolha do Microcontrolador para o Dispositivo Final

Pelas características de alta competitividade do mercado dos dispensadores de medicamentos, é de extrema importância garantir a redução ao máximo de custos. Um dos requisitos mais importantes para o dispensador e a sua característica diferenciadora é a posse de uma vasta gama de funcionalidades, logo surge a necessidade de efetuar uma escolha minuciosa e criteriosa do microcontrolador utilizado de modo a ir ao encontro da redução do custo de produção do dispositivo. Deste modo, é de extrema importância zelar pela aquisição de um microcontrolador barato, mas com capacidade de satisfazer todos os requisitos e suportar todas as funcionalidades estipuladas.

Não existe uma grande necessidade de capacidade de processamento, sendo apenas necessário efetuar operações básicas de leitura e escrita de dados, e de operações matemáticas

simples. Não há necessidade também de garantir a execução de funcionalidades em tempo real, havendo tolerância de alguns segundos para a execução dos procedimentos estipulados. Não são também necessárias demasiadas características de segurança funcional.

Visto que, para o dispositivo final apenas será utilizado um microcontrolador e não uma placa de desenvolvimento, não há necessidade de preocupações com as dimensões do microcontrolador, uma vez que todos eles têm dimensões suficientemente reduzidas.

É necessário também a escolha de um microcontrolador com memória não volátil. Deste modo, é possível armazenar os dados mais críticos sobre as tomas numa memória interna que mantenha a disponibilidade dos dados para precaver os casos em que o dispositivo reinicia por falta de energia como, por exemplo, quando a bateria acabar.

Outra característica crítica é a necessidade de garantir características de modularidade, permitindo expandir o dispositivo até um máximo de 8 módulos, em função das necessidades do utilizador. Com isto, é necessário seleccionar um microcontrolador que possua o número mínimo de GPIO que permita a integração do número máximo de módulos estipulados. Este valor já foi explicado anteriormente, sendo necessários, no mínimo, 40 GPIO.

Após a definição dos requisitos e funcionalidades necessárias, é possível efetuar a exclusão dos microcontroladores que não possuem as características necessárias. Mediante as opções obtidas, a escolha irá recair sobre aquela que apresentar um preço mais reduzido. Os microcontroladores Texas, neste ponto, são, aparentemente, uma melhor opção por possuírem um custo reduzido.

A família MSP430 *Ultra Low Power*, da *Texas Instruments*, representa uma excelente opção tendo em conta o preço reduzido dos seus processadores com arquitetura RISC. A família MSP430 possui ainda uma característica que é muito bem-vinda para o dispensador, pois apresenta microcontroladores com processadores de baixo consumo, o que permite aumentar a autonomia do dispositivo. Este ponto vai ao encontro das características de portabilidade requeridas.

Existem centenas de Microcontroladores Texas pertencentes a esta família. Analisar cada um individualmente seria um processo demasiado extenso, desta forma, a Texas disponibiliza no seu *Web Site* a possibilidade de aplicar filtros em função das necessidades requeridas para o microcontrolador, possibilitando seleccionar apenas aqueles que proporcionam a satisfação dessas características.

Após a inserção dos filtros, foi obtido um leque reduzido de microcontroladores. Sobre estas opções foi efetuada uma análise do custo/benefício de cada um deles e a exclusão dos modelos que, aparentemente, estão descontinuados (sem *stock*). Após isto, a escolha recaiu sobre o modelo MSP430FR2476. As principais características deste microcontrolador são 43 GPIO, processador com arquitetura RISC de 16 *bits* e com o *clock* máximo de 16MHz, 64Kb de memória não volátil e 8Kb de memória RAM. Possui também um RTC incorporado, o que pode ainda reduzir mais os custos do dispositivo, atendendo a que não será necessário a incorporação de um RTC externo. Este microcontrolador tem um custo de 3,48€, sendo que se forem comprados em quantidades superiores a 1000, cada unidade fica a 1,64€.

3.4. Ferramentas de desenvolvimento

3.4.1. *SolidWorks*

O *SolidWorks* é um *software* de *Computer Aided Design* (CAD) 3D. Este *software* foi inicialmente desenvolvido pela empresa *SolidWorks Corporation* [72].

Este *software* funciona por computação paramétrica, o seu intuito é desenvolver formas 3D com base em formas geométricas elementares. Neste *software*, a criação de algum elemento/modelo ou sólido, inicia-se através de um esboço/*skecth* bidimensional (2D) que, posteriormente, se torna em 3D, contudo, também é permitido iniciar o desenvolvimento de modelos com base em esboços 3D. Com este *software*, é possível a elaboração de diversos modelos, peças e montagens, utilizando diferentes materiais.

Apesar de já existirem versões mais recentes, a versão utilizada no desenvolvimento deste projeto foi o *SolidWorks* 2018. Esta versão proporciona todas as funcionalidades necessárias e, pelo facto de já estar no mercado há algum tempo, proporciona maturidade e robustez no seu funcionamento. O *SolidWorks* 2018 é, portanto, o *software* utilizado para a criação da estrutura física do dispensador.

3.4.2. *Arduino IDE*

O *Arduino IDE* é o *software* mais utilizado para gerar código máquina interpretável por qualquer *Arduino*, sendo utilizado para a escrita de programas com um elevado nível de abstração. É, portanto, neste *IDE*, onde posteriormente é realizado o processo de compilação do código escrito gerando, assim, o código máquina que é injetado e executado no microcontrolador *Arduino*, de forma a que sejam efetuadas as operações e as ações estipuladas [73].

É uma plataforma *open-source* e multiplataforma, escrita em Java, na qual é possível escrever procedimentos usando uma linguagem baseada em C ou C++, com algumas adaptações. Este *IDE* suporta a importação de múltiplas bibliotecas, existindo já uma grande quantidade de bibliotecas que existem por defeito no *Arduino* e que trazem muitas funcionalidades desenvolvidas. Além disso, pela sua licença *open-source*, existe ainda uma grande quantidade de bibliotecas disponibilizadas pela sua ampla comunidade, que podem ser importadas através do *IDE* e proporcionam ainda mais funcionalidades específicas, facilitando a tarefa de programação e contribuindo para o elevado nível de abstração e simplicidade desta plataforma.

O *Arduino IDE* é constantemente atualizado, em cada versão surgem correções de erros ou são adicionadas novas funcionalidades, de forma a garantir o bom funcionamento do *IDE*. As

versões Beta foram evitadas, sendo sempre escolhida a última versão estável disponibilizada para este projeto e atualizando o IDE sempre que uma nova versão estável seja lançada.

3.5. Nota Conclusiva

Após a elaboração deste Capítulo, é possível obter uma visão sobre a arquitetura do dispensador, sendo obtido um esquema do funcionamento das diferentes partes que compõem o dispositivo e descritos todos os componentes utilizados e as suas respectivas funcionalidades. Após a leitura deste Capítulo são conhecidos e interpretados os requisitos necessários para o dispositivo final, de modo a que se possa verificar o desenvolvimento de um produto que acrescente valor ao mercado, bem como são também conhecidos os materiais necessários para o seu desenvolvimento.

Com a leitura e análise da arquitetura, a interpretação dos requisitos e a listagem de materiais a utilizar, é possível concluir que se trata de um projeto de engenharia exequível, estando esquematizadas todas as partes que são necessárias de implementar. É agora possível passar o foco do planeamento para o desenvolvimento.

Para otimizar o processo de desenvolvimento, é fundamental a escolha das tecnologias e ferramentas mais apropriadas, pelo que, no final deste Capítulo e após diversas análises, foi selecionado, de forma justificada, o microcontrolador utilizado para o protótipo, bem como aquele que deve ser utilizado para a versão final e comercializável do dispositivo. São também agora conhecidas as características e funcionalidades dos *softwares* utilizados para o desenvolvimento do protótipo. Estas ferramentas são fundamentais, pois facilitam a execução de diversas tarefas e possibilitam a implementação de funcionalidades essenciais.

Capítulo IV - Desenvolvimento do Protótipo

Este Capítulo tem como intuito abordar, de forma detalhada, o desenvolvimento do protótipo, bem como todo o processo aplicado na construção de cada uma das suas partes.

Inicialmente, são demonstrados e explicados os desenhos 3D de cada módulo do dispensador, efetuados no *SolidWorks*. Posteriormente, são apresentados todos os materiais necessários para a construção do protótipo, assim como são reveladas as montagens e ligações do dispositivo. No fim, são expostos e explicados os códigos de programação do microcontrolador utilizados.

Uma vez que o protótipo desenvolvido nesta dissertação não pretende ser uma versão final do dispensador, mas sim uma prova de conceito do funcionamento do mesmo, não vai ser desenvolvido contendo o número máximo de módulos, sendo apenas desenvolvido um módulo de cada. É também de referir que apenas será desenvolvido o protótipo do dispensador, e não a plataforma que será, posteriormente, associada ao mesmo.

4.1. Desenho 3D

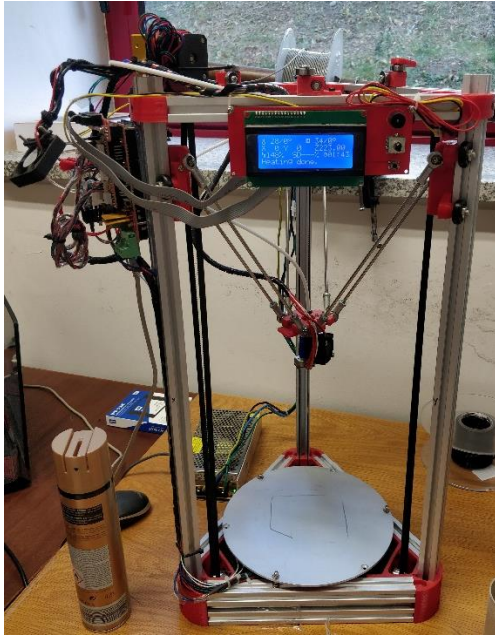
Nesta secção são apresentados os desenhos 3D de cada um dos módulos do dispensador e os mecanismos de funcionamento internos, bem como o esquema do dispensador completo.

4.1.1. Protótipo Completo

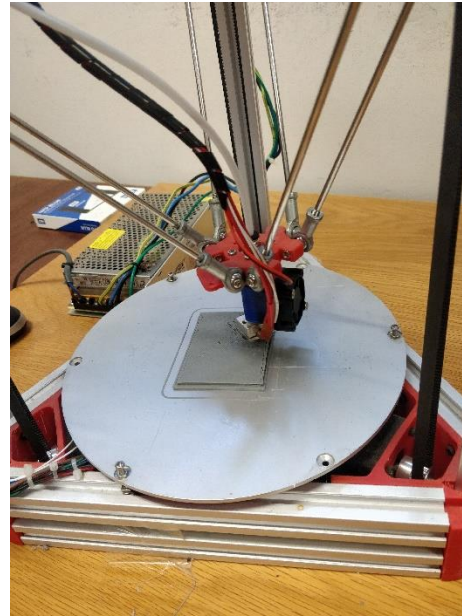
Neste projeto, o protótipo não foi desenvolvido tendo em vista um produto final, mas sim um protótipo funcional no qual é possível validar o funcionamento do sistema e a possibilidade de realização da ideia em ambiente real. Contudo, no produto final, é expectável que o seu funcionamento e as suas características estejam otimizados.

Até à obtenção da versão atual do protótipo, foram efetuadas outras tentativas que se vieram a revelar não otimizadas. Em cada nova tentativa foram implementadas melhorias iterativas em relação à anterior. Deste modo, o protótipo aqui apresentado possui, já numa fase inicial, um vasto conjunto de características testadas e validadas, realizadas aquando das melhorias dos modelos anteriores.

Todo este protótipo foi obtido por manufatura aditiva em Poliacido Láctico (PLA) usando uma impressora 3D, observável na Figura 29.



A - Impressora 3D utilizada.



B - Visualização da impressora 3D em funcionamento.

Figura 29 - Impressora 3D.

Através do desenho no programa *SolidWorks*, obteve-se o retrato de cada um dos módulos, bem como uma visão abrangente sobre o protótipo.

É de referir, que neste protótipo, de forma a facilitar as suas ligações e montagem, foram aumentadas as dimensões do dispositivo comparativamente ao expectável para a versão final. De modo a manter a uniformidade do protótipo, a altura e o comprimento dos módulos foram aumentados de modo a corresponderem às dimensões do módulo de controlo, uma vez que neste módulo, no protótipo, como foi utilizada uma placa de desenvolvimento, era necessário mais espaço do que as dimensões estipuladas para o produto final.

Na Figura 30, é apresentado o protótipo desenvolvido, de uma vista superior.

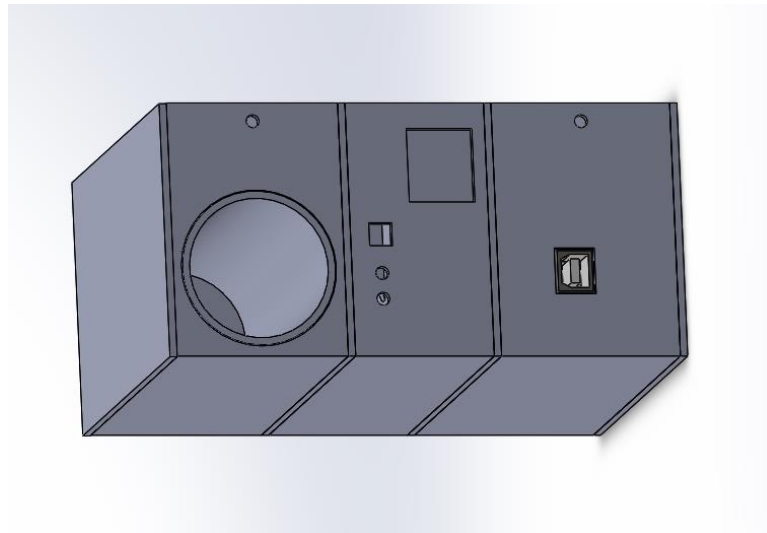


Figura 30 - Protótipo composto por um módulo de cada tipo.

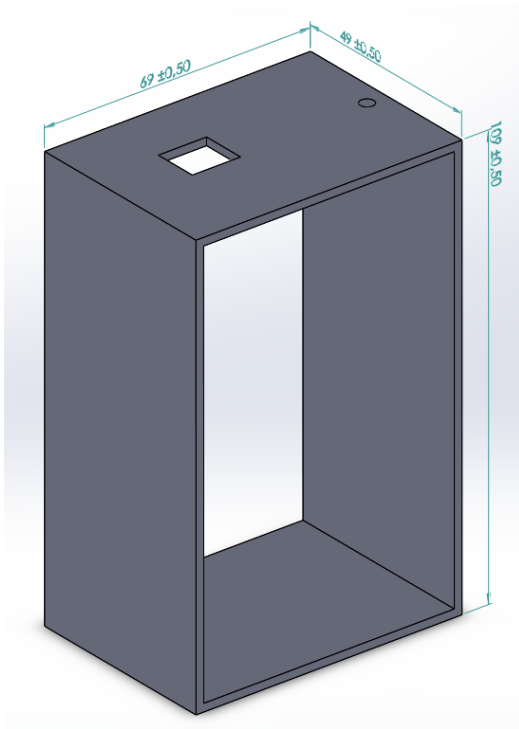
4.1.2. Módulo de Controlo

Nesta seção é caracterizado o Módulo de Controlo. Este, no seu interior, contém um suporte para 4 pilhas AA, a placa de desenvolvimento Arduino Uno, o RTC e a buzina. Este módulo possui duas tampas laterais, uma das quais delimita uma das extremidades do dispositivo e que pode ser aberta pelo utilizador ou cuidador de modo a que as pilhas estejam facilmente acessíveis para facilitar o processo de substituição das mesmas. Apesar de não ter sido desenvolvido neste protótipo, seria ideal existir uma parede entre o suporte das pilhas e os restantes componentes para os separar, impedindo o acesso por parte do utilizador ou cuidador aos restantes componentes. Do lado do Arduino Uno, do RTC e da buzina, existe outra tampa na qual apenas o administrador/técnico de montagem tem acesso, de modo a proceder à manipulação dos componentes.

