

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Prototipagem de um Sistema de Triagem Dinâmica
para Urgências Hospitalares**

Ana Catarina Leite Sousa

Setembro 2020

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Prototipagem de um Sistema de Triagem Dinâmica
para Urgências Hospitalares**

Ana Catarina Leite Sousa

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado em Engenharia Biomédica

Orientador: Professor João Carlos Pascoal Faria
Coorientador: Bruno Miguel Carvalhido Lima

Setembro 2020

Resumo

A escassez de cuidados primários e recursos humanos para pacientes não urgentes, conduz a uma elevada afluência aos Serviços de Urgência Hospitalar e a tempos de espera excessivos que são duas das consequências mais preocupantes na área da saúde. A triagem, como ponto de partida no processo de diagnóstico clínico, foca-se no estabelecimento de uma prioridade clínica, mas a inexistência de recursos suficientes para sustentar um controlo constante da condição do paciente, limita a eficiência do Sistema de Triagem de Manchester, conduzindo, em alguns casos, à súbita degradação do estado clínico de pacientes em espera para observação médica e, no pior dos casos, se tal não for detetada pelos profissionais de saúde, a morte dos mesmos.

A presente dissertação pretende dar resposta à necessidade de monitorizar as alterações clínicas sentidas nos pacientes, desde o momento da triagem até à primeira observação médica. A solução tecnológica proposta baseia-se na criação de um sistema resultante da convergência de biossensores, tecnologias de rede, comunicações sem fios, autonomia e *software*. O sistema integra dois módulos, uma pulseira inteligente equipada com biossensores e capacidade de comunicação, idealizada para os pacientes, e uma aplicação de monitorização integrada no sistema de triagem hospital, idealizada para os profissionais de saúde. A comunicação entre a pulseira inteligente e o programa de monitorização permite ao profissional de saúde responsável pela triagem, uma contínua monitorização da condição clínica do paciente e a geração de um alerta em caso de alterações clínicas significativas.

Com o inquérito de responsáveis de triagem e futuros utilizadores do sistema, foi validada e valorizada esta combinação de priorização inteligente com comunicação e interpretação de dados de saúde que pode mudar a face dos Serviços de Urgência e em alguns casos, ser a diferença entre a vida e a morte.

Palavras-Chave: Aplicação de Monitorização, Pulseira Inteligente, Sensores Biométricos, Serviço de Urgência, Triagem

Abstract

The scarcity of primary care and human resources for non-emergency patients leads to a high affluence in the Hospital Emergency Services and to excessive waiting times, which are two of the most worrying consequences in the health area. Triage, as a starting point in the clinical diagnostic process, focuses on establishing a clinical priority, but the lack of sufficient resources to sustain constant control of the patient's condition limits the efficiency of the Manchester Screening System, leading in some cases to the sudden degradation of the clinical status of patients on hold for medical observation and, in the worst case, if this is not detected by health professionals, their death..

This work aims to respond to the need to monitor the clinical changes felt in patients, from the moment of triage until the first medical observation.

In this dissertation, the proposed technological solution is based on the creation of a system resulting from the convergence of biosensors, network technologies, wireless communications, autonomy and software. The system integrates two modules, an intelligent bracelet equipped with biosensors and communication capacity, designed for patients, and an integrated monitoring application in the hospital triage system, designed for healthcare professionals. The communication between the intelligent wristband and the monitoring program allows the healthcare professional responsible for the triage, a continuous monitoring of the clinical condition of the patient and the generation of an alert in case of significant clinical changes.

With the survey of triage responsables and future users of the system, this combination of intelligent prioritization with communication and interpretation of health data that can change the face of the Emergency Services and in some cases, be the difference between life and death, was validated and valued.

Keywords: Biometric Sensors, Emergency Service, Intelligent Bracelet, Monitoring Application, Screening.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor João Carlos Pascoal Faria, pela sua orientação durante todo este ano. O seu entusiasmo e inovação, mesmo com as dificuldades vividas devido à pandemia atual, foram cruciais no meu trabalho.

Gostaria também de agradecer ao coorientador Bruno Miguel Carvalhido Lima, pela paciência, dedicação e disponibilidade que sempre demonstrou, mesmo à distância. A sua ajuda motivou-me constantemente e fez com que surgisse um verdadeiro interesse na área da informática.

Não posso deixar de agradecer, aos profissionais que trabalham nos laboratórios de eletrónica no 1º piso do Departamento de Engenharia Eletrónica e de Computadores pelo apoio e disponibilidade cedida ao meu estudo, onde me senti sempre bem-vinda ao longo de todos os meses de trabalho.

Gostaria de agradecer aos profissionais de saúde que trabalham nos Hospitais de Santo António do Porto e no Hospital da Nossa Senhora da Oliveira de Guimarães, por toda disponibilidade, apoio e entusiasmo que demonstraram no meu projeto. A validação do meu trabalho por aqueles que mais beneficiariam dele, é o maior apoio e inspiração possível.

Não posso deixar de realçar o apoio incondicional da minha família e amigos, não só nesta dissertação, mas durante toda a minha vida, em todos os fracassos e sucessos.

Nestes cinco anos de percurso académico, penso que os agradecimentos vão para todos os que me acompanharam nesta jornada influenciando o meu caminho e moldando a minha pessoa.

Índice

Capítulo 1 Introdução	1
1.1 Problema e Motivação	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Estrutura da Dissertação	2
Capítulo 2 Caracterização da Triagem nas Urgências Hospitalares	3
2.1 Distinção de Urgência e Emergência	3
2.2 Sobrelotação dos Serviços de Urgência.....	4
2.2.1 Causas de Sobrelotação	5
2.2.2 Efeitos da Sobrelotação	6
2.2.3 Conclusão.....	7
2.3 Processo de Triagem.....	8
2.3.1 Sistemas de Triagem Hospitalar	8
2.3.2 Comparação Avaliativa dos Sistemas.....	12
2.4 Triagem de Manchester em Portugal.....	12
2.4.1 Contextualização Histórica	12
2.4.2 Metodologia do Sistema de Triagem de Manchester.....	13
2.4.3 Impactos nos Hospitais Portugueses.....	16
2.5 Entrevista para Levantamento e Validação de Requisitos.....	18
2.6 Conclusão	18
Capítulo 3 Análise do Estado da Arte.....	21
3.1 Sensores Biométricos	21
3.2 <i>Wearables</i> que Incorporam Sensores Biométricos.....	23
3.3 Utilização de Sensores Biométricos nos Serviços de Saúde	25
3.4 Sistemas de Informação nas Urgências Hospitalares	27
3.5 Conclusão	28
Capítulo 4 Concepção e Implementação do Sistema de Triagem Dinâmica	31

4.1	Arquitetura e Funcionalidades do Sistema	31
4.2	Pulseira Inteligente para Triagem Hospitalar	33
4.2.1	Seleccção de Dispositivos	33
4.2.2	Protótipo PCB	41
4.2.3	Impressão 3D	44
4.2.4	Programação da Pulseira.....	46
4.3	Aplicação de Monitorização	50
4.3.1	Programação da Aplicação	50
4.3.2	Apresentação da Interface com o Utilizador.....	56
4.4	Conclusão	61
Capítulo 5	Validação do Sistema de Triagem Dinâmica	63
5.1	Metodologia.....	63
5.2	Resultados.....	64
5.3	Conclusão	69
Capítulo 6	Conclusão e Trabalho Futuro	71
Referências.....		73
Anexo A	Inquérito realizado à diretora dos SU no Hospital de Santo António	79
Anexo B	Inquérito realizado aos Enfermeiros dos SU no Hospital da Nossa Senhora da Oliveira	83

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Média do número de entradas diárias nas Urgências Nacionais de 2016 a 2019.....	4
Figura 2.2 - Fluxograma do Sistema de Triagem de Manchester.....	14
Figura 2.3 - Tempo médio de espera sentida na triagem do Hospital de São João.....	17
Figura 3.1 - Crescimento do número de <i>wearables</i> ativos entre 2015 a 2020 e previsão para 2021 e 2022.....	23
Figura 3.2 - Tecnologia wearable em diferentes mercados e aplicações.....	24
Figura 3.3 - <i>Apple Watch's Wristful of Sensors and MEMS e iBeat Heart Watch</i>	26
Figura 4.1 - Diagrama de funcionamento do Sistema de Triagem Dinâmico.....	32
Figura 4.2 - Representação esquemática do circuito interno do sensor de pulso.....	33
Figura 4.3 - Onda ECG representativa de um ciclo cardíaco normal.....	34
Figura 4.4 - a) Representação esquemática do circuito interno de LM35; b) Configuração dos pinos no LM35	35
Figura 4.5 - Representação esquemática do LM35 com bypass.....	35
Figura 4.6 - a) Configuração dos pinos no MPU 6050; b) Orientação dos eixos de sensibilidade e polaridade	36
Figura 4.7 - Representação esquemática dos sensores MPU 6050 e PIM435 num circuito pull-up.....	37
Figura 4.8 - Configuração dos pinos no HC 06.....	38
Figura 4.9 - Representação esquemática do divisor de tensão de duas resistências usado em HC 06.....	39
Figura 4.10 - Configuração dos pinos no Arduino Nano.....	39
Figura 4.11 - Representação esquemática do circuito de retificação.....	40
Figura 4.12 - Representação esquemática do circuito de desacoplamento.....	41
Figura 4.13 - Representação esquemática de todo o circuito do sistema.....	42
Figura 4.14 - Vista inferior da PCB no <i>software</i> Eagle.....	42
Figura 4.15 - Vista superior da PCB no <i>software</i> Eagle.....	43
Figura 4.16 - Vista real da parte inferior da PCB.....	43
Figura 4.17 - Vista real da parte superior da PCB.....	44
Figura 4.18 - Representação 3D de ambas as caixas no <i>software</i> AutoCad.....	45
Figura 4.19 – Imagem real da Pulseira Inteligente com cor de priorização vermelha.....	46
Figura 4.20 – Representação do processo de transferência de dados por I2C.....	48

Figura 4.21 – Valores visualizados no <i>output</i> da consola em <i>Python</i> referentes aos sinais vitais de um paciente registado na Aplicação de Monitorização.....	55
Figura 4.22 – Visualização da interface referente à janela 1.....	56
Figura 4.23 – Visualização da interface referente à janela 3 sem pacientes.....	56
Figura 4.24 – Visualização da interface referente à janela 3 sem pacientes	57
Figura 4.25 – Visualização da interface referente à janela 3 quando um dos pacientes ultrapassa o tempo máximo de espera de acordo com a sua prioridade.....	57
Figura 4.26 – Visualização da interface referente à janela 3 filtrada para aparecer somente os pacientes de prioridade amarela no Painel de Controlo.....	58
Figura 4.27 – Visualização da interface referente à janela 3 com a ocorrência de uma alteração da condição clínica da paciente.....	58
Figura 4.28 – Visualização da interface referente à janela 4 com todas os dados relativos aos sinais vitais específicos de um paciente.....	59
Figura 4.29 – Visualização da interface referente à janela 3 com a seleção do botão “Retriagem” (retângulo vermelho).....	60
Figura 4.30 – Visualização da interface referente à janela 5 com a escolha da nova priorização do paciente e o seu registo com a seleção do botão “Registar Paciente” (retângulo vermelho).....	60
Figura 4.31 – Visualização da interface referente à janela 3 com o painel reorganizado consoante a nova prioridade atribuída à paciente.....	60
Figura 4.32 – Visualização da interface referente à janela 3 com o painel reorganizado consoante a nova prioridade atribuída à paciente.....	61
Figura 5.1 – Resultados percentuais à questão na secção Atribuição da Pulseira.....	64
Figura 5.2 – Resultados percentuais à primeira questão na secção Painel de Controlo.....	65
Figura 5.3 – Resultados percentuais à segunda questão na secção Painel de Controlo.....	65
Figura 5.4 – Resultados percentuais à primeira questão na secção Painel Individual.....	66
Figura 5.5 – Resultados percentuais à segunda questão na secção Painel Individual.....	66
Figura 5.6 – Resultados à primeira questão na secção Apreciação Geral da Solução.....	67
Figura 5.7 – Resultados à segunda questão na secção Apreciação Geral da Solução.....	67
Figura 5.8 – Resultados à terceira questão na secção Apreciação Geral da Solução.....	68
Figura 5.9 – Resultados à segunda questão na secção Apreciação Geral da Solução.....	68

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 –Relação entre nível de priorização, cor e tempo de espera estipulado	15
Tabela 4.1 – Relação entre o componente eletrônico e a sua tensão operacional.....	40
Tabela 4.2–Nome e descrição das funções da biblioteca <i>PulseSensorPlayground</i>	47
Tabela 4.3 – Nome e descrição da função analógicas predefinida no Arduino	47
Tabela 4.4 – Nome e descrição da funções da biliblioteca <i>Wire</i>	48
Tabela 4.5 – Nome e descrição das funções da biblioteca <i>Pimorini_IS31FL3731_5x5RGB</i>	49
Tabela 4.6 – Nome e descrição das funções da biblioteca <i>SoftwareSerial</i>	49
Tabela 4.7 – Intervalo de valores estipulados para os sinais vitais monitorizados.....	54

Acrónimos e Abreviaturas

ADC	<i>Analogic-to-Digital Converter</i>
ATS	<i>Australasian Triage Scale</i>
BPM	Batimentos por minuto
CRRNU	Comissão de Reavaliação da Rede Nacional de Urgência
CTAS	<i>Canadian Triage and Acuity Scale</i>
DGS	Direção Geral de Saúde
ECG	Eletrocardiograma
EEG	Eletroencefalograma
EMG	Eletromiograma
ESI	<i>Emergency Severity Index</i>
GPT	Grupo Português de Triage
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
LIGHT	<i>Local Interoperability Gateway for Healthcare</i>
LiPo	Lítio-Polímero
MEMS	Sistema Microelectromecânico
MTS	<i>Manchester Triage Scale</i>
NEWS	<i>National Early Warning Score</i>
NTS	<i>National Triage Scale</i>
paedCTAS	<i>Paediatric Canadian Triage and Acuity Scale</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PLA	Poliácido láctico
RPM	Respirações por Minuto
SAM	Sistema de Apoio ao Médico
SAPE	Sistema de Apoio à Prática de Enfermagem
SNS	Sistema Nacional de Saúde
SPMS	Serviços Partilhados do Ministério de Saúde
SPRPC	<i>Smart Priority Recommendation and Patient Control System</i>
ST	Sistema de Triage
STM	Sistema de Triage de Manchester
SU	Serviço de Urgência

Capítulo 1

Introdução

Este primeiro capítulo tem o propósito de expor a dissertação de mestrado que se desenvolveu. Assim, na secção 1.1 é dada uma contextualização e motivação da problemática deste trabalho. Na secção 1.2 são enumerados os objetivos propostos e, por fim, na secção 1.3 é feita uma descrição da estrutura do documento.

1.1 Problema e Motivação

O hospital corresponde a um estabelecimento de saúde, dotado dos mais diversos departamentos onde se prestam cuidados de saúde diferenciados, especializados e dirigidos à população. O serviço de Urgência é um dos serviços mais imperativos num hospital, constituindo o ponto de partida para os cuidados de saúde de muitos cidadãos. Mas a assimetria de informação associada à palavra urgência provocam um acréscimo exponencial da afluência de pessoas nos serviços de urgências. Profissionais de saúde que operam neste serviço garantem que a população portuguesa recorre às urgências, como ação de resposta à dor sentida no momento, mas sem um real risco de vida, não se adequando de todo aos requisitos necessários para recorrer a estes serviços e causando uma sobrelotação dos mesmos.

Apesar dos esforços e protocolos implementados para minimizar este problema, o processo de triagem regido pelo Protocolo de Manchester é negativamente influenciado pelo problema de sobrelotação sentido, com consequências maioritariamente incidentes nos níveis inferiores de prioridade. Este problema deriva da combinação perfeita entre recursos insuficientes e incremento dos cuidados expectáveis neste serviço, o que leva a filas de espera intermináveis. Associada às longas horas de espera, a falta de pessoal médico, a não monitorização dos sinais vitais de paciente não prioritários, triagens incorretas e re-triagens quase inexistentes, conduzem a um número significativo de mortalidades, sentidas em pacientes de baixa prioridade.

O recurso a tecnologias de monitorização parece ser a solução lógica para uma das maiores preocupações da área de saúde. De facto, a crescente disponibilidade de biossensores a baixo custo, torna viável o desenvolvimento de uma solução aplicável às urgências hospitalares proposta nesta dissertação.

1.2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho de dissertação é a concepção, prototipagem e validação de um sistema de triagem dinâmico para urgências hospitalares, baseado numa pulseira inteligente e numa aplicação de monitorização, cuja interoperação permite o aviso dos responsáveis de triagem para a necessidade de re-triagem, caso o estado do paciente se degrade. Este sistema visa a diminuição da taxa de mortalidade de pacientes não prioritários, através da detecção de alterações clínicas ocorridas no paciente entre o processo de triagem e o atendimento médico.

Os Serviços de Urgência, um dos cuidados de saúde mais primordiais, tem vindo a ser reinventado ao longo dos anos através da implementação dos mais diversos sistemas de melhorias de gestão clínica, sem grandes resultados. Assim, com este sistema sustentável, fiável e interligado, espera-se obter repercussões positivas, tanto na prestação de cuidados de saúde mais eficazes nos serviços de urgência, como na descida da taxa de mortalidade nos doentes em espera.

1.3 Estrutura da Dissertação

O resto deste documento encontra-se estruturado em quatro capítulos. Para além do presente capítulo, no **Capítulo 2 Caracterização da Triagem nas Urgências Hospitalares**, é descrito o modo de funcionamento das urgências e do sistema de triagem com base numa revisão de literatura. São ainda identificados os problemas existentes, de forma a realçar os erros existentes e o impacto destes na saúde. No **Capítulo 3 Análise do Estado da Arte** são apresentadas soluções existentes para o problema exposto no capítulo anterior. Foi realizada a apresentação dos mais diversos sensores biométricos, seguido das suas aplicações em dispositivos gerais no contexto da saúde e por fim, dispositivos integrados num contexto hospitalar, oferecendo uma noção global das mais recentes tecnologias aplicadas na área da saúde. O **Capítulo 4 Concepção e Implementação do Sistema de Triagem Dinâmico** descreve pormenorizadamente a prototipagem da pulseira com capacidade sensorial, o desenvolvimento da aplicação de monitorização e a interoperabilidade entre estes. O **Capítulo 5 Validação do Sistema** apresenta a metodologia de validação realizada e os resultados obtidos em inquéritos mistos. A finalizar, o **Capítulo 6 Conclusão e Trabalho Futuro** é responsável pelas conclusões, limitações desta dissertação e a visão para o desenvolvimento futuro da solução proposta.

Capítulo 2

Caracterização da Triagem nas Urgências Hospitalares

A Organização Mundial de Saúde (OMS) caracterizou, em 1978, saúde como “um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a mera ausência de doença ou enfermidade.” [1].

Mais tarde, o artigo 64º da Constituição da República Portuguesa consagrou que todos têm o direito à proteção da saúde e o dever de a defender e promover, direito este que veio a ser integrado no Sistema Nacional de Saúde (SNS) através de três ideais: universal, geral e tendencialmente gratuito (dependendo das condições económicas e sociais dos indivíduos), garantindo, a todos os cidadãos, o acesso aos cuidados de saúde.

Neste capítulo foi realizada uma revisão de literatura, na qual é introduzido o conceito, o modo de funcionamento, as causas e os principais problemas existentes no Serviço de Urgência (SU). De seguida, é explicado o processo de triagem e os diversos protocolos, com especial foco no Protocolo de Manchester que foi introduzido como possível solução à problemática sentida. No subcapítulo 2.3 foi realizada a transcrição de algumas das notícias mais atuais sobre as urgências e o impacto sentido na comunidade hospitalar, e por fim, foi conduzida uma entrevista no Hospital de Santo António, com o objetivo de validar toda a análise realizada e obter informação sobre os requisitos necessários para a solução proposta nesta dissertação.

2.1 Distinção de Urgência e Emergência

A palavra saúde tem inevitavelmente associada a conotação de urgência ao seu sentido, mas existe uma clara diferença entre urgência e emergência.

A Direção Geral de Saúde (DGS), define urgência como “todas as situações clínicas de instalação súbita, desde as não graves até às graves, com risco de estabelecimento de falência de funções vitais” e emergência como “todas as situações clínicas de estabelecimento súbito, em que existe, estabelecido ou eminente, o compromisso de uma ou mais funções vitais” [2].

Esta desigualdade é reforçada quando olhamos para a necessidade de tratamento. A Comissão de Reavaliação da Rede Nacional de Urgência/Emergência (CRRNU), criada para proceder à avaliação e análise do processo de implementação da mesma, diferencia os termos urgência e emergência como “uma situação clínica que exige intervenção de avaliação e/ou correção em curto espaço de tempo (curativa ou paliativa)”, e “uma situação em que existe um risco de perda de vida ou de função orgânica, necessitando de intervenção imediata” respetivamente [3].

Mais tarde, a Direção Geral de Saúde, definiu no despacho 18459/2006, emergência e urgência médica como uma situação clínica de instalação súbita na qual, respetivamente, se verifica ou há risco de compromisso ou falência de uma ou mais funções vitais [4]. Todas as situações clínicas enquadráveis nestas definições necessitam de referenciação hospitalar para unidades com diferenciação suficiente para um atendimento correto sob o ponto de vista técnico e científico [2].

A clara existência de critérios discriminantes para estes dois termos, é essencial para a premissa da existência e funcionamento dos SU, permitindo a diferenciação de uma doença aguda (situação clínica que se manifesta subitamente ou num curto espaço de tempo) em três categorias, emergente, urgente e não urgente, sendo que esta última não necessita de ser reconhecida pelos Serviços de Urgência [3], justificando uma ordem de prioridade no atendimento destas Unidades. Mas tal não é observado na prática, sendo que estudos realizados aos profissionais de saúde que operam no domínio das urgências, garantem que a população portuguesa não reconhece esta distinção, com frases como “o povo considera tudo urgente”, e 85% dos atendimentos podem ser considerados de rotina, isto é, sem risco de vida e claramente não adequados às necessidades dos SU [5].

2.2 Sobrelotação dos Serviços de Urgência

A ignorância e assimetria de informação associada a estes conceitos, leva a uma clara insegurança por parte do paciente, que provoca um acréscimo da afluência de pessoas nos serviços de urgências, como revelado pelo SNS. Com mais de 76 Serviços de Urgência em funcionamento por todo o país [6], é nos meses de temperaturas mais baixas, que este aumento se observa, tal como podemos concluir pela figura 2.1.

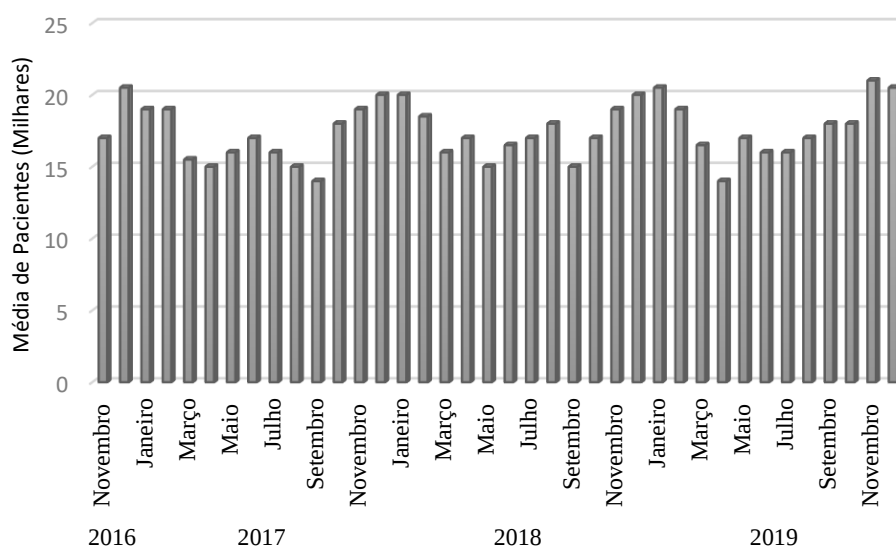


Figura 2.1 – Média do número de entradas diárias nas Urgências Nacionais desde Novembro de 2016 até Janeiro de 2019. Dados provenientes do Sistema Nacional de Saúde [33]

São inúmeros os problemas que os SU têm vindo a enfrentar no decorrer dos últimos anos. A aglomeração de pessoas nos SU tem-se, gradualmente, tornado uma questão de saúde mundial, que afeta a acessibilidade destes serviços à comunidade. No entanto, este serviço encontra-se disponível a qualquer um, independentemente da sua condição socioeconómica [7-9].

2.2.1 Causas de Sobrelotação

A sobrelotação é uma condição onde a procura de serviços de saúde de urgência ultrapassa os recursos disponíveis [7][8].

Muitos países relatam um aumento insustentável de afluxo nas urgências, mas inúmeros estudos demonstraram que o volume de pessoas não pode ser explicado somente pelo crescimento e o aumento da esperança média de vida da população mundial [7-9].

As principais razões, até agora estudadas, para este fenómeno remetem para o número, tipo e razões que motivam as pessoas a procurar e recorrer a estes serviços [9].

Uma revisão de literatura realizada em 2019, onde foram estudados mais de 5.700 artigos relacionados com o tema [10], demonstrou quais as principais causas desta acumulação, a seguir enumeradas.

2.2.1.1 Razões climáticas

Notícias recentes [12-13] demonstram que as descidas de temperaturas têm uma relação direta com a afluência de doentes nos serviços de urgências, com os casos de gripe a aumentar exponencialmente.

A previsão das variáveis meteorológicas (máximos e mínimos de temperatura), como a atenção a variáveis temporais (altura do ano, hora do dia, se é ou não um dia de trabalho), têm uma influência real na antecipação do volume diário de pacientes e de recursos necessários para tornar este serviço eficiente.

2.2.1.2 Acesso a outros cuidados de saúde

O acesso precário aos cuidados de saúde primários foi identificado como uma causa de aglomeração de pacientes nos SU, uma vez que para muitas pessoas, principalmente de áreas mais interiores e suburbanas, esta é a única referência de serviço de saúde.

2.2.1.3 Alto volume de pacientes não urgentes

As duas últimas causas combinadas levam, num efeito em cascata, ao aparecimento de grandes fluxos de pacientes não urgentes. Cada vez mais se torna evidente que uma grande percentagem dos pacientes que passam horas contínuas nas urgências, não têm condições suficientemente graves para o domínio destes cuidados [9]. Aqui, a falta de informação dos pacientes, quanto aos sinais e sintomas requeridos para serem classificados como situações clínicas emergentes ou urgentes, ou até o agravamento irrealista da condição para a obtenção de uma prioridade superior, tem sérias consequências no aumento de tensão num serviço com recursos limitados.

2.2.1.4 Alto Volume de Pacientes Idosos

Nesta revisão de literatura, foi identificado como fator emergente, o acréscimo de idosos com condições clínicas crônicas nos SU. Derivado aos múltiplos problemas de saúde e fragilidade da sua condição física, estes são mais facilmente admitidos e acarretam um maior consumo de tempo e recursos, como profissionais e instrumentos especializados para responder às suas complexas necessidades, que a maioria dos pacientes [11].

Tal como foi realçado anteriormente, nos últimos anos, os SU, tem enfrentado um aumento contínuo de visitas, em parte derivado com a sua utilização não apropriada (situações não urgentes). Considera-se que parte responsável são pessoas de idade, maioritariamente derivado à falta de informação médica [11].

2.2.1.5 Escassez de profissionais de saúde experientes

Dado a falta de recursos humanos especializados, aumento de profissionais de saúde sem experiência no campo das urgências pode apresentar-se como uma solução na diminuição das filas de espera e do tempo de espera, mas o mesmo nível de diagnóstico correto não seria providenciado.

2.2.1.6 Falta de capacidade institucional

A falta de capacidade institucional nos SU é a maior causa de sobrelotação. A combinação de um crescimento exponencial de visitas não urgentes e a incapacidade espacial do local, leva a certas consequências como redução de disponibilidade de camas para prioridades superiores, aglomeração e ao contacto direto de pacientes criando situações com risco de contágio.

2.2.2 Efeitos da Sobrelotação

Como tem vindo a ser retratado, este é um problema que acarreta consequências negativas para a segurança dos pacientes, não só devido ao tempo de espera e consequente agravamento da situação clínica.

2.2.2.1 Atraso nos Tratamentos

Associado predominantemente a um aumento do fluxo de pessoas, estudos comprovam atrasos no tratamento analgésico [14-17] e antibiótico [18-21][7] mas mais significativamente atrasos na triagem, com pacientes sem registo de entrada nos serviços de urgência e consequentes tempos de espera muito superiores aos esperados [14].

2.2.2.2 Aumento de Erros

Estudos observacionais identificaram um aumento de custos hospitalares, associados à frequência de erros de medicação em altura de grande afluência, incluindo administrações incorretos e contra-indicadas. [15]

2.2.2.3 Resultados Adversos e Insatisfatórios de Pacientes

Tal como referido acima, em situações de grande afluência hospitalar, o paciente sofre um risco acrescido de não ser corretamente examinado, o que leva a uma outra complicação, alta taxa de readmissão do paciente. A junção de tais fatores, leva a uma óbvia redução da satisfação do paciente para com os serviços de saúde.

2.2.2.4 Aumento da Mortalidade

Este torna-se um efeito colateral inevitável, proveniente de todos os efeitos atrás referidos, sendo o mais drástico resultado possível.

Todos estes fatores conduzem a efeitos sentidos na própria equipa de saúde. A contínua exposição a situações de stress, resultante da excessiva afluência hospitalar, e a um não cumprimento dos protocolos hospitalares autorizados para triagem, numa tentativa de redução do tempo de espera, pode levar a consequências irreversíveis [16].

2.2.3 Conclusão

Entende-se que existe um ciclo de acontecimentos onde, a elevada afluência de pacientes, maioritariamente de baixa prioridade (pacientes não urgentes) ou por falta de cuidados de saúde primários, levam a um atraso (resultados e /ou tratamento) e descuido no cuidado providenciado (diagnósticos errados), aumentando não só o tempo de espera dos pacientes, mas levando conjuntamente a um aumento de mortes.

É perceptível que existe uma não correspondência entre as causas e os efeitos do incremento de afluência nas urgências, uma vez que as causas provêm de fora dos SU, mas os efeitos sentem-se no interior dele [9].

