

WISE-MUSE Mobile:
Aplicação móvel para monitorização ambiental de museus

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Andrea Maria Mendes de Abreu
MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA



UNIVERSIDADE da MADEIRA

A Nossa Universidade
www.uma.pt

Setembro | 2012

UMa

R Wis

1

WISE-MUSE Mobile:

Aplicação móvel para monitorização ambiental de museus

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Andrea Maria Mendes de Abreu

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

ORIENTAÇÃO

Lina Maria Pestana Leão de Brito

CO-ORIENTAÇÃO

Laura Margarita Rodríguez Peralta

Abstract

Maintaining historical, artistic and natural heritage for many years is of vital importance, because without heritage generations could not have knowledge or learn all the great events that have passed off the years in a given country. To prevent this heritage being lost, the WISE-MUSE project was created. This project has as main objective the preventive conservation of artworks, through environmental monitoring, using Wireless Sensor Network (WSNs)s for collecting and transmitting data.

Even though the WISE-MUSE project can be applied to museums in general, it was specifically applied to the Whale Museum, located in Madeira Island, Portugal. Initially, this project was focused on the environmental monitoring of exhibition rooms and cold chambers, using a network of wireless sensors deployed throughout these rooms. A WSN allows to continuously and easily obtain all measurements critical to preservation of artworks in museums. Different types of environmental sensors were used, allowing to capture several environmental parameters, such as temperature, humidity, luminosity, CO₂ and CO.

Recently, the WISE-MUSE project evolved to take advantage of the WSN to be installed in the museum to remotely monitor the state of emergency doors (open, closed or emergency), as required by the persons in charge of the museum. were deployed.

Taking into account this objective, this work consists in the development of a mobile application that allows the visualization and analysis of data collected by the wireless sensor network, in a real time manner, regardless the location of the users at that moment, sending them alerts in case of an abnormal situation is detected. This application is implemented on Android Operating System for being widely used around the world, as well as thanks to their wide acceptance and ease of use both by developers and end-users.

Keywords

Environmental monitoring

Preservation of artworks

Sensors

Wireless Sensor Network

Mobile application

Android Operating System

Resumo

Manter o património histórico, natural e artístico por muitos anos é de vital importância pois, sem este património, as gerações não poderiam ter conhecimento nem aprender todos os grandes acontecimentos que têm passado ao longo dos anos num determinado país. Para evitar que esse património se perca foi criado o projecto WISE-MUSE, que tem como objectivo principal a conservação preventiva de obras de arte através de monitorização ambiental, usando uma Rede de Sensores Sem Fios (RSSF) quer para recolher dados quer para transmiti-los.

Apesar do projecto WISE-MUSE ser relevante para todos os museus, em geral, este foi aplicado ao caso específico do Museu da Baleia, localizado na Ilha da Madeira, em Portugal. Inicialmente, este projecto preocupava-se essencialmente com a monitorização ambiental das salas de exposição e das câmaras frigoríficas, usando uma rede de sensores sem fios distribuídos pelos espaços em questão. Uma RSSF permite obter dados essenciais à preservação das obras de arte num museu, de uma forma fácil e continua. Para tal, foram usados diferentes tipos de sensores para capturar parâmetros ambientais, tais como temperatura, humidade, luminosidade, CO e CO₂.

Um dos objectivos principais do projecto WISE-MUSE é conseguir visualizar as medições recebidas pelos sensores sem fios, de uma forma rápida e fiável, para que quando seja detectado algum problema, os responsáveis pelo museu possam actuar a tempo e resolver o problema sem danos maiores.

Tendo em vista este objectivo, este trabalho de mestrado consistiu no desenvolvimento de uma aplicação móvel que permita a visualização e análise dos respectivos dados, em tempo real e independentemente do local onde os utilizadores se encontrem, enviando-lhes alertas caso seja detectado algum parâmetro com valores fora do normal.

Esta aplicação foi implementada sobre o sistema operativo *Android*, por ser um dos mais usados por todo o mundo, assim como graças à sua facilidade de utilização quer por parte dos programadores quer por parte dos utilizadores finais.