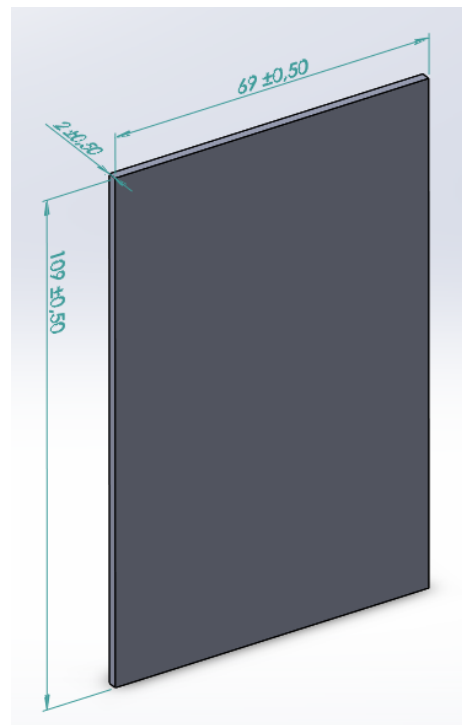
Neste protótipo não é possível a mobilidade ou integração de mais módulos, uma vez que foram utilizados *jumpers* para realizar as suas ligações e estes não podem ser removidos, no entanto, no produto final, as ligações serão realizadas através de pistas dedicadas numa placa de circuito impresso, o que possibilita a adaptação dos módulos.

Na parte superior do Módulo de Controlo existem duas aberturas, uma redonda para o LED vermelho que se encontra ligado sempre que o dispositivo esteja a ser devidamente alimentado. A outra abertura retangular, apenas disponível no protótipo e não no produto final, tem como função permitir aceder ao USB do microcontrolador que possibilita a conexão ao computador e, com isto, permitir reprogramar o dispositivo, mesmo depois de montado.

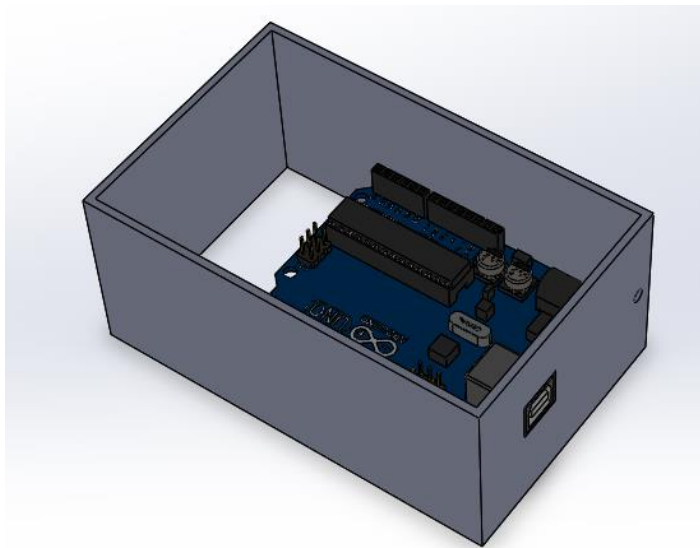
Este módulo tem as dimensões 6,9x4,9x10,9cm. Na Figura 31 é possível observar em A o exterior do Módulo de Controlo, em B as suas tampas e em C o Módulo de Controlo com a placa Arduino Uno inserida.



A - Exterior do Módulo de Controlo.



B - Tampas.



C - Módulo de Controlo com a placa Arduino Uno incorporada.

Figura 31 - Módulo de Controlo.

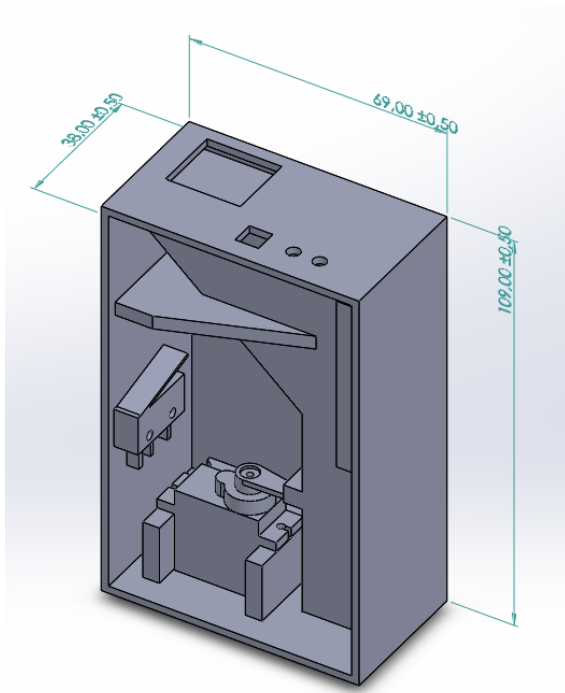
4.1.3. Módulo Dispensador

O Módulo Dispensador é o que apresenta um maior número de componentes. No seu interior, possui um compartimento para armazenamento dos comprimidos e uma coluna que permite a saída dos mesmos. Existe uma guia que possibilita ao compartimento, quando movido, de manter a sua posição. Apresenta também um fim de curso (*microswitch* com patilha) para que, quando o compartimento descer, por ação, neste caso, de uma mola, uma guia horizontal do compartimento toque no fim de curso e dê indicações ao microcontrolador de que 1 comprimido foi dispensado, possibilitando a contabilização das doses. O servo motor tem como objetivo trancar o dispositivo, de forma a que o utilizador não extraia comprimidos do módulo errado ou fora dos horários definidos. Neste protótipo foi desenhado um suporte que facilita a colocação do servo motor. A mola, utilizada nesta versão, funciona como sistema de atuação, contudo é possível a adaptação do seu funcionamento a um sistema eletromecânico ou outro sistema mecânico, através de, por exemplo, um micromotor. Foi inserida uma guia vertical no interior da mola, de forma a manter a sua rigidez e permitir que, quando pressionada, não saia do seu trajeto estipulado.

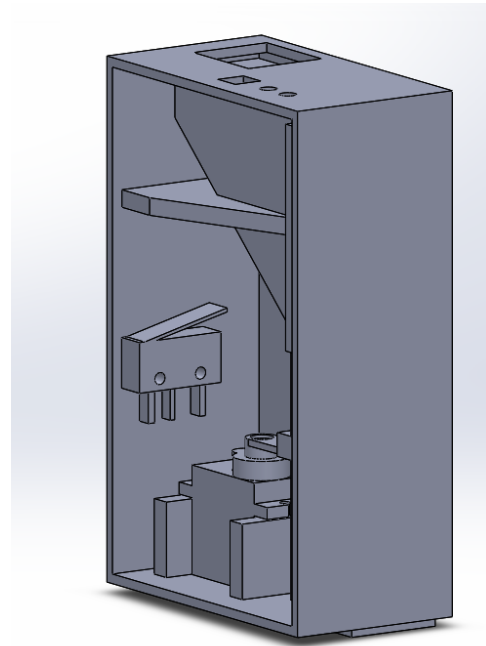
Na parte superior deste módulo, existe uma abertura grande retangular para o botão e duas aberturas redondas para colocação dos LED's, um verde para indicação do momento da toma e em qual módulo serão dispensados os medicamentos, e um vermelho cuja função é alertar quando o dispensador atinge o limite mínimo de comprimidos, de forma a avisar o utilizador que é necessário abastecer o dispensador ou reconfigurar uma nova toma. O LED vermelho, quando aceso em simultâneo com o LED verde, de forma constante, tem como intuito dar indicação de que o número de tomas definidas foi alcançado.

Neste protótipo, uma vez que não foi desenvolvida a plataforma, criou-se uma abertura retangular mais pequena, de modo a colocar um botão de pressão para fazer *reset* à contabilização das tomas, aquando do abastecimento do dispensador. Esta funcionalidade, futuramente, será realizada pela plataforma pelo que não será necessário este componente no produto final. É de referir que este botão de pressão apresenta também a funcionalidade de permitir desligar os alarmes do módulo adaptador.

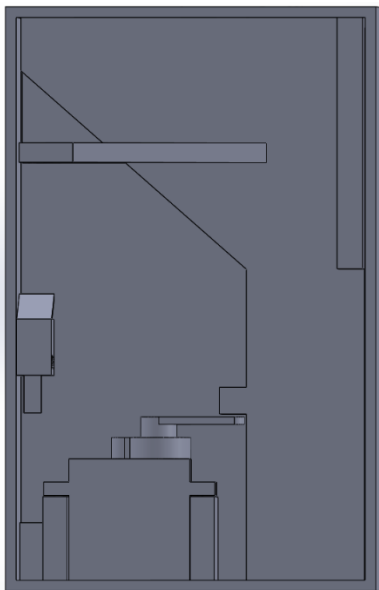
As dimensões deste módulo são 3,8x6,9x10,9cm. Na Figura 32 A está representado o interior do módulo dispensador. Na Figura 32 B pode-se observar o fim de curso (*microswitch* com patilha). Na Figura 32 C é apresentado o mecanismo de tranca e na Figura 32 D é exposta a estrutura composta pelo compartimento e pela coluna.



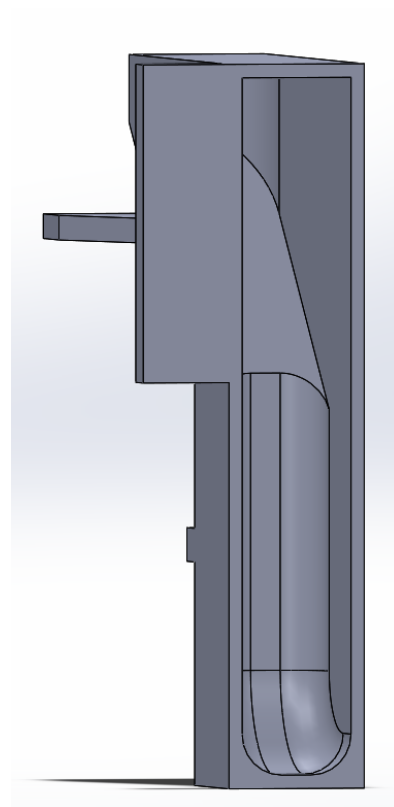
A - Módulo Dispensador.



B - Observação do fim de curso (microswitch com patilha).



C - Vista frontal do interior do Módulo Dispensador de modo a se visualizar o mecanismo de tranca.



D - Interior do Módulo Dispensador. Observação da coluna e do compartimento.

Figura 32 - Interior do Módulo Dispensador.

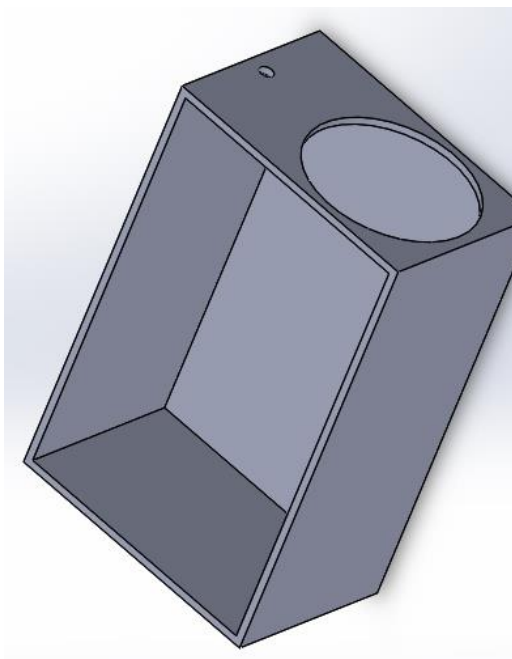
4.1.4. Módulo Adaptador

Este módulo é uma funcionalidade inovadora pois permite a adaptação do dispensador a medicação líquida ou em pó.

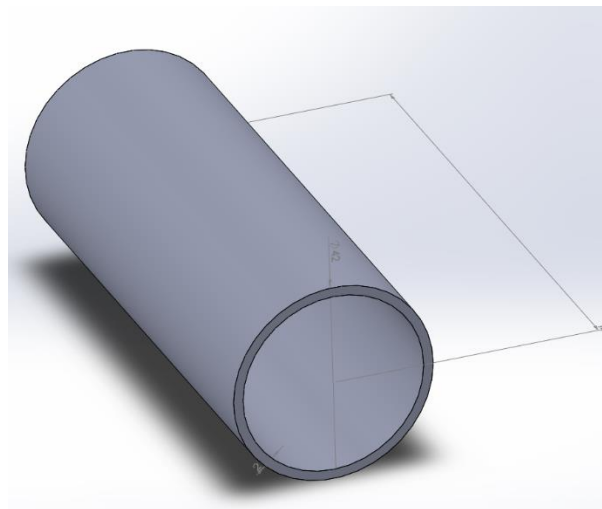
Este é constituído apenas por um cilindro almofadado no qual é possível a inserção de um frasco de medicação líquida cujo diâmetro máximo é de 3,6cm ou então um cilindro com capacidade para cerca de 100ml que permite suportar a mistura da medicação em pó com água. Esta capacidade do frasco foi obtida pelo cálculo do valor aproximado do volume do cilindro.

Na parte superior deste módulo, existe uma abertura para o LED verde cuja função é indicar quando for o momento de administrar este tipo de medicação e uma abertura para o cilindro almofadado.

As dimensões deste dispensador são 4,8x6,9x10,9cm. Na Figura 33 é possível observar a estrutura externa deste módulo e o cilindro utilizado no mesmo. A altura do cilindro é 10,5cm e o diâmetro interior é 3,8cm.



A - Interior do Módulo Adaptador.



B - Cilindro utilizado no Módulo Adaptador.

Figura 33 - Módulo Adaptador.

4.2. Hardware e Periféricos

Nesta secção são especificados quais os materiais utilizados no desenvolvimento do protótipo, bem como os custos dos mesmos.

Para a estrutura exterior do protótipo utilizou-se PLA. Através da utilização de uma impressora 3D, os desenhos realizados no programa escolhido foram impressos, utilizando fios de PLA, permitindo uma maior facilidade no desenvolvimento da estrutura.

Nas Tabelas 6, 7 e 8 são apresentados, respetivamente, os materiais utilizados no Módulo de Controlo, no Módulo Dispensador e no Módulo Adaptador, bem como os seus respetivos custos.

Tabela 6 - Resumo dos materiais utilizados no desenvolvimento do Módulo de Controlo no protótipo.

Material	Custo
Buzina	0,80€
Cabo unifilar vermelho 0,5 mm (~30 cm)	0,04€
Cabo unifilar preto 0,5 mm (~30 cm)	0,04€
5 jumpers	0,33€
LED vermelho 3 mm	0,21€
4 Pilhas AA	1,50€
Placa Arduino Uno	20,00€
Resistência 330 Ω	0,06€
RTC DS1302	4,50€
Suporte para 4 pilhas AA	1,35€
3 Terminais em metal macho para ficha NSR	0,30€
Total	29,13€

Tabela 7 - Resumo dos materiais utilizados no desenvolvimento do Módulo Dispensador para o produto final.