Têm sido implementadas algumas soluções nomeadamente no âmbito de gestão hospitalar, como estipulação temporal do tempo despendido na realização da triagem, extensão do horário dos profissionais de saúde e recolocação dos casos não urgentes, agilizando assim espaço e condições para pacientes de maior prioridade [9]. Uma vez que as causas deste problema se encontram fora deste serviço consequentemente as suas soluções também, sendo imperativo que o sistema (profissionais de saúde e pacientes) esteja envolvido na identificação do problema, para a deteção da solução mais sustentável. Esta premissa acaba por ser a base dos protocolos de triagem, onde o paciente descreve e identifica as causas que o levaram ao serviço de urgência e o profissional de saúde realiza um diagnóstico e implementa uma solução.

2.3 Processo de Triagem

Desde a chegada do paciente aos SU, este recebe diferentes serviços médicos em diferentes pontos ao longo de todo o processo, onde a triagem, avaliação clínica e alta são os pontos cruciais em qualquer atendimento de emergência [11].

A triagem atualmente está associada, quase inequivocamente, ao domínio da saúde e é o ponto de partida no processo de diagnóstico clínico, garantindo uma boa organização e funcionalidade dos serviços de urgência e a preservação da vida e individualidade humana.

Existem dois tipos de triagem dentro da triagem de emergência. A triagem primária, que remete para a entrada dos pacientes no serviço é a primeira interação médica, onde são categorizados, consoante uma escala, refletora de uma necessidade e não um diagnóstico, e consequentemente encaminhados para a zona hospitalar adequada. Já a triagem secundária é o começo da intervenção terapêutica onde são prestados os cuidados primários e iniciados os protocolos standardizados de enfermagem para garantir o bem-estar do paciente [17].

O fluxo de pacientes, definido como o movimento de pacientes ao longo de todo o sistema, influencia a eficácia de toda a triagem, que pode ser avaliada por diversos indicadores, como tempo de espera do paciente, segurança e precisão da triagem. [18]

A sobrelotação deriva da combinação perfeita entre recursos insuficientes e um incremento na procura dos cuidados fornecidos por este serviço, logo um melhor equilíbrio destas variáveis torna-se necessário [18]. Para tal, foram implementadas soluções baseadas no tempo de resposta, uma vez que o tempo é uma maneira eficaz de monitorizar e analisar o desempenho deste serviço, discriminando entre pacientes que requerem tratamento imediato sem possibilidade de espera [19].

Para colmatar esta necessidade, nasce assim uma triagem baseada numa escala de classificação do risco. Um processo sistemático e dinâmico de priorização dos pacientes com alto risco de sobrevivência ou perda de funções vitais. Esta escala visa um processo de tomada de decisões e otimização do tempo de espera, ordenando os casos dos mais urgentes aos não urgentes, assegurando um tratamento prioritário e minimizando os impactos advindos de um serviço de não priorização.

Esta avaliação deve ser realizada por um profissional de saúde (enfermeiro ou médico), com experiência no ramo de urgências, e completada em dois a cinco minutos [19]. Mas até os mais experientes profissionais são confrontados, diariamente, com incertezas em relação ao grau de priorização de um paciente, uma vez que está dependente de tantas variáveis não quantificáveis, como por exemplo resistência à dor, o que pode levar a decisões subjetivas ou até incorretas do estado clínico do doente. Face a isto, este é um dos pontos mais treinados entre as equipas médicas [20].

Concluindo, o destino do paciente é decidido pelo profissional de saúde e um sistema de triagem, que, quando cumprido, influencia diretamente a qualidade da mesma [21].

2.3.1 Sistemas de Triagem Hospitalar

Um Sistema de Triagem (ST) é uma forma organizada e sistematizada de realizar a triagem. Os ST têm como objetivo principal comum, o auxílio do profissional de saúde na identificação da situação clínica existente nos cidadãos, sem o recurso a exames complementares de diagnóstico. Alguns autores como *Travers, Waller e Bowling et al* [22] consideraram um ST válido, se este for capaz de restringir os pacientes, que inequivocamente, necessitavam dos SU, descongestionando e regularizando todo o fluxo. Assim, a base de todo este processo é o diagnóstico e seleção de pacientes, consoante a sua condição clínica, para tratamento prioritário em situações de necessária

racionalização dos recursos existentes, nunca descuidando da primeira regra da medicina, a sobrevivência do maior número de pessoas.

As características desejáveis de um sistema de triagem ideal são [23]:

- facilidade na implementação e compreensão;
- rapidez na execução;
- reprodutibilidade;
- dinamismo (evoluir com o tempo e conceitos);
- capacidade de prever necessidades em caso de catástrofes;
- alta concordância na interobservação.

Desta forma, é possível uma autonomia na interação do paciente com o profissional de saúde, permitindo-lhe a tomada de decisões mais consistentes, diagnósticos mais corretos e inevitavelmente aumentando o nível de fidelidade no respetivo sistema.

A insustentável relação entre recursos disponíveis e fluxo de pacientes conjugada com a necessidade de maximizar a eficácia deste serviço, originou diferentes protocolos de triagem [20].

Os protocolos de triagem são guiões, cuja implementação inerentemente provoca uma mudança operacional dos SU. Estes solucionam dois dos fenómenos mais recorrentes nas SU. O fenómeno de *undertriage* acontece quando o paciente não é devidamente diagnosticado e incorretamente reconhecida a gravidade da sua condição clínica, podendo conduzir a um impacto negativo na sua hipótese de sobrevivência. Já a *overtriage*, ocorre quando o paciente é identificado com uma gravidade superior à real, obtendo tratamento prioritário em relação a outros gravemente doentes. A recorrência disto é preocupante, uma vez que anteriormente a protocolos estabelecidos, a triagem depende somente dos dados fornecidos pelo doente e da opinião subjetiva do profissional de saúde [24].

Existe uma vasta categoria de protocolos, provenientes de diferentes países do mundo, que satisfazem as necessidades específicas de cada um. Todos se baseiam em diferentes intenções e metodologias, apresentando significativas diferenças funcionais, mas com as características mínimas para a obtenção de uma correta avaliação, independentemente do volume de doentes existente nos SU.

Os quatro sistemas de triagem amplamente estabelecidos e implementados nos sistemas de urgência em todo o mundo são: o *Australasian Triage Scale* (ATS), a *Canadian Triage and Acuity Scale* (CTAS), a *Emergency Severity Index* (ESI) e a *Manchester Triage System* (MTS). Estas escalas são superiores a três ou cinco camadas em termos de validade e confiabilidade. No subcapítulo seguinte são apresentados os sistemas de triagem referidos [20].

2.3.1.1 Australasian Triage Scale

Australasian Triage Scale (ATS) remonta ao final da década de 60, na Austrália. Em 1993, o *Australasian College of Emergency Medicine* adotou a *Ipswich Triage Scale*, modificando-a da escala padrão de imediato, urgente, rápido, não urgente e rotineiro para escala temporal de segundos, minutos, horas, dias, denominando esta nova escala como *National Triage Scale* (NTS) [25].

Em 2000, esta é adotada pelas autoridades de saúde australianas e pelo *Australasian Council on Health Care Standards* como base de medida do desempenho nos serviços de urgência, passando a denominar-se *Australasian Triage Scale* [25][26]. A sua implementação passa então a ser obrigatória em todos serviços de urgência da Austrália e Nova Zelândia.

Esta escala de triagem, à semelhança de outros protocolos, garante o atendimento atempado dos pacientes, com base numa lista de descritores clínicos, aos quais se atribuí o nome de modificadores, conforme os sintomas sentidos pelo paciente. Resultante do aspeto e das queixas fisiológicas e

psicológicas do paciente e os modificadores escolhidos, o responsável pela triagem escolhe um dos cinco níveis de priorização. Estes níveis estão vinculados a uma cor e tempo de espera estipulado.

Estes modificadores relacionam-se com indicadores de desempenho dos SU como eficácia operacional, consumo de recursos e eficácia do resultado [25]. De acordo com o *Australasian College for Emergency Medicine*, o guia deste sistema baseia-se em observações válidas, mas não exaustivas, nem com conclusões absolutas. A subjetividade e relatividade associada a este sistema, requer que o agente de triagem seja alguém com experiência, o que imediatamente diminui a confiabilidade no ATS. Este protocolo define que a triagem deve ser executada somente se for para a atribuição da categoria urgente ou se a funcionalidade do hospital não for afetada pelo tempo despendido. Colocam-se assim questões sobre a precisão da sensibilidade e qualidade desta escala, para discernir problemas graves. Um aspeto que os estudos apontam é relativo à obtenção de detalhes sobre a história médica que podem protelar a triagem aumentando o tempo inerente ao mesmo ato. Este concluiu que existe moderada a alta concordância [27].

2.3.1.2 Canadian Triage and Acuity Scale

Este sistema, também intitulado CTAS, foi desenvolvido pelo *National Triage Scale* (NTS) e recentemente revisto em 2017. A sua implementação é obrigatória em todos SU no Canadá e em alguns hospitais dos Estados Unidos. Alguns autores acreditam que são três os conceitos que estão incluídos no desenho desta escala: a utilidade, a relevância e a validade [28].

Basada na ATS, centra-se num sistema de descrição extensiva dos sintomas, mas com a adição de diagnósticos, a partir da história clínica detalhada de cada paciente (documentação), uma colheita inicial de dados e exames físicos, o que limita o espaço para uma classificação subjetiva, tornando-o mais confiável que o ATS. Com cinco níveis de priorização possíveis, existe uma associação do tempo estimado para a avaliação médica e urgência necessária de tratamento. Estes são: Nível I ou Ressuscitação, Nível II ou Emergente, Nível III ou Urgente, Nível IV ou Pouco Urgente ou Semi-urgente e Nível V ou Não Urgente [37]. Este protocolo permitiu a conceção de um algoritmo direcionado para a triagem pediátrica, paedCTAS, baseada na avaliação de parâmetros fisiológicos e sintomas complexos.

A CTAS é aplicada por enfermeiros, que devem ter competências no âmbito da comunicação (aspeto considerado fundamental para o processo de triagem), bom-senso, paciência, compreensão, discricção e capacidade organizativa. Considera-se que a atribuição adequada da categoria se baseia na combinação de um conhecimento experiente do profissional de saúde com um uso correto dos *guidelines* e correta identificação de sintomas [28].

2.3.1.3 Manchester Triage Scale

Este sistema, também intitulado MTS, é um dos sistemas de triagem mais admitidos e comuns do mundo. Usado na maior parte da Europa, este foi desenvolvido na Grã-Bretanha pelo *Manchester Triage Group* em 1994, encontrando-se atualmente na sua terceira edição.

É também um sistema com base em sintomas, mas, contrastando com os anteriores sistemas de triagem descritos, este opera numa fase inicial com a identificação da queixa principal e posteriormente, com a escolha do cenário mais correto, sendo todas as fases conduzidas pelo responsável de triagem. Os fluxogramas deste sistema contêm descrição detalhada dos ferimentos e/ou queixas dos pacientes, de maneira a permitir a atribuição de um dos cinco níveis existentes de

priorização, associados respetivamente a um tempo máximo de espera até ao contacto direto com o médico.

O MTS tem cinco categorias de urgência: “Emergente ou Vermelha”, “Muito Urgente ou Laranja”, “Urgente ou Amarela”, “Pouco Urgente ou Verde” e “Não Urgente ou Azul”. A cada categoria de urgência está associado um número e uma cor.

A base de todo este sistema, os diagramas, inicialmente disponíveis em cartões, evoluíram gradualmente para parte integrante do sistema tecnológico hospitalar, acelerando todo o processo de triagem.

Contudo, a recolha de sinais vitais do paciente, informação crucial para um prognóstico concreto e correto do longo da estadia dos pacientes neste serviço, é realizado no momento da triagem e não de uma forma consistente, o que tem vindo a provar ser fonte de muitos erros. Este é o protocolo que se encontra implementado atualmente em Portugal.

2.3.1.4 **Emergency Severity Index**

O *Emergency Severity Index*, também intitulado por ESI, foi desenvolvido em Boston, nos finais dos anos 90 e encontra-se implementado nos Estados Unidos e Canadá [20].

O Sistema ESI baseia-se num único fluxograma com quatro pontos de decisão. São realizadas uma série de questões até que uma delas seja verdadeira para o paciente em questão e a triagem acabe. Inicialmente, são identificados os pacientes em situações agudas, através da observação do paciente, direcionada para vias respiratórias, circulação e estado de consciência. Se nesta fase do processo alguma das questões for respondida afirmativamente, é imediatamente atribuído ao cidadão a prioridade máxima. Caso a resposta seja negativa, cria o desencadeamento para a etapa seguinte, sempre um nível abaixo de priorização. Na segunda etapa, o agente de triagem analisa a queixa principal do paciente tal como a sua história clínica. No passo seguinte, são quantificados os recursos necessários, como serviços de diagnóstico (testes físicos, exames, entre outros) e terapêuticos, para lidar com a situação, numa tentativa de antecipar o esforço causado ao serviço de urgência. A partir deste ponto, todos os cidadãos que precisem de dois, um ou zero recursos são priorizados como não urgentes /emergentes [29].

Assim, numa escala de cinco níveis decrescentes de prioridade, somente às duas primeiras categorias mais urgentes são atribuídas tempos máximos de espera. Todas as outras encontram-se dependentes do volume total e afluência de pacientes existente no serviço naquele instante, o que pode prolongar a demora interminavelmente. Assim conclui-se que os tempos de espera são da responsabilidade do departamento de urgências e não regulados pelo ESI.

Uma das diferenças mais significativas presentes neste sistema é a constante medição dos sinais vitais, garantindo uma constante monitorização da condição clínica e da priorização do paciente. Este sistema evolui do tradicional diagnóstico de determinação temporal aquando observação médica para a determinação e previsão do que são as necessidades do momento e do futuro.

Diversos estudos efetuados ao *Emergency Severity Index*, classificam a sua validade e confiabilidade de moderada a muito boa, reportando ter um nível de segurança e produtividade promissor [30]. Já outros recursos reportam que um dos aspetos menos favoráveis é a dedução de altos níveis de prioridade baseados em mínimas variações de sinais vitais, que muitas vezes podem não corresponder à realidade, devido à sensibilidade associado ao algoritmo [31].

2.3.2 Comparação Avaliativa dos Sistemas

Parâmetros como a efetividade, adequação, eficiência, acessibilidade, aceitabilidade, segurança, competência dos profissionais têm de ser analisados com relevância quando se pretende inferir sobre a qualidade de uma triagem [32]. A qualidade de um sistema de triagem de urgência hospitalar pode ser avaliado com base em resultados como conformidade com os tempos de espera pré-definidos, grau de *over-* ou *under- triage* e resultados clínicos conjecturáveis [20]. Estudos demonstram que existe uma correlação entre a taxa de admissão, custos no departamento de emergência (recursos) e taxa de mortalidade hospitalar [42-44] [36]. Estes são os parâmetros necessários para a avaliação da validade de um sistema de triagem, uma vez que um sistema válido terá baixas taxas de admissão para prioridades inferiores e requer poucos recursos do departamento de urgência.

Estudos realizados nos hospitais holandeses, com vista à concordância intra e inter observacional dos sistemas MTS e ESI, concluíram uma boa concordância de 90% na MTS e moderada de 73% na ESI [34], o que revela o grau de reprodutibilidade dos mesmos.

Para o estudo da validade e confiança nas escalas de triagem de emergência pediátrica, revisões bibliográficas comparativas aos quatro sistemas de triagem apresentados, comprovaram que a MTS apresenta uma boa confiança, o ESI uma confiança moderada a boa, paedCTAS uma confiança moderada e é pobre a moderada para o ATS [35]. Dados comprovam que escalas estratificadas em cinco níveis são mais confiáveis [19].

A taxa de admissão e mortalidade de pacientes é dos parâmetros mais valiosos de prever no serviço de urgência, podendo ser crucial para o procedimento de mudanças substanciais. Um estudo retrospectivo observacional realizado num hospital de Holanda, revelou que, tanto o ESI como o MTS, prevêem bem a admissão hospitalar, sendo o ESI ligeiramente mais eficiente [36]. A mortalidade é mais difícil de comparar uma vez que esta é dependente e correlacionada com as próprias categorias de urgência dos protocolos, mas a simples diferença da constante monitorização providenciada pela ESI tem um impacto gigante na minimização dos efeitos deste parâmetro.

Ambas as escalas reconhecem a triagem como um processo dinâmico que aponta para uma categoria regulada por um código, oferecendo a este departamento, o potencial para um controlo ótimo sobre os pacientes [28].

2.4 Triagem de Manchester em Portugal

2.4.1 Contextualização Histórica

Este sistema originou-se como consequência de uma necessidade extrema, nos SU, de haver observação médica por ordem de priorização e não por ordem de chegada, em momentos onde o volume de pacientes ultrapassava os recursos. Uma triagem sem protocolos e algoritmos associados produz um diagnóstico e cuidado médico inconsistente e sem qualquer rigor clínico, portanto era uma prioridade estabelecer uma nomenclatura comum para a criação de uma metodologia sólida de triagem. [37]

Em virtude dos problemas diários confrontados pelos serviços de urgência, um conjunto de enfermeiros e médicos da *British Accident e Emergency Physicans* criaram, em 1994, o Sistema de Manchester [37]. Em 1997 foi criado e implementado em Manchester o sistema criado por este grupo

- Sistema de Triagem de Manchester, seguindo-se uma série de outros hospitais por toda a Europa incluindo Reino Unido, Irlanda, Suécia, Alemanha, Itália e Espanha. Posteriormente, o grupo fundador do sistema de triagem de Manchester, formou o Grupo Português de Triagem, para a expansão deste sistema a mais um país. O Hospital Geral de Santo António no Porto e o Hospital Fernando da Fonseca em Lisboa foram, em 2000, os pioneiros na implementação deste sistema em Portugal. Atualmente, o MTS é o protocolo base das urgências nacionais, estando implementado em mais de 44 hospitais nacionais.

2.4.2 Metodologia do Sistema de Triagem de Manchester

O método do STM foca a sua intervenção no estabelecimento de uma prioridade clínica e não num diagnóstico. Há, paralelamente, o facilitismo da gestão clínica dos pacientes e do serviço e a permissão da atribuição de um tempo limite para atendimento médico. Assim, a prioridade reflete um conjunto de aspetos particulares à condição do doente, não sendo, no entanto, um diagnóstico a essa mesma condição [37].

Este sistema baseia-se na sintomatologia, dados observáveis do paciente e história clínica. A informação histórica, encontra-se arquivada em sistemas de informação e os sinais e sintomas recolhidos são o critério diferenciador das prioridades clínicas, os quais se designaram de discriminadores e são exibidos em fluxogramas para cada condição [38]. Deste modo, o critério de gravidade da pessoa é reconhecido de forma objetiva e sistematizada, sem pressupor um diagnóstico.

Inicialmente, o responsável pela triagem, normalmente um enfermeiro, procede à recolha da razão principal que levou o utente às urgências. Com esta, identifica qual o fluxograma correspondente à queixa, de forma a garantir uma resposta afirmativa a um dos discriminadores (sintomas) presentes no fluxograma (figura 2.2). Existem cerca de 50 fluxogramas possíveis para escolha, com a adição de mais dois em casos de catástrofes. Os discriminadores estão ordenados decrescentemente, ou seja, prioridades mais altas são selecionadas primariamente. Estes podem ser gerais como por exemplo comprometimento da via aérea, circulação sanguínea, existência de hemorragia, temperatura e estado de consciência ou específicos como por exemplo dor pré cordial [38]. Com a determinação do discriminador proveniente de uma resposta afirmativa à pergunta do algoritmo, atribui-se a prioridade clínica, um número e respetiva cor associada. A triagem termina, sendo todos os dados registados e a pessoa encaminhada para a área de espera adequada, consoante cada instituição. É importante referir, em caso de dúvida sobre a escolha do fluxograma, que fluxogramas diferentes não significam prioridades diferentes, uma vez que ao percorrer um ou outro, a conclusão de prioridade será a mesma.

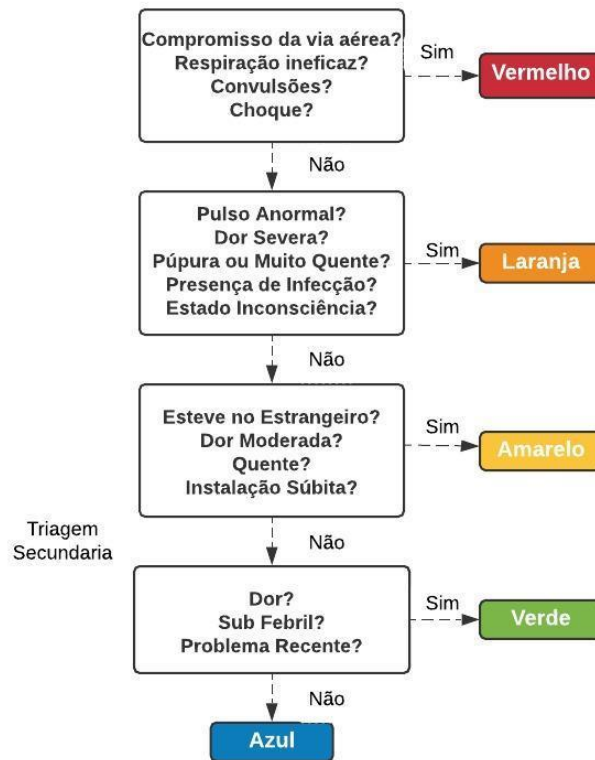


Figura 2.2 – Fluxograma correspondente ao Sistema de Triagem de Manchester (Adaptado de [35])

Existem 5 prioridades possíveis de ser atribuídas no sistema de triagem de Manchester, os quais representam 5 graus de gravidade clínica com uma cor associada:

1. Emergente, correspondente à cor vermelha;
2. Muito Urgente, correspondente à cor laranja
3. Urgente, correspondente à cor amarela;
4. Pouco Urgente, correspondente à cor verde;
5. Não Urgente, correspondente à cor azul.

A cada um destes graus está também associado um tempo de espera estabelecido até à primeira observação médica, sendo que os pacientes considerados como emergentes (sintomatologia mais grave), ao qual afirmativo um dos primeiros discriminadores do fluxograma, são atendidos de imediato. Os casos muito urgentes têm um tempo de espera recomendado de 10 minutos e os urgentes um tempo de espera de 60 minutos. Nos casos de menor gravidade clínica, pouco ou não urgentes, podem ter uma espera até 120 e 240 minutos respetivamente [39]. Todos estes tempos são os preconizados pelo Grupo Português de Triagem (GPT) e representados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Correspondência entre Nível de Priorização, Cor e Tempo de Espera Estipulado

Níveis de Priorização	Cor	Tempo de Espera (minutos)
Emergentes	Vermelho	0
Muito Urgente	Laranja	10
Urgente	Amarelo	60
Pouco Urgente	Verde	120
Não Urgente	Azul	240

Este grupo introduziu uma nova categoria em 2000, “Branca” com a mesma cor correspondente. Este grau de gravidade, correspondente a cerca de 5 a 10% dos casos ocorridos nos serviços de urgência, está associado a situações não relacionadas com questões clínicas nem com os serviços de urgência, como é o caso de pessoas obrigadas, pelas forças de autoridade, a realizar análises sanguíneas para doseamento de drogas legais ou ilegais; pessoas aconselhadas pelo seu próprio médico a se dirigirem aos SU para consultas de rotina ou monitorização de um tratamento, entre muitos outros [39]. Assim, é evidente que estes cidadãos não poderiam entrar na mesma escala hierárquica de outros com estados clínicos com algum nível de urgência, não sendo atribuído a esta categoria qualquer tipo de tempo de espera. Mais recentemente, a 8 de abril de 2016, foi publicado o Despacho n.º 4835-A/2016, ao abrigo do Plano Nacional de Saúde 2012 -2016 (extensão a 2020), no qual a GTP definiu novos critérios onde o atendimento global desta categoria não podia passar os 5% no ano de 2016, 3% no ano de 2017 e daí em diante abaixo dos 2%, sendo que a transposição desses valores obrigava à implementação de medidas corretivas por parte da instituição hospitalar.

O profissional de saúde responsável pela triagem assume um papel primordial nos SU, uma vez que é o primeiro que tem contato direto com o paciente. Este deve exteriorizar um comportamento tranquilizador, privado e personalizado a cada paciente, garantindo a diminuição de ansiedade sentida por este e associada ao ambiente sentido nos SU. A eficácia do processo de triagem advém, não só do cumprimento do Protocolo de Manchester por parte do enfermeiro, como da sua experiência profissional e vasto conhecimento na área das urgências para uma tomada clara e rápida de decisões [38] com antecipação de potenciais problemas e sem emissão de diagnósticos.

Desde a sua implementação, um número diminuto de estudos aos resultados da sua prática têm provado que o Sistema de Triagem de Manchester é um método de triagem sensível, confiável e validado [37].

Este sistema por si só não garante uma diferenciação extrema, sendo que a identificação inapropriada de uma prioridade, acima ou abaixo da sua realidade, pode causar danos irreversíveis. Esta metodologia permite, como solução, a retriagem do paciente, durante o tempo de espera para observação médica, caso ocorra um agravamento da sua condição, mas como tal é não identificável, a re-triagem é normalmente feita por pedido de familiares ou por puro desconforto ou agonia do doente. O escala atualmente usada na retriagem, é a *National Early Warning Score* (NEWS), escala que avalia o risco de deterioração clínica do paciente aquando a sua espera por observação médica. Este método resulta da avaliação de cinco sinais vitais, frequência cardíaca, frequência respiratória, pressão arterial sistólica, temperatura e estado de consciência, com a obtenção de uma pontuação correspondente ao estado clínico do paciente. Esta foi a escala com melhor desempenho na deteção de mudanças clínicas e consequentemente redução de mortalidade no SU. Contudo devido a fatores como o fluxo intensivo de pessoas, a falta de pessoal médico devido a questões financeiras e desta forma, a falta de uma recolha constante dos sinais vitais do paciente, a retriagem é raramente realizada, o que conduz ao aumento das situações de mortalidades de pacientes maioritariamente de baixa prioridade.

A MTS revelou boa sensibilidade para detetar os doentes que necessitam de cuidados críticos. Contudo, falhou na detecção dos doentes que deterioraram o seu estado de saúde enquanto aguardavam observação [40]. Outro estudo concluiu o MTS é bom na alocação de doentes com dor moderada em categorias com prioridade mais elevada (especificidade 0,977) mas é mau a classificar os casos não urgentes (sensibilidade 0,149) [41]. Um estudo realizado ao Hospital Fernando Pessoa, concluiu que 81,1% das presenças nos SU são pacientes de baixa prioridade e a taxa de mortalidade dos mesmos representava 38.8% do total de mortes deste departamento. Um número ainda significativo tendo em consideração a facilidade de tratamento associada a estes pacientes [42].

2.4.3 Impactos nos Hospitais Portugueses

Apesar da implementação do Sistema de Triagem de Manchester, os problemas expostos no capítulo 2, ainda são existentes e significativos nestes serviços, como confirmado por uma vasta gama de notícias ao longo dos anos [45-49]. O mais preocupante é que a taxa de mortalidade existente nestes serviços, muitas vezes se refere aos pacientes de nível de prioridade baixa, sem real risco de vida.

O jornal PÚBLICO reportou numa notícia a 3 de Janeiro de 2019, que com a drástica diminuição das temperaturas, o número de casos de gripe teria uma subida exponencial. Tal fator confirmou a sobrelotação sentida nos serviços de urgências do Hospital de Barreiro, com um número de pacientes acima do dobro da capacidade sustentável segundo a Ordem de Enfermeiros e profissionais da unidade. Assim, o PÚBLICO, consultando o Portal do Sistema Nacional de Saúde (SNS), verificou que doentes com prioridades inferiores (cor verde (Pouco Urgente) e azul (Não Urgente)) registavam uma espera superior a seis horas, sendo que o limite de tempo estabelecido para ambas as prioridades é 120 e 240 minutos respetivamente. Até os pacientes considerados como urgentes (cor amarela) se deparavam com uma espera superior a uma hora. Esta ocorrência deu-se nos mais diversos hospitais como Amadora-Sintra, Garcia de Orta, Montijo e São Francisco Xavier [45].

Também a CMTV conduziu uma investigação no Hospital Amadora-Sintra, publicada a 17 de Julho de 2019, onde testemunhou a incapacidade de resposta do seu serviço de urgência. Este Hospital construído para uma capacidade de 300 mil pacientes, serve uma população de mais de 600 mil pessoas, originando “Horas de espera intermináveis, cuidados insuficientes e pessoas que acabam por desistir”, cenário retratado pela equipa de investigação. Pacientes atribuem esta situação à falta de médicos, o que está intrinsecamente associado ao tempo de espera, muito para além do recomendado e estipulado no Protocolo de Manchester. É de referir que estas filas eram maioritariamente constituídas por pessoas de pulseira verde, ou seja, prioridade Pouco Urgente, podendo-se ter dirigido ao centro de saúde mais próximo [46].

O jornal Observador, reportou que a principal causa de queixa entre os utentes das urgências hospitalares, no período de dezembro de 2014 e início de 2015, era derivada do exorbitante tempo de espera. Longas horas de espera obrigavam os pacientes a desistirem do atendimento ou, em casos extremos, levar a um agravamento da sua situação clínica e a ajuda médica chegar demasiado tarde. Tudo isto culminou num conjunto de mortes nos hospitais S. José, Santa Maria da Feira, Setúbal, Peniche, Santarém, Aveiro e Garcia de Orta, que foram alvo de inquérito da IGAS (Inspeção-Geral de Atividades em Saúde), que revelaram não conseguir atribuir responsabilidade dessas mortes aos profissionais de saúde, mas sim à “gestão dos tempos das triagens e do atendimento de doentes” [47]. Em questão encontra-se a morte de um idoso de 80 anos, encontrado morto nas urgências pelo próprio filho, após uma espera superior a seis horas [47], e mais recentemente, em Fevereiro de 2020, a morte de homem de 65 anos, no Centro Hospitalar de Trás-os-Montes e Alto Douro situado em

Lamego, nos braços da sua esposa após ter dado entrada com uma doença pulmonar e ter esperado até seis horas por atendimento médico [48]

Podemos então observar uma sazonalidade relacionada com estas mortes. Uma notícia divulgada pelo jornal PÚBLICO em 2018, confirmou Janeiro e Fevereiro como os meses de maior mortalidade, com uma média de 396 e 395 óbitos respetivamente. Estes são preponderantes em pacientes de idades iguais ou superiores a 75 anos, devido à sua frágil condição clínica que pode mudar num ápice, o que não é de todo compatível com as filas de espera sentidas neste serviço [49]. No *website* do Serviço Nacional de Saúde, é possível obter informação sobre o tempo de espera associada a cada prioridade clínica presente em cada Unidade de Urgência Hospitalar. A consulta do tempo de espera sentido ao longo de todo o ano de 2019, no Centro Hospitalar Universitário de São João (um dos mais procurados na região Norte), encontra-se representada no gráfico da figura 2.3.