Palavras-chave

Monitorização ambiental

Preservação das obras de arte

Sensores

Rede de Sensores Sem Fios

Aplicação móvel

Sistema Operativo Android

Esta tese é dedicada:

À minha mãe e ao meu pai

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer à Professora Doutora Lina Maria Pestana Leão de Brito e à Professora Doutora Laura Margarita Rodríguez Peralta por aceitarem ser minhas orientadora e co-orientadora, respectivamente, e pela confiança depositada ao deixar-me fazer parte deste projecto. Também queria agradecer-lhes por todos os ensinamentos, ajuda e, especialmente, por toda a paciência que tiveram para eu poder atingir este último objectivo da minha carreira académica.

Posteriormente, queria agradecer ao Dr. Luis Freitas e ao Eng. Milton Aguiar, do Museu da Baleia, pelo tempo dispendido ao longo do projecto. Estendo este agradecimento a todos os outros museus que tornaram possível a realização dos testes da aplicação, os quais foram de extrema importância para a realização deste trabalho.

À minha mãe pelo apoio, carinho, paciência e pelo grande esforço financeiro que fez para eu poder terminar esta grande etapa de minha vida. À minha irmã, madrinha e primas, que sempre me apoiaram incondicionalmente e um agradecimento especial ao meu pai por todo o apoio e carinho que sempre me deu e que, não estando aqui comigo, me iluminou e guiou sempre neste longo caminho.

Finalizo agradecendo a todos os meus amigos, em especial ao Marco Vieira e ao Paulo Bala pela sua amizade, ânimo, entusiasmo, estímulo, ajuda e, especialmente, por estarem sempre presentes, em todos os momentos.

Índice

Abstract	iii
Keywords	v
Resumo	vii
Palavras-chave	ix
Agradecimentos.....	xiii
Índice	xv
Índice de Figuras.....	xix
Índice de Tabelas	xxiii
Acrónimos.....	xxv
1. Introdução	1
1.1. Contextualização	3
1.2. Motivação.....	4
1.3. Objectivos / contributos.....	4
1.4. Organização/Estrutura da tese	5
2. Estado de arte	7
2.1. Introdução.....	9
2.2. Redes de sensores sem fios (RSSF).....	10
2.3. Preservação de obras de arte.....	13
2.4. ZigBee	16
2.5. Aplicações móveis	18
2.6. Trabalhos relacionados	23
2.7. Conclusão	28
3. Desenho da aplicação.....	29
3.1. Introdução.....	31
3.2. Levantamentos de requisitos no âmbito do projecto WISE-MUSE.....	32
3.3. Requisitos do Sistema	37

3.3.1.	Requisitos não funcionais	37
3.3.2.	Requisitos funcionais	38
3.4.	Modelo de Casos de Uso	40
3.4.1.	Actores.....	40
3.4.2.	Caso de Uso	40
3.4.3.	Descrição dos casos de utilização.....	42
3.5.	Arquitectura da aplicação móvel <i>WISE-MUSE</i>	51
3.6.	Protótipos Abstractos Canónicos	52
3.7.	Modelo de dados.....	60
3.8.	Conclusão	63
4.	Implementação da aplicação.....	65
4.1.	Introdução	67
4.2.	Plataforma utilizada	68
4.3.	Ferramentas utilizadas	72
4.4.	Desenvolvimento da aplicação móvel <i>WISE-MUSE</i>	74
4.4.1.	Autenticação.....	77
4.4.2.	Acesso à base de dados.....	78
4.4.3.	<i>Hardware</i> utilizado	79
4.4.4.	Alterações em relação aos protótipos abstractos canónicos.....	80
4.5.	Comparação com trabalhos relacionados.....	87
4.6.	Conclusão	91
5.	Testes e resultados	93
5.1.	Introdução	95
5.2.	Tipo de utilizadores/População.....	96
5.3.	Testes realizados/testes de usabilidade.....	98
5.4.	Análise dos inquéritos e dos testes	100
5.5.	Impacto dos testes na aplicação	105

5.6. Conclusão	106
6. Conclusão	107
6.1. Introdução	109
6.2. Principais contribuições	110
6.3. Trabalho futuro	112
Referências	115
Anexos	119
Anexo A.....	121
Anexo B.....	127
Anexo C.....	129