Material	Custo
Cabo unifilar vermelho 0,5 mm (~70 cm)	0,09€
Cabo unifilar preto 0,5 mm (~40 cm)	0,05€
Fim de curso (<i>microswitch</i> com patilha)	1,00€
3 jumpers	0,20€
LED verde 3 mm	0,21€
LED vermelho 3 mm	0,21€
Mola 0,55x35mm	0,15€
2 Resistências 330 Ω	0,12€
Servo motor	3,75€
5 Terminais em metal macho para ficha NSR	0,50€
Total	6,28€

Tabela 8 - Resumo dos materiais utilizados no desenvolvimento do Módulo Adaptador para o produto final.

Material	Custo
Almofada/esponja	0,50€
Cabo unifilar vermelho 0,5 mm (~20 cm)	0,025€
Cabo unifilar vermelho 0,5 mm (~20 cm)	0,025€
LED verde 3 mm	0,21€
Resistência 330 Ω	0,06€
1 Terminal em metal macho para ficha NSR	0,10€
Total	0,92€

No que respeita à estrutura física do protótipo, tal como referido anteriormente, utilizou-se PLA. Para a impressão dos 3 módulos foi necessário cerca de 500g de filamento de PLA, o que perfaz um custo de cerca de 8€. De modo a isolar melhor as ligações foi utilizada fita isoladora preta, usou-se aproximadamente 0,50m de fita, o que ronda os 0,08€.

Após a análise das Tabelas anteriores pode-se constatar que o preço de desenvolvimento deste protótipo foi de cerca de 45€. É de ter em consideração que, se este dispensador for desenvolvido em larga escala e, com isto, os materiais forem comprados em grandes quantidades, haverá uma redução do custo unitário de cada componente, reduzindo o custo total do dispositivo. Além deste fator, não será necessária a incorporação de uma placa de desenvolvimento, mas sim de um microcontrolador, nem a utilização de PLA sendo este substituído por plástico, pelo que o preço final será bastante inferior.

4.3. Montagem e Ligações

Nesta secção são detalhadas todas as informações e processos utilizados durante o a montagem e as ligações. Inicialmente, foram realizadas as impressões 3D, em PLA, da estrutura física do dispositivo. Este foi um processo algo moroso, uma vez que cada peça, para ser impressa, necessita de várias horas. Este projeto foi impresso de forma intercalada com outros trabalhos, pelo que foi necessário vários dias para concluir a impressão, sendo que nem sempre a calibração da impressora era a ideal. De forma a corrigir os defeitos da impressão, as peças foram lixadas e limadas para otimizar e suavizar as suas superfícies. Após a obtenção de uma estrutura física viável, para continuar o desenvolvimento do protótipo, procedeu-se à sua montagem e às ligações dos componentes.

No Módulo de Controlo, foi colocada a placa Arduino Uno, o RTC, a buzina, o suporte para as pilhas AA e um LED vermelho. Na montagem destes componentes, optou-se por se utilizar um bocado de cortiça para suporte da buzina e do RTC, uma vez que este material é isolador de corrente. O RTC necessita das seguintes ligações: o VCC liga à porta 5V, o Ground

(GND) liga ao GND, o CLK à porta 6, o DAT à porta 7 e o RST à porta 8. Na buzina o fio vermelho está ligado à porta 3 do Arduino e o fio preto ao GND. O suporte das pilhas requer um fio vermelho ligado à porta 5V do Arduino e o fio preto conectado ao GND. O LED apresenta uma extremidade maior (positiva) e uma extremidade menor (negativa). A extremidade maior do LED vermelho está soldada a uma resistência de 330Ω e esta é soldada a um fio vermelho que é conectado à porta 12, e a extremidade menor é soldada ao fio preto que é ligado ao GND.

No que respeita ao Módulo Dispensador, para além da montagem da peça constituída pelo compartimento e pela coluna, foi necessário inserir outros componentes, um LED vermelho, um LED verde, um botão de pressão, um fim de curso (ou *microswitch* com patilha) e um servo motor. As extremidades maiores dos LED's verde e vermelho estão soldadas, cada uma, a uma resistência de 330Ω e estas, por sua vez, a um fio vermelho que será ligado na porta 5 e 4, respetivamente, e os fios pretos, soldados à extremidade menor, ligados ao GND. No botão de pressão, o fio vermelho é conectado à porta 9 e o fio preto ligado ao GND. O fim de curso (*microswitch* com patilha) possui três extremidades, das quais foram utilizadas duas, o C soldado a um fio vermelho que é ligado à porta 10 e o NO soldado ao fio preto ligado ao GND. Quanto ao servo motor, este possui 3 ligações: uma laranja conectada à porta 11, uma vermelha conectada à porta 5V e uma castanha ligada ao GND.

Por fim, o Módulo Adaptador apenas requer as ligações de um LED verde, pelo que a sua extremidade maior está soldada a uma resistência de 330Ω e esta, por sua vez, soldada a um fio vermelho que está ligado à porta 2, a sua extremidade menor está soldada ao fio preto conectado ao GND.

Na Tabela 9 encontra-se o resumo das ligações dos componentes ao Arduino.

Tabela 9 - Tabela resumo das ligações dos periféricos ao Arduino.

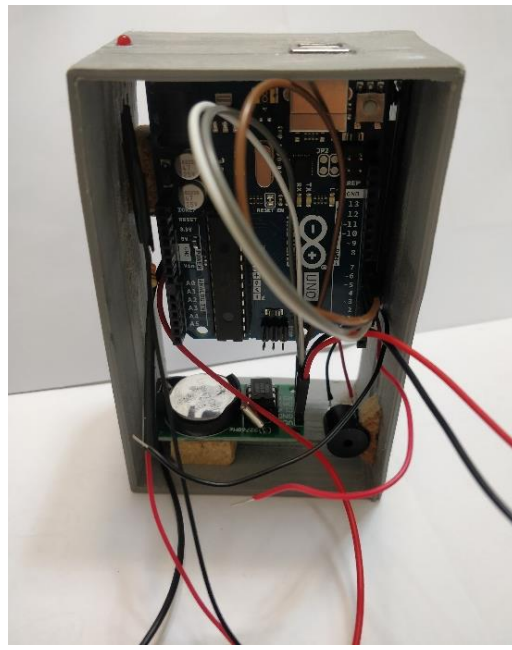
Periférico	Componente	Ligação ao Arduino
RTC	VCC	5V
	GND	GND
	CLK	Porta 6
	DAT	Porta 7
	RST	Porta 8
Buzina	Fio vermelho	Porta 3
	Fio preto	GND
Suporte das pilhas	Fio vermelho	5V
	Fio preto	GND
LED vermelho (Módulo de Controlo)	Fio vermelho	Porta 12
	Fio preto	GND
LED verde (Módulo Dispensador)	Fio vermelho	Porta 5
	Fio preto	GND
LED vermelho (Módulo Dispensador)	Fio vermelho	Porta 4
	Fio preto	GND
Botão de pressão	Fio vermelho	Porta 9
	Fio preto	GND
Fim de curso (<i>microswitch</i> com patilha)	Fio vermelho	Porta 10
	Fio preto	GND
Servo motor	Fio laranja	Porta 11 (PWM)
	Fio vermelho	5V
	Fio castanho	GND
LED verde (Módulo Adaptador)	Fio vermelho	Porta 2
	Fio preto	GND

Após a realização de todas as montagens dos componentes e as suas respetivas ligações, foi obtida a infraestrutura necessária para a execução das funcionalidades pretendidas, sendo agora necessário efetuar a programação das mesmas.

Na Figura 34 é possível observar o Módulo de Controlo, na Figura 35 o Módulo Dispensador e na Figura 36 o Módulo Adaptador. Na Figura 37 é possível observar as ligações dos 3 módulos e na Figura 38 as ligações ao Arduino. O protótipo foi montado com êxito e pode-se observar na Figura 39.



A - Visualização do suporte das pilhas do Módulo de Controlo.



B - Visualização da placa Arduino Uno, do RTC e da buzina, do Módulo de Controlo.

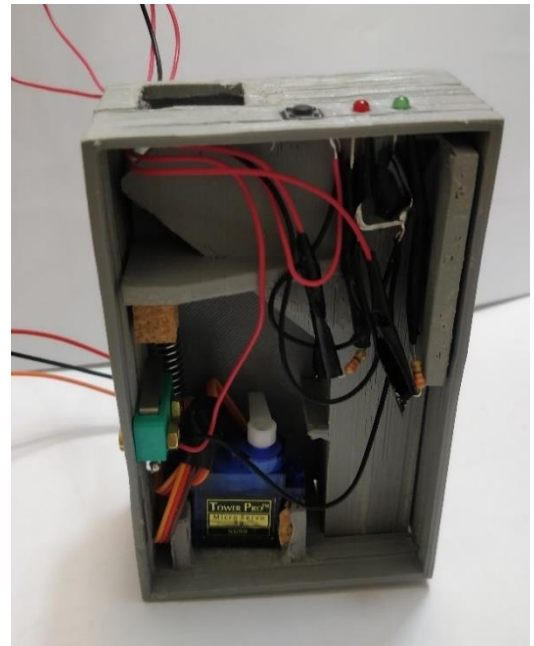


C - Exterior do Módulo de Controlo.

Figura 34 - Módulo de Controlo.

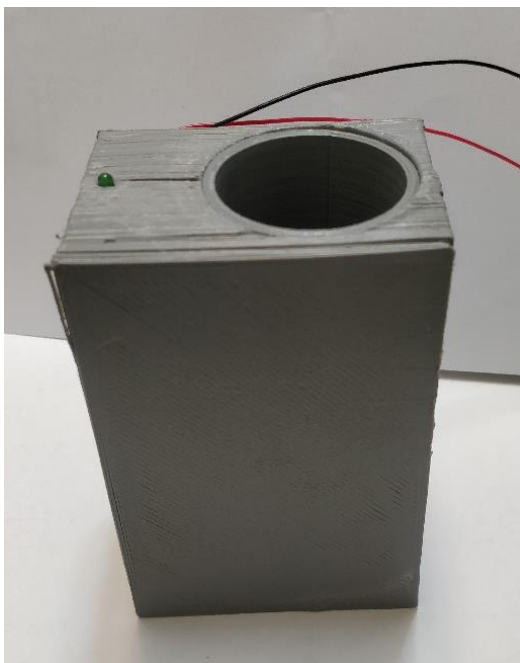


A - Exterior do Módulo Dispensador.

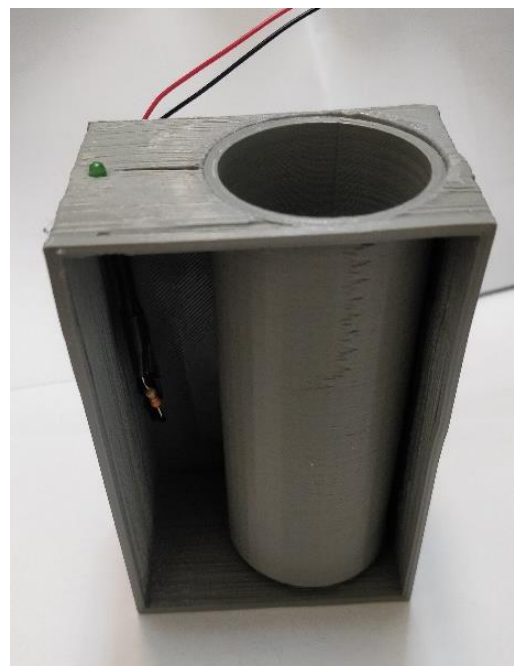


B - Interior do Módulo Dispensador.

Figura 35 - Módulo Dispensador.



A - Exterior do Módulo Adaptador.



B - Interior do Módulo Adaptador.

Figura 36 - Módulo Adaptador.

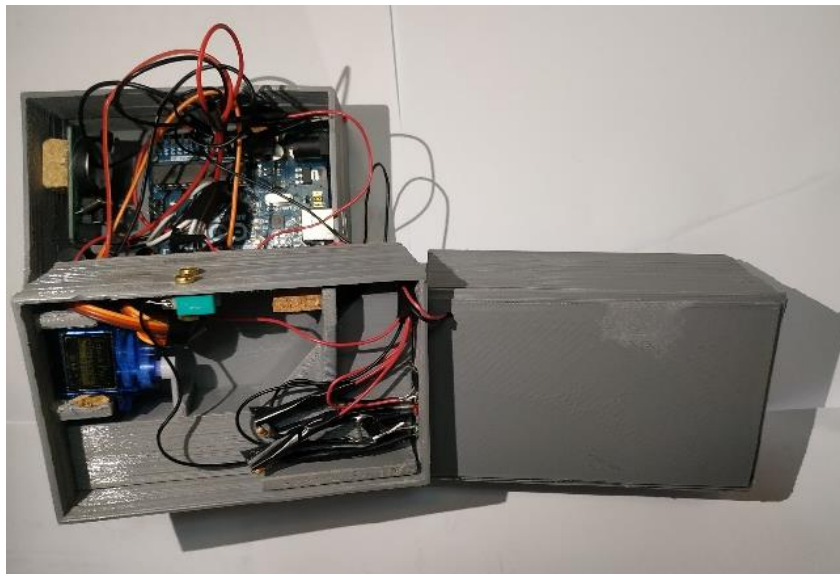


Figura 37 - Visualização das ligações dos 3 módulos.

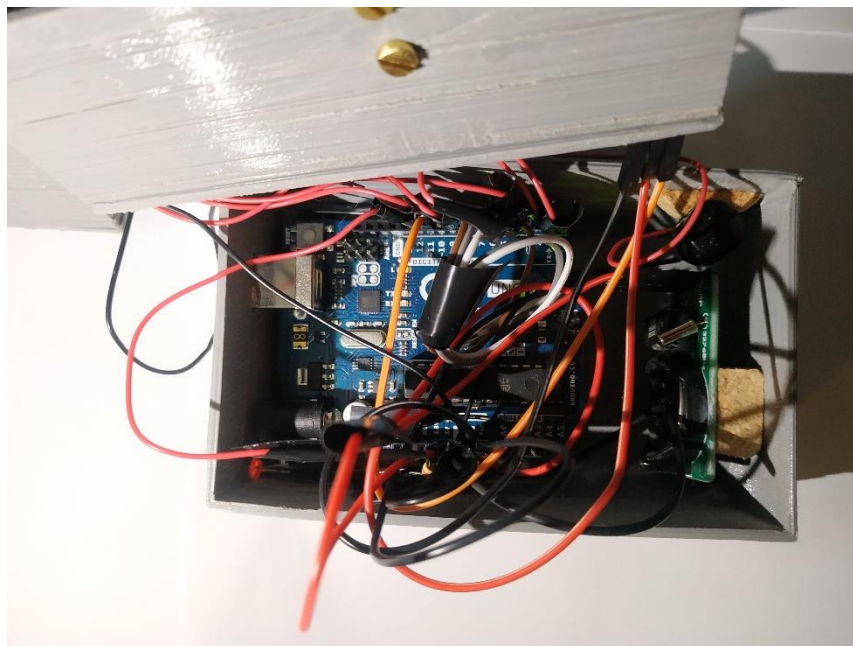


Figura 38 - Visualização das ligações ao Arduino.