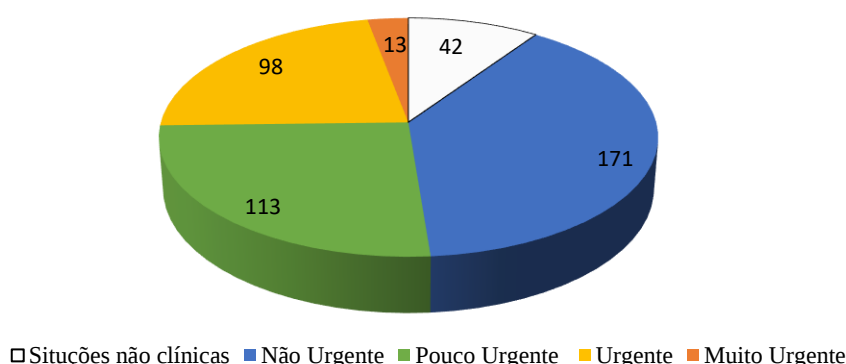


Figura 2.3 – Tempo médio de espera em minutos, de cada cor de priorização, entre a triagem e a primeira observação médica sentida no Hospital de São João ao longo de 2019. Dados provenientes do Sistema Nacional de Saúde [33]

É observável que as prioridades consideradas como Urgentes e Muito Urgentes apresentam um claro não cumprimento do tempo estipulado pelo protocolo, uma vez que a prioridade amarela contém um máximo de espera de 60 minutos, refletida na realidade numa espera média de 98 minutos e a prioridade laranja com um tempo máximo de espera de 10 minutos, apresenta uma espera média de 13 minutos. Ainda mais preocupante é a número de altas de abandono (taxa de desistência) dos pacientes nos SU antes da observação médica, com uma percentagem de 44,5% dos pacientes classificados como Urgentes (amarelo), onde já existe o risco de falência de órgãos vitais [33].

No panorama atual vivido, com a presença do vírus SARS-Cov-2, Covid-19, a premissa de que a afluência excessiva de pacientes presentes nos Serviços de Urgência, advém de o agravamento irrealista dos sintomas e da condição clínica sentida pelos mesmos, provocando o uso destes serviços como uma ação de rotina sem qualquer real risco de vida, foi confirmada.

A 3 de Abril de 2020, o Jornal PÚBLICO publicou um estudo realizado por um grupo de investigadores da Escola Nacional de Saúde Pública da Universidade Nova de Lisboa, onde descrevem um decréscimo nacional de 45% na procura dos serviços de urgências. Parte desta redução é natural, devido ao medo de contágio e inexistência de uma vida quotidiana normal dos cidadãos, mas esta percentagem é um valor demasiado expressivo para não se questionar se a ida aos serviços de urgências é sempre justificável, principalmente porque a maioria dos pacientes que desapareceram apresentam prioridades pouco ou não urgentes (cores verde e azul respetivamente) [50]. Também o jornal PÚBLICO, publicou a 30 de Abril de 2020, uma notícia que anuncia uma quebra de 50% da afluência aos SU. Esta drástica descida põe em questão a necessidade de uma avaliação honesta do atendimento de pacientes e de uma solução para o acesso de utentes a este serviço. Parte das críticas

apresentadas pelos profissionais é que o livre acesso às urgências, leva a uma sobrelotação de pacientes sem critérios de gravidade, comprometendo, não só a eficiência dos SU, mas todos os recursos e meios disponibilizados para todas as outras áreas hospitalares [51].

Assim, esta pandemia pode ser considerada como uma oportunidade para reestruturar e melhorar significativamente a eficácia dos serviços de urgência, através do aproveitamento de linhas telefónicas como a Saúde 24 e criação de uma rede de serviços de saúde básicos como centros de saúde, reservando os serviços de urgência para o atendimento de situações urgentes e/ou emergentes.

2.5 Entrevista para Levantamento e Validação de Requisitos

No sentido de validar os dados obtidos pela revisão bibliográfica até agora apresentada e perceber quais os sinais vitais mais cruciais a monitorizar num serviço de urgência, foi realizada uma entrevista seguida de um inquérito à Diretora do SU do Hospital de Santo António. Um estudo centralizado nos hospitais existentes na cidade do Porto, não só pela sua localização facilitada, mas também por terem presentes um dos serviços de urgência com mais afluência nacional, o que justifica o meu propósito.

O guião de tópicos presente no inquérito foi configurado de forma a ter um seguimento lógico, tal como se mostra no Anexo A, passando inicialmente por questionar o número real de pacientes por dia, se este número é dependente de questões climatéricas e sazonalidade, seguido por quais os principais problemas das urgências, se é possível e porque razão ocorre a re-triagem de um paciente, quais os parâmetros mais relevantes de um paciente e que medidas implementaria para a resolução destes problemas.

Com a colheita dos dados provenientes da entrevista e posterior análise e interpretação de dados, confirmou-se uma concordância com a revisão de literatura feita, não só nas causas como também nos efeitos deste fenómeno. Com uma média de mais de 1000 pessoas a ingressarem nas urgências hospitalares somente no Hospital de São João, é perceptível que as necessidades deste serviço não são correspondidas, interferindo com todo o processo operacional e clínico deste departamento de saúde. Problemas como uso das emergências como um Sistema de Saúde de Proximidade devido à iliteracia dos pacientes, população envelhecida e grande fluxo de doentes foram os problemas mais recorrentes relatados pela diretora. Foi obtido, com clareza, quais os sinais vitais que mais eficazmente permitem a deteção de mudanças clínicas sendo que esta informação, foi determinante em todo o projeto, não só orientando a pesquisa do estado de arte realizada no capítulo 3 como na percepção de quais os biossensores que integrariam a pulseira inteligente.

Este contacto direto com a profissional de saúde permitiu não só a questionação das tecnologias a impregnar neste sistema e o potencial deste tipo de soluções face os desafios atuais enfrentados, mas teve um papel ainda mais importante na validação da solução proposta nesta dissertação. Estes dados foram cruciais no desenvolvimento de um dispositivo capaz de se adaptar às necessidades deste serviço e com credibilidade perante a comunidade médica.

2.6 Conclusão

Saúde é sempre um tema que gera muita discordância e a implementação de algo inovador acarreta muitas dúvidas até se confirmar o seu valor, o que é compreensível quando a única real certeza existente neste ramo é a incerteza. Mas a constante necessidade de mudança prevalece com a incessante busca da melhor abordagem possível para o melhor resultado médico possível.

Atualmente, o STM prevê uma prática fiável, uniforme e objetiva ao longo do tempo, tornando-se uma ferramenta imprescindível para o planeamento e gestão dos serviços de urgência em Portugal.

Nomenclatura e conceitos encontram-se definidos de uma forma precisa para garantir a uniformidade do entendimento e qualidade num serviço de gestão de risco clínico. Mas tal não se tem vindo a retratar nos últimos anos. Apesar da maioria das mortes nos SU estar associada intrinsecamente com os pacientes de maior prioridade, perçetível uma vez que a sua condição clínica está associado a um nível de mortalidade superior, uma significativa percentagem de óbitos está associado a pacientes de baixo risco, o que é preocupante uma vez que são pacientes cujo percurso esperado nas SU seria o diagnóstico, tratamento e recuperação.

Estes dados encontram-se claramente associados a fatores como o fluxo intensivo de pessoas devido à não utilização de centros de saúde, falta de pessoal médico em junção com excessivos tempos de espera, triagens incorretas e falta de monitorização dos sinais vitais do paciente, conduz a uma esporádica re-triagem, justificando o número de mortalidades sentida em pacientes de baixa prioridade.

Através da entrevista realizada, foi conseguido não só questionar e validar as causas e efeitos da sobrelotação, como quais os parâmetros vitais e as soluções sensoriais existentes para minimização de erros e combate à taxa de mortalidade sentida.

O recurso a tecnologias de monitorização à distância pode ser a solução para este problema. Perante a era tecnologia sentida atualmente, retirar partido das mais recentes inovações criadas, como *wearables* e *smartwatches*, e empregá-las na área da saúde, tem todo o sentido e pode ser a reviravolta há tanto esperada.

Capítulo 3

Análise do Estado da Arte

Tal como toda a sociedade, os serviços de saúde não são alheios à era tecnológica sentida atualmente. Atualmente, um bom sistema de saúde já não depende somente da qualidade dos seus profissionais nem dos protocolos regidos. O uso da informação e tecnologia são uma fonte de infinitas oportunidades à prestação de cuidados, revelando ser nada mais que benéfico e até imprescindível nesta área, como por exemplo na realização de exames médicos. O constante aparecimento de novas e mais resistentes doenças é confrontado com a crescente inovação tecnológica sentida, movendo-se a um passo superior ao sentido no passado.

A *Internet das Coisas* (IoT) emerge como a resposta a um dos maiores problemas da saúde pública. Neste capítulo são abordados os mais diversos sistemas ciber-físicos industriais que se tornam cada vez mais presentes como soluções em tempo real, capazes de analisar e processar grandes quantidades de dados e aprimorar a resposta clínica em caso de eventos inesperados [43]. É igualmente introduzida a noção e quais os sistemas de informação hospitalar implementados.

3.1 Sensores Biométricos

A tecnologia de sensores é um exemplo de aplicação ciber-física existente. Existe uma extensa variedade de sensores desde sensores de movimento, sensores de temperatura, sensores de iluminação, entre muitos outros [44]. Estes podem ser parte integrante de um ambiente, como é o exemplo dos sensores termostáticos presentes nos aparelhos de ar condicionado, que controlam a temperatura ambiental, ou a sua função ter uma utilização por si só como é o caso dos sensores de localização. Descrevem-se de seguida, diversos sensores com possíveis aplicações na área da saúde.

1) Sensor de Pressão Arterial

Dispositivo de medição dos níveis de pressão arterial constituído por um circuito ótico de luz infravermelha. Com base no padrão de absorção dos comprimentos de onda ao longo do tempo, derivada da expansão e contração dos vasos sanguíneos, é possível determinar o número de batimentos cardíacos por minuto (BPM) e calcular a pressão sistólica e diastólica através do método oscilométrico simples. Mudanças na amplitude destes batimentos são consideradas anomalias a ter em consideração [52]. Com um baixo consumo energético entre 4 a 5 miliAmperes, torna-se uma escolha óbvia a aplicações tecnológicas. Em termos

de fiabilidade e precisão, este sensor, por ser dependente de circuitos óticos, pode facilmente ser afetado por diferentes fontes de luz, daí a necessidade de estar fixo.

2) Sensor de Temperatura

Dispositivo capaz de converter a grandeza física temperatura num sinal elétrico para interpretação. Uma desvantagem é a alteração das suas características físicas através da interação com o meio ambiente em que se encontram [53]. Aplicável a uma vasta gama de aplicações e apesar do tamanho reduzido, altamente resistente a quedas e choques.

3) Oxímetro de Pulso

Tecnologia não invasiva usada para avaliar a saturação de oxigénio no sangue e frequência cardíaca. Com a projeção de luz infravermelha na pele, certos comprimentos de onda são absorvidos pelos vasos sanguíneos. Com a detecção da quantidade de ondas absorvida pela hemoglobina é possível medir a saturação no sangue [54-55]. O oxímetro pode-se apresentar em diversas formas, sendo o oxímetro portátil de dedo, o mais utilizado na prática de desportos, devido à sua autonomia e bateria recarregável.

4) Sensor de Movimento – Acelerómetro e Giroscópio

Dispositivo eletrónico desenhado para medir a aceleração e angularidade do movimento corporal, quantificando a frequência, duração e intensidade do mesmo. É um género de sensor muito empregado no acompanhamento de um estilo de vida ativo ou pessoas com doenças crónicas como o Parkinson, permitindo estabelecer uma relação entre a atividade física e saúde. Neste caso, seria usado para garantir que o paciente se encontra consciente, ao fim de longos períodos de espera, como se prevê que aconteça nos serviços de urgências [55-56].

5) Sensor de Eletrocardiograma (ECG)

Sensor eletrónico que visa a medição das atividades elétricas do coração. A atividade elétrica é registada como um ECG e saída com uma leitura analógica. Muito usado para cuidados de saúde, não só pelas suas características, mas devido à capacidade de telemetria contínua [55]. Uma vez que pode ser um sinal extremamente ruidoso de captar, contém um sensor integrado que permite gerar um sinal limpo entre os intervalos rítmicos.

6) Sensor de Eletromiograma (EMG)

Sensor eletrónico que visa a medição da atividade muscular do utilizador através da variação do seu potencial elétrico com saída de leitura analógica. Em repouso, a tensão de saída encontra-se entre os 1,5 Volts, enquanto que em esforço este sinal aumenta para 3,3 Volts. Empregado em múltiplos desportos, para controlo e um maior rendimento da atividade física de atletas de alta competição. É uma placa de relativamente baixo preço.

7) Sensor de Eletroencefalograma (EEG)

Sensor eletrónico capaz de monitorizar a atividade bioelétrica cerebral através de elétrodo na região subdural do cérebro. O sinal elétrico é composto pelas diferenças de potencial elétrico nas várias áreas cerebrais, nunca sendo registadas correntes elétricas isoladas. Na área de cuidados de saúde, tem aplicações de diagnóstico, como o mapeamento cerebral, de estudo, como a deteção de regiões cerebrais subdesenvolvidas e aplicações terapêuticas com

foco em pacientes que sofrem de ansiedades, depressões, distúrbios psicológicos e doenças do foro cerebral como Epilepsia e Alzheimer.

8) Glicosímetro

Sensor de medição do nível de concentração de glicose presente no sangue, exibido em miligramas por decilitro. Muito utilizado para o controlo de pessoas que sofrem da doença de *Diabetes Mellitus*. Instrumento de alta precisão e capaz de transferência de dados via wireless ou cabo.

3.2 Wearables que Incorporam Sensores Biométricos

A rede de sensores aplicadas na monitorização da saúde humana é resultado da convergência de biossensores, comunicações sem fios e tecnologias de rede. Essa mesma rede permite uma monitorização ininterrupta e minimamente invasiva da saúde humana.

Rastreadores móveis de atividade mais conhecidos como *wearables*, provaram ser uma mudança notável na interação do humano-computador e de grande potencial económico e social. Fatores como o aumento de acessibilidade, crescente atenção dada a estilos de vida mais saudáveis e monitorização contínua e personalizada, capultaram exponencialmente o mercado destes dispositivos no mundo, permitindo ao cidadão um maior poder no cumprimento das suas metas físicas pessoais, e aos profissionais de saúde, uma detecção precoce de enfermidades e acompanhamento de pacientes com doenças crónicas e/ou recuperação.

De acordo com um estudo realizado pela Statista [57] e representado na figura 3.1, o número de wearables ativos em 2017 foi de 526 milhões, esperando-se que esse valor ultrapasse os 900 milhões de utilizadores em 2021, tornando-se assim uma necessidade diária na vida dos cidadãos.

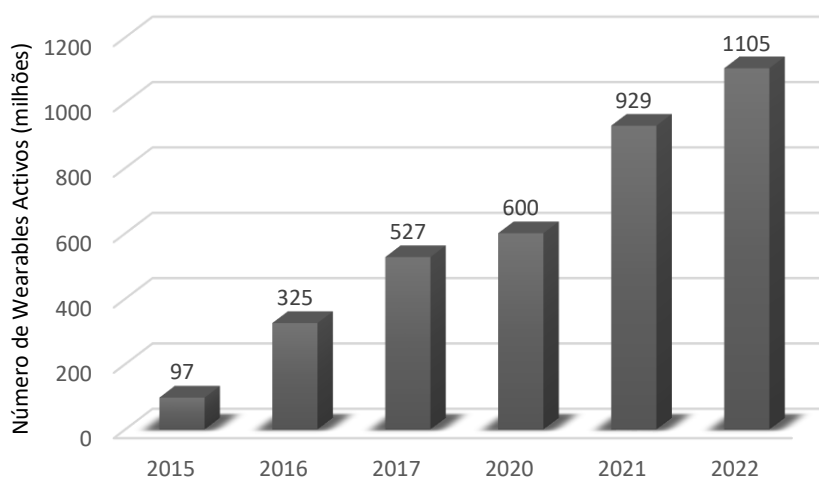


Figura 3.1 – Representação gráfica do crescimento do número de *wearables* ativos mundialmente desde 2015 a 2020, com a projeção do valor estimado para os anos de 2021 e 2022. Dados provenientes de [57].

A tecnologia *wearable*, para além do propósito *fitness*, está a ser incorporada na área médica como solução para alguns dos problemas mais preocupantes desta comunidade. Com a sua capacidade de recolher e transmitir dados de pacientes com os profissionais de saúde, evitando o tempo despendido numa consulta ou chamada telefónica, foram realizados uma série de avanços no setor da saúde com a introdução destes dispositivos.

Em termos de dispositivos fixos, maioritariamente usados para a monitorização de pacientes pós-operatório, a *Lifebed* da *Hoana Medical* [58] e *VITAALERTER* da *Heathcare Alliance* [59-60] são duas referências mundiais neste mercado. Ambos usam uma cama sem fios, incorporada com os mais diversos sensores ativos que acompanham os sinais vitais dos seus pacientes. A *Hoana Medical*, sediada no Havai, fundou a *Lifebed* com o único propósito de ajudar a monitorizar sinais vitais e possíveis quedas, através de sensores que controlam a mobilidade do paciente, acamado ou em pós-operatório, caso este se levante e saia da cama, sendo que alguma anomalia é imediatamente reportada ao Hospital. Com o mesmo propósito a *VITAALERTER* da *Heathcare Alliance* é inicialmente apresentada na Feira Hospitalar de 2019, como um biossensor com algoritmos de aprendizagem e mecanismos de inteligência artificial para monitorização de sinais vitais e controlo espacial de pacientes em leitos hospitalares, casa ou casas de repouso (centro de cuidados intensivos ou lares). Ao contrário da *LifeBed*, onde a própria cama tem incorporada todos os sensores, este biossensor acopla-se à cama do paciente, controlando e registando ações corporais e frequências cardíacas e respiratórias. Qualquer sinal precoce de alteração da condição clínica, pode ser controlado em tempo real pela equipa de saúde, via painéis em interfaces móveis, como *tablets* ou *smartphones*, garantindo a intervenção imediata desta em casos necessários [59-60].

Na indústria dos dispositivos móveis, os *wearables* como *smartwatches*, apresentam como principal vantagem o facto de se tornarem parte integrativa do nosso corpo, libertando as mãos. São inúmeras as possíveis aplicações destes dispositivos, tal como podemos observar na figura 3.2.

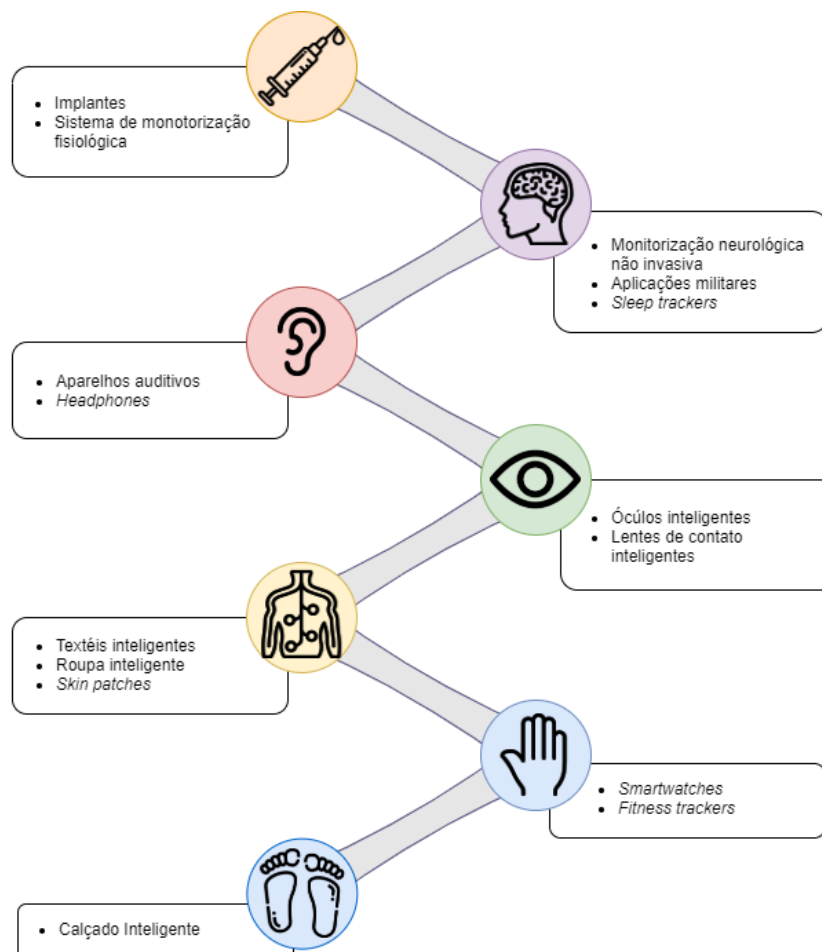


Figura 3.2 – Introdução da tecnologia wearables em diferentes mercados e aplicações. (Adaptado de [59])

A aplicação destes dispositivos na área medicinal começou com aparelhos auditivos, evoluindo para óculos e relógios inteligentes (*smartwatches*). Atualmente, podemos ver esta tecnologia espelhada nos mais diversos serviços como sistemas de monitorização contínua de glicose para doentes diabéticos, monitorização neurológica não invasiva para condições como stress e convulsões, rastreadores de sono e tecnologia vestível através de têxteis inteligentes.

Todos estes dispositivos transmitem os dados, através de comunicações sem fios como *Bluetooth* e *WiFi*, a um *Smartphone* ou computador, fornecendo não só, ao utilizador um melhor entendimento da sua condição, como aos profissionais de saúde uma vigia constante do mesmo [61].

3.3 Utilização de Sensores Biométricos nos Serviços de Saúde

A tecnologia de rede de sensores usada como meio de obtenção de dados intrínsecos do paciente, também é influenciada pelo ambiente envolvente, interação esta que obriga o sistema a reagir e adaptar-se às mudanças ambientais sentidas, provendo-lhes de uma certa inteligência e proatividade.

Dos sistemas tecnológicos usados como sistemas médicos de alerta, temos como mais relevantes e inovadores os seguintes casos.

O uso da telemedicina no suporte cardiológico é o foco do projeto *CAST* da empresa *INCREASETIME*, uma empresa de base tecnológica que foca o seu desenvolvimento no controlo remoto com base em soluções de rede de sensores sem fios. Este projeto implementou o uso de uma t-shirt inteligente, capaz de monitorizar e analisar os sinais vitais de paciente em mobilidade. Com esta premissa em mente, a equipa teve a oportunidade de testar toda a cadeia de comunicação entre o produto e o servidor, principalmente na presença de outras fontes de interferência, inerentes às cidades. Observou-se uma interrupção de dados, descontinuidade do ECG e uma falta de autonomia derivada da incapacidade energética fornecida pela bateria. Parâmetros como rapidez, segurança e confiabilidade são o objetivo base desta empresa, que procura eficazmente ajudar os pacientes que sofrem de doenças cardíacas [62].

Também no mesmo sentido de supervisionar pacientes cardíacos, o *iBeat Heart Watch* da *iBeat*, visualizado na figura 3.3, nasce com o objetivo de detetar sinais prognósticos de um ataque cardíaco, através da monitorização da frequência cardíaca, mas garantindo a independência e autonomia dos seus utilizadores ao contrário dos exemplos anteriores. Quando há evidências destes sinais anormais, o relógio pergunta ao consumidor se se encontra bem ao qual, se a resposta for afirmativa, ele volta a ter a função de um relógio, mas se a resposta for negativa, este manda um alerta para o serviço de urgências mais próximo e notifica o escritório da *iBeat* para realizar uma chamada às urgências. Foi desenhado para pessoas com problemas cardíacos prévios e em risco iminente de sofrer um ataque cardíaco, sendo obrigatório o uso 24 horas por dia deste relógio para uma monitorização contínua. Constituído por sensores óticos para medir batimentos cardíacos e níveis de oxigenação como é o caso de oxímetros, este relógio tem de estar em contacto direto com a pele. Para manter os requisitos de energia baixos e a vida da bateria alta (capacidade de duração autónoma até três dias), este dispositivo alterna entre os modos de alta e baixa potência consoante os dados do sensor, por exemplo se o utilizador estiver a andar a um passo constante, a frequência de leituras do sensor pode diminuir assim como a sua potência, mas mal seja detetada qualquer irregularidade com os batimentos cardíacos, o sensor imediatamente aumenta a taxa de amostragem [63].

Em 2014, a *Apple* lança o *Apple Watch's Wristful of Sensors and MEMS*, visualizado na figura 3.3, que rapidamente se torna o relógio mais completo e fiável no mercado dos *smartwatches*. Não só devido ao prestígio associado a esta marca, mas também o investimento em hardware é muito

superior ao que qualquer *startup* pode oferecer. Dentro de um pequeno compartimento, conseguiram integrar inúmeros sensores e um sistema microelectromecânico (MEMS) que permite ao relógio um alcance e toque do utilizador. O *Apple Watch* incorpora um monitor cardíaco que usa dois tipos de sistemas óticos sensoriais de deteção, um tipo de luz visível e outro de condutividade infravermelha e não elétrica para medir a frequência cardíaca. Esta foi a vantagem que diferenciou este produto de outro qualquer já existente no mercado, que trabalham somente com luz infravermelha e apresentam problemas de confiabilidade. Isto deu outro tipo de segurança ao consumidor da *Apple*, aumentando a confiança nos dados providenciados por este relógio. Esta empresa tem vindo a desenvolver um modelo que usa a câmara de *iPhone* para calcular mudanças na frequência cardíaca, usando apenas cor de pele facial, tecnologia que provavelmente teve parte integrante neste sistema. A incerteza associada a este tipo de dispositivos e proveniente do uso de uma massa rotativa no sistema de vibração, foi também uma das mudanças existentes no *Apple Watch*, provavelmente através do uso de um atuador piezoelétrico ou de ressonância linear. A associação deste produto ao mercado fitness advém da existência de um sensor de pressão que determina quando o utilizador se encontra num sítio de elevação como a correr numa colina ou a subir escadas, o que pode ser uma mudança crucial para pessoas com doenças crónicas. Com a informação providenciada pelos múltiplos sensores existentes no *Apple Watch*, esta marca promete revolucionar a maneira como os cuidados de saúde são empregues para serem mais autónomos, coordenados e conectados [64].

Um exemplo dessa autonomia cedida ao paciente é o *Apple Watch Series*, permitindo ao utilizador obter um eletrocardiograma quando sente a sua frequência cardíaca fora do normal. Novos elétrodos inseridos na parte de trás do cristal existente deste dispositivo, possibilita aos consumidores realizar este teste numa única leitura, o que se torna uma ajuda valiosa para os profissionais de saúde, na deteção de um dos problemas de saúde mais abrangentes na Europa. Estudos demonstram que 87.8% dos casos foram detetados corretamente, com uma taxa de 98.3% de sensibilidade na classificação de arritmias.



Figura 3.3 – *Apple Watch's Wristful of Sensors and MEMS* (direita) [64] e *iBeat Heart Watch* (esquerda) [63]

Em 2014, cirurgiões utilizaram uma tecnologia completamente inovadora. O uso de um microdispositivo com implementação subcutânea que realiza e fornece eletrocardiogramas, de forma contínua durante três anos para doentes com risco de problemas cardíacos. Esta informação é transmitida via *Wi-Fi* para um servidor externo existente no Hospital, neste caso o Centro Hospitalar do Alto Ave em Guimarães, que reúne toda a informação posteriormente acedida e avaliada pelos profissionais de saúde, de modo a relacionar os sintomas a alterações rítmicas visíveis no ECG. Este dispositivo é 80% menor que os dispositivos até à altura disponíveis no mercado, sendo um dos aspetos mais cruciais para a sua implementação. Esta tecnologia tem em vista a minimização de recursos financeiros e temporais, obtendo informação sobre a condição

clínica do paciente sem a deslocação deste ao hospital, reduzindo o número de consultas externas e libertando o paciente de mais de duas horas de viagem. Sem elevados custos associados ao paciente e com a instalação e funcionamento do dispositivo assegurado pelo Serviço Nacional de Saúde, este é um passo no caminho certo para cuidados de saúde eficazes e acessíveis a todos [65].

A Universidade do Porto, mais concretamente a Faculdade de Medicina, tem sido pioneira na aposta da Telemedicina para um controlo e apoio remoto de pacientes com insuficiência respiratória crónica e com necessidade de ventilação mecânica. O projeto “VitalMobile” é o resultado da implementação das mais recentes tecnologias de Comunicação e Informática Médica para a monitorização remota de pacientes. Este estudo fornece ao paciente uma liberdade e autonomia antes impossibilitada pela necessidade de permanência obrigatória no Hospital. Com um aumento do número de casos de doentes neuromusculares com necessidade de ventilação mecânica, a plataforma faz um controlo móvel da oximetria (medição da saturação de oxigénio) através de sensores apropriados presentes no telemóvel, possibilitando uma recolha e transmissão de dados para o servidor “VitalMobile”. Esta informação encontra-se disponível ao pessoal médico a qualquer hora e em qualquer local [66].

É constante a associação feita entre tecnologia e cuidados de saúde, uma vez que os resultados obtidos são promissores e vantajosos em todos os campos, inclusive na problemática aqui descrita, diminuindo a sobrelotação dos serviços de urgência em geral e consequentemente aumentando a qualidade deles, o que é gratificante para ambos os lados, pacientes e comunidade científica.

3.4 Sistemas de Informação nas Urgências Hospitalares

No processo de implementação do Sistema de Triage de Manchester em Portugal, foi considerada a integração deste no sistema de informação hospitalar, para um suporte logístico e comunicativo das equipas médicas e de enfermagem.

Na triagem é importante clarificar etapas do percurso clínico do paciente como a hora da sua entrada, a sua priorização e o caminho futuro do paciente no SU. Daí a importância de termos um serviço de urgência centralizado, para que consiga reter problemas sem afetar os outros departamentos, como é o exemplo de doenças contagiosas, mas ao mesmo tempo garanta um fluxo direcional de pacientes através da transmissão de informações de paciente a todas as outras áreas de cuidados [20].