Índice de Figuras

Figura 1 - Topologia de uma rede de sensores sem fios	11
Figura 2 - Smartphones mais vendidos no primeiro trimestre de 2011.....	19
Figura 3 - Smartphones mais vendidos no segundo trimestre de 2011.....	20
Figura 4 - Arquitectura geral do projecto WISE-MUSE.....	33
Figura 5 - Visualização dos estados dos sensores da plataforma WISE-MUSE.....	35
Figura 6 - Visualização dos estados das portas de emergência na plataforma WISE-MUSE	36
Figura 7 - Diagrama de casos de uso do WISE-MUSE	41
Figura 8 - Diagrama de actividades "Consultar o estado dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas"	42
Figura 9 - Diagrama de actividades " Consultar as informações mais importantes dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas "	43
Figura 10 - Diagrama de actividades " Consultar o gráfico dos sensores ou câmaras frigoríficas"	44
Figura 11 - Diagrama de actividades " Consultar o histórico dos sensores, das portas de emergência ou das câmaras frigoríficas "	46
Figura 12 – Diagrama de actividades “Consultar o mapa dos sensores ou frigoríficos”	47
Figura 13 – Diagrama de actividades “Gerar notificações de ocorrências anormais dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas”	48
Figura 14 - Diagrama de actividades “Recuperar a palavra passe”	49
Figura 15 - Diagrama de actividades "Enviar dados dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas"	50
Figura 16 - Arquitectura da plataforma móvel	51
Figura 17 - Protótipo abstracto canónico da autenticação da aplicação	52

Figura 18 - Protótipo abstracto canónico das informações principais da aplicação. a) Visualização das informações da aplicação. b) Visualização do menu principal.....	53
Figura 19 - Protótipo abstracto canónico do estado e da informação dos sensores do museu. a) Visualização dos pisos. b) Visualização das salas. c) Visualização dos estados de todos os sensores. d) Visualização da informação de um determinado sensor.	54
Figura 20 - Protótipo abstracto canónico da visualização do gráfico. a) Visualização das opções do gráfico. b) Visualização do gráfico.	56
Figura 21 - Protótipo abstracto canónico da visualização do mapa. a) Escolha dos diferentes tipos de mapas. b) Escolha das opções do mapa. c) Visualização do respectivo mapa	57
Figura 22 - Protótipo abstracto canónico da visualização do histórico. a) Escolha das diferentes opções do historico. b) Visualização do histórico.....	58
Figura 23 - Protótipo abstracto canónico da visualização das notificações.	59
Figura 24 - Base de dados SQL.....	61
Figura 25 - Arquitectura do <i>Android</i>	68
Figura 26 – Dados dos dispositivos Android que acederam ao Google Play (Android Developers, N.D)	70
Figura 27 - Estrutura interna da aplicação.....	74
Figura 28 - Mapa de navegação.....	76
Figura 29 - Ecrã da autenticação do utilizador	77
Figura 30 - Nó sensor (Peralta, Brito e Gouveia, 2009; Moraes, 2011)	78
Figura 31 - Telemóvel <i>TMN Smart a7</i>	79
Figura 32 – Ecrã principal. a) Menu da aplicação. b) Visualização da página principal. c) Visualização do <i>About</i>	80
Figura 33 - Ecrã dos estados e informações dos sensores. a) Visualização dos tipos de sensores. b) Visualização dos pisos. c) Visualização das salas. d) Visualização dos estados dos sensores. e) Visualização da informação do sensor seleccionado.	81

Figura 34 - Ecrã dos gráficos. a) Visualização das opções do gráfico. b) Visualização do gráfico	82
Figura 35 - Ecrã dos mapas gradientes. a) Visualização dos tipos de mapas. b) Visualização das opções do mapa. c) Visualização do respectivo mapa	84
Figura 36 - Ecrã do histórico. a) Visualização das opções do histórico. b) Visualização do histórico	85
Figura 36 - Ecrã das notificações. a) Visualização das notificações. b) Visualização da informação de um determinado sensor	86
Figura 38 - Gráfico que representa a facilidade de utilização da aplicação	100
Figura 39 - Gráfico que representa a facilidade na navegação pela aplicação	100
Figura 40 – Gráfico referente às perguntas das funcionalidades dos sensores. A direita tem-se o gráfico referente ao estado dos diferentes tipos de sensores. A esquerda tem-se o gráfico referente as informações dos diferentes tipos de sensores.....	101
Figura 41 – Gráfico referente a funcionalidade do histórico.....	101
Figura 42 – Gráfico referente a funcionalidade do gráfico dos dados dos sensores	102
Figura 43 - Gráfico referente a funcionalidade dos mapas	102
Figura 44 - Gráfico para visualizar se a aplicação cumpre a confidencialidade dos dados	103
Figura 45 - Gráfico para visualizar se a aplicação utiliza uma linguagem adequada e coerente	103
Figura 46 – Gráfico sobre as funcionalidades importantes do museu	104
Figura 47 - Protótipo abstracto canónico da autenticação e cenário principal da plataforma <i>iPhone</i> . a) Visualização da autenticação da aplicação. b) Visualização do cenário principal da aplicação.	121
Figura 48 - Protótipo abstracto canónico do estado e da informação dos sensores do museu. a) Visualização dos pisos. b) Visualização das salas. c) Visualização dos estados de todos os sensores. d) Visualização da informação de um determinado sensor.....	122
Figura 49 - Protótipo abstracto canónico da visualização do gráfico. a) Visualização das	