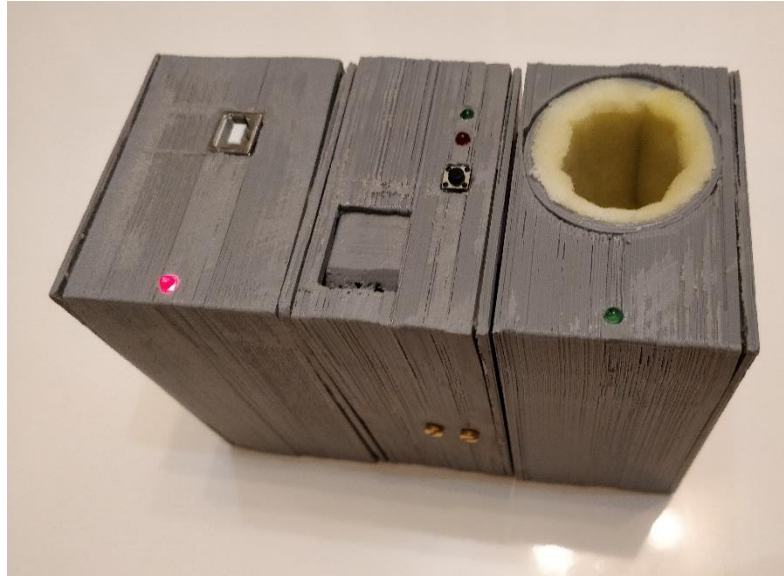


Figura 39 - Protótipo completo.

4.4. Programação - Código

O processo de programação do microcontrolador é uma etapa fundamental para a obtenção dos resultados pretendidos. É nesta etapa onde são escritas todas as instruções e algoritmos que definem o comportamento do sistema.

Com a leitura, compilação e posterior execução do código redigido, pelo microcontrolador, a informação que flui no sistema é processada e interpretada de modo a proporcionar um conjunto de funcionalidades e a desencadear ações ou movimentos do dispensador. Cada uma das partes que constitui este dispositivo deve ser analisada individualmente, mas integrada como um todo, de forma a constituir um sistema apto, capaz de interpretar de forma correta a informação gerada e de responder de forma adequada aos seus *Inputs*.

O código foi escrito utilizando o Arduino IDE e usando a linguagem de programação típica do Arduino, baseada em C/C++.

4.4.1. Metodologia de Programação

De forma a otimizar o resultado final, é importante a definição de certos cuidados que são necessários ter durante o processo de desenvolvimento.

Desenvolver o sistema atendendo às boas práticas da programação proporciona um melhor funcionamento e desempenho do mesmo, assim como facilita a leitura do código. Isto simplifica futuras intervenções em alterações ou atualizações das funcionalidades do

dispositivo. Deste modo, durante o processo de desenvolvimento, houve sempre o cuidado de deixar o código devidamente indentado através de tabulações, realizar a declaração das variáveis de forma a que as mesmas sejam facilmente identificáveis e legíveis, comentar devidamente o código e evitar redundâncias e repetições nos códigos desenvolvidos que aumentem desnecessariamente a necessidade de processamento e, com isto, que diminuam o desempenho do sistema e aumentem o consumo energético do mesmo.

4.4.2. Estrutura do Código

O código desenvolvido segue a estrutura padrão de um programa Arduino, estando essencialmente dividido em três secções. Inicialmente, é realizada a importação das bibliotecas e a declaração das variáveis, de seguida, dentro da função *setup()* são declarados os valores iniciais para as variáveis já inicializadas, sendo executados também os procedimentos necessários para o arranque do dispositivo. Por último, dentro da função *loop()*, são inseridas todas as instruções necessárias para manter o dispositivo em funcionamento. Esta secção é executada de forma contínua, sendo o código repetidamente interpretado. Através da definição de estruturas de seleção, é possível alternar a execução entre diferentes trechos de código, isto permite implementar e gerir as funcionalidades necessárias e proporcionar um funcionamento contínuo e fluido do dispositivo.

Apesar do dispositivo desenvolvido ser apenas um protótipo, a estrutura do código foi desenvolvida tendo o cuidado de facilitar, no futuro, a integração de mais módulos. A modularidade e a possibilidade de integração de mais módulos está prevista para o dispositivo final. Dentro da função *loop()*, cada módulo possui um bloco de código independente dos restantes. Com isto, teoricamente, quando for necessário adicionar mais módulos ao dispositivo, apenas será necessário adicionar mais um bloco de código e as respetivas variáveis, não havendo a necessidade de alteração dos restantes códigos. No dispositivo final, os códigos de todos os módulos podem existir por defeito, sendo ativados ou desativados quando for detetada, ou não, a presença física do módulo que corresponde a determinado trecho de código.

Existiu o cuidado de guardar os dados de execução mais importantes na memória EEPROM. Deste modo, o dispositivo está preparado para responder de forma positiva a falhas momentâneas de energia que possam surgir. Sem a utilização desta memória não volátil, qualquer interrupção energética conduziria à destruição dos valores das variáveis do sistema.

Foram também resolvidas as situações em que, eventualmente, a utilização do botão de pressão tivesse efeitos não desejados nos outros módulos, tendo sido implementadas condições que tentam garantir que apenas é aplicada a função pretendida. Neste protótipo os valores das configurações foram introduzidos e inicializados dentro do próprio código, no entanto, como explicado anteriormente, a ideia seria a integração do dispositivo com uma plataforma, estando esta ligada a uma base de dados. Isto permite que as configurações das

tomas possam ser efetuadas externamente ao dispositivo, através da plataforma, sendo estas configurações armazenadas na base de dados. Com isto, e atendendo a que numa versão final do dispositivo os dados das tomas serão diretamente lidos da base de dados, foi criada uma estrutura em que todos os valores utilizados pelos algoritmos estão associados a variáveis. Assim, alterando apenas os valores atribuídos às variáveis, o comportamento do dispositivo muda, não sendo, portanto, necessária a alteração dos algoritmos aquando da definição de novas configurações das tomas. Esta estrutura desenvolvida facilita a integração com a plataforma, estando o código desenvolvido praticamente preparado para suportar esta integração, bastando, para isso, associar o valor das variáveis aos valores lidos da base de dados, invés de declarar o valor das variáveis diretamente dentro do início do código fonte.

4.4.3. Código fonte

Neste tópico será demonstrado e explicado todo o código desenvolvido. A explicação será realizada seguindo a ordem de execução e para cada um dos módulos.

4.4.3.1. Declaração de Variáveis

Primeiramente, é preciso declarar todas as variáveis e importar todas as bibliotecas necessárias para as funcionalidades estipuladas. Como foi anteriormente descrito neste Capítulo, de forma a facilitar futuramente o processo de integração de mais módulos, todos os valores utilizados nos algoritmos estão associados a variáveis.

Nesta fase inicial do código foram também declaradas as portas utilizadas no Arduino. Estas já foram descritas na Tabela 8, na secção 4.3.

Nesta secção do código são descritas todas as variáveis declaradas. Aquelas que veem o seu valor dependente das configurações das tomas definidas ou que manipulam algum mecanismo do dispositivo estão apenas declaradas, não possuindo qualquer valor atribuído nesta fase, uma vez que, posteriormente, terão um valor atribuído na função *setup()*. As variáveis que possuem um valor inicial que não depende das configurações das tomas, têm já um valor atribuído nesta secção.

De forma a melhor resumir e esquematizar a informação, de seguida, serão explicadas as bibliotecas importadas e todas as variáveis declaradas. Na Tabela 10 estão sintetizadas as bibliotecas importadas e na Tabela 11 as variáveis declaradas.

Tabela 10 - Bibliotecas utilizadas na programação.

Biblioteca	Explicação
virtuabotixRTC.h	Esta biblioteca é necessária para importar as funções que permitem manipular o RTC.
EEPROM.h	Com a importação desta biblioteca é possível utilizar funcionalidades que permitem armazenar dados na memória não volátil EEPROM do Arduino.
Servo.h	A declaração desta biblioteca possibilita a execução de funções para gerir o servo motor.

Tabela 11 - Variáveis declaradas na programação.

Variável	Tipo	Explicação
posServo	<i>int</i>	Representa o ângulo, em graus, da posição da hélice do servo motor.
importaDadosRTCEEPROM	<i>bool</i>	Permite especificar se serão utilizados os dados atuais do RTC ou configurados novos.
segundoRTC	<i>int</i>	Armazena o segundo atual do RTC.
minutoRTC	<i>int</i>	Armazena o minuto atual do RTC.
horaRTC	<i>int</i>	Armazena a hora atual do RTC.
diaRTC	<i>int</i>	Armazena o dia atual do RTC.
diaSemanaRTC	<i>int</i>	Armazena o dia da semana atual do RTC.
mesRTC	<i>int</i>	Armazena o mês atual do RTC.
EEPROMsegundoRTC	<i>int</i>	Define o endereço da memória EEPROM onde será armazenada a variável segundoRTC.
EEPROMminutoRTC	<i>int</i>	Define o endereço da memória EEPROM onde será armazenada a variável minutoRTC.
EEPROMhoraRTC	<i>int</i>	Define o endereço da memória EEPROM onde será armazenada a variável horaRTC.
EEPROMdiaRTC	<i>int</i>	Define o endereço da memória EEPROM onde será armazenada a variável diaRTC.
EEPROMmesRTC	<i>int</i>	Define o endereço da memória EEPROM onde será armazenada a variável mesRTC.
tomaHoraA	<i>int</i>	Dá indicação da hora da próxima dispensa do módulo adaptador.
tomaMinutoA	<i>int</i>	Dá indicação do minuto da próxima dispensa do módulo adaptador.
tomaHoraEmHora	<i>int</i>	Permite especificar o período de tempo, em horas, entre os alertas emitidos para as tomas do módulo adaptador.
numAlertasA	<i>int</i>	Contabiliza a quantidade de vezes que já foram emitidos alertas (número de tomas) do módulo adaptador.

tempoDesligaAlarmesA	<i>int</i>	Determina o tempo, em minutos, da duração dos alertas do módulo adaptador.
momentoDesligaLedMinuto	<i>int</i>	Determina o minuto em que os alertas do módulo adaptador são desligados.
momentoDesligaLedHora	<i>int</i>	Determina a hora em que os alertas do módulo adaptador são desligados.
estadoLedA	<i>bool</i>	Indica se os alertas estão ligados ou desligados no módulo adaptador.
endEEPROMHoraA	<i>int</i>	Define o endereço da memória EEPROM onde será armazenada a variável tomaHoraA.
importaDadosAdaptadorEPROM	<i>bool</i>	Permite especificar se serão utilizados os dados atuais das configurações do módulo adaptador ou novas configurações.
alarmesDesligadosUtilizador	<i>bool</i>	Indica se o utilizador pressionou o botão de pressão para desligar os alarmes do módulo adaptador.
importaDispensadorEPROM	<i>bool</i>	Permite especificar se serão utilizados os dados atuais das configurações do módulo dispensador ou novas configurações.
endEEPROMContadorD	<i>int</i>	Permite armazenar na memória EEPROM a variável contador.
endEEPROMnumComGuardadosDispensadosD	<i>int</i>	Permite armazenar na memória EEPROM a variável numComprimidosGuardadosDispensadosD.
tomaDiaD[19]	<i>array</i>	Armazena os dias em que serão realizadas, no máximo, 20 dispensas do módulo dispensador.
tomaHoraD[19]	<i>array</i>	Armazena as horas em que serão realizadas, no máximo, 20 dispensas do módulo dispensador.
tomaMinutoD[19]	<i>array</i>	Armazena os minutos em que serão realizadas, no máximo, 20 dispensas do módulo dispensador.
Contador	<i>int</i>	Indica o número da próxima toma. Esta variável é também utilizada como índice para o <i>array</i> que armazena as configurações das tomas do módulo dispensador.
numComprimidosGuardadosD	<i>int</i>	Define a quantidade de comprimidos armazenados no módulo dispensador.
numComprimidosGuardadosDispensadosD	<i>int</i>	Define a quantidade de comprimidos que foram dispensados desde o último abastecimento do módulo dispensador.
numTomasPrevistasD	<i>int</i>	Especifica o número de tomas previstas do módulo dispensador.
numTomasEfetuadasD	<i>int</i>	Especifica o número de tomas efetuadas com sucesso do módulo dispensador.

numTomasPerdidasD	<i>int</i>	Especifica o número de tomas perdidas do módulo dispensador.
numComprimidosPorToma	<i>int</i>	Indica o número de comprimidos por toma, do módulo dispensador.
numComprimidosTomadosDispensa	<i>int</i>	Indica o número de comprimidos já extraídos numa toma, do módulo dispensador.
tempoDesligaServo	<i>int</i>	Determina o tempo, em minutos, ao fim do qual o servo motor volta à sua posição inicial e tranca o módulo dispensador.
momentoDesligaServoMinuto	<i>int</i>	Determina o minuto em que os alertas do módulo dispensador são desligados.
momentoDesligaServoHora	<i>int</i>	Determina a hora em que os alertas do módulo dispensador são desligados.
momentoDesligaServoDia	<i>int</i>	Determina o dia em que os alertas do módulo dispensador são desligados.
estadoLedD	<i>bool</i>	Indica se os alertas estão ligados ou desligados no módulo dispensador.

Em seguida pode ser visualizado o código fonte desta secção.

```
#include <virtuabotixRTC.h> //Importa a biblioteca que permite
manipular o RTC
#include <EEPROM.h> //Importa a biblioteca que permite usar a memória
EEPROM
#include <Servo.h> //Importa a biblioteca que permite manipular o
servo

virtuabotixRTC myRTC(6, 7, 8);
int ledVerdeMA = 2;
int buzzer = 3;
int ledVermelhoMD = 4;
int ledVerdeMD = 5;
int botaoPressao = 9;
int fimDeCurso = 10;
int ledVermelhoMC = 12;

#define servo 11 // Porta Digital 11 PWM para manipular o servo motor
Servo s; // Variável Servo

int posServo; // Posição Servo
```

```

bool importaDadosRTCEEPROM;
int segundoRTC;
int minutoRTC;
int horaRTC;
int diaRTC;
int diaSemanaRTC;
int mesRTC;
int EEPROMsegundoRTC = 1;
int EEPROMminutoRTC = 2;
int EEPROMhoraRTC = 3;
int EEPROMdiaRTC = 4;
int EEPROMmesRTC = 5;

int tomaHoraA;
int tomaMinutoA;
int tomaHoraEmHora;
int tempoDesligaAlarmesA;
bool importaDadosAdaptadorEPROM;
int endEEPROMHoraA = 6;

int numAlertasA = 0;
bool alarmesDesligadosUtilizador = 0;

int tomaDiaD[19];
int tomaHoraD[19];
int tomaMinutoD[19];
int contador;

bool importaDispensadorEPROM;
int endEEPROMContadorD = 7;
int numTomasPrevistasD;
int numTomasEfetuadasD = 0;
int numTomasPerdidasD = 0;
int numComprimidosPorToma;
int numComprimidosTomadosDispensa = 0;
int numComprimidosGuardadosD;
int numComprimidosGuardadosDispensadosD;
int endEEPROMnumComGuardadosDispensadosD = 8;
int tempoDesligaServo;

```

```
int momentoDesligaLedMinuto;
int momentoDesligaLedHora;

int momentoDesligaServoMinuto;
int momentoDesligaServoHora;
int momentoDesligaServoDia;

bool estadoLedA;
bool estadoLedD;
```

4.4.3.2. Função de inicialização *setup()*

É na função *setup()* que é definida a forma como o dispensador inicia. Este trecho é o primeiro código a ser executado, unicamente uma vez.

Nesta secção, os pinos com periféricos associados são definidos como *Input* ou *Output*. É também neste bloco onde são atribuídos os valores às variáveis que permitem efetuar as configurações das tomas, bem como às variáveis que definem o estado inicial do dispensador. São também executadas algumas funções necessárias para o arranque de alguns periféricos.