O Protocolo de Manchester foi concebido para ser parte integrante do sistema informático existente no hospital, para um suporte logístico e comunicativo diário das equipas médicas e de enfermagem. O próprio sistema sem suporte informático pode levar à tomada de decisões inadequadas, comprometendo o seu desempenho. A sua informatização possibilita a análise de dados e interpretação estatística de fatores como principais causas para a procura dos SU, tipo de população atendida, média do tempo de espera por utente e por prioridade, gestão de recursos e desempenho dos profissionais de saúde e respetivos cuidados prestados.

Em 2017, foi aprovado no Centro Hospitalar de São João, a instalação do software Sonho V2. Sendo um software mais virado para a gestão clínica e com uma base de dados gerida em *Oracle*, este capacitou o Centro Hospitalar de uma modernização administrativa e sustentabilidade de atualização como resposta ao volume de informação adquirida diariamente [67]. Atualizações constantes do processo clínico eletrónico dos pacientes e seus processos funcionais tal como uma racionalização de meios e ganhos de eficiência na saúde são algumas das vantagens trazidas por este sistema. O módulo de urgência deste sistema é uma ferramenta que possibilita uma navegação rápida, intuitiva, eficaz e segura, com três possíveis dimensões, criar episódio de urgência, gerir episódio e dar alta, cada um com critérios específicos [68] como data e hora de admissão, local de urgência,

causa da urgência, entidade financeira responsável pelo pagamento e prioridade. Incorporado com uma plataforma de interoperabilidade, a *LIGHT (Local Interoperability Gateway for Healthcare)* [69], esta contém uma camada de integração que permite a transmissão segura e padronizada de informação entre os Serviços Partilhados do Ministério da Saúde (SPMS) e sistemas de saúde [91]. Este software foi implementado em 2017 em mais três unidades hospitalares, Hospital Santo António, Maternidade Júlio Dinis e Hospital Maria Pia.

Em Setembro de 2018, quatro unidades de saúde, Unidades de Caldas da Rainha e Torres Vedras (Centro Hospitalar do Oeste), o Hospital Distrital da Figueira da Foz e o Centro Hospitalar da Póvoa de Varzim/Vila do Conde, instalaram um novo sistema de informatização no Hospital chamado SClinico. Este módulo opera também com o sistema gerenciador de bases de dados, *Oracle*, e trata-se da fusão entre o Sistema de Apoio ao Médico (SAM) e o Sistema de Apoio à Prática de Enfermagem (SAPE), aplicações criadas anteriormente pelo SPMS. O módulo de urgência deste software permite uma partilha da informação clínica do paciente nos diversos departamentos e a sistematização da mesma a nível nacional, comprovando ser uma mais valia na interação e interligação de diferentes entidades hospitalares do Serviço Nacional de Saúde. Permite a realização de todos os procedimentos relativos ao episódio de urgência como hora e local de atendimento, tempo desde admissão até à alta, profissionais de saúde envolvidos e atos prescritos [70]. Estes fatores conciliados com ganhos substanciais ao nível de aproveitamento de recursos e poupanças financeiras, concluíram a superioridade desta tecnologia perante as apresentadas no mercado [71].

Os Hospitais da Universidade de Coimbra implementaram em Novembro de 2019, os sistemas de informação Sonho V2/SClinico, tirando aproveitamento das vantagens de ambos conciliados. Assim, não só agilizaram o atendimento aos pacientes e o trabalho dos profissionais, como integraram toda a informação clínica dos doentes em centros de saúde e hospitais da região centro. O impacto desta medida tem incidência na gestão documental, na cibersegurança de dados pessoais e na eficácia dos serviços de urgências.

Novos concorrentes tentam entrar neste mercado diariamente. O *ALERT TRIAGE* é um software de triagem concebido com capacidade para lidar com diferentes sistemas de triagem, enquanto que o *ALERT EDIS*, usado no serviço de urgência, é capaz de documentar, rever e integrar toda a informação clínica relativa a episódios nos serviços de urgência, tornando-se uma interface gráfica concebida para responder às necessidades e responsabilidades tanto dos pacientes como da equipa médica [72]. A *startup beeIT- Sistemas de Saúde*, tentando entrar neste mercado, lançou um software, *Salus*, no sentido de humanizar o atendimento nos centros de urgência e emergência do país. Este atua no levantamento e cruzamento de informações dos pacientes, na recolha inicial de dados e na triagem. Na triagem, este otimiza a classificação de risco resultando numa redução do tempo de espera. Esta empresa, especialista no desenvolvimento e criação de inteligência virtual humanizada, garante que este software logarítmico aprende, através da observação dos profissionais de saúde, a avaliar a gravidade dos casos ao longo do tempo, não se influenciando por dados obtidos relativamente à escala de dor, mas sim por estatísticas. Características como estas podem ser as mudanças necessárias para uma otimização destes serviços [73].

3.5 Conclusão

Com a informação apresentada neste capítulo é possível concluir que a utilização destas tecnologias traz vantagens significativas ao domínio da saúde, não só devido às funções que disponibilizam, mas também na autogestão destes serviços, possibilitando uma melhoria na eficácia funcional de todas as variáveis presentes neste campo. Maioritariamente, o seu uso foca-se na monitorização de pacientes fora do ambiente hospitalar, como pacientes com doenças

cardíacas, problemas respiratórios e complicações pós-operatórias, e para o público geral com o objetivo de otimização física e fitness. Contudo, nenhuma destas soluções se encontra implementada nas urgências hospitalares, não existindo nenhum sistema de triagem dinâmico baseado em biossensores para a monitorização dos pacientes. Tendo em vista o número de pacientes que entram nas urgências diariamente conciliado com o preço atual associado a estas soluções, é compreensível o porquê da sua não implementação.

Capítulo 4

Concepção e Implementação do Sistema de Triagem Dinâmica

4.1 Arquitetura e Funcionalidades do Sistema

Com a indisponibilidade de recursos de resposta suficientes para a afluência de pacientes sentida, os serviços de urgência são uma das áreas mais afetadas nos cuidados de saúde, afetando toda a população portuguesa.

Nesta dissertação, é proposto um sistema de triagem dinâmico, baseado numa pulseira inteligente para a monitorização dos sinais vitais dos pacientes e a sua interligação com uma aplicação de monitorização, destinado aos responsáveis de triagem.

O subcapítulo 4.2 descreve detalhadamente a concepção e prototipagem da pulseira inteligente ao nível de *hardware*, constituída por sensores biométricos não invasivos e capacidade de comunicação como ao nível de *software*. O capítulo 4.3 descreve detalhadamente o desenvolvimento da aplicação de monitorização e as linguagens de programação usadas para o efeito.

A aplicação da tecnologia de biossensores presente nesta pulseira inteligente ao serviço de emergência, mais especificamente na triagem, não existe e pode ser a solução para os problemas expostos no capítulo 2. A interoperabilidade da pulseira inteligente com a aplicação de monitorização e integração desta com os sistemas de informação hospitalar permite, aos responsáveis de triagem, um apoio na atribuição inicial da pulseira, a visualização em tempo real dos sinais vitais do doente, o alerta para situações de deterioração clínica dos pacientes em espera nos SU conduzindo a uma possível retriagem e por fim a eliminação do paciente dos sistemas de informação.

Assim, era importante estabelecer um sistema capaz de suportar os objetivos iniciais:

- Monitorização personalizada de cada paciente;
- Comunicação e interação em tempo-real entre paciente/profissional de saúde;
- Apoio das funções dos profissionais de saúde;
- Alerta e prevenção de alterações clínicas, em pacientes em espera nos SU, que possa conduzir à morte.

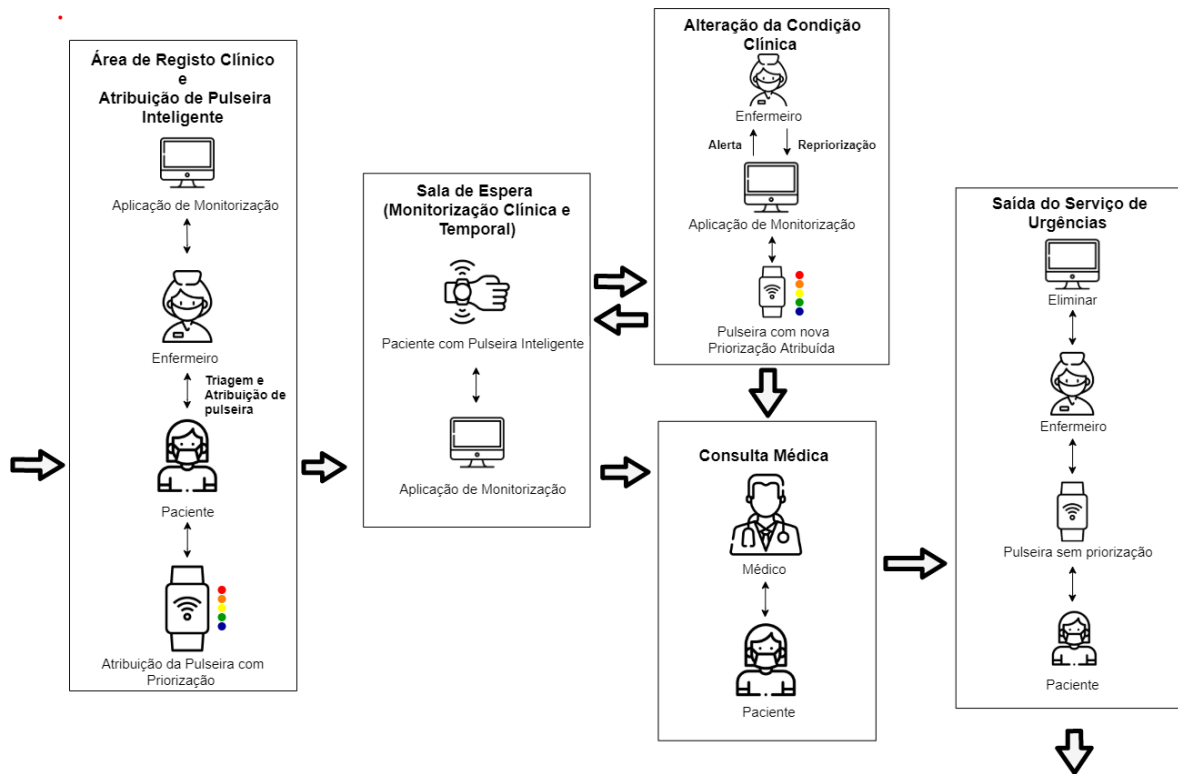


Figura 4.1 – Diagrama de funcionamento do sistema de triagem dinâmico constituído pela pulseira inteligente, aplicação de monitorização, profissionais de saúde e paciente.

O funcionamento do sistema de triagem dinâmico, proposta na figura 4.1, divide-se em cinco momento. No primeiro momento é realizada a triagem de acordo com o Protocolo de Manchester e atribuída um grau de priorização, traduzido na pulseira inteligente aquando do registo clínico. Com a atribuição da mesma ao paciente, começa a captura dos sinais vitais do paciente e o envio desses dados para a aplicação de monitorização. Na sala de espera, o paciente com a pulseira inteligente, munida de uma comunicação *bluetooth*, está a ser monitorizado clinicamente pelo profissional de saúde na aplicação, mas também temporalmente, uma vez que desde o momento de atribuição da pulseira inteligente, começa a contagem do seu tempo de espera relativamente à priorização atribuída. Em caso de uma alteração clínica no estado do paciente ou o excedente do tempo de espera estipulado, o profissional de saúde é alertado. De seguida, o responsável de triagem procede à retriagem do paciente que conduzirá a uma nova priorização e cor correspondente. Esta nova priorização pode levar o paciente para uma consulta médica de emergência, onde será diagnosticado e encaminhado para o respetivo tratamento, seja ele medicação ou o internamento do paciente. Independentemente do método terapêutico escolhido, após a saída do paciente do serviço de urgência, a pulseira inteligente é devolvida para esterilização e nova utilização e o paciente removido da aplicação.

A telemetria, medição e comunicação criada, origina uma autogestão nos cuidados de saúde, levando a deteções precoces e consequentemente ações precoces, que diretamente oferecem uma nova dinâmica e confiabilidade nos serviços de urgência e nos profissionais que operam nele.

4.2 Pulseira Inteligente para Triagem Hospitalar

Os sinais vitais são considerados pela comunidade médica o primeiro e mais informativo sinal de deterioração da saúde dos cidadãos. O próprio fluxograma do Sistema de Triagem de Manchester, baseia a sua escala em questões dependentes de sinais vitais.

Tirando partido das informações retiradas da entrevista realizada à Diretora do SU do Hospital Santo António (descrito no capítulo 2) e do presente mercado relativamente a sensores biométricos, a unidade de aquisição de dados portátil (pulseira inteligente) incorpora um conjunto de sensores escolhidos com base em função, confiabilidade, tamanho, peso e preço, garantindo uma solução segura e acessível. Descreve-se de seguida os sensores seleccionados para equipar a pulseira inteligente.

4.2.1 Selecção de Dispositivos

Descrevem-se, de seguida, os sensores seleccionados para equipar a pulseira inteligente.

1) Sensor de Pulso SEN-11574

Este dispositivo é produzido pela *World Famous Electronics llc*. [74] e define-se como um sensor ótico de frequência cardíaca compatível com o Arduino e outros microcontroladores que tenham um conversor analógico-digital (ADC). Têm uma dimensão de 15.8x3.6 mm, tornando-o propício para uso em *wearables*. O seu circuito interno está representado na figura 4.2.

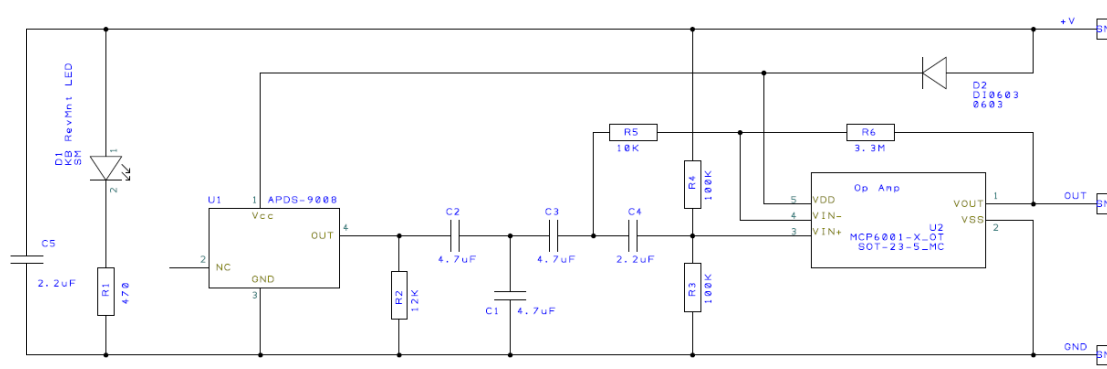


Figura 4.2 – Representação esquemática do circuito interno do sensor de pulso SEN-11574 [75]

Este sensor, constituído por um *led* (fotoemissor) e um fotoreceptor, utiliza o método de fotopleletismografia reflexiva para o cálculo da frequência cardíaca. Este método é composto por duas etapas. A primeira, onde o *led* emite uma luz infravermelha verde (aproximadamente nos 550 nanómetros no espectro de luz visível) em direção ao corpo. Uma vez atingido os tecidos e sangue, parte dessa luz é absorvida pela hemoglobina e parte refletida e captada pelo fotoreceptor (fotodiodo ou foto transístor). Com a medição da quantidade de luz refletida é possível detetar a mudança de

fluxo e volume que ocorre nos vasos sanguíneos aquando do ciclo cardíaco, identificando a onda de pulsação cardíaca [76].

Uma onda de pulsação cardíaca normal é caracterizada por uma despolarização atrial (onda P), seguida por estabilização do estímulo no nó atrial- ventricular (segmento PR), despolarização ventricular (QRS) e finalizado com uma repolarização ventricular (onda T), tal como representado na figura 4.3.

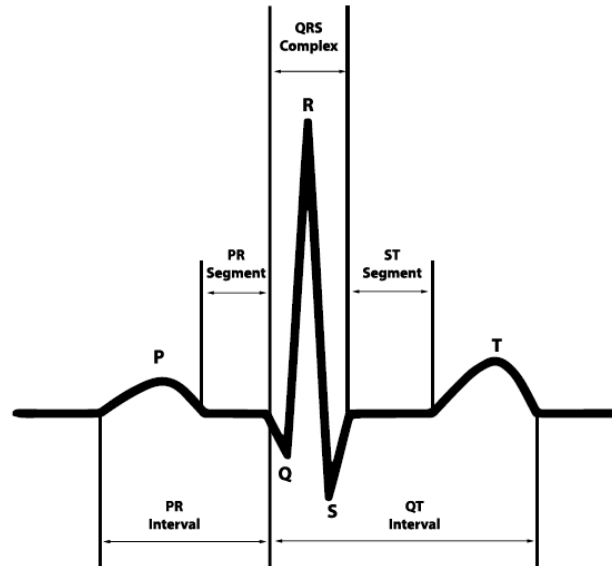


Figura 4.3 – Forma de uma onda ECG representativa de um ciclo cardíaco normal [77]

Trata-se de um sensor muito sensível, daí que a luz infravermelha verde usada pelo SEN-11574, é a mais indicada para *wearables*, pois apresenta uma taxa de absorção na hemoglobina superior às outras e é menos suscetível a erros resultantes da luz infravermelha proveniente dos raios solares. Este sensor é recomendado para espaços fechados e áreas corporais onde seja facilmente penetrável a luz infravermelha, como pontas dos dedos e lóbulos da orelha, sem que seja aplicada muita pressão no mesmo.

Características elétricas

O SEN-11574 é um sensor de 3 pinos, onde a alimentação é feita no pino V+ a 3V ou 5V e a massa no pino GND. O pino de saída (*Vout*), ligado à entrada analógica A0 do Arduino, transmite a tensão de saída proveniente do batimento cardíaco captado pelo foto transístor. A corrente mínima necessária para funcionamento é de 3mA [74]. Este circuito ótico está internamente conjugado com um circuito de ampliação e um circuito de cancelamento de ruído [78].

2) Sensor de Temperatura LM35

Este dispositivo produzido pela *Texas Instruments*, define-se como um sensor de temperatura analógico e linear, com uma pequena dimensão de 4.30 mm × 4.30 mm [79], representado na figura 4.4.



Figura 4.4 – a) Representação esquemática do circuito interno do LM35
b) Configuração dos pinos do LM35 no pacote LP (vista de baixo) [79]

Dado ser um sensor linear, a tensão de saída é diretamente proporcional à temperatura numa relação linear de $+10\text{mV}/^\circ\text{C}$, ou seja, por cada subida de 1°C , a tensão de saída aumenta 10mV . Calibrado diretamente em Celsius, apresenta uma grande vantagem em comparação com os sensores de temperatura lineares calibrados em Kelvin, sem a necessidade de subtração no valor de saída da tensão [79].

Características elétricas

O LM35 é um dispositivo de três pinos com uma alimentação feita através do pino $+V_s$, uma saída no pino V_{out} associada à entrada analógica A1 do Arduino e a massa pela entrada GND. Opera entre tensões de 4V a 30V e tem uma perda inferior a $60\mu\text{A}$ da corrente. É operacional numa de gama de temperaturas entre -55°C to $+150^\circ\text{C}$, apresentado uma boa precisão na gama de 0.5°C até 25°C [79].

Na montagem do circuito, verificou-se que o sensor de pulso interferia nos resultados do sensor de temperatura, provocando alterações para valores incorretos. O desempenho do LM35 é afetado por fontes eletromagnéticas e tem uma capacidade limitada quando conectado a cargas com comportamento capacitivo. Neste sentido, para uma melhoria da tolerância e uma redução do ruído propagado pela alimentação, acrescentou-se um *bypass*, um condensador cerâmico de $0,01\mu\text{F}$ do $+V_s$ para o GND, conforme ilustrado na figura 4.5 [79].

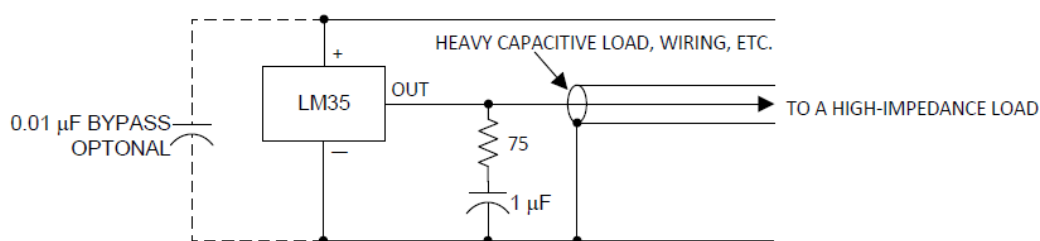


Figura 4.5 – Representação esquemática do LM35 com um *bypass* [79]

3) Sensor de Movimento MPU-6050

Este dispositivo produzido pela *InvenSense* [80] e representado na figura 4.6, é o primeiro dispositivo de rastreamento de movimento corporal de seis eixos, um giroscópio de três eixos e um acelerómetro de três eixos, e um processador digital de movimento (DMP™), tudo compactado numa pequena dimensão de $4 \times 4 \times 0.9\text{mm}$ [80].

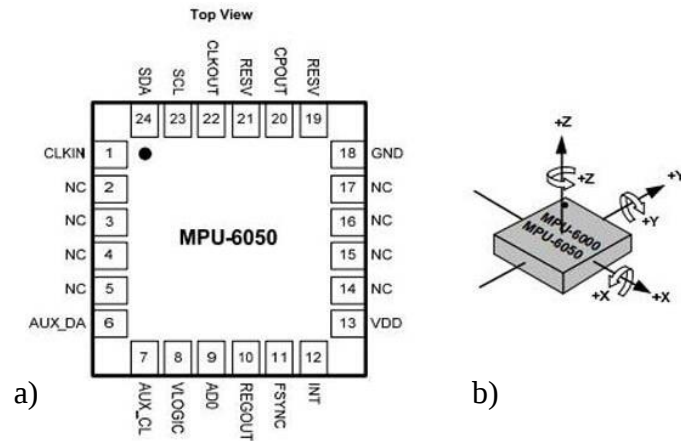


Figura 4.6 – a) Configuração dos pinos em MPU-6050 no pacote QFN (vista de cima)
b) Orientação dos eixos de sensibilidade e polaridade de rotação [80]

O DMP™ contém algoritmos de reconhecimento de gestos e atua nos valores do giroscópio e acelerômetro, convertendo-os em valores 3D. Tendo em vista, a sua capacidade de medir aceleração, velocidade, orientação, deslocamento e muitos outros parâmetros de movimento, este circuito integrado é usado nos mais diversos wearables de saúde, fitness e desporto. Para este projeto, foi utilizada a sua capacidade de medir aceleração e rotação [80].

O *InvenSense* MPU-6050 é o sensor de unidade de medição de inércia (IMU) mais confiável e preciso do mercado, compatível com o Arduino e uma comunicação segundo o protocolo I2C (circuito inter-integrado) [80].

Características elétricas

O MPU-6050 consiste em três sistemas giroscópicos micro electromecânicos (MEMS) vibratórios independentes que detetam rotação nos eixos x-, y- e z-. As saídas de tensão do giroscópio são digitalizadas através de três conversores analógico-digital de 16 bits para cada eixo, com uma escala digitalmente programável de ± 250 , ± 500 , ± 1000 ou ± 2000 graus por segundo. O acelerômetro de 3 eixos do MPU-6050 usa massas de prova separadas para cada eixo. As tensões de saída de cada eixo são também digitalizadas por três conversores analógico-digital de 16 bits e convertidas em saídas digitais numa escala ajustável de $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ ou $\pm 16g$ [99].

Este integrado tem um sensor de temperatura de saída digital integrado e dois pinos auxiliares opcionais (XDA e XCL) que permite a interface com outros módulos não inerciais I2C externos como um magnetômetro, sensores de pressão, etc [80].

O MPU-6050 opera com uma tensão de alimentação de 3V ou 5V no pino VDD (pino 13). A corrente de funcionamento do giroscópio e acelerômetro é de 3,6 mA e 500 μA respetivamente. A massa provém do pino GND (pino 18) conectado à GND do arduino, o pino SDA (pino 24) ao pino analógico A4 do Arduino e o pino SCL (pino 23) ao pino analógico A5 do Arduino [80].

4) Matriz de Leds PIM435

Este dispositivo produzido pela *PIMORONI Ltd.* [81] permite a visualização e tradução de dados sensoriais através de efeitos visuais, animações, imagens e/ou números.

Trata se de uma matriz de leds 5x5 RGB, com um total de 25 leds, distribuídos em cinco linhas e cinco colunas formando uma matriz quadrada. É compatível com *Raspberry Pi* e Arduino.

Apresenta uma área ativa de 15x15mm e uma dimensão de 19x29x3.5mm e comunica através da interface I2C. [81]

Características elétricas

É constituído pelo *chip* condutor IS31FL3731 [82], no qual cada *led* tem uma corrente média de 3,2 mA. Esta matriz apresenta uma organização interna de ânodo comum (linhas) | ânodo comum (colunas). O PIM435 é compatível com uma fonte de alimentação de 3V ou 5V, fornecida no pino VCC (pino 2). A ligação massa ocorre no pino GND (pino 2), o pino SDA (pino 4) ao pino analógico A4 do arduino e pino SCL (pino 3) conectado ao pino analógico A5.

Tipicamente as linhas de I2C (pinos SDA e SCL) necessitam de resistências *pull-up*, pois sendo uma comunicação aberta, módulos com diferentes tensões de alimentação podem estar ligados, existindo a necessidade de integração dos circuitos para comunicar, como é o caso do MPU-6050 e o PIM435. As resistências em questão são de 1k Ω tal como observado na figura 4.7.

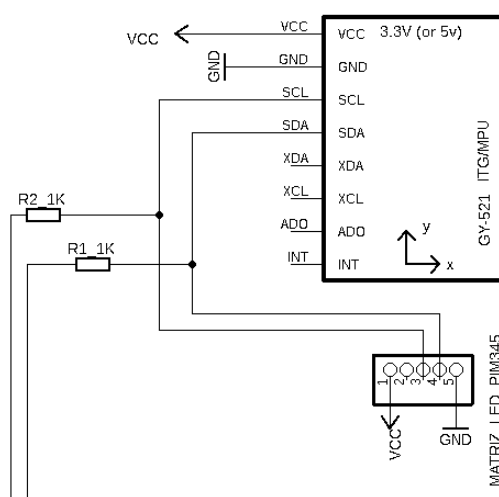


Figura 4.7 – Representação esquemática da integração dos sensores MPU-6050 e PIM435 através de resistências *pull-up*.

5) Módulo Bluetooth HC-06

Para estabelecer a comunicação entre a pulseira e a aplicação *desktop*, foi adotada a comunicação sem fios e escolhido o módulo *bluetooth* HC-06 produzido pela *Olimex Ltd*. É um módulo de curto alcance, concebido para estabelecer comunicação de dados sem fios entre dois microcontroladores [84].

De fácil integração em Arduino, com baixo consumo energético, considerável velocidade de transmissão e uma dimensão de 27 mm x 13 mm x 2 mm, o HC-06 é uma ótima escolha para comunicação sem fios de curta distância [84]. A sua configuração de pinos encontra-se representada na figura 4.8.

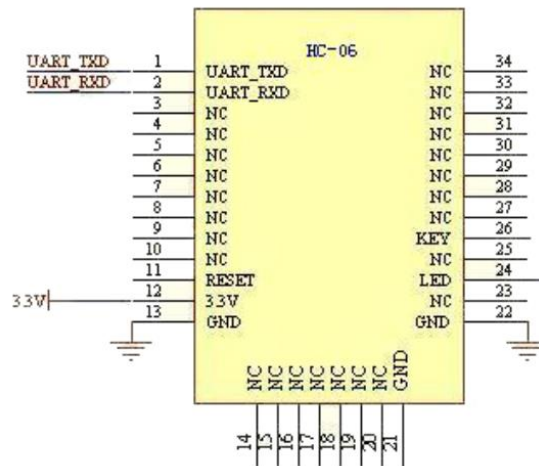


Figura 4.8 – Configuração dos pinos em HC-06 [84]

A comunicação deste módulo é a *Bluetooth V2.0 Standard HCI Port (UART ou USB)* [84], sendo utilizada, neste caso, a interface UART para receber e/ou transmitir dados, através da conexão com a maioria dos controladores e processadores.

Foi escolhido a transmissão por Bluetooth e não *Wi-Fi*, pois sendo estes dados sensíveis e relativos à saúde privada de cada cidadão, considera-se ser este o meio mais seguro e menos suscetível a perdas de informação, alterações nos dados, entre outras. A este tipo de dispositivo estão associadas algumas desvantagens, devido às limitações de volume, velocidade e distância para a transmissão de dados. Contudo, tais limitações não são relevantes no contexto de utilização pretendido.

Os módulos Bluetooth para Arduino podem dividir-se em dois tipos: os que funcionam apenas em modo escravo (*slave*), ou seja, que aceitam uma conexão ponto a ponto com outros dispositivos; e os que operam tanto no modo escravo como no modo mestre (*master*), sendo eles a conectarem-se a outros dispositivos *bluetooth*. Assim todo o módulo mestre procura um módulo escravo para se conectar e estabelecer uma ligação sem fios com sucesso. Após o emparelhamento, os módulos só suportam comunicações de 8 *bits* de dados [84]. O HC-06 é um exemplo de módulo que opera somente em modo escravo, sendo que o seu mestre neste caso, é o computador onde está instalada a aplicação de monitorização descrita no subcapítulo 4.3.

Características elétricas

Tem uma tensão de funcionamento de 3.3V a 6V, uma corrente operacional de 40mA quando não está emparelhado e de 10mA quando está, e uma gama de temperatura entre os -20°C to +55°C [84]. O módulo *bluetooth* HC-06, dispõe de apenas 4 pinos demonstrado na figura 4.7: o pino 3.3V (pino 12) onde é feita a alimentação, o pino GND ligado à terra e dois outros para transmissão e receção de dados. Pelo pino digital TXD (pino1) do HC-06, pelo qual são transmitidos dados série, é conectado ao pino RX (pino 2) do arduino e o pino digital RXD (pino 2) do HC-06, pelo qual são recebidos os dados série, é conectado ao pino TX (pino 1) do Arduino.