Através da leitura dos valores armazenados na memória EEPROM é possível selecionar as configurações anteriores das tomas dos 2 módulos e associá-las às variáveis que iniciam o dispositivo. Desta forma, é possível fazer com que o programa não perca o seu estado de execução após uma falha de energia e permite também ao administrador não precisar de alterar as configurações das tomas de um determinado módulo, caso não seja necessário. Através da memória EEPROM, os dados do RTC são guardados, sendo que, desta forma, não é perdida a hora atual, no caso de novo carregamento do código ou falha de energia. O administrador pode, no entanto, optar por efetuar novas configurações das tomas ou atualizar o RTC, caso ache necessário, bastando, para isso, alterar o valor às variáveis que permitem a entrada nos trechos de código correspondentes.

É nesta situação que a definição de data e horas atuais do RTC é realizada, sendo necessário o cuidado de garantir que o tempo submetido ao RTC é o tempo atual efetivo. Da mesma forma, caso seja opção do administrador, para efetuar alterações às configurações das tomas, apenas é necessário alterar o valor atribuído às respetivas variáveis, nesta parte do código. Foram desenvolvidos dois regimes diferentes de configurações de tomas, tomas de X em X horas e tomas totalmente personalizáveis.

No módulo adaptador, as configurações são definidas para que as tomas ocorram de X em X horas, sendo possível alterar este intervalo de tempo em função das necessidades do utilizador. É também possível controlar o tempo durante o qual os alertas são emitidos.

Por outro lado, no módulo dispensador, é possível definir as tomas individualmente, não havendo nenhum período de tempo obrigatório que é necessário decorrer entre elas,

havendo por isso, uma total liberdade na definição de horários. O *array* declarado para armazenar as configurações das tomas do módulo dispensador possui inicialmente 20 posições, logo é possível a definição de até 20 momentos diferentes para as dispensas. A quantidade de posições neste *array* pode ser aumentada, caso seja preciso, em função do número máximo de tomas necessárias. Existe ainda uma variável cujo valor é atribuído nesta secção que define quantos dos índices do *array* vão ser utilizados e, com isto, quantas dispensas vão ser realizadas pelo dispensador. É possível definir o período de tempo máximo para a emissão dos alertas. Estes apenas são emitidos enquanto não for efetuada nenhuma dispensa, representando esta variável o tempo máximo para o qual uma toma pode ser efetuada, sendo que, no final deste tempo, o servo motor tranca, não permitindo a extração de mais comprimidos. Existe ainda a possibilidade de definir a quantidade de comprimidos que são dispensados em cada toma, sendo que os alertas apenas são cessados quando a dispensa do número total de comprimidos definidos for realizada. Por fim, é necessário definir ainda a quantidade de comprimidos que foram inseridos no dispensador, existindo também uma variável que contabiliza o número de comprimidos já dispensados. Assim que for detetado que o número de comprimidos do módulo dispensador atingiu o limite mínimo de comprimidos definido anteriormente (4), o LED vermelho desse mesmo módulo é aceso. Assim que o dispensador for reabastecido é possível pressionar o botão de pressão de forma a indicar que o dispensador possui novamente o número de comprimidos inicialmente definido. Quando todas as tomas definidas forem efetuadas, o LED vermelho e o LED verde do módulo dispensador ligam em simultâneo, podendo, nesta situação, utilizar o botão de pressão para reiniciar todas as variáveis do módulo dispensador e desligar ambos os LED's.

Seguidamente pode ser visualizado o código no qual estão configuradas as tomas para os módulos adaptador e dispensador.

```
void setup() {
  //0 - Desligado, 1 - Pisca
  estadoLedA = 0;
  estadoLedD = 0;

  Serial.begin(9600);

  //Inicia o servo motor na posição 0 (tranca)
  s.attach(servo);
  s.write(0);

  //Declara o comportamento dos diferentes pinos
  pinMode(ledVerdeMA, OUTPUT);
  pinMode(ledVermelhoMD, OUTPUT);
```

```

pinMode(ledVerdeMD, OUTPUT);
pinMode(ledVermelhoMC, OUTPUT);
pinMode(buzzer, OUTPUT);
pinMode(fimDeCurso, INPUT_PULLUP);
pinMode(botaoPressao, INPUT_PULLUP);

//Acende logo no início da execução o led que indica se o arduino
está a ser alimentado
digitalWrite(ledVermelhoMC, HIGH);

importaDadosRTCEEPROM = 0;

//Permite definir se as definições atuais do RTC são mantidas ou se
são submetidas novas
if(importaDadosRTCEEPROM == 1) {
    //Retira e atribui os valores armazenados na EEPROM
    segundoRTC = EEPROM.read(EEPROMsegundoRTC);
    minutoRTC = EEPROM.read(EEPROMminutoRTC);
    horaRTC = EEPROM.read(EEPROMhoraRTC);
    diaRTC = EEPROM.read(EEPROMdiaRTC);
    mesRTC = EEPROM.read(EEPROMmesRTC);
} else {
    segundoRTC = 00;
    minutoRTC = 00;
    horaRTC = 10;
    diaSemanaRTC = 2;
    diaRTC = 25;
    mesRTC = 11;
    anoRTC = 2019;
}

//Atribui ao RTC o tempo atual na sua inicialização
myRTC.setDS1302Time(segundoRTC, minutoRTC, horaRTC, diaSemanaRTC,
diaRTC, mesRTC, anoRTC);

importaDadosAdaptadorEPROM = 0;

//Atribui os valores iniciais para as variáveis que representam as
configurações das tomas do módulo adaptador
tomaHoraEmHora = 2;
tempoDesligaAlarmesA = 3;

```



```

tomaMinutoA = 40;

//Permite definir se as configurações das tomas são as já utilizadas
ou se serão configurações novas para o módulo adaptador
if(importaDadosAdaptadorEPROM == 1) {
    tomaHoraA = EEPROM.read(endEEPROMHoraA);
} else {
    tomaHoraA = 19;
}

importaDispensadorEPROM = 0;

//Permite definir se as configurações das tomas são as já utilizadas
ou se serão configurações novas para o módulo dispensador
if(importaDispensadorEPROM == 1) {
    contador = EEPROM.read(endEEPROMContadorD);
    numComprimidosGuardadosDispensadosD =
EEPROM.read(endEEPROMnumComGuardadosDispensadosD);
} else {
    contador = 0;
    numComprimidosGuardadosDispensadosD = 0;
}

//Atribui os valores iniciais para as variáveis que representam as
configurações das tomas do módulo dispensador
tomaDiaD[0] = 25;
tomaHoraD[0] = 11;
tomaMinutoD[0] = 30;

tomaDiaD[1] = 25;
tomaHoraD[1] = 13;
tomaMinutoD[1] = 00;

tomaDiaD[2] = 25;
tomaHoraD[2] = 15;
tomaMinutoD[2] = 15;

tomaDiaD[3] = 25;
tomaHoraD[3] = 18;
tomaMinutoD[3] = 30;

```

```
tomaDiaD[4] = 25;
tomaHoraD[4] = 19;
tomaMinutoD[4] = 59;

tomaDiaD[5] = 25;
tomaHoraD[5] = 21;
tomaMinutoD[5] = 10;

tomaDiaD[6] = 25;
tomaHoraD[6] = 21;
tomaMinutoD[6] = 50;

tomaDiaD[7] = 25;
tomaHoraD[7] = 22;
tomaMinutoD[7] = 35;

tomaDiaD[8] = 25;
tomaHoraD[8] = 23;
tomaMinutoD[8] = 25;

tomaDiaD[9] = 25;
tomaHoraD[9] = 23;
tomaMinutoD[9] = 30;

tomaDiaD[10] = 25;
tomaHoraD[10] = 23;
tomaMinutoD[10] = 59;

tomaDiaD[11] = 0;
tomaHoraD[11] = 0;
tomaMinutoD[11] = 0;

tomaDiaD[12] = 0;
tomaHoraD[12] = 0;
tomaMinutoD[12] = 0;

tomaDiaD[13] = 0;
tomaHoraD[13] = 0;
tomaMinutoD[13] = 0;

tomaDiaD[14] = 0;
```

```

tomaHoraD[14] = 0;
tomaMinutoD[14] = 0;

tomaDiaD[15] = 0;
tomaHoraD[15] = 0;
tomaMinutoD[15] = 0;

tomaDiaD[16] = 0;
tomaHoraD[16] = 0;
tomaMinutoD[16] = 0;

tomaDiaD[17] = 0;
tomaHoraD[17] = 0;
tomaMinutoD[17] = 0;

tomaDiaD[18] = 0;
tomaHoraD[18] = 0;
tomaMinutoD[18] = 0;

tomaDiaD[19] = 0;
tomaHoraD[19] = 0;
tomaMinutoD[19] = 0;

numTomasPrevistasD = 1;
numComprimidosPorToma = 1;
numComprimidosGuardadosD = 5;
tempoDesligaServo = 1;
}

```

4.4.3.3. Função *loop()*

É na função *loop()* onde são escritas as instruções que mantêm o dispositivo em funcionamento contínuo. Na raiz desta função, devem ser corridas todas as tarefas que são sempre necessárias na execução de cada iteração do ciclo e que, por isso, não possuem nenhuma condição.

A execução deste ciclo é sequencial, no entanto, durante a sua execução, é necessário selecionar, através de condições bem definidas, os trechos de código a executar em determinado instante, em função dos valores das variáveis que existem no sistema, num

determinado momento. Desta forma, em função dos valores das variáveis, o dispositivo tende a migrar para o estado pretendido e que mantém o sistema em funcionamento de forma coesa.

Apesar do seu funcionamento ser contínuo, é necessário em algum instante dar por concluído o plano de tomas. Desta forma, é necessário inserir uma condição de paragem.

Nesta secção, pode ser visualizada a estrutura básica da função *loop()* e a condição que permite interromper as tomas do módulo dispensador.

```
void loop() {

//Atualiza o tempo atual
myRTC.updateTime();

//Caso o contador das tomas obtenha o mesmo valor que o número de
tomas previsto, executa o seguinte trecho
if(numTomasPrevistasD == contador) {
    digitalWrite(ledVermelhoMD,HIGH);
    digitalWrite(ledVerdeMD,HIGH);
    //Caso o botão de pressão seja pressionado, as configurações das
tomas do módulo dispensador são reiniciadas
    if(digitalRead(botaoPressao) == LOW && estadoLedA == 0 &&
estadoLedD == 0) {
        digitalWrite(ledVermelhoMD,LOW);
        digitalWrite(ledVerdeMD,LOW);
        //Reinicia as variáveis referentes ao módulo dispensador
        contador = 0;
        numTomasEfetuadasD = 0;
        numTomasPerdidasD = 0;
    }

} else {

/* Esta secção é referente ao módulo dispensador */
(...)
/* Esta secção é referente ao módulo adaptador */
(...)
}
}
```

No final de cada ciclo é implementado um pequeno bloco de código que armazena a cada execução do ciclo os dados de execução mais importantes na memória EEPROM. Existe também um trecho que verifica se existem 4 comprimidos ou menos no módulo dispensador, se se verificar esta situação, é acendido o LED vermelho deste módulo.

De forma a otimizar o consumo energético foi acrescentado um *delay* de 7s à execução do sistema, caso o programa não esteja num estado de execução em que estejam a ser emitidos alertas para algum dos módulos. Com este código, cada iteração do ciclo é executada apenas uma vez a cada 7s. Com a presença deste código, é esperado que o processamento necessário para o programa diminua consideravelmente, podendo poupar bastante energia e, com isto, aumentar bastante a autonomia do dispositivo e diminuindo a probabilidade de sobreaquecimento do sistema. A desvantagem da implementação deste método é a possibilidade de atraso de no máximo 7s para uma toma definida. Existe alguma margem de erro tolerável para a emissão dos alertas, sendo 7s um tempo perfeitamente aceitável. Os ganhos com a implementação deste mecanismo, aparentemente, são bastante vantajosos quando comparados com as suas desvantagens.

```
//Escreve o valor da momento atual na EEPROM
EEPROM.write(EEPROMsegundoRTC,myRTC.seconds);
EEPROM.write(EEPROMminutoRTC,myRTC.minutes);
EEPROM.write(EEPROMhoraRTC,myRTC.hours);
EEPROM.write(EEPROMdiaRTC,myRTC.dayofmonth);
EEPROM.write(EEPROMmesRTC,myRTC.month);

//Escreve a hora da toma do módulo adaptador na EEPROM
EEPROM.write(endEEPROMHoraA,tomaHoraA);

//Escreve a hora da toma do módulo dispensador na EEPROM
EEPROM.write(endEEPROMContadorD,contador);
EEPROM.write(endEEPROMnumComGuardadosDispensadosD,numComprimidosGuardadosDispensadosD);

//Acende o led vermelho do módulo dispensador quando for detetado
que existem 4 comprimidos
if(estadoLedD == 0 && estadoLedA == 0) {
    //Quando estiverem menos de 5 comprimidos armazenado o led
vermelho do modulo dispensador acende
    if((numComprimidosGuardadosDispensadosD + 4) >=
numComprimidosGuardadosD) {
        digitalWrite(ledVermelhoMD,HIGH);
        if(digitalRead(botaoPressao) == LOW) {
```

```

    numComprimidosGuardadosDispensadosD = 0;
    digitalWrite(ledVermelhoMD, LOW);
}
}
/* Caso não esteja a ser emitido nenhum alerta, é adicionado um
tempo de pausa de 7 segundos
Isto permite reduzir muito a necessidade de processamento e reduz
o consumo de energia */
delay(7000);
}

```

4.4.3.4. Código do Módulo Dispensador

Nesta secção é explicado o código que implementa as funcionalidades referentes ao módulo dispensador.

Inicialmente, o dispensador fica a aguardar que chegue o momento da toma, para isso, é comparado o tempo atual proveniente do RTC com o valor das variáveis que informa sobre o momento em que a toma deverá ocorrer. Os valores relativos ao momento da toma atual estão armazenados num *array*, sendo que a variável contador identifica qual o índice do *array* em análise e, com isto, a toma que se está a processar.

Assim que o tempo (dia, hora e minuto) atual for igual ao tempo definido para a toma, a execução do código entra num trecho no qual, inicialmente, é dada a indicação de ativação dos alertas e, posteriormente, são efetuados cálculos de forma a especificar o momento no qual os alertas podem ser cessados, definindo, assim, o tempo máximo para a dispensa. Para o cálculo do momento em que deixa de ser possível efetuar a toma, é necessário ler a configuração escolhida para o tempo de duração máximo dos alertas e somar este ao momento da dispensa em análise. É de referir que é necessário dar especial atenção aos momentos de passagem de hora, dia e mês, e à existência de anos bissextos, de forma a adaptar os valores das variáveis a uma mudança para um valor de tempo válido. Por vezes não basta somar o tempo uma vez que, caso este ultrapasse o domínio válido, as variáveis podem assumir valores de tempo que não existem e que levem a execução do programa para um estado não pretendido.

Foi também implementada uma funcionalidade que impede que o servo motor tranque enquanto o utilizador estiver a pressionar o botão e a retirar os comprimidos. Esta funcionalidade permite evitar que a hélice do servo motor quebre ao fechar por colidir com a coluna por onde se retiram os medicamentos, ou que este feche com a coluna aberta, o que implicaria a impossibilidade de recolha da coluna. Caso seja detetado que o botão está a ser pressionado, o tempo agendado para o fecho do servo motor é incrementado em 1 minuto, fechando nesse momento, quando a coluna já tiver sido recolhida de volta à sua posição inicial.

O código que implementa esta funcionalidade pode ser visto de seguida.

```
/* Esta secção é referente ao módulo dispensador */

//Executa assim que chega o momento da toma
if(myRTC.dayofmonth == tomaDiaD[contador] && myRTC.hours ==
tomaHoraD[contador] && myRTC.minutes == tomaMinutoD[contador] &&
estadoLedD == 0) {

    //Permite que o código que emite os alertas do módulo
dispensador seja executado
    estadoLedD = 1;

    //Define o momento em que os alertas são interrompidos
    momentoDesligaServoMinuto = tomaMinutoD[contador] +
tempoDesligaServo;
    momentoDesligaServoHora = tomaHoraD[contador];
    momentoDesligaServoDia = tomaDiaD[contador];

    //Realiza a mudança de hora
    if(momentoDesligaServoMinuto >= 60) {
        momentoDesligaServoMinuto = momentoDesligaServoMinuto - 60;
        momentoDesligaServoHora = tomaHoraD[contador] + 1;
        //Realiza a mudança de dia
        if(momentoDesligaServoHora == 24) {
            momentoDesligaServoHora = 0;
            momentoDesligaServoDia = tomaDiaD[contador] + 1;
            //Realiza a mudança de mês para os meses com 31 dias
            if(myRTC.dayofmonth == 31 && (myRTC.month == 1 ||
myRTC.month == 3 || myRTC.month == 5 || myRTC.month == 7 ||
myRTC.month == 8 || myRTC.month == 10 || myRTC.month == 12)) {
                momentoDesligaServoDia = 1;
            //Realiza a mudança de mês para os meses com 30 dias
            } else if(myRTC.dayofmonth == 30 && (myRTC.month == 4 ||
myRTC.month == 6 || myRTC.month == 9 || myRTC.month == 11)){
                momentoDesligaServoDia = 1;
            //Realiza a mudança de mês para o mês 2
            } else if(myRTC.month == 2 && (myRTC.dayofmonth == 28 ||
myRTC.dayofmonth == 29)) {
                if(myRTC.dayofmonth == 28) {
```



```

    delay(750);
    //Quando o fim de curso é pressionado, é executado o seguinte
trecho
    if(digitalRead(fimDeCurso) == LOW) {
        numComprimidosTomadosDispensa++;
        numComprimidosGuardadosDispensadosD++;
        //Faz o programa esperar 5 segundos para que possa contar
uma nova extração de comprimido
        delay(5000);
        //Quando for dispensado o número de comprimidos definido
para uma dispensa, a mesma é dada como concluída
        if(numComprimidosTomadosDispensa == numComprimidosPorToma)
        {
            estadoLedD = 0;
            //Desliga os alertas
            digitalWrite(ledVerdeMD, LOW);
            digitalWrite(buzzer, LOW);
            //Atribui novos valores às variáveis que indicam o estado
atual das tomas do módulo dispensador
            contador++;
            numTomasEfetuadasD++;
            numComprimidosTomadosDispensa = 0;
        }
    }
}

```

É suposto ainda tratar das situações em que ocorrem tomas perdidas. Para isso, existem as variáveis calculadas anteriormente que especificam o tempo máximo no qual é possível efetuar as tomas. Com isto, este tempo representa o momento em que a emissão dos alertas é interrompida caso não tenha ocorrido nenhuma toma, e o momento em que o servo motor deve rodar de modo a trancar a coluna, impedindo que esta desça. O programa aguarda sempre por este momento mesmo que tenha sido efetuada uma dispensa.

Assim que o tempo atual é igual ao tempo definido para o tempo máximo da dispensa, este trecho é executado. Caso a toma tenha sido efetuada, o servo motor é fechado e a variável que contabiliza as tomas efetuadas com êxito é incrementada. No caso de não ter sido efetuada nenhuma toma até este momento, os alertas são cessados, o servo motor fechado e a variável que contabiliza as tomas perdidas incrementada.

```

//Executa assim que chega o momento definido para o fim da toma
    else if(myRTC.dayofmonth == momentoDesligaServoDia && myRTC.hours
== momentoDesligaServoHora && myRTC.minutes ==
momentoDesligaServoMinuto) {

        //Após ter passado o tempo definido para a extração do
comprimido, a buzina é silenciada quer a dose tenha sido tomada, quer
a mesma não tenha sido
        digitalWrite(buzzer, LOW);

        //Caso o botão fim de curso não esteja a ser pressionado o
servo fecha
        if(digitalRead(fimDeCurso) == HIGH) {
            posServo = 0;
            s.write(posServo);
            //Impede que o servo feche caso o fim de curso esteja a ser
pressionado, ou seja, isto impede que o servo quebre
        } else {
            //Passa o novo momento do fecho do servo para o minuto
seguinte
            momentoDesligaServoMinuto++;
            if(momentoDesligaServoMinuto == 60) {
                momentoDesligaServoMinuto = 0;
                momentoDesligaServoHora++;
                if(momentoDesligaServoHora == 24) {
                    momentoDesligaServoDia++;
                }
            }
        }

        //Caso a dose tenha sido falhada, avança-se para a próxima
toma, no entanto, não se contabiliza a toma e calcula-se a quantidade
de tomas falhadas
        if(estadoLedD == 1) {
            contador++;
            numTomasPerdidasD = contador - numTomasEfetuadasD;
        }
        estadoLedD = 0;
    }
}

```

4.4.3.5. Código do Módulo Adaptador

O módulo adaptador tem um funcionamento semelhante ao do módulo dispensador, no entanto, neste módulo, as configurações das tomas são efetuadas de X em X horas e não de forma livre. Também não existem mecanismos de verificação do sucesso da toma, pelo que possui um funcionamento mais simples.

Inicialmente, e à semelhança do módulo dispensador, o sistema aguarda pelo momento (hora e minuto) em que a toma se realiza. Assim que os valores do tempo atual, provenientes do RTC, coincide com os valores das variáveis responsáveis por indicarem o momento da toma do módulo adaptador, o programa entra num trecho de código. Neste, inicialmente é dada a indicação de que os alertas podem ser lançados e, à semelhança do módulo dispensador, são efetuados cálculos que permitem determinar o momento em que os alertas devem ser cessados.

```
//Executa assim que chega o momento da toma
  if((myRTC.hours == tomaHoraA && myRTC.minutes == tomaMinutoA) &&
estadoLedA == 0) {
  //Permite que o código dos alertas do módulo correspondente seja
executado
  estadoLedA = 1;
  //Define o momento em que os alertas são interrompidos
  momentoDesligaLedMinuto = tomaMinutoA + tempoDesligaAlarmesA;
  //Implementa a mudança de hora
  if(momentoDesligaLedMinuto < 60) {
    momentoDesligaLedHora = tomaHoraA;
  } else {
    momentoDesligaLedMinuto = momentoDesligaLedMinuto - 60;
    momentoDesligaLedHora = tomaHoraA + 1;
    //Implementa a mudança de dia
    if(momentoDesligaLedHora == 24) {
      momentoDesligaLedHora = 0;
    }
  }
}
```

Após ser dada a indicação de que os alertas do módulo adaptador podem ser emitidos, a execução entra num trecho que simplesmente liga o LED verde e a buzina, de forma intermitente. Estes alertas são emitidos até que o tempo de duração definido nas configurações

das tomas termine, ou que o utilizador pressione o botão de pressão, interrompendo instantaneamente os alarmes.

```
if(estadoLedA == 0) {
    digitalWrite(ledVerdeMA, LOW);
    digitalWrite(buzzer, LOW);
    //Emite os alertas do módulo adaptador
} else if(estadoLedA == 1 && alarmesDesligadosUtilizador == 0) {
    digitalWrite(ledVerdeMA, HIGH);
    digitalWrite(buzzer, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(ledVerdeMA, LOW);
    digitalWrite(buzzer, LOW);
    delay(750);
    //Caso o botão de pressão seja pressionado, desliga os alertas do
módulo adaptador
    if(digitalRead(botaoPressao) == LOW) {
        alarmesDesligadosUtilizador = 1;
    }
}
```

Assim que tiver decorrido o tempo calculado anteriormente, uma condição que especifica que o tempo atual é igual ao tempo em que os alertas do módulo adaptador são cessados é satisfeita e, deste modo, a execução passa para um novo bloco de código. Neste trecho é contabilizada uma dose e os alertas são cessados. Visto que, para este módulo, foi utilizada o regime de tomas de X em X horas, é necessário determinar qual o horário para a próxima toma. Para isso, é retirado o valor definido nas configurações da toma para o intervalo de tempo até à próxima toma. Com a soma deste valor ao valor da hora da última toma, é possível verificar a nova hora a que deve ser realizada a próxima toma. Este processo é contínuo e realizado de forma indefinida enquanto o módulo se encontrar em utilização.

```
//Quando chega o momento de interromper os alertas, executa este
trecho
    else if(myRTC.hours == momentoDesligaLedHora && myRTC.minutes ==
momentoDesligaLedMinuto && estadoLedA == 1) {

        //Conta uma unidade sempre que chega a hora da emissão dos alertas
```

```

numAlertasA++;
//Reinicia as variáveis
momentoDesligaLedHora = 0;
momentoDesligaLedMinuto = 0;
alarmesDesligadosUtilizador = 0;

//Atualiza os dados da próxima toma
tomaMinutoA = tomaMinutoA;
tomaHoraA = tomaHoraA + tomaHoraEmHora;

//Implementa a mudança de dia
if(tomaHoraA >= 24) {
    tomaHoraA = tomaHoraA - 24;
}
estadoLedA = 0;
}

```

4.5. Nota Conclusiva

Após a leitura deste Capítulo, pode-se concluir que o protótipo foi desenvolvido com êxito, seguindo a estrutura e a arquitetura idealizadas no Capítulo anterior.

Foram necessárias várias tentativas e correções para se culminar num protótipo funcional. Inicialmente, existiu a necessidade de corrigir as imperfeições da estrutura física do dispositivo resultantes dos defeitos da impressão, no entanto, conseguiu-se ultrapassar as limitações e defeitos existentes no início, obtendo-se, assim, uma estrutura física aceitavelmente coesa.

Após isso, foi efetuada a montagem dos periféricos e a sua respetiva ligação ao Arduino. Durante este processo surgiu uma dificuldade acrescida uma vez que houve a necessidade de arranjar solução para que os periféricos ficassem presos à estrutura e para que os fios e cabos de ligação não se desencaixassem do Arduino durante o manuseamento do dispensador. Foi também necessário um processo de testes de tentativa-erro para garantir que todas as ligações e os respetivos periféricos se encontravam em pleno funcionamento e estáveis.

Com toda a estrutura mecânica preparada, foi possível desenvolver o código que especifica o comportamento do dispositivo. O mesmo foi redigido de modo a facilitar o trabalho futuro de integração de mais módulos e da base de dados. Surgiram, inicialmente, dificuldades relativamente ao consumo energético do sistema, o que comprometia a autonomia do dispositivo sendo pois, que ao final de algum tempo, o dispositivo se reiniciava por falta de energia, tornando a sua utilização inviável uma vez que perdia a capacidade de realizar as dispensas de forma adequada. Desta forma, houve necessidade de implementar mecanismos

que permitissem reduzir a quantidade de processamento efetuada e, com isto, proporcionar uma redução do consumo energético. O código que implementa o funcionamento do dispositivo foi desenvolvido com sucesso, sendo que, após as alterações necessárias, o dispensador comportava-se da forma pretendida. O processo de desenvolvimento decorreu em simultâneo à realização de testes ao sistema. Foram simuladas várias situações que, de alguma forma, pudessem quebrar a estrutura programada originando, assim, erros de execução. Foram introduzidas as validações necessárias para contornar o surgimento destes problemas. Apesar de ser impossível garantir que não possa surgir nenhum erro ou incoerência na execução do programa, existiu o cuidado de tentar reduzir ao máximo a probabilidade das suas ocorrências.

É de referir que a arquitetura estipulada, assim como os materiais e componentes utilizados, foram escolhidos tendo em vista o desenvolvimento de um protótipo simples e fácil de utilizar e interpretar por qualquer pessoa.

Embora o protótipo não esteja perfeito, este revela-se funcional, demonstrando bons indicadores e potencialidades de melhoria para o futuro. É então possível concluir que esta etapa foi efetuada com bastante êxito. Agora, é necessária a realização de testes de usabilidade, de forma a validar a sua utilização em ambiente real.

Capítulo V - Análise dos Resultados

Após o desenvolvimento do protótipo, explicado no Capítulo 4, é necessária a realização de testes de usabilidade de modo a verificar se este se encontra funcional, para utilização em ambiente real.

Assim, neste Capítulo, são demonstrados e explicados todos os testes efetuados, bem como os resultados obtidos.

5.1. Introdução

Qualquer projeto criado de raiz requer uma série de procedimentos e etapas de desenvolvimento tendo em vista a obtenção de um produto final, útil e funcional, sendo que existem sempre percalços que necessitam de ser ultrapassados.

Ao longo do desenvolvimento deste protótipo, tal como referido anteriormente, foram realizadas várias tentativas, não só no que respeita à estrutura, montagens e ligações, mas também ao nível da programação do Arduino, de modo a otimizar o dispositivo até que este apresentasse um funcionamento viável. Apesar da noção de que este protótipo está longe de ser um produto final, este revela-se capaz de corresponder aos objetivos estipulados no início desta dissertação. É de salientar que, durante o desenvolvimento do protótipo, foram também efetuados vários testes ao funcionamento das suas funcionalidades e efetuadas correções aos *bugs* e defeitos que foram surgindo durante os mesmos. No entanto, estes testes apenas foram realizados em ambiente simulado. Desta forma, para testar efetivamente o bom funcionamento, a robustez e a utilidade do dispensador, é necessária a realização de testes, fornecendo o dispositivo a pessoas neutras ao desenvolvimento do protótipo, para que este seja testado por elas.

Ainda que as dimensões dos módulos tenham sido aumentadas para facilitar a inserção dos componentes e as ligações dos mesmos, o protótipo apresenta as características estipuladas, isto é, possui alertas sonoros e luminosos, indicação da bateria através de um LED no módulo de controlo, sistema de segurança que tranca o módulo dispensador para evitar tomas erradas e a incorporação de um módulo adaptador que possibilita o alerta, através de um LED verde, para medicação líquida ou em pó. Assim, com este dispensador, é possível que sejam definidas diversas tomas, sendo configurado o horário das mesmas. O dispositivo possui as funcionalidades necessárias para auxiliar os utilizadores na gestão do seu plano terapêutico medicamentoso.

Posto isto, e após se verificar um bom funcionamento do dispositivo em ambiente simulado, chegou o momento de realizar testes em ambiente real.

5.2. Testes de Usabilidade

Para a realização dos testes de usabilidade ao protótipo, foram escolhidas 5 pessoas para usufruírem da sua utilização, durante 48h. Apesar do número de inquiridos ser reduzido, é possível obter alguns resultados quanto ao desempenho do dispositivo.

Para cada pessoa que testou o dispensador, foi necessário recolher alguns dados, interrogando verbalmente a pessoa, como, por exemplo, qual a medicação que se encontra a tomar, quantas doses e quais os horários das tomas. Parte destes dados são utilizados para efetuar as configurações das tomas. Neste protótipo, como não foi desenvolvida a plataforma que possibilita a configuração das tomas, os dados relativos às tomas medicamentosas tiveram de ser inseridos de forma manual, na função *setup()*, diretamente no código da programação do protótipo, antes do mesmo ser entregue para testes ao utilizador e de forma a que este satisfaça os horários e os requisitos das tomas dos utilizadores.

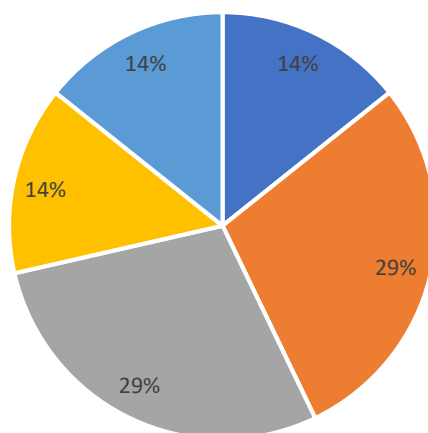
No final de cada utilização, foi entregue um pequeno questionário à pessoa que testou o dispositivo, de forma a se poder tratar os dados e, com isto, obter-se uma visão do funcionamento do dispensador e do impacto que este traz aos seus utilizadores.