O nível lógico de tensão do HC-06 é de 3.3V, enquanto que o do Arduino é de 5V. Assim, um divisor de tensão (figura 4.9), executado por uma resistência de 1k Ω e uma de 2 k Ω , no pino de transmissão TX, é a solução para converter os 5V do sinal do arduino em 3.3V adequados para o módulo.

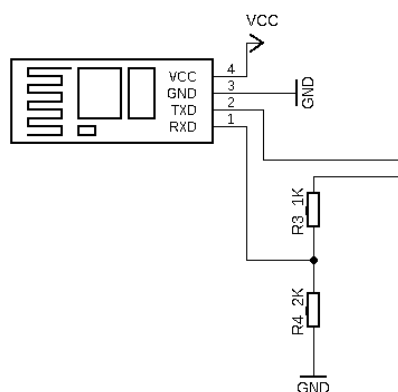


Figura 4.9 – Representação esquemática do divisor de tensão de duas resistências usado em HC-06

6) Arduino Nano

Para este projeto, foi utilizado como suporte físico e tecnológico destes sensores o Arduino nano, representado na figura 4.10, devido a características como:

- Compatibilidade: em termos de comunicação, todos os sensores referidos anteriormente têm protocolos compatíveis com o Arduino;
- Dimensão: com uma área de 18mm de largura x 45mm de comprimento, este ocupa uma pequena área de PCB, apresentando o tamanho adequado a esta solução;
- Linguagem: a existência das mais diversas bibliotecas para os mais diversos sensores com funções predefinidas e úteis para o funcionamento dos mesmos.

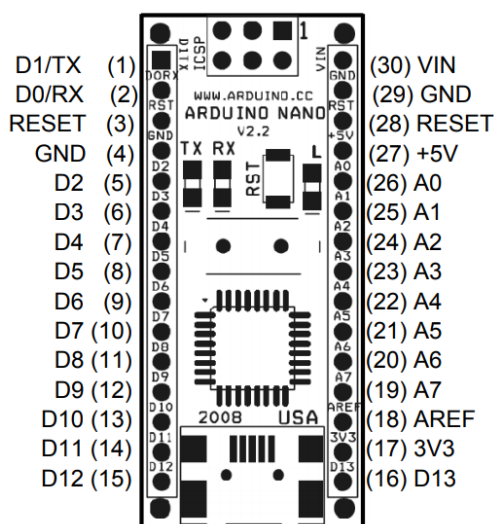


Figura 4.10 – Configuração dos pinos do Arduino Nano [85]

Características elétricas

É composto pelo microcontrolador ATmega328P [86] com 6 entradas analógicas (A0 to A5) , 8 analógicos (A0 to A7) e 22 entradas/saídas digitais (D0 to D13), sendo 6 delas pinos de modulação por largura de pulso (pinos 4, 5, 6, 10 e 12). É capaz de receber uma tensão de entrada de 7V a 12V, apresenta uma tensão operacional de 5V que se traduz numa fonte de alimentação de 5V com uma corrente máxima de 40mA [87]. Contém os pinos de série TX e RX (pinos 1 e 2), ligados ao microcontrolador ATmega328P USB através do *chip* série TTL, recebem e transmitem os dados série. Os pinos de entrada analógica A4 e A5 (pinos 22 e 21) são usados para a comunicação I2C através da biblioteca *Wire*. O pino 5V (pino 27), fonte de alimentação do microcontrolador e de todo o circuito, quando alimentado por uma fonte de energia regulada e o pino GND (pino 29) que se traduz na tensão negativa. O pino *Vin* (pino 30), é usado no arduino, quando a tensão de entrada positiva provém de uma fonte de energia externa não regulada entre 7V a 12V [87].

Circuito de retificação

Conforme as necessidades de tensão de todos os componentes deste sistema, apresentadas na tabela 4.1, foi necessário a implementação de um circuito de retificação.

Tabela 4.1 – Correspondência entre o componente eletrónico e a sua tensão operacional

Componente	Tensão Operacional
SEN-11574	3V/5V
LM35	4V a 30V
MPU-6050	3V/5V
PIM435	3V/5V
HC-06	3.3V (obtido pelo divisor de tensão)

Uma vez que é necessário garantir a autonomia e energia deste *wearable*, foram utilizadas duas baterias de LiPo (Lítio-Polímero) em série. A escolha de baterias de lítio é devida ao seu reduzido peso que faz sentido para a pulseira e o facto de manter elevadas taxas de descarga durante longos períodos. Com uma dimensão de 31 mm x 20 mm x 5.0 mm, uma tensão de saída de 3.7V e uma carga elétrica de 250 mAh (miliampères por hora), resulta numa tensão total de saída de 7,2V, o que não seria suportado pelo Arduino, daí a adição do regulador de tensão 7805, para fornecer uma tensão de entrada constante a 5V e uma corrente máxima até 1.5A [88]. O circuito deste regulador está representado na figura 4.11 e é completado por dois condensadores eletrolíticos e um condensador cerâmico.

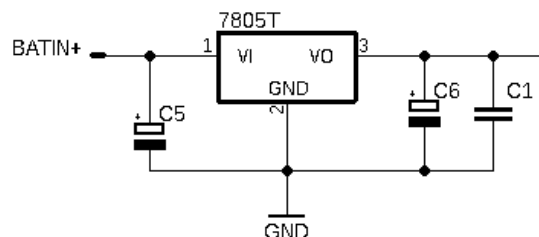


Figura 4.11 – Representação esquemática do circuito de retificação com o regulador de tensão 7805

Circuito de desacoplamento

Fontes de alimentação como baterias que alimentam diferentes etapas num sistema, implicam a possibilidade de o sinal passar de uma etapa para a outra com alterações, produzindo realimentações. Um condensador ligado em paralelo com a fonte curto-circuita os sinais de realimentação e desacopla o circuito, eliminando quaisquer sinais de frequências indesejáveis (ruídos) e funcionando como pequenas baterias de reabastecimento ao longo do circuito. O circuito de desacoplamento, constituído por estes condensadores de desacoplamento (dois condensadores eletrolíticos e um condensador cerâmico), está representada na figura 4.12.

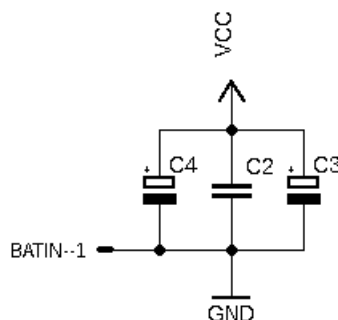


Figura 4.12 – Representação esquemática do circuito de desacoplamento através de condensadores

4.2.2 Protótipo PCB

Após a recolha de todos os componentes, os mesmos foram montados e adicionados um a um numa *breadboard*, no sentido de validar cada componente e a sua funcionalidade em todo o sistema. Este método de validação da prova de conceito, permitiu averiguar condicionantes inesperadas antes da prototipagem do circuito.

Para a realização da prototipagem do sistema, foi escolhido o programa *Eagle 9.3.2*, um software de automação eletrónica dedicado ao desenho de circuitos impressos numa placa PCB, na qual são soldados os constituintes [89]. Numa primeira fase, desenvolveu-se a representação esquemática de todo o circuito composto por todos os módulos descritos ao longo deste capítulo. Para definir os componentes, pode-se utilizar ficheiros presentes na:

- Biblioteca Eagle: caso sejam componentes genéricos como resistências, condensadores, entre outros.
- Importação de Bibliotecas: para componentes mais específicos, não incluídos na Biblioteca Eagle geral. Estas bibliotecas geralmente são criadas pelos próprios fabricantes como é o caso do módulo de Bluetooth HC-06, sensor de movimento MPU-6050, entre outros.

Esses ficheiros contêm toda a informação sobre a dimensão, nomenclatura e *footprint* dos componentes e dos seus pinos, permitindo a prototipagem esquemática representada na figura 4.13.

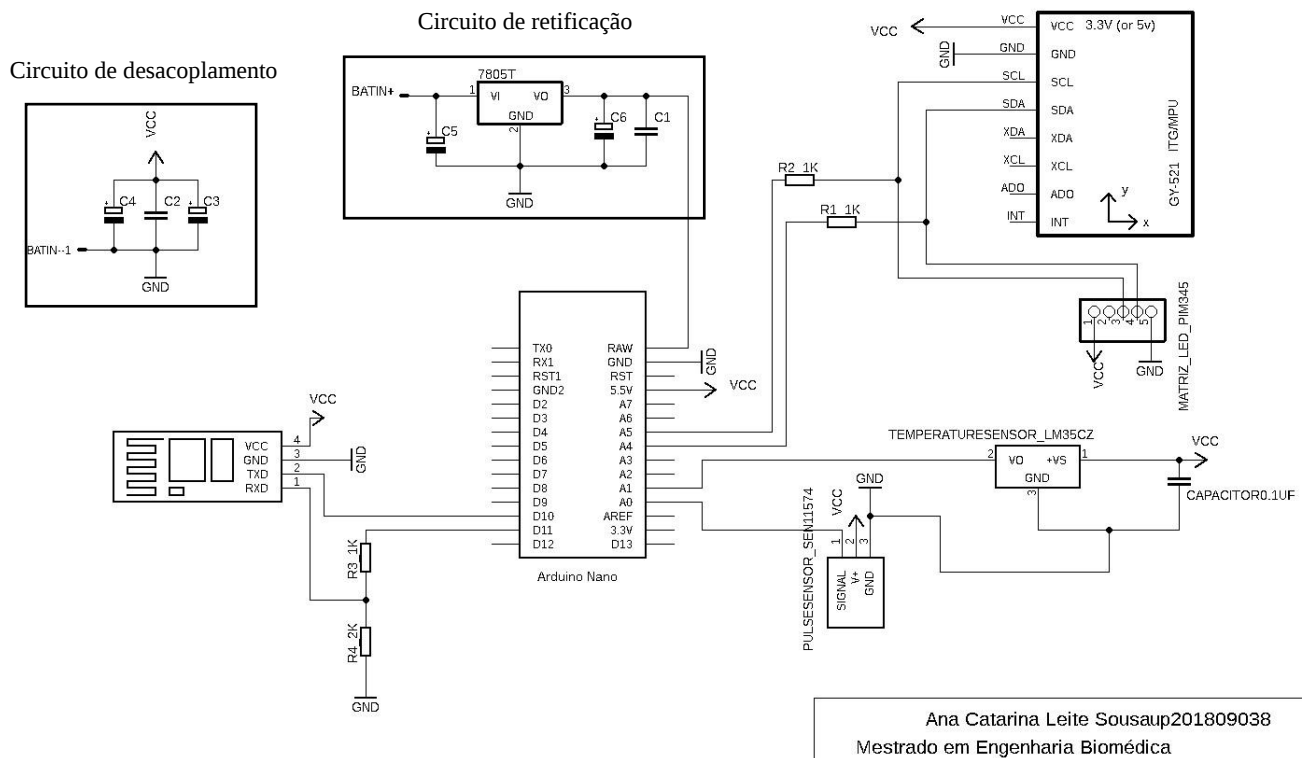


Figura 4.13 – Representação esquemática do todo circuito presente na prototipagem da pulseira inteligente

A segunda fase de prototipagem trata-se da importação do esquemático para a criação da placa de circuito impresso. Realiza-se o posicionamento dos componentes de forma a minimizar o espaço da PCB, sem comprometer as ligações entre eles. As figuras 4.14 e 4.15 mostram a dimensão e posicionamento dos componentes e bandas em ambas as faces da PCB, sendo que a mesma apresenta uma característica de dualidade que permite o posicionamento dos sensores para baixo, para um contacto directo com o paciente e os componentes de suporte eletrónico e visualização de resultados para cima, para uma rápida observação dos mesmos. As figuras 4.16 e 4.17 mostram a perspetiva real da PCB após a sua montagem.

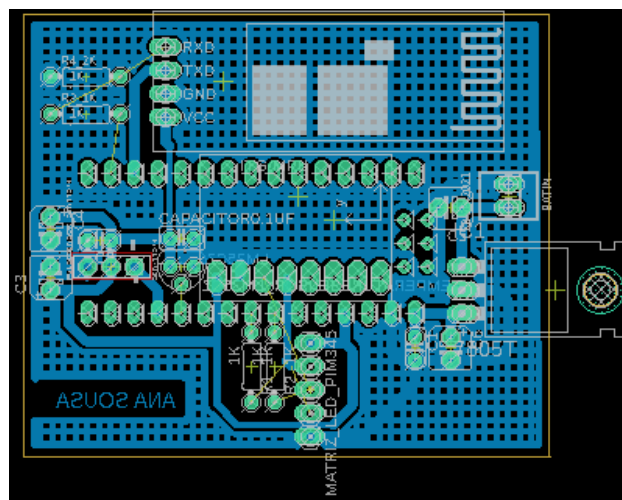


Figura 4.14 – Vista da parte inferior da PCB

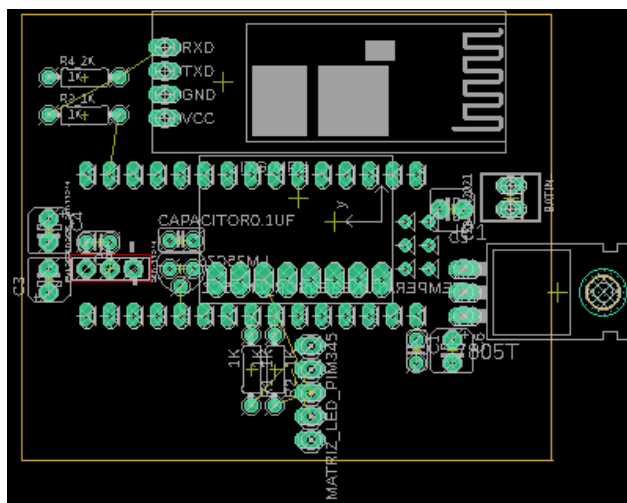


Figura 4.15 – Vista da parte superior da PCB

A PCB projetada tem 80 mm comprimento e 55 mm de largura.

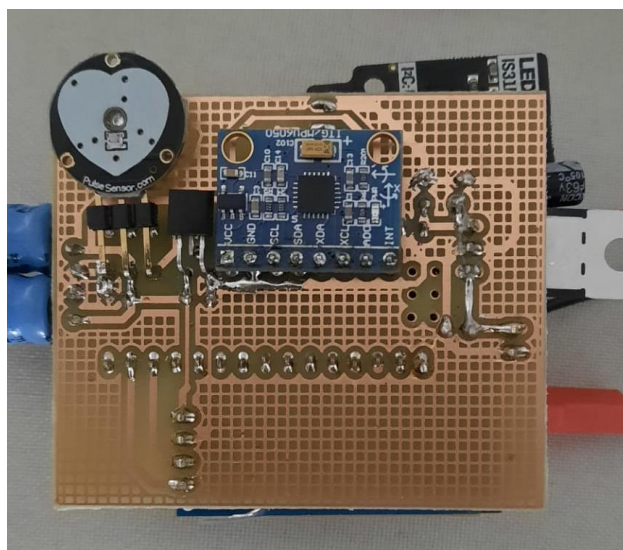


Figura 4.16 – Vista real da parte inferior da PCB, com os sensores biométricos soldados

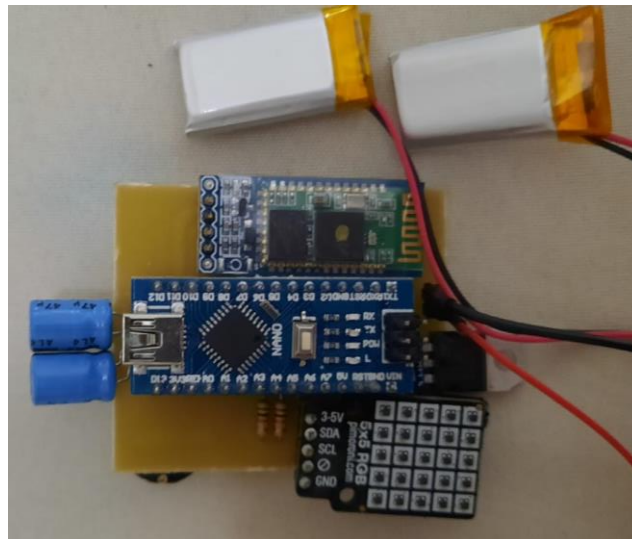


Figura 4.17 – Vista real da parte superior da PCB com o Arduino, Bluetooth e Matriz de *Leds* soldados e as duas baterias de lítio-polímero ao lado

4.2.3 Impressão 3D

Impressão 3D consiste num conjunto de processos, a partir dos quais a junção de materiais em camadas sobrepostas, produzem sucessivas seções transversais de um modelo 3D, perfazendo um objeto.

No sentido de oferecer um suporte físico à PCB e aproximar a prototipagem da pulseira inteligente a uma solução o mais realista possível, recorreu-se à impressão 3D. Para tal, foi utilizado o *software AutoCad* [90], desenvolvido pela *AutoDesk*, como o primeiro programa de desenho auxiliado por computadores. Inicialmente desenvolvido para geometrias 2D, evoluiu para a moldagem de projetos de impressão 3D, com funcionalidades como visualização do objeto de qualquer perspectiva e múltiplas opções de moldagem para sólidos, superfícies e malhas. É esta característica de transição de um desenho 2D para um objeto 3D, ao contrário de um *software* somente orientado para o *design* de objetos 3D, que confirmou ser esta a escolha mais adequada. Este *software* é compatível com *Windows* e *Mac* e tem uma licença gratuita no caso de estudantes.

O modelo construído é constituído por quatro peças, duas caixas de suporte e duas tampas para as mesmas.

4.2.3.1. Caixa do PCB

Com o uso desta caixa para o suporte da PCB, esta baseia-se nas dimensões da mesma, minimizando o movimento sentido no seu interior. A caixa apresenta uma estruturação interna de 82mm de comprimento, 56mm de largura e uma profundidade de 22mm. A parede da caixa foi desenhada com 2mm de espessura, definindo assim um dimensionamento externo de 84mm de comprimento, 58mm de largura e profundidade de 22mm.

De encontro à necessidade de um contato direto dos sensores com a pele da pessoa, foi projetado um buraco de 39mm de comprimento e 25mm de largura na parte inferior da caixa, distanciando a

2x15mm da parede interna. Dado a presença de uma espessura de 2mm, na área do buraco presente na parede inferior da caixa, esta foi retirada.

Na criação da tampa da caixa, foram utilizadas exatamente as mesmas dimensões internas e externas sentidas da caixa, com uma projeção de 2mm de profundidade na parede interna (elevação de 2mm no negativo do eixo do z) para um melhor encaixe na caixa. Esta tampa foi desenhada com o objetivo de cobrir toda a superfície da caixa, menos a matriz de *leds* para a visualização da cor de prioridade pela pessoa. Para tal, foi estruturado um buraco de forma retangular com 19mm de comprimento e 19mm de largura, posicionada na parte superior da tampa (elevação de 2mm positivos no eixo z) e a uma distância de 10mm de comprimento da parede interna (deslocação de -10mm no eixo do x). Com a ferramenta *presspull*, são removidos e executados os buracos.

4.2.3.2. Caixa das Baterias

Com a presença de duas baterias lítio-polímero com 31 mm x 20 mm x 5.0 mm de dimensão, foi necessário desenhar uma caixa de suporte. Esta dimensionada internamente com 37mm de comprimento, 25mm de largura e 20mm de profundidade e uma espessura de 2mm entre a parede interna e externa.

O tampo, de acordo com o tampo da caixa PCB, utiliza as mesmas dimensões internas e externas da caixa, com uma projeção de 2mm de profundidade na parede interna para um melhor encaixe na caixa.

Em ambas as caixas foram projetadas buracos, para a passagem de fios entre o PCB e as baterias que garantem a alimentação de todo o sistema, com 8x5mm de dimensão e 16mm de altura da parede inferior de ambas as caixas.

A conexão física entre ambas as caixas é conseguida através fita de velcro com 2mm de espessura, que passa por buracos com uma dimensão de 10x3mm posicionados no início e fim da parede inferior de ambas as caixas. Esta conceptualização teve a preocupação de não tapar nenhum dos biossensores ou a matriz de *leds*.

A figura 4.18 representa o modelo 3D de ambas as caixas e suas tampas.

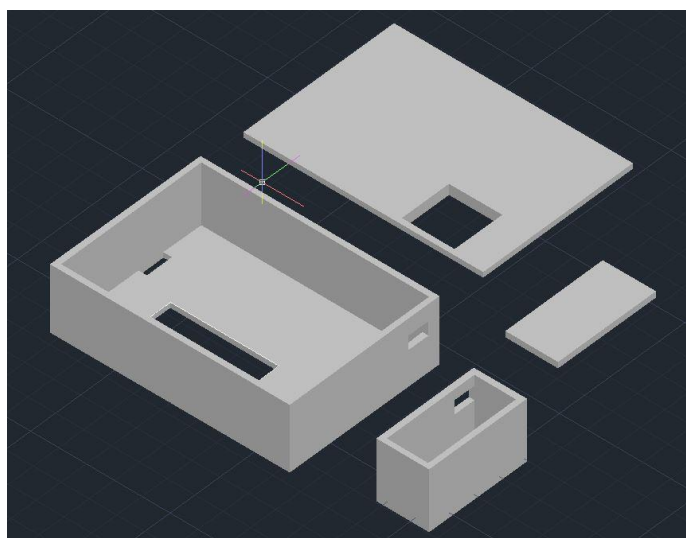


Figura 4.18 – Representação 3D de ambas as caixas no *software AutoCad* com a perspectiva *Realistic*

Na impressão 3D foi usado o plástico biodegradável polilático (PLA) na cor preta, ilustrado na figura 4.19.



Figura 4.19 – Imagem real da utilização da Pulseira Inteligente com cor de priorização vermelha

4.2.4 Programação da Pulseira

O Arduino nano integra uma série de funcionalidades que permitem a sua comunicação com o computador, outros módulos e microcontroladores. O ATmega328 suporta comunicações como I2C, SPI, Série e muitas outras.

1) Comunicação Analógica

SEN-11574

A tensão de saída deste módulo é transmitida em forma de onda, sendo necessário extrair a taxa de batimentos cardíacos presentes na mesma. A biblioteca *PulseSensorPlayground* utilizada no arduino apresenta um limite (*threshold*) igual a 550 coincidente com o vale da onda de pulsação, estabelecendo assim um batimento cardíaco e tudo acima ignorando. Através da declaração da variável como demonstrado abaixo, tal é conseguido.

```
int Threshold = 550
```

Nesta biblioteca, o pino 13 (LED embutido no arduino nano), acende cada vez que é sentido um batimento cardíaco.

É atribuído um nome ao objecto criado na biblioteca,

```
PulseSensorPlayground pulseSensor
```

E posteriormente utilizadas as funcionalidades descritas na tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Nome e descrição das funcionalidades utilizadas da biblioteca *PulseSensorPlayground*

Nome	Descrição
<i>pulseSensor.analogInput()</i>	Atribuída a variável conectada ao pino analógico 0
<i>pulseSensor.blinkOnPulse()</i>	Atribuída a variável conectada ao LED
<i>pulseSensor.setThreshold()</i>	Atribuída a variável threshold 500
<i>pulseSensor.fadeOnPulse()</i>	Atribuída a variável <i>Pulse Fade</i> (pino modulação da largura)
<i>pulseSensor.setSerial()</i>	Transferência dos dados para a comunicação Série (Bluetooth)
<i>pulseSensor.begin()</i>	Início da leitura do sinal do sensor de pulso
<i>pulseSensor.getLatestSample()</i>	Captura de cada pulso numa taxa temporal de milissegundos
<i>pulseSensor.getBeatsPerMinute()</i>	Atualização de cada pulso como média dos últimos dez pulsos

LM35

Este sensor não necessita da implementação de nenhuma biblioteca. A entrada analógica recebe a saída do sensor e utilizando funções predefinidas em arduino traduz-se o valor do mesmo, representado na tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Nome e descrição da função predefinida no Arduino para ler entradas analógicas

Nome	Descrição
<i>analogRead()</i>	Conversão analógica em digital dos 10 bits provenientes do pino analógico 1

Uma vez que o sinal é captado pelo Arduino, que lê dentro da gama de 0V a 5V, o conversor analógico-digital do LM35 guarda a tensão como um número de 10 bytes (0-1023 posições), fazendo posteriormente a multiplicação da variável captada pela função acima descrita, por 500mV (5V (5000mV) a dividir por 10 (+10mV/°C)) e divisão do resultado pelo 1023, convertendo-o novamente para valor de tensão .

```
temp = (float)analogRead(A1)
float y = ((temp * 500.0 / 1023.0)
```

2) Comunicação I2C

O arduino inclui a biblioteca *Wire* para simplificar a comunicação I2C. [87]

Esta comunicação trata-se de uma interface de duas linhas bidirecionais, composta por dados seriais (SDA) e um relógio serial (SCL). O MPU-6050 suporta uma comunicação I2C apenas a 400kHz. Normalmente os dispositivos que utilizam a comunicação I2C, podem ser conectados como escravos ou mestres, sendo que neste exemplo o MPU-6050 opera como dispositivo escravo e o processador (arduino) opera como o dispositivo mestre. Com o início da comunicação (START(S)),

ocorre uma transição *HIGH-to-LOW* da linha SDA enquanto a linha SCL mantém-se *HIGH*, tal como ilustrado na figura 4.20 [80].

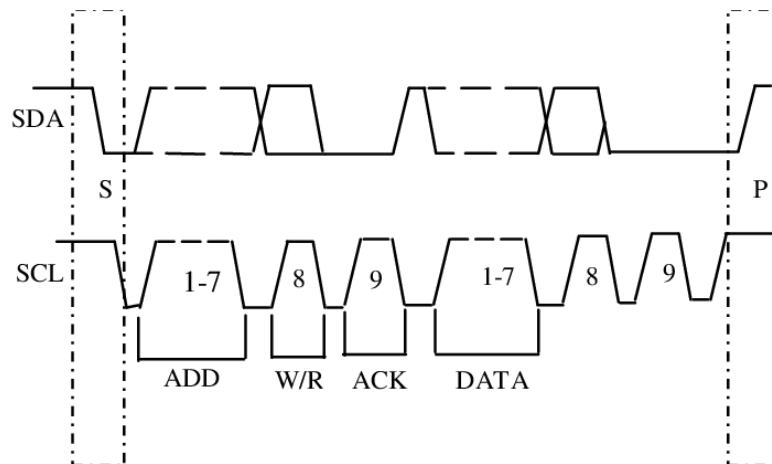


Figura 4.20 – Representação do processo de transferência de dados por I2C [91]

O mestre coloca o endereço escravo de 7 bits (*ADDRESS(ADD)*) no barramento e o dispositivo escravo com o endereço corresponde reconhece o seu mestre, iniciando assim a comunicação. Segue-se uma leitura de 8bits (R/W- *read/write*), indicador se o mestre está a receber os dados. Quando o mestre libera a linha SDA, fica a aguardar o reconhecimento do dispositivo escravo (ACK - *acknowledge*), pois cada byte enviado deve ser seguido por um bit de reconhecimento. O dispositivo escravo, coloca a linha SDA em baixo durante o período alto da linha SCL, para ocorrer o reconhecimento. Após este ciclo inicial, a transmissão de dados (*DATA*) inicia-se seguida de um reconhecimento, até que a condição *STOP(S)*, imposta pelo mestre, encerra a linha de comunicação. Esta comunicação só pode ser reiniciada pelo mestre [99]. Assim, são definidas previamente as variáveis do acelerómetro, giroscópio e temperatura e usadas as funções da tabela 4.4 da biblioteca *Wire*.

Tabela 4.4 – Nome e descrição das funcionalidades utilizadas da biblioteca *Wire*

Nome	Descrição
<i>Wire.begin()</i>	Iniciação da comunicação mestre/escravo através do ADDRESS
<i>Wire.beginTransmission()</i>	Iniciação da transmissão de dados para o MPU-6050
<i>Wire.write()</i>	Escreve dados específicos ao sensor
<i>Wire.endTransmission()</i>	Encerra a transmissão de dados para o MPU-6050
<i>Wire.requestFrom()</i>	Pede um número específico de bytes (dados) de um dispositivo especificado por um endereço.
<i>Wire.read()</i>	Leitura dos dados recebidos pelo sensor

Utilizou-se a Biblioteca *Adafruit_IS31FL3731*, específica para a matriz de *leds*, a qual tem presente um *IS31FL3731 chip* condutor. Esta biblioteca já tem em si embutida a biblioteca relativa à matriz *PIM435* utilizada, *Pimoroni_IS31FL3731_5x5RGB*, e a biblioteca *Wire* para permitir a comunicação I2C. Atribui um nome à biblioteca:

Pimoroni_IS31FL3731_5x5RGB ledMatrix = Pimoroni_IS31FL3731_5x5RGB()

E posteriormente utilizadas as funcionalidades descritas na tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Nome e descrição das funcionalidades utilizadas da biblioteca *Pimoroni_IS31FL3731_5x5RGB*

Nome	Descrição
<i>ledMatrix.begin()</i>	Inicialização da matriz
<i>ledMatrix.drawPixel()</i>	Desenho do pixel da posição x com a color x

Esta função apresenta 5 argumentos, sendo os dois primeiros referentes à posição x e y do pixel e os três seguintes referentes à intensidade de cor, numa gama de 0 a 255, de cada parâmetro RGB do pixel. A cor atribuída à matriz advém da prioridade estipulada pelo enfermeiro no software, no processo de triagem.

3) Comunicação Série

A comunicação Série serve vários tipos de conexões, mas todos os dispositivos devem ter dois pinos série: o recetor de dados (RX) e o de envio de dados (TX) [92]. Com a inclusão da biblioteca *SoftwareSerial* no arduino, a comunicação é garantida a partir de qualquer pino digital do arduino, tendo sido utilizado o pino 10 como RX e o pino 11 como TX.