O questionário realizado, composto por apenas 6 pequenas questões, pode ser consultado no Anexo I.

5.3. Recolha dos Resultados Obtidos

Após a recolha do dispositivo e dos questionários preenchidos pelos utilizadores do dispensador, foram retiradas várias informações sobre as quais é possível tirar diversas ilações.

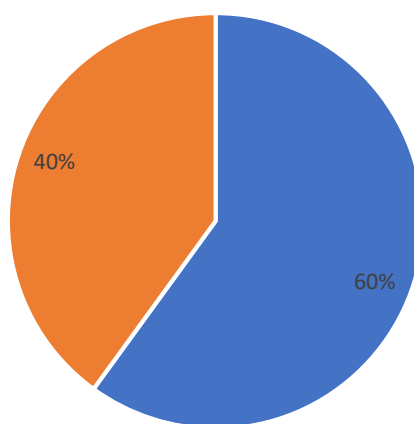
Os 5 inquiridos apresentavam idades compreendidas entre os 49 e os 87 anos, 4 eram do sexo feminino e 1 do sexo masculino. No que respeita à 1ª pergunta sobre para qual patologia tomam medicação, as respostas obtidas estão representadas na Figura 40, em %. Verifica-se que a amostra de utilizadores inquiridos toma, maioritariamente, medicação para glaucomas e diabetes, requerendo, com certeza, o seguimento de um plano terapêutico medicamentoso detalhado e exigente.



■ Cancro da mama ■ Glaucoma ■ Diabetes ■ Hipertensão Arterial ■ Problemas cardíacos

Figura 40 - Percentagem das patologias para as quais os inquiridos tomam medicação.

Para a 2ª pergunta, em que os utilizadores têm de responder quantas vezes tomam a medicação referida anteriormente, os resultados encontram-se na Figura 41. A maioria dos utilizadores faz unicamente uma toma por dia. Ainda assim, e face à possibilidade de esquecimento, o benefício da utilização de sistemas de armazenamento de medicamentos e de alerta de tomas é relevante.



■ 1x/dia ■ 2x/dia

Figura 41 - Percentagem do número diário de tomas.

Na 3ª pergunta foi questionado se, com o auxílio do dispensador, alguma vez se esqueceram de tomar a sua medicação. A resposta foi unânime, nenhum dos utilizadores se esqueceu de tomar a medicação.

A 4ª pergunta tem como intuito sondar se, durante a utilização do dispensador, foi detetada alguma falha ou erro. Dos 5 inquiridos, 3 afirmaram não ter detetado nenhuma falha e 2 disseram que sim, uma vez que o dispensador ficou sem bateria. Na Figura 42, pode-se observar, em %, se foram detetadas falhas ou erros durante a utilização do dispensador.

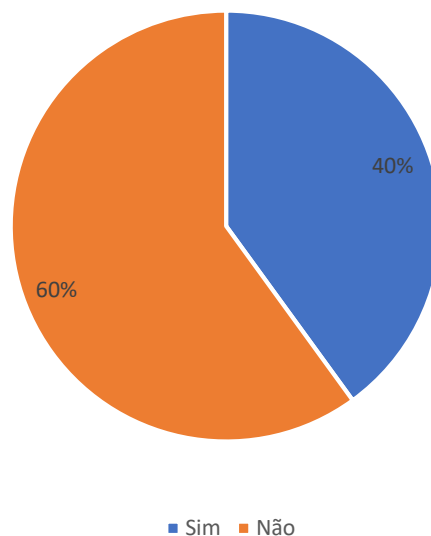


Figura 42 - Erros ou falhas na utilização do dispensador.

A 5ª questão pretende saber se o dispensador traz benefícios positivos ao utilizador, pois é questionado se, com a ajuda deste dispositivo, o utilizador cumpriu de forma rigorosa o seu plano terapêutico medicamentoso. Novamente, a resposta foi unânime. Todos os inquiridos afirmaram a mais-valia da utilização do dispositivo.

Na 6ª e última pergunta, foi pedido para descreverem quais as melhorias que se poderiam fazer no dispositivo para que este seja otimizado e mais funcional. Todos os utilizadores responderam que as dimensões do dispensador têm de ser reduzidas. Dois inquiridos indicaram que a saída dos comprimidos deveria ser realizada pela lateral, invés de ser pela parte inferior do dispositivo. Um inquirido indicou que deveria existir uma aplicação de telemóvel associada que permitisse avisar o utilizador uns minutos antes da toma, para que, caso este se encontre longe do dispensador, não perca a toma, e disse ainda que seria útil substituir as pilhas por uma bateria recarregável.

5.4. Nota Conclusiva

Após a recolha dos resultados que provêm da direta utilização do dispensador, apesar da amostra de utilizadores ser reduzida, a mesma é bastante heterogénea. Deste modo, é possível fundamentar os dados obtidos e retirar várias ilações.

Primeiramente, foi comprovado que o dispositivo é efetivamente útil, pois nenhum dos utilizadores abordados falhou uma toma. Todos eles afirmaram que o dispensador auxiliou na lembrança das tomas e que, por isso, se sentiam mais tranquilos e seguros, pois o sistema implementando e com o dispositivo por perto para emitir os alertas, qualquer hipótese de esquecimento ficaria de parte. Por outro lado, os utilizadores relataram algumas dificuldades no manuseamento do dispositivo, essencialmente pelas suas elevadas dimensões, bastante superiores ao especificado para o produto final. Relataram, também, problemas de consumo energético que podem comprometer a confiabilidade do dispensador.

Deste modo, é possível concluir que o dispensador é efetivamente um dispositivo útil e que auxilia os utilizadores a gerir a sua terapêutica medicamentosa de forma mais rigorosa, no entanto, ainda é um protótipo que deveria ser melhorado e apresenta algumas fragilidades que, na sua versão atual, podem comprometer o seu funcionamento em determinadas situações.

Capítulo VI - Conclusões

Neste último Capítulo são descritas, de forma resumida, as conclusões retiradas deste trabalho. Após os processos de revisão de literatura, análise do mercado, esquematização, desenvolvimento e testes de usabilidade do protótipo, é possível realizar as conclusões sobre o trabalho desenvolvido.

Esta secção está composta, inicialmente, por uma conclusão geral sobre o impacto do trabalho desenvolvido e, posteriormente, por conclusões específicas sobre dispensador. Termina-se com as perspectivas futuras, como sugestões de melhoria ou aperfeiçoamento.

6.1. Conclusões Gerais

Cada vez mais o envelhecimento está presente nas populações mais desenvolvidas. Esta condição acarreta um aumento do número de patologias e doenças crónicas e, conseqüentemente, um incremento da complexidade dos tratamentos dos pacientes, criando um sério desafio à sustentabilidade do sistema social e de saúde pública. Os medicamentos têm um papel fundamental no tratamento e controlo de várias patologias, permitindo aumentar a longevidade e a qualidade de vida das pessoas.

Os problemas surgem quando os pacientes, sobretudo os que necessitam de uma atenção especial, como os idosos e os portadores de demências, apresentam bastantes dificuldades no cumprimento do seu plano terapêutico medicamentoso. Pelas fragilidades cognitivas e motoras inerentes a estes grupos populacionais, e o facto de estes apresentarem um plano terapêutico medicamentoso complexo, no qual necessitam da constante ajuda de terceiros para o gerirem corretamente, é importante zelar por métodos que facilitem a gestão da terapêutica medicamentosa e diminuam as probabilidades da ocorrência de erros, frisando, ainda, que o não cumprimento do plano terapêutico medicamentoso, quer pela não adesão quer pela realização de erros, acarreta prejuízos graves para a saúde dos doentes.

Face às limitações e problemas mencionados, surge a necessidade de um dispositivo que lhes possibilite, para além do auxílio na gestão do seu plano terapêutico medicamentoso, uma vida mais autónoma e com melhor qualidade. Assim, o presente projeto teve como principal objetivo o desenvolvimento de um protótipo funcional de um dispensador portátil, modular, automático e inteligente de alerta e administração medicamentosa.

Apesar de existir, atualmente, um leque bastante abrangente de dispositivos que possuem as características do dispositivo desenvolvido nesta dissertação, estes apresentam sempre algumas limitações, como por exemplo, preços demasiado elevados ou a presença de apenas algumas dessas características. Assim, este dispensador surge como solução viável que poderá ser útil a muitos utilizadores, tendo, assim, um lugar no mercado.

6.2. Conclusões Específicas

O Dispensador Modular Inteligente para Administração Medicamentosa surgiu como solução para tentar ultrapassar algumas das limitações detetadas nos dispositivos atualmente comercializados, uma vez que apresenta um vasto conjunto de características em simultâneo que o tornam um equipamento diferenciador e, desta forma, permite aos pacientes uma melhor gestão e cumprimento da sua terapêutica medicamentosa.

Este dispositivo consiste num dispensador de medicamentos portátil uma vez que apresenta dimensões reduzidas. Apresenta alertas sonoros e luminosos, o que reforça os avisos/lembretes ao paciente. Possui um sistema de segurança que impede que o paciente pressione o botão do módulo dispensador errado sem que necessite, impossibilitando-lhe o acesso à medicação incorreta ou à extração da mesma num horário não estipulado.

Uma das características inovadoras deste dispensador é a sua modularidade. Apesar de ter um limite máximo de oito módulos, é possível adaptar o seu número mediante o número de diferentes tipos de medicamentos que compõe a terapêutica medicamentosa do paciente. Cada módulo dispensador tem a capacidade para albergar um grande número de comprimidos, sendo esta capacidade comparativamente maior quando comparada com grande parte dos dispositivos analisados. Este dispositivo admite, também, a utilização de medicamentos de diversos tamanhos, podendo ser utilizados comprimidos desde o tamanho de uma aspirina até ao de um *Ben-u-ron* de 1g. A existência de um módulo adaptador para medicação líquida ou em pó, é uma mais valia para muitos utilizadores pois, mesmo este módulo não possuindo um sistema de contabilização da medicação deste tipo dispensada, possui alertas para a necessidade das tomas deste tipo de medicamento. Com a possibilidade de acoplamento de módulos é proporcionada portabilidade e modularidade e, com isto, conforto ao utilizador, podendo este integrar todos os módulos dos diferentes tipos de medicação que poderá utilizar num só dispositivo, evitando o transporte de mais do que um dispositivo.

Apesar de nesta dissertação não ter sido desenvolvida a plataforma de configuração do dispositivo, esta foi projetada para efetuar uma gestão inteligente do dispensador, possibilitando um controlo e definição de validações ao plano terapêutico medicamentoso do paciente, permitindo uma gestão inteligente das tomas medicamentosas, bem como uma melhor comunicação entre médico-paciente-farmacêutico, uma maior independência e segurança ao paciente e permitindo ao cuidador não necessitar de estar presente de forma constante.

Na construção do protótipo optou-se por escolher materiais que apresentassem um custo mais baixo, de modo a demonstrar que é possível a execução de um produto final a um custo reduzido, permitindo, assim, o acesso a este dispositivo pela maior parte da população.

Todas estas características apresentadas em simultâneo num único dispositivo fazem deste um equipamento com bastante utilidade para grande parte dos utilizadores.

O desenvolvimento do protótipo revelou-se um processo minucioso, tendo surgido diversas dificuldades que acabaram por ser ultrapassadas de forma positiva. Deste modo, foi desenvolvido um protótipo, aparentemente viável, capaz de desempenhar as funções inicialmente estipuladas. Para verificar o bom funcionamento do protótipo e comprovar a sua utilidade, o mesmo foi fornecido para testes de usabilidade a alguns inquiridos. Desta forma, e após a realização de um questionário aos seus utilizadores, foi possível retirar conclusões que comprovam, para além das fragilidades reportadas pelos utilizadores, expectáveis de um protótipo, regra geral, a utilização do mesmo foi avaliada de forma positiva, revelando-se útil para quem o utiliza. Isto demonstra a potencialidade do dispensador no caso de desenvolvimento do produto final.

6.3. Trabalhos Futuros

De modo a manter a competitividade, atualmente, é necessário acompanhar o constante e gradual progresso tecnológico, adotando nos produtos atuais as novas tecnologias, ferramentas e materiais que vão surgindo. Assim sendo, haverá sempre necessidade e possibilidade de otimizar este produto.

De forma a facilitar a recolha dos comprimidos por parte do utilizador, seria agradável e mais facilitador, se a saída dos comprimidos fosse realizada pela parte lateral do dispensador. Isto permitiria evitar que o utilizador necessite levantar o dispositivo para conseguir extrair os comprimidos. Para tal, seria recomendada a utilização de um sistema de atuação diferente, por exemplo, um micromotor.

Para as tarefas do dispensador serem programadas é necessário que o administrador (farmacêutico) entre numa plataforma que permita realizar alterações à base de dados. Para isso, é necessário um acesso à *internet*. Deste modo, uma sugestão de melhoria poderia ser a possibilidade de que esta programação medicamentosa pudesse ser realizada pelo cuidador ou responsável pelo paciente, mantendo simultaneamente ativa a rede entre o médico-paciente-farmacêutico, uma vez que todos eles teriam acesso à mesma plataforma, alterando os mesmos dados. Para efetuar esta melhoria, seria necessário efetuar validações automáticas às configurações do dispositivo, desenvolvendo algoritmos que bloqueiem configurações potencialmente prejudiciais ou incorretas para o paciente, permitindo ao farmacêutico pré-definir parâmetros seguros para o dispositivo e ser notificado em caso de configuração incorreta por parte do cuidador. Esta melhoria seria uma mais-valia para o farmacêutico, já que pouparia tempo na configuração e apenas teria de abastecer o dispositivo com os medicamentos consoante o plano terapêutico medicamentoso definido, e efetuar uma primeira configuração.

A plataforma poderia também estar dotada de um algoritmo inteligente, capaz de aprender os padrões de comportamento do organismo e a resposta do mesmo à medicação. Este algoritmo, mediante a recolha de dados e sinais vitais em tempo real, por sensores, do

organismo do paciente, poderia ser capaz de estipular padrões nas respostas biológicas do corpo à administração das diferentes doses, posteriormente, calculando e atualizando a dose ou o número de medicamentos necessários para otimizar o estado de saúde do paciente. Este aspeto, não pretende substituir o papel fulcral do médico, sendo que as alterações propostas pelo algoritmo teriam que ser validadas pelo médico. Desta forma, serviria, essencialmente, como apoio à decisão do médico, sendo que a decisão final de atualização das doses nunca pode ser do sistema, mas sim do médico.

Outro aspeto a ter em consideração é o facto de que este dispositivo possui apenas alertas sonoros e luminosos, no entanto, se o utilizador tiver limitações, no seu quotidiano, que o impeçam de, em certa medida, que o alerta sonoro seja ativado, seria bom que o paciente tivesse a opção de colocar o sistema em alerta vibratório. Este alerta poderia também servir de complemento aos alertas luminosos e sonoros, o que poderia auxiliar ainda mais os pacientes, especialmente os que possuem limitações visuais e/ou auditivas.

Uma outra melhoria importante a ter em conta, seria o desenvolvimento de um sistema que permitisse a contabilização da medicação líquida ou em pó. Este tipo de medicação acarreta uma atenção especial por parte do utilizador uma vez que é bastante difícil dispensar uma dose precisa deste tipo de medicação. Um sistema capaz de pesar o recipiente da medicação poderia ser uma solução, pesando-o antes da dispensa, e determinando quanto a dose dispensada se traduz em peso. Através de um mecanismo seria possível dispensar com uma maior precisão a dose pretendida e permitir, assim, ao utilizador evitar situações de sob ou sobredosagem.