É atribuído um nome ao objecto criado na biblioteca,

SoftwareSerial mySerial(rxPin, txPin)

E utilizadas as funções presentes na tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Nome e descrição das funcionalidades utilizadas da biblioteca *SoftwareSerial*

Nome	Descrição
<i>mySerial.begin()</i>	Iniciação da comunicação
<i>mySerial.println()</i>	Escreve no Monitor Série
<i>mySerial.available()</i>	Confere se existe dados disponíveis
<i>mySerial.read()</i>	Leitura da prioridade (cor da Matriz)
<i>mySerial.write()</i>	Escreve os dados referentes aos sensores

Na comunicação serial UART, é necessário definir a taxa de transmissão para 9600.

mySerial.begin(9600)

Após a recolha dos dados analógicos é necessário a transmissão dos mesmos via Bluetooth, mas o HC-06 só suportam comunicações de 8 bits de dados. Daí a criação de um ciclo que transforma esses mesmos dados decimais (*floats*) em valores de 8 bits,

```
void sendToPC(float* data1) {
    byte* byteData1 = (byte*)(data1);
    byte buf[4] = {byteData1[0], byteData1[1], byteData1[2], byteData1[3]};
```

e os envia por Bluetooth através da função:

```
mySerial.write(buf, 4)}.
```

4.3 Aplicação de Monitorização

4.3.1 Programação da Aplicação

4.3.1.1 Linguagem Python

Foi desenvolvida uma aplicação com interface gráfica (GUI) com objetivo de garantir a comunicação entre a pulseira inteligente e o seu controlo. A interface gráfica assegura esse controlo ao utilizador, que neste caso é o profissional de saúde presente na triagem. *Python* foi a linguagem escolhida para desenvolver o *software* desta aplicação. Esta linguagem de programação é intuitiva, independente da plataforma e orientada a objetos, para um interface dinâmica e funcional [93].

- Intuitiva: com uma sintaxe clara e consistente, o programador consegue facilmente entender e usar todas as funcionalidades presentes na linguagem;
- Custo: está livremente disponibilizado pelos seus criadores, sem qualquer custo;
- Independente da plataforma: seus objetos podem ser utilizados nos sistemas operativos mais comuns [93];
- Aplicações: Com inúmera documentação e incorporada com bibliotecas das mais diversas áreas como engenharia de software e interfaces de sistemas operacionais [93], esta linguagem oferece oportunidades ilimitadas desde programação de rede, desenvolvimento de software e jogos, interfaces gráficas para *desktop*, entre outras.

Python contém inúmeras características que o tornam a linguagem de programação de eleição para a criação de interfaces e elementos gráficos. Com uma extensa gama de opções para interfaces gráficas, *Tkinter* destaca-se por ser o software mais procurado para interfaces gráficas e aplicações de *desktop*, combinando o GUI padrão do *Tk* com o *Python*. Caracterizado por ser uma biblioteca integrada do *Python*, pela sua simplicidade, abundância de recursos e longevidade existencial, permite ultrapassar qualquer obstáculo no decorrer do projeto. Operacional com a maioria dos sistemas operacionais existentes, e disponível sob licença *Python* [94-95]. Dada a necessidade de uma interface compatível com o Arduino, para uma comunicação bidirecional, rápida e de fácil interpretação, a interface *Tkinter* foi a selecionada para a solução.

4.3.1.2 Tkinter

Tkinter tem três comandos básicos na programação de GUIs. A primeira linha de código, `from Tkinter import *`, importa o módulo *Tkinter*, dispensando a necessidade de especificar o módulo nas diferentes *widgets* (componentes da interface). Posteriormente, há a criação de uma janela de nível de topo, uma instância da classe *Tkinter.Tk*, que é o componente mais alto de qualquer aplicação *Tkinter*, à qual se dá convencionalmente o nome de *root*, `root= Tk()` [94]. Esta vem automaticamente com *widgets* de minimizar, maximizar e encerrar no canto superior direito. Para manter a janela aberta, executa-se o método *mainloop*, ou seja o ciclo de eventos (*event loop*) desse objeto, `root.mainloop()`, até que ocorra um evento que destrua o *loop*, como o encerramento da janela *root* pelo botão de encerrar.

Existem dois tipo de componentes de código a considerar:

- *Event Loop*: verifica constantemente se um evento é executado, através da entrada de novos dados, mantendo a presente rotina ativa. Sem este evento, a interface não é exibida.
- *Event Handler*: são os procedimentos (*handlers*), que em resposta ao clique de um botão ou o pressionar de uma tecla (*event*), provoca a entrada de novos dados, executando as tarefas existentes na interface (*event handler*). A associação de um tipo de evento (clicar num botão), com o seu *widget* (botão) e o desencadeamento de um procedimento (*handler*), chama-se de processo *binding*.

Nesta aplicação, foram criadas cinco janelas *oplevel*, cada uma estabelecida como uma função definida pelo utilizador (*UDF's User-Defined Functions*). Cada função usa a palavra chave *def* seguida pelo nome da função, tal como o exemplo `def window1()`. Duas das principais razões que levaram à estruturação do software através de funções parte da transmissão de argumentos ao longo das diferentes janelas (`def window1(i)`) e permissão para aplicar outros métodos, que asseguram controlo das janelas. Em cada janela foi usada uma pequena fração do espectro de *widgets* e opções de configuração existentes nesta interface:

- Dimensionar: através de opções que alteram o aspeto visual da mesma, como por exemplo, *bg* (*background*), *bd* (*border*), fonte, altura, comprimento, ou métodos, como por exemplo, *title()* (atribui um título à janela), *iconify()* (transforma a janela num ícone), *geometry()* e *destroy()* (fecha a janela).
- *Containers*: espaço dentro do qual se expõem os *widgets* e que é consolidado por qualquer um dos métodos *pack/grid/place*, gestores da geometria e posicionamento, integrados com os parâmetros de configuração visual (*bg* (*background*), *bd* (*border*), fonte, altura, comprimento). Existem dois tipos de *containers*, *frames* e *canvas*, cada um associado a um mestre (janela onde se insere) [95].
- *Widgets*: objetos visuais dentro dos *containers* que realizam os procedimentos desejados. Todos têm uma relação lógica de mestre/escravo com a espaço que os alberga e são consolidados pelo método *pack()* [95].
 - Botões (*Button*): objeto que permite a realização do processo *binding* através do método *command()*, no qual pode ser inserido o atributo *lambda* para a transferência de argumentos de uma janela para outra [95];
 - Etiquetas (*Label*): objeto que permite exibir texto (de uma ou mais linhas e de fonte única) ou imagem [95];
 - Entrada (*Entry*): objeto que permite inserir ou exibir uma única linha de texto (*string*) [95];
 - Botão de Rádio (*RadioButtons*): objeto que apresenta várias opções de seleção em entradas de forma circular [95];
 - *Combobox*: lista *drop-down* de opções numa só entrada [95].

A estruturação por classes foi utilizada como estruturas de bases internas de dados. Permite guardar internamente as variáveis na memória do programa, acessíveis em qualquer parte do mesmo e evitando o uso de variáveis globais que, num *software* extenso, torna a aplicação difícil de entender. Assim foram criadas duas classes principais:

- `class LoginSystem()`: assegura a identificação do profissional de saúde que quer aceder à aplicação. Com duas entradas, referentes ao *username* e *password*, o sistema só valida o utilizador caso ambos os campos estejam de acordo com o que foi estipulado previamente no programa.
- `class Patient(object)`: onde se encontram discriminados os dados do paciente como nome, idade, sexo, prioridade, pulseira, horas e alerta, representados como atributos presentes num método inserido na classe. A prioridade está conectada a uma outra classe, `class Prioridades(object)`, composta por três outros parâmetros: cor, código (cor em código RGB) e tempo (tempo máximo de espera estipulado pelo Protocolo de Manchester correspondente a cada prioridade). O argumento *pulseira* encontra-se também ligado a uma outra classe complementar `class Pulseira(object)`, com os atributos nome e porta de comunicação associados.

A classe *Patient* funciona neste projeto, como a base de dados de pacientes presentes no sistema de triagem.

4.3.1.3 Estruturação da Aplicação

Janela 1) Sistema de Login

A primeira janela da aplicação é caracterizada por a criação da primeira janela Tk (*root*), da qual todas as outras janelas são descendentes. Esta janela é dependente da classe *LoginSystem* e da sua validação. Composta por *widgets* como um *canvas* composto por duas etiquetas e duas entradas, nas quais são inseridas as variáveis *username* e *password* e verificada a validade das mesmas.

Bibliotecas

```
from tkinter import canvas
```

`import PIL.ImageTk`: PIL é a biblioteca de imagens Python no módulo Tkinter. Permite adicionar uma image de fundo a um espaço *canvas*.

`import tkinter.messagebox`: biblioteca que fornece uma variedade de caixas de texto *popup* com mensagens definidas. Neste caso, no caso de as credenciais estarem erradas, avisa o utilizador que um dos atributos está errado e não fornece acesso ao programa.

Janela 2) Atribuição da Pulseira

Janela de nível de topo (*oplevel*) composta por um conjunto de etiquetas, entradas, botões rádio e caixa de combo por preencher, que permitem a entrada de dados simples referentes a cada paciente inserido no programa. Assim, cada paciente tem um *id* e uma ficha clínica, que o identifica, caso seja necessário especificar um certo paciente.

No fim do preenchimento destes *widgets*, foi criada uma função `def save_info()`, que recolhe os dados inseridos pelo utilizador através do método *get()* e cria um novo elemento (paciente) através do método *append()*. Assim, começa a criação de uma lista de pacientes (*listPatient*) com os atributos discriminados na classe *Patient*. Esta função está associada ao botão “Registo de Paciente”, e quando este é pressionado, regista o paciente e apaga, de imediato, todos os campos preenchidos, através do método *delete()*, possibilitando o registo de um novo paciente.

Bibliotecas

```
import datetime
```

A função *save_info* está vinculado a um botão “Registo de Paciente” e quando este é pressionado, através desta biblioteca, o software tem acesso à data e hora atual e grava-a no atributo horas da classe *Patient*. Assim, tendo em conta a cor de prioridade atribuída ao paciente e o tempo máximo de espera estipulado pelo Protocolo de Manchester, é possível obter a diferença entre a hora atual e a hora em que o paciente foi registado, assegurando que o tempo máximo de espera não é ultrapassado.

```
from datetime import strftime
```

Converte uma sequência de tempo desordenada (*tuple*) em uma *string* de acordo com uma especificação de formato, neste caso utilizada o formato horário de %Y%m%d%H%M%S (ano/mês/dia/hora/minuto/segundo)

```
import serial
```

Esta é a biblioteca que permite realizar a comunicação bidirecional, de *Python-Arduino* e vice-versa. Um dos atributos especificados na classe *Patient* é a pulseira, caracterizado por dois parâmetros, sendo que, quando o profissional de saúde atribui uma certa pulseira inteligente a um dado paciente, essa pulseira vem com uma única porta de comunicação possível (por exemplo COM5), através do método *serialConnection.write()*, garantindo a individualidade e impedindo a sobreposição de informação entre pacientes. Com esta comunicação, a cor de prioridade atribuída ao paciente no sistema, pode ser traduzida pelo arduino e visualizada na matriz de *leds* presente na pulseira.

Janela 3) Painel de Controlo

Esta janela é considerada como o ponto de partida de toda aplicação, proporcionando acesso a todas as outras janelas, através de botões. Foi utilizada o widget *Scrollbar* e um ciclo *for*, para a observação da lista de pacientes em diferentes *frames*. Em cada *frame* é observável o nome, tempo de espera, prioridade e os diferentes botões. A lista de pacientes está ordenada por grau de prioridade e crescente tempo de espera, através do método *sorted()*, apresentando no topo os casos mais críticos e urgentes.

Com a sobrelotação de pessoas presente neste serviço, para uma melhor percepção da situação vivida nas urgências, o profissional tem a opção de realizar uma filtragem ao painel de controlo, organizando-o de acordo com o pretendido. Esta filtragem cumpre o grau de priorização do Protocolo de Manchester e utiliza uma *Combobox*, um ciclo *for* e uma condição *if*, onde através do método *get()*, é verificada a correspondência entre a cor do filtro escolhido na *Combobox* e a cor de prioridade atribuída ao paciente e se for igual, este é incluído no painel de controlo através do método *append()*. Distintamente das *widgets* apresentadas até ao momento, o processo *binding* é conseguida através do método *bind()*, que vincula a função de retorno de chamada com o evento de escolha de um elemento da lista *Combobox*, neste caso a escolha de um grau de priorização.

Nesta janela foram criadas condições *if*, que mudam a cor da borda do *frame* de um determinado paciente, caso o atributo alerta da classe *Patient* se altere de *False* para *True*. Esta alteração ocorre caso os limite superior e inferior dos sinais vitais representados na tabela 4.7, sejam ultrapassados,

alertando o profissional de saúde para a alteração da mudança clínica. Para além do alerta visual, foi também introduzido um alerta auditivo, explicada na biblioteca abaixo, para captar a atenção do profissional, caso este não esteja a olhar para a aplicação. Se o tempo máximo de espera for ultrapassado, a entrada correspondente ao tempo muda de cor, alertando o profissional de saúde que este paciente já deveria ter sido atendido.

Existem em cada *frame*, três diferentes botões “Mais Informações”, “Retriagem” e “Eliminar Paciente”. Em cada botão, o processo *binding* conseguido pelo método *command()*, transfere o argumento *i* do ciclo *for* (referente ao paciente *i*), assegurando que a janela aberta contém unicamente a informação do paciente *i*. No botão “Eliminar Paciente”, uma caixa de texto *popup* confere a decisão do profissional, e se a resposta for “Sim”, ocorre a eliminação do paciente na lista de pacientes e do seu frame no *Scrollbar*, reorganizando posteriormente os pacientes restantes.

Bibliotecas

```
import windsound
```

Esta biblioteca emite um *beep* no altifalante do computador, com uma frequência (Hz) e duração (milissegundos) especificadas como atributos na função *windsound.Beep()*. Tal como referido, esta função é acionada, caso o paciente ultrapasse os limites da gama de controlo estipulada para os sinais vitais.

Janela 4) Informações Individuais

Derivada do clique no botão “Mais Informações”, esta janela contém todas as informações pessoais do paciente relativamente aos seus sinais vitais. Estas encontram-se representadas por um gráfico de pulsação cardíaca e os valores médios da temperatura corporal, batimentos cardíacos e movimentação expostos em diferentes etiquetas inseridas em diferentes *widgets canvas*.

Estes sinais vitais são controlados com base, na gama restrita de valores considerados saudáveis para cada um deles. Como tal é estipulado um limite inferior e superior, consoante o sexo, representado na tabela 4.7, para assegurar a condição clínica de cada paciente.

Tabela 4.7 – Intervalo de valores estipulado para os parâmetros (sinais vitais) monitorizados (em repouso) [79]

Sinais Vitais	Homem (26-35 anos)	Mulher (26-35anos)
Frequência Cardíaca (BPM)	50-90	50-85
Temperatura Corporal (°C)	36,1-37,1	36,1-37,1
Posição e Aceleração (° (graus) e g (constante gravitacional))	0-360/±2	0-360/±2

Bibliotecas

```
import serial
```

Tal como explicado anteriormente, esta biblioteca permite a comunicação bidireccional com o arduino sendo que neste caso, os dados são recebidos em bits, através do método *serialConnection()*, e convertidos em valores que são adicionados pelo método *append()* numa lista de dados. A lista de dados, referente à pulsação cardíaca, é traduzida num gráfico de uma linha em tempo real através do método *serialPlot()*. Para terminar a comunicação e desconectar a porta arduino é usado o método *close()*. A figura 4.21 demonstra essa

comunicação série com a procura da porta de comunicação, a conexão à mesma, a transferência e visualização dos sinais vitais controlados pela pulseira e posterior desconexão.

```
Trying to connect to: COM5 at 9600 BAUD.
Connected to COM5 at 9600 BAUD.
Pulsacao 67.73332977294922
Temperatura37.14564895629883
Movimento2980.0
Pulsacao 67.46666717529297
Temperatura37.63440704345703
Movimento3032.0
Pulsacao 67.46666717529297
Temperatura37.63440704345703
Movimento3032.0
Pulsacao 68.66666412353516
Temperatura37.14564895629883
Movimento3076.0
Pulsacao 60.79999923706055
Temperatura37.63440704345703
Movimento3012.0
Disconnected...
```

Figura 4.21 – Valores visualizados no *output* da console em *Python* referentes aos sinais vitais de um paciente registado na Aplicação de Monitorização

```
import matplotlib
```

Esta é uma biblioteca de interface fornecida pelo módulo complementar *pyplot*, orientada para a plotagem de objetos.

```
from matplotlib.figure import Figure
```

```
from matplotlib.backends.backend import FigureCanvasTkAgg
```

```
from matplotlib.animation import FuncAnimation
```

A representação visual do gráfico é possível através do método *Figure()*, o container de mais alto nível onde se realiza o desenho e dimensionamento de todos os elementos do gráfico. A inserção do *container* num *canvas* é conseguida pelo *FigureCanvasTkAgg()* e o método *animation.FuncAnimation* que controla os aspetos visuais do gráfico como animações, forma das linhas, etc. Existe assim, a garantia de uma monitorização, ao segundo, da pulsação cardíaca do paciente *i*.

Janela 5) Retriagem

Derivada do clique no botão “Retriagem”, no qual se encontra associado o argumento *i* (indicador de qual é o paciente em questão), esta janela é composta por uma única etiqueta, priorização e entrada, para a atribuição da nova cor de prioridade.

Através da função `def save_info()`, ocorre a alteração de priorização, através do método *get()*, e comunicada a cor corresponde para a pulseira eletrónica do paciente (biblioteca *serial* método *write()*).

Esta retragem ocorre tanto, por uma mudança na condição clínica do paciente, como por um excesso de tempo de espera estipulado.

Existe uma função comum a todas as janelas, denominada como função *close()*, que através do método *destroy()*, destrói a janela aberta e abre uma outra janela. Esta função está sempre associada ao comando de um botão e permite a navegação pela aplicação, sem permanecerem inúmeros separadores abertos.

4.3.2 Apresentação da Interface com o Utilizador

Nesta aplicação temos duas visões possíveis, uma visão interna relativa à interação com a pulseira inteligente, explicada no subcapítulo anterior e uma visão externa relativa à interação com o utilizador.

A sequência de eventos gerada descreve-se pela seguinte ordem de acontecimentos:

1. Iniciada a interface, é exposta a janela 1 (figura 4.22), com o sistema *login*, que permite ao utilizador introduzir as condições de validação;

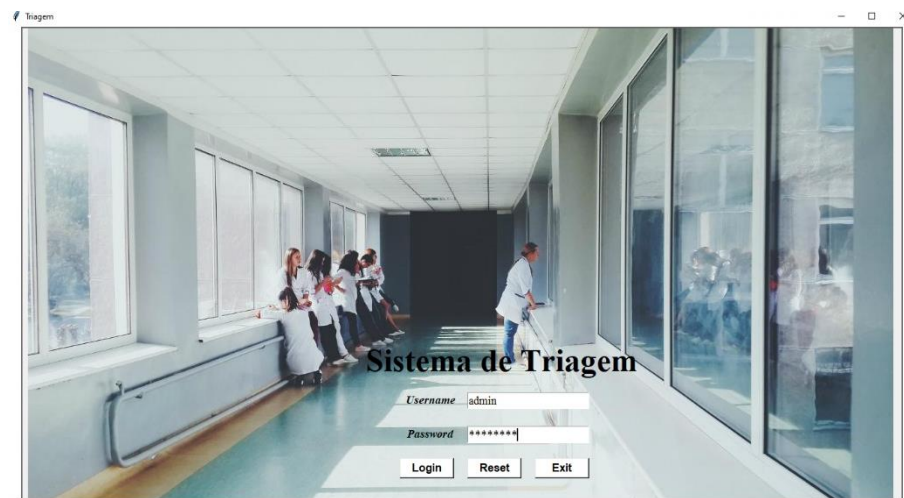


Figura 4.22 – Visualização da interface referente à janela 1 (Sistema de *Login*)

2. De seguida, é visualizado, na figura 4.23, um painel de controlo sem pacientes inseridos;



Figura 4.23 – Visualização da interface referente à janela 3 (Painel de Controlo) sem pacientes

3. Selecionado o botão “Atribuição da Pulseira”, o programa avança para a janela 2, para a recolha de dados do paciente. Os seis dados preenchidos pelo profissional de saúde e visíveis na figura 4.24 são primeiro e último nome, idade, sexo, cor de priorização atribuída e qual a pulseira atribuída.

Figura 4.24 – Visualização da interface referente à janela 3 (Painel de Controlo) sem pacientes

4. Uma vez pressionado o botão “Registo de Paciente”, todos os dados são validados e gravados na aplicação de monitorização. O doente é adicionado à lista de pacientes e ao painel de controlo. A informação registada no Registo Clínico do Paciente é transferida para o painel de controlo, onde os dados se tornam visíveis em entradas e para a pulseira inteligente onde a cor da matriz de *leds* é alterada para coincidir com a prioridade atribuída. Em cada *frame* temos o nome do respetivo paciente, o tempo de espera desde que foi registado, a cor prioridade que lhe foi atribuída e três botões referentes a funções específicas a cada paciente, explicadas abaixo. O atributo tempo de cada paciente é inicializado no momento do registo e destacado a vermelho caso haja transposição do tempo de espera máximo estipulado para cada prioridade tal como podemos observar na figura 4.25.

Paciente	Tempo de Espera	Prioridade (Cor)	Ações
Ana Sousa	0:09:39	Vermelha	Mais Informações, Retiragem, Eliminar Paciente
Inês Costa	0:41:39	Amarela	Mais Informações, Retiragem, Eliminar Paciente
Rita Alves	0:00:12	Amarela	Mais Informações, Retiragem, Eliminar Paciente
João Faria	1:15:39	Verde	Mais Informações, Retiragem, Eliminar Paciente

Figura 4.25 – Visualização da interface referente à janela 3 (Painel de Controlo) quando um dos pacientes ultrapassa o tempo máximo de espera de acordo com a sua prioridade.

5. Em caso de sobrelotação, o profissional de saúde tem a possibilidade de fazer uma filtragem dos pacientes e selecionar a priorização que deseja. Essa filtragem ocorre através de uma *Combobox*, rodeado com um retângulo vermelho na figura 4.26, cujas opções são as diferentes cores possíveis de priorização de acordo com o Protocolo de Manchester. Esta característica garante uma organização por prioridades e por tempo de chegada, focando a atenção do profissional de saúde nesses pacientes.



Figura 4.26 – Visualização da interface referente à janela 3 (Painel de Controle) filtrada para aparecer só pacientes de prioridade amarela no Painel de Controle.

6. Com o início da monitorização dos pacientes, os dados referentes aos sinais vitais são controlados pela comunicação pulseira inteligente – aplicação de monitorização. Com a alteração de qualquer dos sinais, fora da zona de controle, um alerta visual e sonoro é gerado na *frame* do paciente, com a mudança da borda para vermelho (figura 4.27).

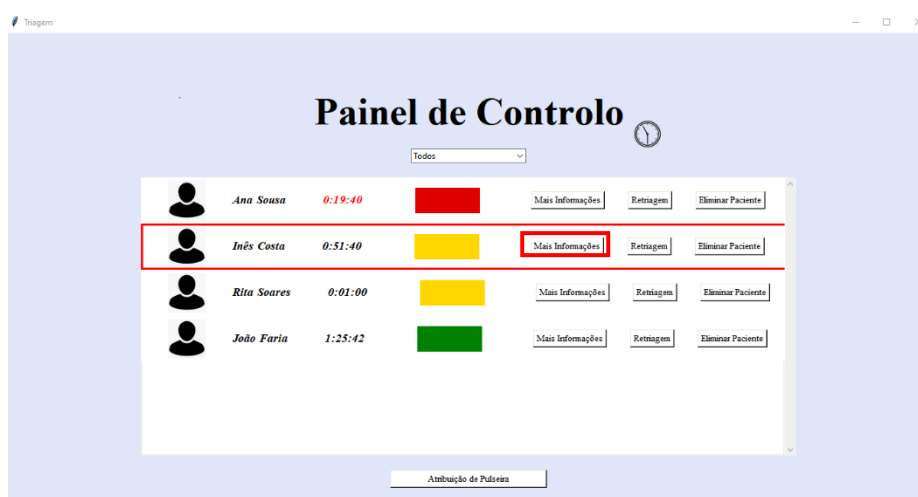


Figura 4.27 – Visualização da interface referente à janela 3 (Painel de Controle) com a ocorrência de uma alteração da condição clínica do paciente

7. Selecionado o botão “Mais Informações”, é possível visualizar os dados clínicos do paciente em questão. Como podemos observar na figura 4.28, a paciente é identificada no topo da janela, de seguida num gráfico em tempo real (frequência de leitura em milissegundos) referente à pulsação cardíaca e três canvas que expõem os valores médios de cada parâmetro controlado pela pulseira (temperatura corporal, frequência cardíaca e movimento corporal) com uma frequência temporal de 2 minutos. No gráfico é visível uma linha superior e uma linha inferior, que corresponde à zona segura de valores de pulsação cardíaca (de acordo com o sexo e idade) (tabela 4.7) onde o paciente se deve manter. Com estes dados, o profissional de saúde consegue observar em qual dos sinais ocorreu a alteração e o quão acentuada é. Com a seleção do botão “Voltar para o Painel de Controlo”, a comunicação entre pulseira e aplicação mantém-se ativa.

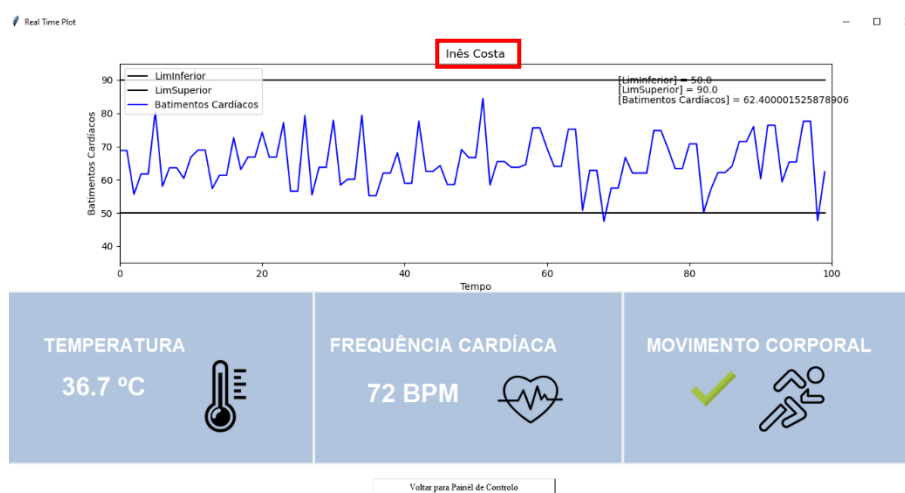


Figura 4.28 – Visualização da interface referente à janela 4 (Informações Individuais) com todos os dados relativos aos sinais vitais específicos de um paciente

8. Com esta informação, é reavaliada a nova condição física do paciente e atribuída uma nova prioridade ao mesmo, demonstrado nas figuras 4.29, 4.30 e 4.31. Pressionado o botão “Retriagem”, é alterado o grau de prioridade do paciente e registado através do botão “Registar Paciente”. Esta informação é transferida para o Painel de Controlo e consoante o grau da prioridade escolhido, inferior ou superior à inicial, o paciente, desce ou sobe do painel, uma vez que o mesmo está programado para organizar os pacientes por gravidade.

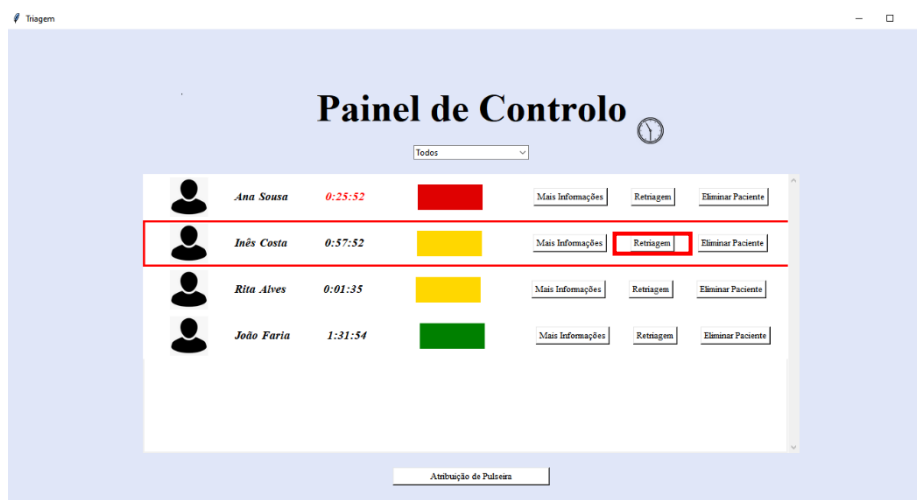


Figura 4.29 – Visualização da interface referente à janela 3 (Painel de Controlo) com a seleção do botão “Retriagem” (retângulo vermelho)

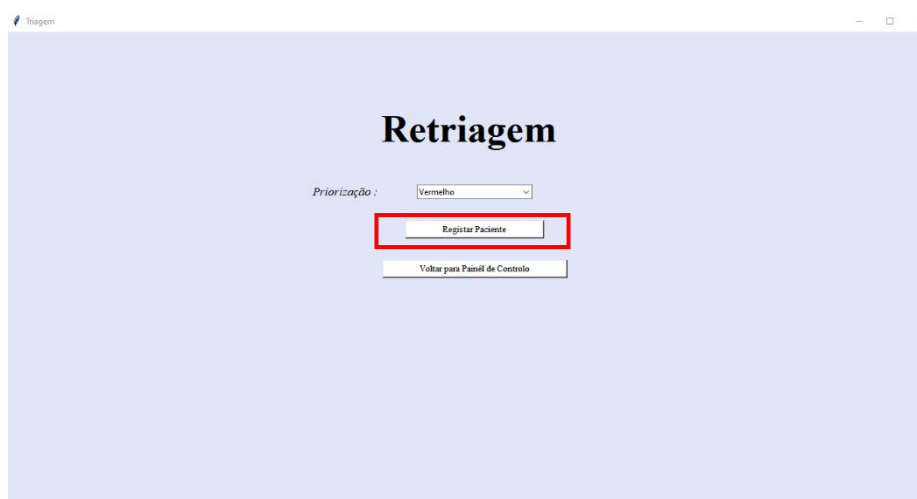


Figura 4.30 – Visualização da interface referente à janela 5 (Retriagem) com a escolha da nova priorização do paciente e o seu registo com a seleção do botão “Registrar Paciente” (retângulo vermelho)

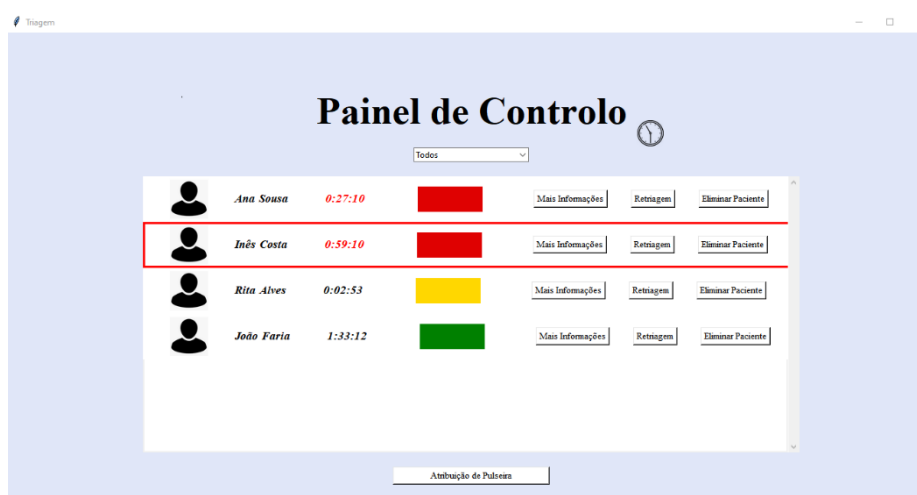


Figura 4.31 – Visualização da interface referente à janela 3 (Painel de Controlo) com o painel reorganizado consoante a nova prioridade atribuída à paciente

9. Por fim, após a observação médica e não sendo necessário internamento do paciente, este devolve a pulseira e o paciente é eliminado do painel de controlo e da aplicação de monitorização com a seleção da opção “Eliminar Paciente” (figura 4.32).



Figura 4.32 – Visualização da interface referente à janela 3 (Painel de Controlo) com o painel reorganizado consoante a nova prioridade atribuída à paciente

4.4 Conclusão

Com uma extensiva variedade de *softwares* e interfaces gráficas para a construção, estas têm vindo a evoluir no sentido a proporcionar um desenvolvimento intuitivo de aplicações *desktop*. Tendo em vista o objetivo final deste projeto, um protótipo centralizado na funcionalidade e na visualização de dados, *Tkinter* apresenta uma diversidade de ferramentas e bibliotecas que se adequam às necessidades e dificuldades encontradas ao longo de todo o projeto.

O sistema de triagem dinâmico tem em vista uma interface o mais clara e intuitiva possível. A identificação e interpretação dos dados e alertas, derivados da comunicação pulseira e aplicação, têm de ser de imediata compreensão para um direto diagnóstico das alterações ocorridas na condição clínica dos pacientes, principalmente os baixa prioridade com altos tempos de espera.

Capítulo 5

Validação do Sistema de Triage

Dinâmica

Após a reconhecimento dos maiores problemas existentes no serviço de urgências, descritos no capítulo 2, é incontestável a pressão mental sentida pelos profissionais de saúde que operam nesta área. Daí que a melhoria de comunicação entre estes e os pacientes é da máxima importância. No capítulo anterior, a prototipagem da pulseira inteligente, desenvolvimento da aplicação de triagem hospitalar e interoperabilidade entre os dois, apresenta ser uma ferramenta benéfica e uma grande vantagem nesse sentido. Neste capítulo são apresentados os resultados de inquéritos realizado a profissionais de saúde, com o objetivo de validar o potencial da solução proposta nesta dissertação.

5.1 Metodologia

Tal como anteriormente presenciado no Hospital de Santo António no Porto, também o Hospital da Nossa Senhora da Oliveira em Guimarães apresenta uma afluência acima da sua capacidade, com mais de 400 pacientes diários no serviço de urgência. Os profissionais de saúde entrevistados mencionam que uma percentagem de 30 a 40% dos casos, são doentes que recorrem ao serviço de urgência por indicação médica, para consultas de emergência ou controlo pós-operatório, a designada prioridade Branca.

Confirmada a mesma problemática populacional em todos os serviços de urgência nacional, foi proposta uma colaboração com o Hospital da Nossa Senhora da Oliveira, no sentido de validar o sistema dinâmico de triagem desenvolvido com os seus futuros utilizadores, profissionais de saúde.

Procedeu-se à realização de um inquérito misto, quantitativo, com escolhas múltiplas de acordo com a escala de *Likert*, e qualitativo, com resposta de texto livre, a enfermeiros que trabalham na linha da frente das urgências em Guimarães. Essa escala é útil para a obtenção de opiniões com um certo nível de detalhe e grau de conformidade. Com a presente pandemia e a complexidade da pulseira projetada, a criação da mesma no tempo estipulado tornou-se inexecutável. Todo o material e equipamento sofreu atrasos consideráveis e os laboratórios da Faculdade de Engenharia da

Universidade do Porto encontravam-se encerrados. Assim, o inquérito permitiu validar o potencial do sistema como um todo, mas foi apenas demonstrado o funcionamento da aplicação.

O inquérito disponível no anexo B, foi dividido em quatro seções principais correspondentes às três janelas principais da aplicação (Atribuição da Pulseira, Painel de Controlo e Painel Individual) e uma Apreciação Geral da Solução, com vista à identificação de defeitos, *feedback* de melhoria e a garantia de que os requisitos para os quais a aplicação foi desenvolvida foram cumpridos.

Todo o cenário teste foi realizado *online*, a um total de 8 profissionais de saúde, que realizam triagem no SU do hospital, desempenhando todas funções que os qualificam como futuros utilizadores desta aplicação. Dos enfermeiros que participaram no teste, 75% eram do sexo masculino, 25% do sexo feminino e compreendiam uma gama de idades entre os 26 a 60 anos. Foi inicialmente exposto o motivo que desencadeou este conceito de solução e demonstrada uma versão de demonstração funcional da pulseira numa placa de ensaio e a conceptualização do produto final. Posteriormente, os sensores foram colocados na própria autora, possibilitando aos enfermeiros uma análise completa da aplicação. De referir, que todos os enfermeiros questionados concordaram com a divulgação nesta dissertação dos dados e resultados obtidos.

5.2 Resultados

Os resultados estatísticos obtidos foram expostos consoante as secções referidos anteriormente.

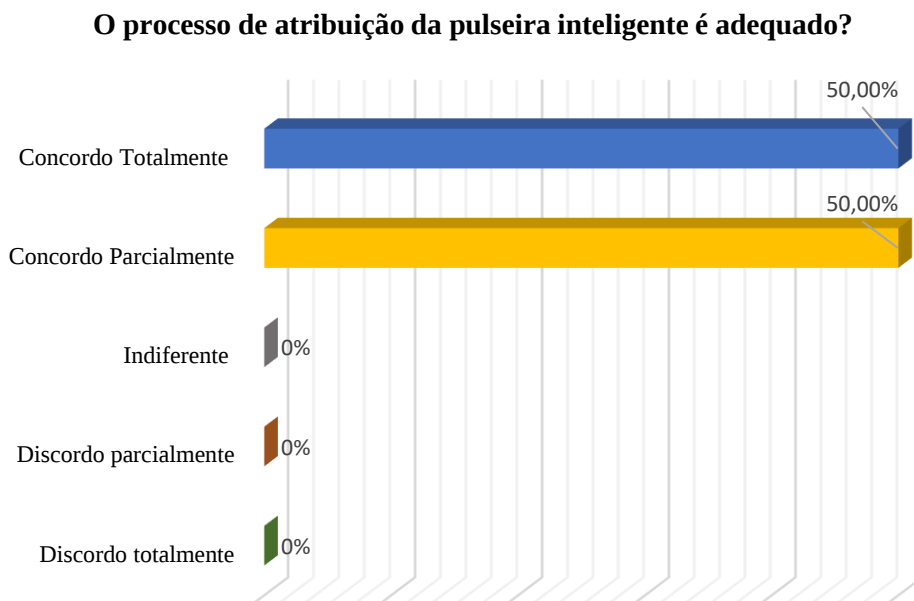


Figura 5.1 – Resultados percentuais à questão na seção Atribuição da Pulseira

Na figura 5.1, é visível uma concordância dos enfermeiros com o procedimento de atribuição de pulseira inteligente, com 50% a concordar parcialmente e 50% a concordar totalmente que o processo de atribuição é adequado. Os profissionais de saúde realçam a relevância que esta atribuição terá, principalmente nos pacientes de prioridades inferiores (cores de priorização amarelo, verde e/ou azul), onde a observação médica não é imediata e os tempos de espera tendem a prolongar-se.

Os dados visualizados por paciente são suficientes?

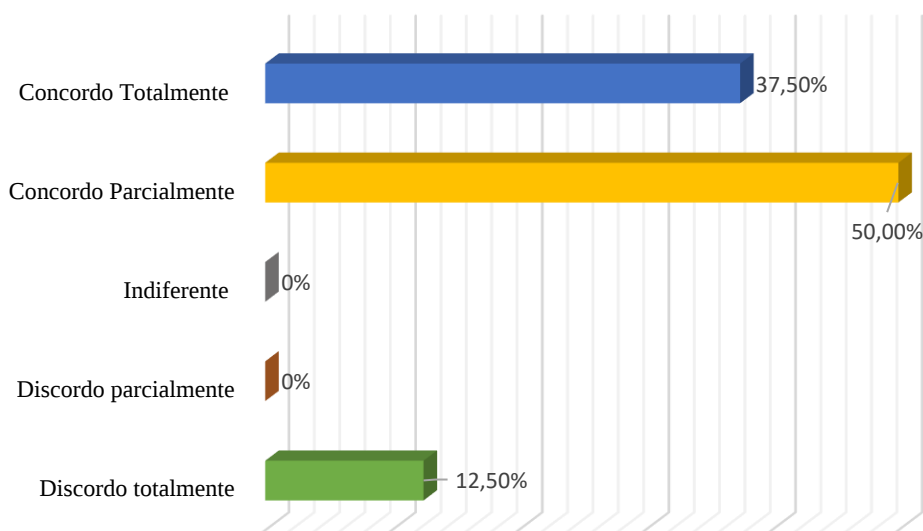


Figura 5.2 – Resultados percentuais à primeira questão na secção Painel de Controlo

Na secção referente à janela do Painel de Controlo, foram despoletadas opiniões mais divergentes. Na primeira questão, onde é questionada a suficiência de dados apresentados por paciente (figura 5.2), 12,50% dos inquiridos discordam totalmente, referindo nas respostas livres a necessidade de ser controlada a saturação parcial de oxigénio no sangue (SpO2), como um dos parâmetros vitais do paciente. Este é um dos maiores indicadores dos níveis de oxigenação do sangue para pacientes com elevados riscos de falhas respiratórias.

Os dados e alertas são de imediata compreensão?

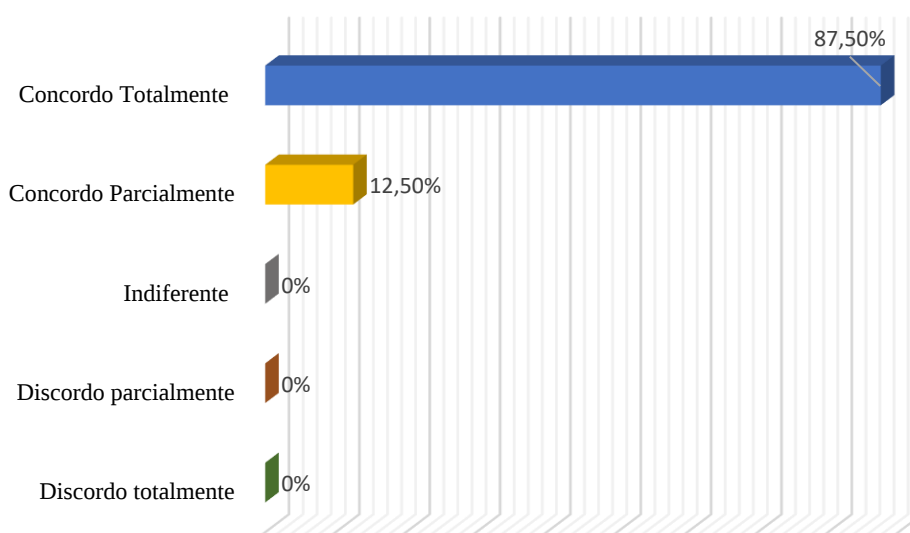


Figura 5.3 – Resultados percentuais à segunda questão na secção Painel de Controlo

Na figura 5.3, relativa à segunda questão, referente à imediata compreensão dos dados e alertas apresentados, com 87,50% dos resultados, a maioria concorda totalmente com a afirmação.

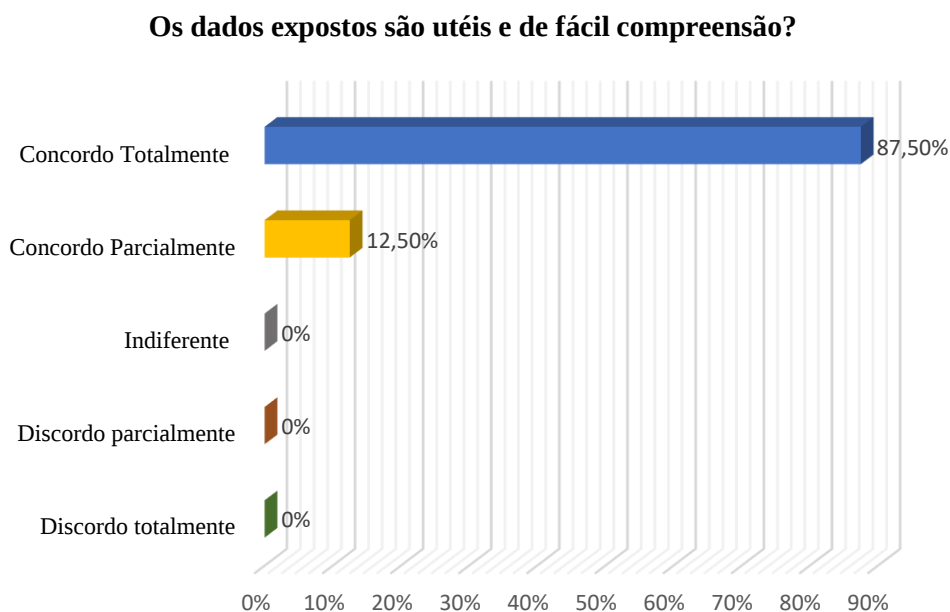


Figura 5.4 – Resultados percentuais à primeira questão na secção Painel Individual

Na secção das Informações Individuais, a resposta à primeira questão foi claramente positiva com 87,50% dos inquiridos a concordar totalmente que os dados apresentados sobre cada paciente, ou seja, os seus sinais vitais (frequência cardíaca, temperatura corporal e movimento corporal) são úteis e claros, garantindo a imediata compreensão e eficaz atuação do profissional. Estes resultados estão demonstrados na figura 5.4.

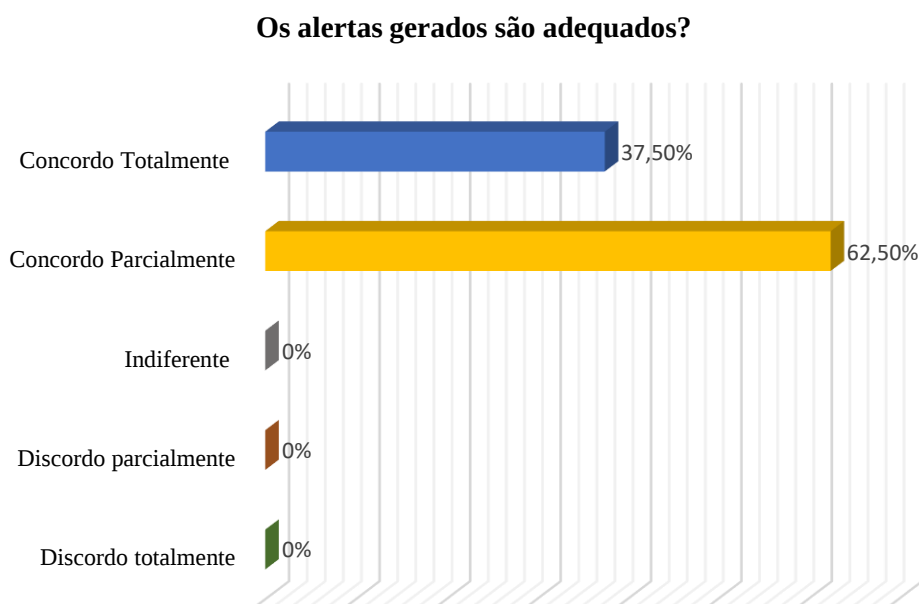


Figura 5.5 – Resultados percentuais à segunda questão na secção Painel Individual

Na segunda questão, demonstrada na figura 5.5, 62,50% concordaram parcialmente que os alertas gerados em caso de degradação clínica do paciente são adequados, consentindo com os limites numéricos estabelecidos para que os alertas visuais e auditivos ocorram.

A última secção testada, denominado *Apreciação Geral da Solução*, oferece uma visão generalizada e revela a posição dos enfermeiros referente ao potencial deste sistema como solução para a triagem e possível implementação no sistema informático hospitalar.

É um sistema de fácil utilização?

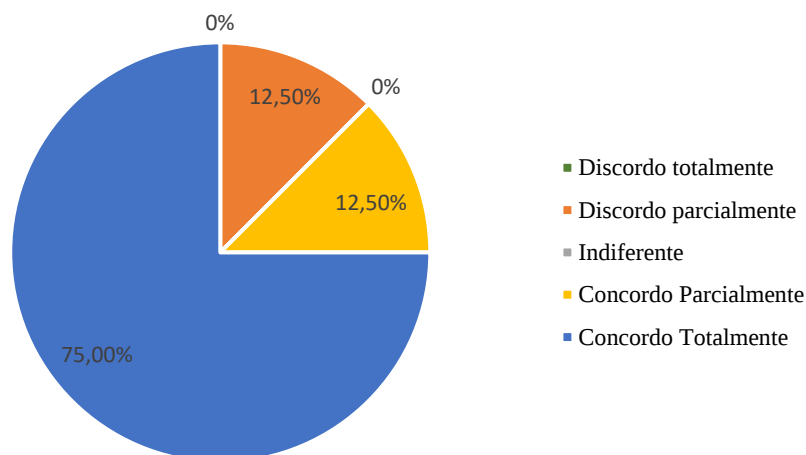


Figura 5.6 – Resultados percentuais à primeira questão na secção *Apreciação Geral da Solução*

Na primeira questão (figura 5.6), 75% dos inquiridos consideram este sistema de fácil utilização. Apesar da maioria concordar, um dos enfermeiros, 12,50% das respostas finais, expôs dúvidas sobre a possibilidade de o sistema ser mais uma tarefa a acrescentar à já excessiva carga de trabalho destes profissionais, havendo uma relação direta entre as idades dos enfermeiros e a reticência à implementação da solução. Mas após a implementação deste sistema com o sistema de informação integrado no hospital e com a formação dos profissionais de saúde, esta solução passa a ser mais um módulo do sistema de informação hospitalar, o módulo do serviço de urgência. Tendo um dos enfermeiros a operar este sistema, todo o processo de triagem encontra-se monitorizado e interligado, aliviando o stress e melhorando o desempenho dos outros enfermeiros, com uma clara reflexão na qualidade de serviço prestado aos pacientes.

É um sistema facilmente integrável no sistema hospitalar?

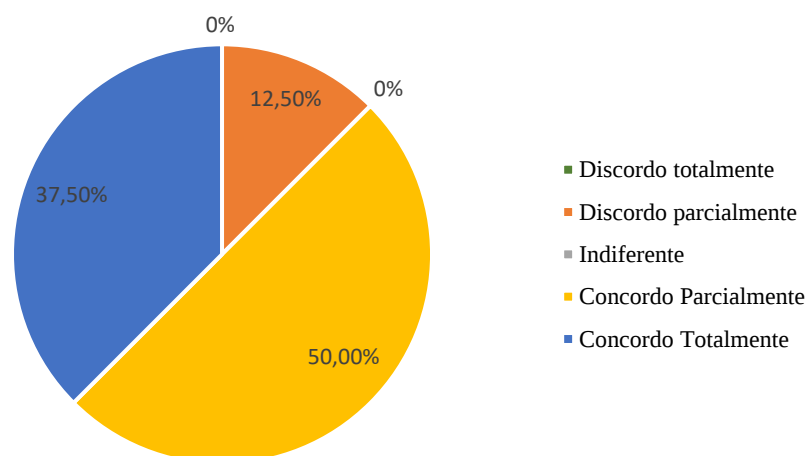


Figura 5.7 – Resultados percentuais à segunda questão na secção *Apreciação Geral da Solução*

A questão da possibilidade de integração deste sistema no ambiente hospitalar, foi, como podemos observar na figura 5.7, claramente aceita pelos enfermeiros com 37,50% a concordar totalmente com a afirmação e 50% a concordar parcialmente. Os 12,50% de discordância parcial advêm de os profissionais de saúde não acreditarem num investimento, por parte dos hospitais públicos, neste tipo de soluções tecnológicas, uma vez que nem para recursos humanos ocorre a disponibilização de fundos.

É relevante a adopção deste tipo de solução no atuais processos de triagem hospitalar?

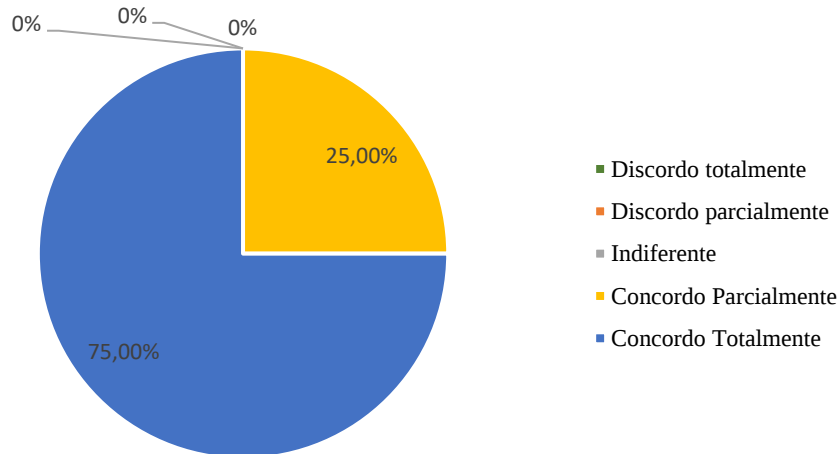


Figura 5.8 – Resultados percentuais à terceira questão na secção Apreciação Geral da Solução

Esta solução melhoraria a qualidade do atendimento no Serviço de Urgência?

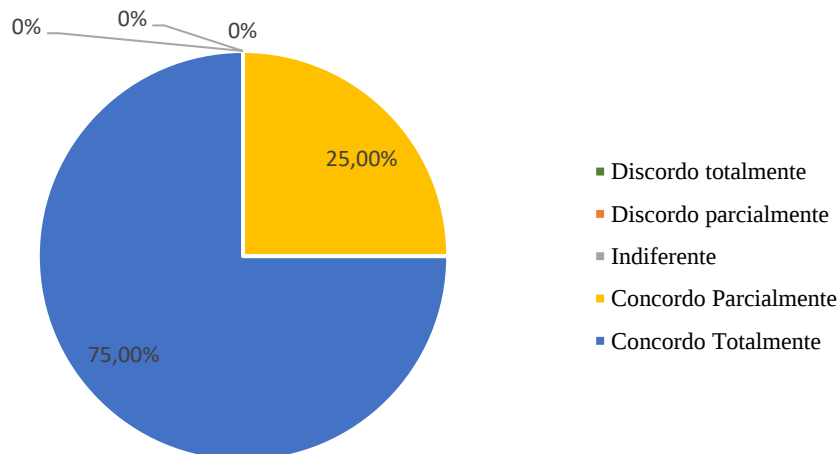


Figura 5.9 – Resultados percentuais à segunda questão na secção Apreciação Geral da Solução

Relativamente às duas últimas questões sobre a relevância da adoção deste tipo de soluções tecnológicas nos atuais processos de triagem hospitalar (questão 3 representada na figura 5.8) e se esta solução melhoraria a qualidade de atendimento no serviço de urgência (questão 4 representada na figura 5.9), é clara uma unanimidade na concordância com as afirmações. Estas questões validam totalmente o sistema de triagem dinâmico criado e o potencial impacto positivo que este teria no sistema de urgência.

5.3 Conclusão

O inquérito realizado tem uma importância crucial na confirmação de todo o projeto, principalmente por ser uma validação realizada pelos enfermeiros que operam com o atual sistema de triagem e possíveis utilizadores desta aplicação de monitorização, oferecendo uma visão realista e concreta sobre as vantagens e desvantagens deste sistema comparativamente com o implementado.

Como podemos observar, as questões concentraram-se em atualizações no funcionamento da aplicação e não no design da mesma. Mesmo assim, os profissionais entrevistados referiram a existência de um aspeto gráfico claro, legível e de imediata compreensão. Este feedback permite o refinamento e planeamento dos futuros passos no desenvolvimento deste sistema.

Concluindo, este estudo estatístico, valida a qualidade do protótipo desenvolvido nesta dissertação e comprova a necessidade e a importância que a implementação de uma solução destas teria no serviço de saúde. A combinação da tecnologia *wearable* com o *software* de monitorização de mudanças fisiológicas, terá um impacto drasticamente positivo nas urgências hospitalares, tanto no setor profissional como nos pacientes de média e/ou baixa prioridade.

Capítulo 6

Conclusão e Trabalho Futuro

A crescente evolução tecnológica na área médica e a integração de estilos de vida mais saudáveis na nossa sociedade, impulsiona a um aumento da esperança média de vida. Contudo este aumento da esperança média de vida, acarreta uma pressão acrescida nos cuidados de saúde, principalmente nos meses de menores temperaturas. Os serviços de urgência são uma das áreas mais afetadas, não dispondo de recursos de resposta suficientes para a afluência de pacientes sentida, provocando uma sobrelotação e redução da eficácia de atendimento.

Perante as problemáticas expostas anteriormente, é imperativo tirar proveito dos mais recentes desenvolvimentos tecnológicos. Embora o mercado dos sistemas *wearables* tenha um grande foco em desportos e *fitness*, a versatilidade destes dispositivos permite a sua adaptação em dispositivos médicos. Esta aparenta ser uma aposta revolucionária na eficácia dos serviços de urgência, fornecendo aos profissionais da linha da frente uma oportunidade de marcarem a diferença.

Esta dissertação é uma contribuição nesta área emergente, com a prototipagem de uma pulseira inteligente equipada com um conjunto de biossensores e uma comunicação bidirecional com uma interface gráfica interativa, capaz de processar e traduzir em tempo real os sinais recolhidos pela pulseira. A aplicação desta solução na área das urgências e mais concretamente na triagem é pioneira e através de inquéritos realizados, foi possível validar e comprovar o potencial deste conceito de solução. Assim, é possível afirmar que foram cumpridos, com sucesso, os objetivos traçados:

- prototipagem da pulseira inteligente através da interligação dos sensores biométricos;
- desenvolvimento de um sistema autónomo através de baterias de lítio-polímero;
- impressão 3D de um protótipo real de pulseira inteligente;
- implementação de uma comunicação sem fios entre *hardware* e *software*;
- definição da arquitetura e desenvolvimento de uma interface gráfica simples, capaz de satisfazer todas as necessidades e expôr todos os dados clínicos;
- realização de inquéritos de validação a profissionais de saúde que operam na área.

As principais limitações deste projeto advieram da situação pandémica sentida em todo o país, que condicionou todo o progresso dos componentes eletrónicos, provocando um adiamento de entrega da dissertação, mas mantendo os objetivos iniciais. Um outro desafio foi, sem dúvida, o facto de nunca ter utilizado o *software Python*, o que consequentemente me fez trabalhar mais arduamente para ver o objetivo final cumprido, e consolidou muitos dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso. Uma outra limitação, referida pelos profissionais em ambas as entrevistas realizadas, tanto no

Hospital de Santo António como no Hospital da Nossa Senhora da Oliveira, é a implementação e integração desta aplicação nos sistemas de informação hospitalares, não só pela compatibilidade de linguagem entre plataformas, mas maioritariamente pela falta de recursos monetários para investir nestas inovações tecnológicas, principalmente nos hospitais públicos, onde se encontra enraizado todo o problema.

Contudo, perante o *feedback* recebido dos enfermeiros e entusiasmo para o desenvolvimento desta solução, este sistema de triagem dinâmica representa uma mais-valia na comunidade científica. O progresso deste sistema para um produto final economicamente acessível, derivado da reutilização da pulseira e redução dos preços na indústria *wearable*, é importantíssimo para os serviços de urgência nacional. Principalmente, na atualidade, onde a possibilidade de uma monitorização à distância, ganhou uma extrema relevância, este sistema dinâmico inicialmente idealizado para um contexto hospitalar, pode ser adaptado para a monitorização remota de pacientes com doenças crónicas, pós-operatório e/ou acamados.

Uma vez se tratar de um protótipo, está inerente a necessidade de um desenvolvimento futuro. Neste sistema é implícita a interoperabilidade entre três módulos:

- pulseira inteligente;
- base de dados;
- sistemas de informação implementado no hospital.

A utilização de uma base de dados para o armazenamento dos dados recolhidos pela aplicação de monitorização é fundamental para não ocorrer perdas de informação em caso de falhas humanas ou elétricas. Assegurar a segurança dos dados pessoais dos pacientes é essencial, principalmente nesta área, onde a privacidade é uma prioridade. A integração da aplicação de monitorização criada com o sistema de informação previamente implementada no hospital é uma das características fulcrais mais exigentes. Esta integração garante uma infraestrutura informática robusta, capaz de interagir e transmitir dados clínicos, dentro do mesmo hospital e com outros hospitais ou centros de saúde, garantindo uma entreajuda na comunidade médica.

Tendo em vista o desenvolvimento de um sistema *wearable* mais completo e indo ao encontro das necessidades expressas pelos profissionais de saúde, é importante incorporar um oxímetro de pulso para a medição da saturação parcial de oxigénio no sangue, ou seja, a percentagem de oxihemoglobina (hemoglobina ligada a O_2) presente no sangue. Este é um dos sinais vitais mais importantes de monitorizar, uma vez que o ser humano não sobrevive sem um constante fornecimento de oxigénio. Os oxímetros de pulso utilizam o processo de fotopletismografia, mas ao contrário dos sensores de pulso, utilizam uma fotopletismografia transmissiva onde a luz infravermelha é aplicada sobre um tecido e medida a quantidade de luz transmitida para o outro lado do tecido, através de um fotoreceptor presente no lado oposto ao fotoemissor. Convencionalmente, esta medição é feita nas extremidades corporais como dedos e orelhas, para deteção de mudanças de volume sanguíneo e eventuais reduções dos níveis de oxigenação. A medição do SpO_2 no pulso é mais complicada, pois ambos os fotoemissor como fotoreceptor estariam no mesmo lado, sendo a melhor opção é o biossensor de frequência cardíaca e oximetria de pulso, MAX30102, com uma comunicação compatível com o protocolo I2C, por sua vez já implementado neste protótipo.