Outro trabalho futuro em vista à otimização e segurança do dispositivo para o utilizador seria a implementação de um sistema de trancamento também para o módulo adaptador. Para tal seria necessário a utilização de outro servo motor ou de outro sistema que movesse o cilindro para uma zona na qual ficasse preso. Esta funcionalidade impedia o utilizador de utilizar indevidamente a medicação líquida ou em pó.

Uma vez que este dispositivo está dotado de características modulares, é possível que, no futuro, sejam desenvolvidos outros tipos de módulos, com diferentes funcionalidades, podendo este dispositivo possuir ferramentas de diagnóstico ou sensores capazes de medir sinais vitais ou níveis biológicos do paciente, e inserido um *display* no módulo de controlo que permitisse observar as informações.

Por fim, apesar de se ter tido em atenção a escolha de um *design* simples e apelativo, este poderia ser sempre melhorado de forma a otimizar mais o funcionamento mecânico do dispositivo, ou simplesmente de modo a contribuir para o bem-estar e comodidade do utilizador. Poderia ser importante realizar uma revisão dos componentes e materiais utilizados para reduzir ainda mais as dimensões do dispositivo.

Referências Bibliográficas

- [1] PORDATA. (n.d.) Nascimentos e fecundidade. Em: <https://www.pordata.pt/Subtema/Europa/Nascimentos+e+Fecundidade-95> [Acesso em 24/02/2019].
- [2] PORDATA. (n.d.) Óbitos e esperança média de vida. Em: <https://www.pordata.pt/Subtema/Europa/%c3%93bitos+e+Esperan%c3%a7a+de+Vida-96> [Acesso em 24/02/2019].
- [3] WHO, “*Study on global AGEing and adult health*”, World Health Organization (WHO), Geneva, 2015.
- [4] Naditz, A., “*Medication Compliance - Helping Patients Through Technology: Modern “Smart” Pillboxes Keep Memory - Short Patients On Their Medical Regimen*”, *Telemedicine and e-Health*, 2008; 14(9): 875.
- [5] Pepe, V. and Castro, C., “*A Interação entre prescritores, dispensadores e pacientes: informação compartilhada como possível benefício terapêutico*”, in *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 2000; 16(3):815-822.
- [6] INFARMED, “Decreto-Lei n.º 176/2006, de 30 de agosto - Estatuto do Medicamento. Legislação Farmacêutica Compilada”.
- [7] Rang, H. P., Dale M. M., Ritter J. M., Flower R. J. and Henderson G., “*Rang & Dale Farmacologia*”, Rio de Janeiro, 7ª edição, 2012.
- [8] Instituto Nacional de Estatística, “*O Envelhecimento em Portugal - Situação demográfica e socio-económica recente das pessoas idosas*”, *Destaque - Informação à Comunicação Social*, abril 2002.
- [9] Instituto Nacional de Estatística, “*Estatísticas Demográficas 2011*”, *Destaque - Informação à Comunicação Social*, março 2013.
- [10] Instituto Nacional de Estatística, “*Estatísticas Demográficas 2017*”, Edição 2018.
- [11] EuroStat Statistics Explained. Em: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Population_age_structure_by_major_age_groups,_2007_and_2017_\(%25_of_the_total_population\).png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Population_age_structure_by_major_age_groups,_2007_and_2017_(%25_of_the_total_population).png).
- [12] Gonçalves, C. e Carrilho, M. J., “*Envelhecimento crescente mas espacialmente desigual*”, *Revista de Estudos Demográficos*, nº 40, 2002.
- [13] Schneider, R. e Irigaray, T., “*O envelhecimento na atualidade: aspectos cronológicos, biológicos, psicológicos e sociais*”, *Estudos de Psicologia*, 2008.
- [14] Galvão, C., “*O idoso polimedicado - estratégias para melhorar a prescrição*”, *Revista Portuguesa de Medicina Geral e Familiar*, 22(6), 2006.
- [15] Sabaté, E., “*Adherence to long-term therapies: evidence for action*”, Geneva, World Health Organization, 2003.
- [16] Dias, A. M., Cunha, M., et al., “*Adesão ao regime terapêutico na doença crónica: revisão da literatura*”, *Millenium*, 40, 2011.

- {17] PORDATA. (n.d.) Portugal - Saúde - Despesas. Em: <https://www.pordata.pt/Subtema/Portugal/Despesas-37> [Acesso em 10/11/2019].
- [18] Burns, M.A.C., Spivey, C.A., “The ‘cost’ of medication nonadherence: Consequences we cannot afford to accept”, *Journal of the American Pharmacists Association*, 52(6), 2012.
- [19] Ferreira, D., “Impacto da adesão à terapêutica nos custos dos cuidados de saúde”, *Revista Portuguesa de Medicina Geral e Familiar*, 2014, 30:268-70.
- [20] Fenerty, S. D., West, C., et al., “The effect of reminder systems on patients’ adherence to treatment”, *Patient Preference and Adherence*, 2012.
- [21] Hoffmann, R., Cesconetto, J., et al., “Promovendo ambientes de vida assistida para assistência médica remota com *smart gateways* na *web* das coisas”, *Revista de Informática Aplicada*, v. 13, n. 2, 2017.
- [22] Abouzahr, C. and Boerma, T., “Health information systems: the foundations of public health”, 2004. Em: https://www.scielo.org/scielo.php?pid=S0042-96862005000800010&script=sci_arttext&tlng=en.
- [23] Mukund, S. and Srinath, N. K., “Design of Automatic Medication Dispenser”, *Computer Science & Information Technology*, 2012.
- [24] Do, J.-H., Jung, S. H., Jang, H., Yang, S.-E., Jung, J.-W. and Bien, Z., “Gesture-Based Interface for Home Appliance Control in Smart Home”, *Assistive Technology Research Series 19: Smart Homes and Beyond*, IOS Press, 2006.
- [25] Shree, S. R. B., Shekar, P. C., Arjun, A., Manoj, G. R., Nithin, A. and Raj, R. S., “Automated Medication Dispensing System”, 2014 Eleventh International Conference on Wireless and Optical Communications Networks (WOCN), IEEE, 2014.
- [26] Mertens, B.J., Kwint, H.F., van Marum, R.J., Bouvy, M.L., “Are multidose drug dispensing systems initiated for the appropriate patients?”, *Eur J Clin Pharmacol*. 2018; 74(9): 1159-1164.
- [27] Reeder, B., Demiris, G. and Marek, K. D., “Older Adults’ Satisfaction with a Medication Dispensing Device in Home Care”, *Inform Health Soc Care*. 2013; 38(3): 211-222.
- [28] Sinnemäki, J. et al, “Automated dose dispensing service for primary healthcare patients: a systematic review”, *Systematic Review*. 2013, 2:1.
- [29] Nakrem, S., et al., “Care relationships at stake? Home healthcare professionals’ experiences with digital medicine dispensers - a qualitative study”, *BMC Health Services Research*. 2018, 18: 26.
- [30] Cheung, K.-C., et al., “Medication Incidents Related to Automated Dose Dispensing in Community Pharmacies and Hospitals - A Reporting System Study”, *PLoS One*, 2014; 9(7): e101686.
- [31] Health Technology Inquiry Service, “Automated Medication Dispensing Systems: A Review of the Clinical Benefits, Harms, and Cost-Effectiveness”. *Health Technology Assessment*, 30/set/2010.
- [32] “Automatic Medication Dispenser”, CA2130252A1, 17/02/1996.
- [33] Daneshvar, Yousef Northville, Michigan, “Automatic Pill Dispenser” EP0709078A1, 01/05/1996.

- [34] Yonsef Daneshvar, Woodfarm, Northville, Mich, "Automatic Pill Dispenser", US5641091A, 24/06/1997.
- [35] Chao-Wen Shih, Kuo-Ming Lai, Pei-Yi Chan, "Automatic Pill Dispenser", US2014131378A1, 14/05/2014.
- [36] Gazi Abdulhay, Chadwick E. Dean, "Personal Medication Dispenser", US2007257051A1, 8/11/2007.
- [37] David MacVittie, William F. King, "Intelligent Dispenser", US20130357785A1, 7/02/2013.
- [38] Russell Madris, Travis Cochran, Bert Centala, "Automatic Pill Dispenser", US2013282170A1, 24/10/2013.
- [39] Bharata Go, "Pill Box in Automatic Pill Dispenser", US2018029779A1, 01/02/2018.
- [40] Gwonggak LEE, Chang-Min PAK, MinSung KWON, BeLong CHO, HoChun CHOI, "Portable Pill Dispenser Device using Pill Cartridge with Enclosed Pill Strip", US20170354573A, 14/12/2017.
- [41] E-pill. (2019). *7 Day x 4 Large Capacity Pill Box*. Em: <https://www.epill.com/epill7dayby4.html> [Acesso em 11/03/2019].
- [42] E-pill. (2019). e-pill Multi-Alarm TimeCap - Simple Pill Timer (One Medication). Em: <https://www.epill.com/timecap.html> [Acesso em 11/03/2019].
- [43] E-pill. (2019). Instructions for e-pill Multi-Alarm TimeCap. Em: www.epill.com [Acesso em 11/03/2019].
- [44] E-pill. (2019). e-pill 4 Alarm Vibrating Pocket Pill Box. Em: <https://www.epill.com/pocketalarm.html> [Acesso em 11/03/2019].
- [45] E-pill. (2019). e-pill 4 Alarm Vibrating Pill Box (960622). Em: www.epill.com [Acesso em 11/03/2019].
- [46] E-pill. (2019). e-pill MedGlider Daily Pillbox Timer. Em: <https://www.epill.com/medglider.html> [Acesso em 11/03/2019].
- [47] E-pill. (2019). Operation Instructions - e-pill MedGlider HOME. Em: www.epill.com [Acesso em 11/03/2019].
- [48] Tabtime. (2019). TabTime Super 8. Em: <http://www.tabtime.com/daily-pill-reminder.html> [11/03/2019].
- [49] TabTimer. (2019). Tabtime Super 8 Instructions. Em: www.tabtimer.com.au [Acesso em 11/03/2019].
- [50] E-pill. (2019). e-pill Medglider Home Weekly Pillbox with 4 Alarm Timer. Em: <https://www.epill.com/medglider7x4.html> [Acesso em 12/03/2019].
- [51] MedFolio. (2019). MedFolio Electronic Pillbox. Em: <https://www.medfoliopillbox.com/> [Acesso em 12/03/2019].
- [52] E-pill. (2019). e-pill MedSmart Automatic Pill Dispenser with Patient Compliance Dashboard. Em: <https://www.epill.com/medsmart.html> [Acesso em 12/03/2019].
- [53] E-pill. (2008). User & Programming Guide e-pill MedSmart. Em: www.epill.com [Acesso em 12/03/2019].
- [54] E-pill. (2019). e-pill MedSmart Plus Monitored Automatic Pill Dispenser Free Lifetime Monitoring. Em: <https://www.epill.com/medsmartplus.html> [Acesso em 12/03/2019].

- [55] Pivotell - Reminders and Pill Dispensers. (n.d). Pivotell. Em: <https://www.pivotell.co.uk/> [Acesso em 12/03/2019].
- [56] MedReady Inc. (2019). MedReady. Em: <https://www.medreadyinc.net/> [Acesso em 12/03/2019].
- [57] E-pill. (2019). e-pill MedTime Station Automatic Pill Dispenser. Em: <https://www.epill.com/epillstation.html> [Acesso em 12/03/2019].
- [58] E-pill. (2019). e-pill MedTime Station User Instructions - Locked Automatic Pill Dispenser with Tipper for Home or Institutional Use. Em: www.epill.com [Acesso em 12/03/2019].
- [59] Philips. (2019). Automated Medication Dispensing Service. Em: <https://www.lifeline.philips.com/business/medicationdispensing> [Acesso em 13/03/2019].
- [60] Philips. (2008). User Manual - Philips Medication Dispenser. [Acesso em 13/03/2019].
- [61] Herohealth. (2019). Hero. Em: <https://herohealth.com/> [Acesso em 13/03/2019].
- [62] Hero. (2019). Getting Started Guide. [Acesso em 13/03/2019].
- [63] MedaCube. MedaCube. Em: <https://medacube.com/> [Acesso em 13/03/2019].
- [64] P. Buono, F. Cassano, A. Legretto and A. Piccinno, "A Modular Pill Dispenser Supporting Therapies at Home". Current Trends in Web Engineering: ICWE 2018 International Workshops. C. Pautasso, F. Sánchez-Figueroa, K. Systä, J. M. M. Rodríguez (Eds). LNCS 11153, Springer, 2018.
- [65] T.L. Hayes, J.M. Hunt, A. Adami and J.A. Kaye, "An electronic pillbox for continuous monitoring of medication adherence," *28th IEEE EMBS Annual International Conference*, Aug. 30-Sept. 3, 2006.
- [66] Network of Excellence Robotic & Mechatronics HomeLab Community. (2018). Microcontroladores e Robótica. Em: <http://home.roboticlab.eu/pt/microcontrollers> [Acesso em 27/05/2019].
- [67] Arduino. (2019). What is Arduino? Em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> [Acesso em 27/05/2019].
- [68] Arduino. (2019). Arduino Products. Em: <https://www.arduino.cc/en/main/products> [Acesso em 27/05/2019].
- [69] Texas Instruments. (2019). Microcontrollers (MCU). Em: <http://www.ti.com/microcontrollers/overview.html> [Acesso em 27/05/2019].
- [70] Texas Instruments. (2019). Code Composer Studio (CCS) Integrated Development Environment (IDE). Em: <http://www.ti.com/tool/CCSTUDIO> [Acesso em 27/05/2019].
- [71] Texas Instruments. (2019). New MSP430 Part Number Decoder! Em: https://e2e.ti.com/blogs_/b/process/archive/2011/12/19/new-msp430-part-number-decoder [Acesso em 27/05/2019].
- [72] SolidWorks. (2019). Em: <https://www.solidworks.com/> [Acesso em 27/05/2019].
- [73] Arduino. (2019). Getting Started with Arduino products. Em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage> [Acesso em 27/05/2019].

Anexos

Anexo I - Questionário sobre os testes de usabilidade



Questionário sobre a utilização do Dispensador Modular Inteligente para Administração Medicamentosa

Sexo:

F		M	
---	--	---	--

Idade: _____

1. Toma medicação para qual das seguintes patologias? Assinale com um "X" a(s) opção(ões) adequada(s).

Diabetes		Colesterol		Hipertensão Arterial	
AVC		SIDA		Glaucoma	
Problemas cardíacos		Problemas respiratórios		Outra(s)	

Outra(s):

2. Quantas vezes por dia toma a medicação referida anteriormente? Assinale com "X" a opção que se adequa.

1		2		3		4		>=5	
---	--	---	--	---	--	---	--	-----	--

3. Com o auxílio deste dispensador, alguma vez que se esqueceu das suas tomas medicamentosas? Se sim, quantas vezes? Assinale com "X" a opção que se adequa.

0		1		2		3		4		>=5	
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	-----	--

4. Durante as 48h de utilização do dispensador, verificou alguma falha/erro? Se sim, descreva, por favor, as falhas observadas.

5. O dispensador ajudou-o/a a cumprir a sua terapêutica medicamentosa de forma mais rigorosa? Assinale com um "X" que se adequa.

Sim		Não	
-----	--	-----	--

6. Sugere alguma melhoria para este dispensador?

Muito obrigada pela sua colaboração e contributo!