Como validação final deste sistema, o próximo passo seria testes clínicos de simulação a pacientes em ambiente controlado, e numa fase final, em ambiente real de serviço de urgências.

O serviço de urgência continua a ser um dos tópicos mais debatidos na área da saúde, com uma procura incessante de estratégias implementáveis para solucionar os adversidades presentes. O sistema desenvolvido nesta dissertação pode ser o ponto de partida no desenvolvimento de protótipos futuros, que visam mudar a face da triagem hospitalar em Portugal.

Referências

- [1] D. E. Saude, “Cuidados Primários des Saúde, , -.”, Alma-Ata OMS UNICEF, pp.4, 1980
- [2] S. Excel, E. Adjunta, and C. Pignatelli, “/ Emergência de Urgência /,” 2001.
- [3] L. Campos, “Plano Nacional de Saúde,” 2016.
- [4] M. P. Ginja, “MINISTÉRIO DA SAÚDE Gabinete do Ministro Administração Regional de Saúde do Alentejo Administração Regional de Saúde do Centro Secretaria-Geral Administração Regional de Saúde,” 2006.
- [5] A. G. Jacquemot, “Definições de urgência e emergência,” *Urgências e emergências em saúde Perspect. profissionais e usuários*, pp. 15–26, 2005.
- [6] “MAPA 2 Urgências Hospitalares em Funcionamento em 2006 (URGÊNCIA GERAL),” vol. 2006, p. 2006, 2006.
- [7] H. R. Rasouli, A. Aliakbar Esfahani, and M. Abbasi Farajzadeh, “Challenges, consequences, and lessons for way-outs to emergencies at hospitals: a systematic review study,” *BMC Emerg. Med.*, vol. 19, no. 1, p. 62, 2019.
- [8] I. Higginson, “Emergency department crowding,” *Emerg. Med. J.*, vol. 29, no. 6, pp. 437–443, 2012.
- [9] R. W. Derlet and J. R. Richards, “Ten solutions for emergency department crowding,” *West. J. Emerg. Med.*, vol. 9, no. 1, pp. 24–7, 2008.
- [10] I. Jafari Iraqi and H. Mahmoudi, “Causes and Consequences of Emergency Department Overcrowding; Methods for Resolving it,” *Heal. Res. J.*, vol. 1, no. 4, pp. 239–244, 2016.
- [11] P. McKenna, S. M. Heslin, P. Viccellio, W. K. Mallon, C. Hernandez, and E. J. Morley, “Emergency department and hospital crowding: Causes, consequences, and cures,” *Clin. Exp. Emerg. Med.*, vol. 6, no. 3, pp. 189–195, 2019.
- [12] SIC Notícias, “Gripes cada vez mais nas urgências dos hospitais e menos nos centros de saúde”, 2019, <https://sicnoticias.pt/pais/2018-12-31-Gripe-cada-vez-mais-nas-urgencias-dos-hospitais-e-menos-nos-centros-de-saude>. Acesso a 5/Janeiro/2020.
- [13] SIC Notícias, “Pico da gripe já se faz sentir nas urgências dos hospitais”, 2020, <https://sicnoticias.pt/pais/2020-01-07-Pico-da-gripe-ja-se-faz-sentir-nas-urgencias-dos-hospitais>. Acesso a 5/Janeiro/2020
- [14] I. Higginson, A. Kehoe, J. Whyatt, and J. E. Smith, “The 4-hour standard is a meaningful quality indicator: Correlation of performance with emergency department crowding,” *Eur. J. Emerg. Med.*, vol. 24, no. 1, pp. 25–28, 2017.
- [15] M. J. Ward, O. Baker, and J. D. Schuur, “Association of emergency department length of stay and crowding for patients with ST-elevation myocardial infarction,” *West. J. Emerg. Med.*, vol. 16, no. 7, pp. 1067–1072, 2015.
- [16] C. C. Won, D. S. Sang, J. S. Kyoung, K. J. Sung, and J. S. Gil, “Effect of an independent-capacity protocol on overcrowding in an urban emergency department,” *Acad. Emerg. Med.*, vol. 16, no. 12, pp. 1277–1283, 2009.
- [17] J. Y. Ahn *et al.*, “New intervention model of regional transfer network system to alleviate crowding of regional emergency medical center,” *J. Korean Med. Sci.*, vol. 31, no. 5, pp. 806–

- 813, 2016.
- [18] M. L. McCarthy *et al.*, "Crowding Delays Treatment and Lengthens Emergency Department Length of Stay, Even Among High-Acuity Patients," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 54, no. 4, p. 492–503.e4, 2009.
 - [19] A. M. Mills *et al.*, "The impact of crowding on time until abdominal CT interpretation in emergency department patients with acute abdominal pain," *Postgrad. Med.*, vol. 122, no. 1, pp. 75–81, 2010.
 - [20] K. A. Michelson, M. C. Monuteaux, A. M. Stack, and R. G. Bachur, "Pediatric emergency department crowding is associated with a lower likelihood of hospital admission," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 19, no. 7, pp. 816–820, 2012.
 - [21] I. van der Wulp and H. F. van Stel, "Adjusting weighted kappa for severity of mistriage decreases reported reliability of emergency department triage systems: a comparative study," *J. Clin. Epidemiol.*, vol. 62, no. 11, pp. 1196–1201, 2009.
 - [22] G. C. Geelhoed and N. H. de Klerk, "Emergency department overcrowding, mortality and the 4-hour rule in Western Australia," *Med. J. Aust.*, vol. 196, no. 2, pp. 122–126, 2012.
 - [23] P. Cremonesi, E. di Bella, M. Montefiori, and L. Persico, "The Robustness and Effectiveness of the Triage System at Times of Overcrowding and the Extra Costs due to Inappropriate Use of Emergency Departments," *Appl. Health Econ. Health Policy*, vol. 13, no. 5, pp. 507–514, 2015.
 - [24] T. Kawano, K. Nishiyama, and H. Hayashi, "Adding more junior residents may worsen emergency department crowding," *PLoS One*, vol. 9, no. 11, 2014.
 - [25] M. Gerdtz and T. Bucknall, "Australian triage nurses' decision-making and scope of practice," *Aust. J. Adv. Nurs.*, vol. 18, no. 1, pp. 24–33, 2000.
 - [26] M. Gul and E. Celik, "An exhaustive review and analysis on applications of statistical forecasting in hospital emergency departments," *Heal. Syst.*, vol. 00, no. 00, pp. 1–22, 2018.
 - [27] C. C. de Souza, F. A. Araújo, and T. C. M. Chianca, "Scientific literature on the reliability and validity of the manchester triage system (MTS) protocol: A integrative literature review," *Rev. da Esc. Enferm.*, vol. 49, no. 1, pp. 144–151, 2015.
 - [28] U. Klinger and H. Dormann, "Triage in emergency departments—status quo and future perspectives," *Notfall und Rettungsmedizin*, vol. 22, no. 7, pp. 589–597, 2019.
 - [29] E. A. J. van Rein, R. van der Sluijs, A. M. R. Raaijmakers, L. P. H. Leenen, and M. van Heijl, "Compliance to prehospital trauma triage protocols worldwide: A systematic review," *Injury*, vol. 49, no. 8, pp. 1373–1380, 2018.
 - [30] D. A. Travers, A. E. Waller, J. M. Bowling, D. Flowers, and J. Tintinalli, "Five-level triage system more effective than three-level in tertiary emergency department," *J. Emerg. Nurs.*, vol. 28, no. 5, pp. 395–400, 2002.
 - [31] B. Digitais, U. C. Digitalis, U. C. Pombalina, U. C. Impactum, B. Digitais, and U. C. Digitalis, "Princípios de Medicina de catástrofe em revisão a partir de Fukushima", Silva, Rita Marques da; Campos, Paulo; Reis, Ana Mafalda; Bandeira, Romero, Publicado por : URL persistente, 2020.
 - [32] M. D. Christian, "Triage," *Crit. Care Clin.*, vol. 35, no. 4, pp. 575–589, 2019.
 - [33] SNS - Serviço Nacional de Saúde, <https://www.sns.gov.pt/monitorizacao-do-sns/servicos-de-urgencia/>, Acesso a 15/Janeiro/2020
 - [34] J. G. Cronin, "The introduction of the Manchester triage scale to an emergency department in the Republic of Ireland," vol. 2302, pp. 121–125, 2003.
 - [35] C. S. Diogo, "REQUALIFICAÇÃO DAS URGÊNCIAS DO SNS," 2007.
 - [36] A. Worster, C. M. Fernandes, and K. Eva, "Predictive validity comparison of two five-level triage acuity scales," pp. 188–192, 2007.
 - [37] R. B. Frcpc *et al.*, "Implementation Guidelines for The Canadian Emergency Department Triage & Acuity Scale (CTAS). Canadian ED Triage & Acuity Scale," 1998.
 - [38] R. Gimbel, R. Paul, and J. G. Adams, "The Emergency Severity Index (version 3) 5-Level Triage System Scores Predict ED Resource Consumption," no. February, pp. 22–29, 2004.
 - [39] M. R. Baumann and T. D. Strout, "Triage of Geriatric Patients in the Emergency Department : Validity and Survival With the Emergency Severity Index.," 2007
 - [40] P. G. Zimmermann, "The Case for a Universal, Valid, Reliable 5-Tier Triage Acuity Scale

- For US Emergency Departments,” no. June, pp. 246–254, 2001.
- [41] S. Cook, “Emergency Department Triage: A program tools of continuous quality,” vol. 4679, no. February, 1997.
 - [42] G. Houis and P. Sprivulis, “Reliability of the National Triage Scale with changes in emergency department activity level,” vol. 8, pp. 231–234, 1996.
 - [43] T. Categorization, “No Relationship between Emergency Department Activity and Triage Categorization,” pp. 141–145, 1997.
 - [44] D. R. Eitel, D. A. Travers, A. M. Rosenau, N. Gilboy, and R. C. Wuerz, “The Emergency Severity Index Triage Algorithm Version 2 Is Reliable and Valid,” pp. 1070–1080.
 - [45] Jornal Público, Ana Maia, “Frio leva mais pessoas às urgências e aumentam tempos de espera”, 2019, <https://www.publico.pt/2019/01/03/sociedade/noticia/pressao-urgencias-comeca-aumentar-1856605>, Acesso a 8/Janeiro/2020.
 - [46] CM TV, Francisca Genésio, “Caos nas urgências: Doentes esperam horas intermináveis para receber cuidados médicos na Amadora-Sintra”, 2019, <https://www.cm-tv.pt/programas/especiais/investigacao-cm/detalhe/caos-nas-urgencias-doentes-esperam-horas-interminaveis-para-receber-cuidados-medicos-no-amadora-sintra> Acesso a 8/Janeiro/2020.
 - [47] Jornal Observador, “Inquéritos às mortes nas urgências hospitalares arquivados”, 2015, <https://observador.pt/2015/10/07/inqueritos-as-mortes-nas-urgencias-hospitalares-arquivados/> Acesso a 8/Janeiro/2020.
 - [48] Jornal SOL, “Centro hospitalar averigua morte de homem em Lamego após seis horas de espera nas urgências”, 2020, <https://sol.sapo.pt/artigo/686012/centro-hospitalar-averigua-morte-de-homem-em-lamego-apos-seis-horas-de-espera-nas-urg-ncias->, Acesso a 15/Janeiro/2020.
 - [49] Jornal Observador, “Número de mortos aumentou 3% entre 2017 e 2018”, 2019, <https://observador.pt/2019/11/15/numero-de-mortos-aumentou-3-entre-2017-e-2018/>, Acesso a 8/Janeiro/2020.
 - [50] Jornal Público, Alexandra Campos, “Procura das urgências caiu 45%. Onde estão os enfartes e os AVC, perguntam os investigadores”, 2020/04/03, <https://www.publico.pt/2020/04/03/sociedade/noticia/procura-urgencias-caiu-45-onde-estao-enfartes-avc-perguntam-investigadores-1910910>, Acesso a 15/Abril/2020.
 - [51] Jornal Público, Joaquim Costa Pereira, “Serviço de Urgência Hospitalar: lições da pandemia covid-19”, 2020/04/30, <https://www.publico.pt/2020/04/30/opiniao/opiniao/servico-urgencia-hospitalar-lico-es-pandemia-covid19-1914446>, Acesso a 15/Junho/2020
 - [52] World Famous Electronics llc, “Pulse Sensor,” *World Famous Electron. llc*, p. 11574, 2012.
 - [53] D. Information, “LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors,” 2017
 - [54] Maximintegrated, “Max30100,” *Lect. Notes Energy*, vol. 38, pp. 11–37, 2014
 - [55] V. Shnayder, B. Chen, K. Lorincz, T. R. F. F. Jones, and M. Welsh, “Sensor networks for medical care,” no. September 2004, p. 314, 2005.
 - [56] K. Y. Chen and D. R. Bassett, “The technology of accelerometry-based activity monitors: Current and future,” *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 37, no. 11 SUPPL., 2005
 - [57] Statista, “Number of connected wearable devices worldwide by region from 2015 to 2022(in millions)”, 2020, <https://www.statista.com/statistics/490231/wearable-devices-worldwide-by-region/>, Acesso a 5/Julho/2020.
 - [58] Hoana Medical, <https://hoana.com/>, Acesso a 19/Agosto/2020.
 - [59] SmartInsights, “Wearable Technology Statistics and Trends 2018”, 2020, <https://www.smartinsights.com/digital-marketing-strategy/wearables-statistics-2017/>, Acesso a 5/Julho/2020
 - [60] VITALERTER, <https://www.vitalerter.com/>, Acesso a 9/Janeiro/2020.
 - [61] IEEE SPECTRUM, Elie Dolgin, “This Seizure-Detecting Smartwatch Could Save Your Life”, 2018, <https://spectrum.ieee.org/the-human-os/biomedical/diagnostics/this-seizuredetecting-smartwatch-could-save-your-life>, Acesso a 18/Janeiro/2020.
 - [62] INCREASETIME, CAST, <http://project-cast.eu/>, Acesso a 15/Janeiro/2020
 - [63] IEEE SPECTRUM, Eliza Strickland, “This Smart Watch Detects Cardiac Arrest, and Summons Helps ”, 2018, <https://spectrum.ieee.org/the-human-os/biomedical/devices/this->

- smart-watch-detects-cardiac-arrest-and-summons-help, Acesso a 18/Janeiro/2020
- [64] IEEE SPECTRUM, Tekla S. Perry, "Apple Watch's Wristful of Sensors and MEMS", 2014, <https://spectrum.ieee.org/view-from-the-valley/consumer-electronics/portable-devices/apple-watches-wristful-of-sensors-and-mems>, Acesso a 18/Janeiro/2020
- [65] RTP Notícias, Liliana Abreu Guimarães/Pedro Rothes/ Pedro Pena, "Dispositivo permite monitorização cardíaca à distância", 2014, https://www.rtp.pt/noticias/pais/dispositivo-permite-monitorizacao-cardiaca-a-distancia_v716690, Acesso a 15/Janeiro/2020
- [66] FMUP, Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, "Vigilância Médica à distância de um "click"", https://sigarra.up.pt/fmup/en/NOTICIAS_GERAL.VER_NOTICIA?p_nr=490, Acesso a 15/Janeiro/2020
- [67] SNS - Serviço Nacional de Saúde, "Sonho V2", 2017, <https://portal-chsj.min-saude.pt/pages/865>, Acesso a 15/Janeiro/2020
- [68] V. Manuel and L. Pedro, "Adaptação do Sistema de Gestão de Doentes do Centro Hospitalar de Leiria ao Sistema Integrado de Gestão Hospitalar SONHO V2 Adaptação do Sistema de Gestão de Doentes do Centro Hospitalar de Leiria ao Sistema Integrado de Gestão Hospitalar SONHO V2," 2015.
- [69] SPMS – Serviços Partilhados do Ministério da Saúde, "Interoperabilidade Técnica: LIGHT; PNB; NCP", <http://www.spms.min-saude.pt/2017/06/interoperabilidade-tecnica-light-pnb-ncp/>, Acesso a 5/Julho/2020
- [70] E. Dann, "Appropriate Categorisation of Mild Pain at Triage : a Diagnostic Study" vol. 13, no. 1, pp. 28–32, 2017.
- [71] SNS - Serviço Nacional de Saúde, "SClinico Hospitalar", 2018, <https://www.sns.gov.pt/noticias/2018/10/08/sclinico-hospitalar/>, Acesso a 15/Janeiro/2020
- [72] ALERT - ALERT Life Sciences Computing, "ALERT PAPER FREE HOSPITAL (PHF)", <http://www.alert-online.com/pt/pfh>, Acesso a 15/Janeiro/2020
- [73] digital.hospitalar, Patrícia Ribeiro , "beeIT lança software que reduz em 40% o tempo de espera nos Centros de Urgências e Emergências", 2019, <https://digital.hospitalar.com/pt-br/lan%C3%A7amentos-da-ind%C3%BAstria/beeit-lan%C3%A7a-software-que-reduz-em-40-o-tempo-de-espera-nos-centros-de>, Acesso a 15/Janeiro/2020
- [74] P. Sensor, E. To, U. S. E. Heart, and R. Sensor, "WORLD FAMOUS ELECTRONICS llc.," pp. 1–2, 2018
- [75] J. Murphy and Y. Gitman, "PulseSensorAmpd - Schematic," *PulseSensor*. p. 1, 2012
- [76] S. K. Longmore, G. Y. Lui, G. Naik, P. P. Breen, B. Jalaludin, and G. D. Gargiulo, "A Comparison for Detection of Heart Rate , Blood Oxygen Saturation , and Respiration Rate at Various Anatomical Locations," *Sensors*, 2017
- [77] J. Zheng, J. Zhang, S. Danioko, H. Yao, H. Guo, and C. Rakovski, "A 12-lead electrocardiogram database for arrhythmia research covering more than 10,000 patients," *Sci. Data*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2020
- [78] MicrocontrollersLab, "Heart beat pulse sensor interfacing with pic microcontroller", <https://microcontrollerslab.com/heart-beat-pulse-sensor-interfacing/>, Acesso a 22/06/2020
- [79] F. Peeters, M. Peterman's, and L. Indesteege, "Temperature Sensors," *Mod. Sensors Handb.*, pp. 347–393, 2010.
- [80] R. C. Cholakian, "Narrative structure in Rabelais and the question of the authenticity of the cinquieme livre," *Fr. Stud.*, vol. 33, no. 1, pp. 1–12, 1979
- [81] R. G. B. Led and R. Pi, "5x5 RGB Matrix Breakout," pp. 2–3, 2019
- [82] I. Integrated Silicon Solution, "Is31Fl3731 - Audio Modulated Matrix Led Driver," no. May, 2013.
- [83] T. Instruments, "I2C Bus Pullup Resistor Calculation Application Report I2C Bus Pullup Resistor Calculation," no. February, pp. 1–5, 2015.
- [84] S. Mok, "Guangzhou HC Information Technology Co., Ltd . Product Data Sheet," no. 13, p. 14, 2011
- [85] Arduino LLC *et al.*, "Arduino Nano," vol. 2010, no. semnas IF, p. 1, 2012
- [86] Atmel Corporation, "ATmega48PA/88PA/168PA/328P," *Atmel*, vol. Rev. 8161C, p. 26, 2009.
- [87] Arduino, "Arduino Nano", <https://store.arduino.cc/arduino-nano>, Acesso a 22/06/2020

- [88] TEXAS INSTRUMENTS, “Lm7805,” *Volt. Regul. Funct.*, no. May, p. 12, 2003.
- [89] AutoDesk, “Eagle PCB design made easy for every engineer”, <https://www.autodesk.com/products/eagle/overview>, Acesso a 22/06/2020
- [90] AutoDesk, “AutoCad”, <https://www.autodesk.pt/products/autocad/overview>, Acesso a 22/06/2020
- [91] A. Halder and R. Dasgupta, “Implementation of MCU Invariant I2C Slave Driver Using Bit Banging Implementation of MCU Invariant I2C Slave Driver Using Bit Banging,” no. June, 2014.
- [92] Arduino, “Introduction to the Arduino Board”, <https://www.arduino.cc/en/reference/board>, Acesso a 22/06/2020
- [93] Python, “General Python FAQ”, <https://docs.python.org/3/faq/general.html#id2>, Acesso a 22/06/2020
- [94] Python, “tkinter — Python interface to Tcl/Tk”, <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>, Acesso a 22/06/2020
- [95] J. W. Shipman, “Tkinter 8.5 reference: a GUI for Python,” *Computer (Long. Beach. Calif.)*, pp. 1–118, 2013.

Anexo A

Inquérito realizado à diretora dos SU no Hospital de Santo António

Estudo de Caso - Funcionamento do Sistema de Urgências em Hospitais (Triage)

Sou a Ana Sousa, aluna no Mestrado de Engenharia Biomédica e este inquérito tem como objetivo, recolher informação para a realização da Dissertação de Mestrado a efetuar na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, sobre supervisão e parceria do orientador Professor João Pascoal Faria e coorientador Bruno Lima.

Este trabalho pretende contribuir para a melhoria do funcionamento do Sistema de Urgências dos Hospitais tirando partido das novas tecnologias de informação e comunicação, começando com mudanças na fase inicial, a triagem. Estatísticas comprovam que pacientes falecem antes da própria observação médica, devido a limitações nas avaliações e tempos de espera excessivos, refletindo assim a gravidade e importância deste procedimento. A solução por nós apresentada é o desenvolvimento de uma Hospital Emergency Smart Band (HESB), uma pulseira que, obedece ao mesmo critério de cores do sistema de Manchester (5 cores) e monitoriza os sinais vitais do paciente em tempo real, permitindo assim a deteção imediata de mudanças no estado do paciente enquanto está à espera por atendimento médico. A comunicação direta da pulseira com um software posteriormente implementado no hospital, alerta de imediato o responsável de saúde, facilitando assim a deteção de casos em que o estado de saúde do paciente se alterou e aumentando a eficácia dos Serviços de Priorização de Pacientes para Emergência Hospitalar.

Os dados fornecidos são exclusivamente utilizados para fins de investigação científica. Agradeço, desde já, o seu contributo!

Inquérito preenchido por Dra. Isabel Almeida (diretora da urgência) do Hospital de Santo António.

1. Qual o número médio de pessoas que são atendidas por dia nas urgências?

430 pessoas no Hospital de Santo António

>1000 pessoas no Hospital de São João (devido a terem o seu próprio departamento de obstetrícia e pediatria)

2. Qual o tempo médio entre a triagem e a 1ª observação médica, ou seja, até estar a ser monitorizado? (Esta pergunta é importante para dimensionar a autonomia das pulseiras)

O tempo médio deveria ser 6 horas (fator de qualidade), mas está dependente de muitos fatores tal como quantidade de doentes que estão internados no momento.

3. Com que frequência um paciente, em espera, demonstra mudanças suficientes na sua condição clínica para que deva haver (seja útil) uma re-triagem? (acontecimentos comuns ou casos esporádicos)

Não é muito comum, mas acontece prioritariamente nas cores Amarelo e Laranja (nunca abaixo)

4. Há algumas situações em que façam re-triagem dos pacientes? O que despoleta essa re-triagem? Repetem o protocolo de Manchester?

As re-triagens são realizadas a pedido do familiar/próprio paciente ou quando é ultrapassado o limite de tempo de espera para a sua prioridade clínica (com foco nas cores Amarelo e Laranja). O controlo deste tempo de espera é realizado por um chefe de equipa com a ajuda de um placar, que contém a cor que foi atribuída ao paciente e quanto tempo de espera lhe compete.

Esta re-triagem vai além do protocolo de Manchester, sendo que é efetuada por um médico e enfermeiro que realizam perguntas e exames básicos.

5. Quais considera ser os maiores problemas no Sistema de Urgência??

População utiliza as Emergências como um Sistema de Saúde de Proximidade devido à sua iliteracia (considera que cores como Azul e Verde só estão a entupir o Sistema de Emergência)

População envelhecida com problemas sociais

Grande fluxo de doentes que entope o Sistema de Urgências.

6. E em que alturas do ano estes problemas se agravam mais? (Se é que existe uma)

No Inverno – Agravamento de gripes e infeções respiratórias nos idosos

7. Quais as medidas a ser implementadas para resolver esses problemas?

*Sensibilizar a população para recorrer ao Centro de Saúde (cores Azuis e Verdes)
Arranjar uma solução capaz de escoar os casos sociais (estas soluções estão muito dependentes da localização do Hospital pois determinará o grau de iliteracia da população que escoar para lá, neste caso do Hospital de Santo António temos muita população idosa proveniente de Gondomar)*

8. Quais os parâmetros que acha mais relevantes serem monitorizados para terem uma ideia imediata da mudança de estado do paciente? (Como por exemplo temperatura corporal, batimento cardíaco, nível de oxigénio e/ou pressão arterial)

Frequência Cardíaca

Oxigenação (Oximetria de Pulso)

Temperatura Corporal

Grau de Alerta da Pessoa (se se movimento durante um período de tempo ou reage a estímulos elétricos)

9. Considera que a medição automática destes parâmetros (através da pulseira) no ato inicial de triagem seria útil?

Sim, seria útil, sendo que o processo deveria ser:

- 1) *Categorizar o paciente (Sistema de Manchester)*
- 2) *Parâmetros medidos pela pulseira têm um gama de variação, que caso seja ultrapassada, lança um alarme e vibração*

10. Quais deveriam ser as principais características da pulseira?
(Material de fácil esterilização, não degradável com o uso excessivo, etc.)

Não soube responder concretamente para além da necessidade de garantir uma utilização segura (sem causar problemas extras), reutilizável e esterilizável (sem se degradar com os ciclos de esterilização)

11. Qual seria um custo aceitável por doente, por todo este sistema? (considerando a pulseira em si e todo o processo de esterilização)

Preço concreto não sabe, mas sim acha possível haver um investimento por parte do Hospital Público, caso os benefícios fossem suficientes.

12. O que acha da nossa solução como substituta da pulseira estática utilizada atualmente por uma pulseira dinâmica capaz de monitorizar o paciente durante o tempo de espera até a primeira observação médica? Acha esta solução útil em relação ao sistema atualmente implementado?

Sim, sem dúvida que esta seria uma solução útil, não só para redução de mortalidade, mas para dar mais possibilidade aos médicos para realizar tratamentos a tempo, logo com maior percentagem de sucesso.

Caso queira deixar alguma sugestão ou informação que lhe tenha surgido ao longo deste questionário, no sentido de melhorar a ideia ou até mesmo o dispositivo, pode-o fazer aqui:

Anexo B

Inquérito realizado aos Enfermeiros dos SU no Hospital da Nossa Senhora da Oliveira

Inquérito de Validação da Aplicação de Monitorização

Sou a Ana Sousa, aluna no Mestrado de Engenharia Biomédica, e este inquérito tem como objetivo a recolha de informação, para a validação de uma solução de triagem dinâmica no âmbito da Dissertação de Mestrado a efetuar na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, sobre supervisão e parceria do orientador Professor João Pascoal Faria e coorientador Bruno Lima.

Este trabalho pretende contribuir para a melhoria do funcionamento do Sistema de Urgências Hospitalares, focando no Sistema de Triagem, tirando partido das novas tecnologias de informação e comunicação. Após uma análise dos dados referentes à mortalidade e qualidade de atendimento neste Serviço, devido a limitações nas avaliações e tempos de espera excessivos, a solução apresentada é o desenvolvimento de uma Pulseira Inteligente que, obedece ao mesmo critério de cores do Sistema de Manchester (5 cores) e vigia os sinais vitais do paciente em tempo real, permitindo uma deteção imediata de mudanças no estado clínico do paciente enquanto se encontra à espera de atendimento médico. A comunicação direta da pulseira com uma Aplicação de Monitorização apresentado e posteriormente implementado no Hospital, alerta de imediato o responsável de saúde da condição do paciente, aumentando a eficácia dos Serviços de Priorização de Pacientes para Emergência Hospitalar.

Os dados fornecidos são exclusivamente utilizados para fins de investigação científica.

Agradeço, desde já, o seu contributo!

Identificação

1. Primeiro e último nome:
2. Idade:
3. Sexo:
4. Hospital onde trabalhou na triagem:

Atribuição de Pulseira Inteligente

1. O processo de atribuição de pulseira é adequado?
 - Concordo Totalmente
 - Concordo Parcialmente
 - Indiferente
 - Discordo Parcialmente
 - Discordo Totalmente

Comentários e Sugestões

Painel de Controle

1. Os dados visualizados por paciente são suficientes?
 - Concordo Totalmente
 - Concordo Parcialmente
 - Indiferente
 - Discordo Parcialmente
 - Discordo Totalmente

2. Os dados e alertas apresentados são de imediata compreensão?
 - Concordo Totalmente
 - Concordo Parcialmente
 - Indiferente
 - Discordo Parcialmente
 - Discordo Totalmente

Comentários e Sugestões

Painel Individual

1. Os dados apresentados são úteis e de fácil compreensão?
 - Concordo Totalmente
 - Concordo Parcialmente
 - Indiferente
 - Discordo Parcialmente
 - Discordo Totalmente

2. Os alertas gerados são adequados?
 - Concordo Totalmente
 - Concordo Parcialmente
 - Indiferente
 - Discordo Parcialmente
 - Discordo Totalmente

Comentários e Sugestões

Apreciação Geral da Solução

1. É um sistema de fácil utilização?
 - Concordo Totalmente
 - Concordo Parcialmente
 - Indiferente
 - Discordo Parcialmente
 - Discordo Totalmente

2. Trata-se de um sistema facilmente integrável no ambiente hospitalar?
 - Concordo Totalmente
 - Concordo Parcialmente
 - Indiferente
 - Discordo Parcialmente
 - Discordo Totalmente

3. É relevante a adoção deste tipo de solução no atuais processos de triagem hospitalar?
 - Concordo Totalmente
 - Concordo Parcialmente
 - Indiferente
 - Discordo Parcialmente
 - Discordo Totalmente

13. Esta solução melhoraria a qualidade do atendimento no Serviço de Urgência?
 - Concordo Totalmente
 - Concordo Parcialmente
 - Indiferente
 - Discordo Parcialmente
 - Discordo Totalmente

Comentários e Sugestões