opções do gráfico. b) Visualização do gráfico.	123
Figura 50 - Protótipo abstracto canónico da visualização do mapa. a) Escolha dos diferentes tipos de mapas. b) Escolha das opções do mapa. c) Visualização do respectivo mapa	124
Figura 51 - Protótipo abstracto canónico da visualização do histórico. a) Escolha das diferentes opções do historico. b) Visualização do histórico.....	125
Figura 52 - Protótipo abstracto canónico da visualização das notificações.	126
Figura 53 - Conexão à base de dados	127
Figura 54 – Primeira parte do inquérito da aplicação móvel WISE-MUSE	129
Figura 55 - Segunda parte do inquérito da aplicação móvel WISE-MUSE	130

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Valores óptimos para os parâmetros dos factores ambientais no museu da baleia.....	14
Tabela 2 - Sensores utilizados no Museu da Baleia.....	35
Tabela 3 - Portas com bloqueadores e sem bloqueadores no Museu da Baleia	36
Tabela 4 - Dados dos dispositivos Android que acederam ao Google Play (Android Developers, N.D).....	70
Tabela 5 - Tabela comparativa da aplicação WISEMUSE com o sistema de segurança numa plataforma Android.....	88
Tabela 6 - Tabela com as respostas do inquérito da aplicação móvel WISE-MUSE	131

Acrónimos

ADT - *Android Development Toolkit*

API – *Application Programming Interface*

DVM – *Máquina Virtual Dalvik*

IDE – Instituto de Desenvolvimento Empresarial

JSON – *JavaScript Object Notation*

PHP – *Hypertext Preprocessor*

RF – Requisitos Funcionais

RNF – Requisitos não Funcionais

SO – Sistema Operativo

SQL – *Structured Query Language*

WISE-MUSE – *Wireless SEnsor networks for MUSeums' Environmental monitoring and automatic control*

WSN – *Wireless Sensor Network*

XML – *Extensible Markup Language*.

1. Introdução

1.1. Contextualização

Uma das funções mais importantes de um museu é poder conservar as suas obras de arte por muitos anos, podendo passar de geração em geração todos os conhecimentos que podemos obter ao visitar um museu. Cumprir esta tarefa pode ser um grande desafio especialmente numa ilha, como a ilha da Madeira, devido a esta se encontrar rodeada de mar, apresentando variações mais bruscas nos diversos parâmetros ambientais, sobretudo de humidade e temperatura, causando grandes riscos na preservação das suas obras de arte.

Por esta razão, foi criado o projecto WISE-MUSE, o qual foi implementado no caso específico do Museu da Baleia, situado no Caniçal, e que tem como finalidade usar uma Rede de Sensores Sem Fios (RSSF), para monitorizar as condições ambientais (sendo estes temperatura, humidade, luminosidade, CO e CO₂) que o museu deve possuir para assim preservar as obras de arte por muito tempo.

O projecto WISE-MUSE é composto por uma série de módulos, todos com a finalidade de contribuírem para melhorar a capacidade e eficiência do Museu da Baleia, no que diz respeito à monitorização ambiental e preservação das obras de arte. Alguns dos módulos deste projecto já foram implementados, nomeadamente: um módulo correspondente à recepção dos dados capturados pelos diversos sensores, denominada plataforma de monitorização; um módulo correspondente à apresentação dos dados ao utilizador, através de um *Web site*, denominado como plataforma *web*; outro módulo implementado, o da base de dados, que se encarrega de guardar todos os dados captados pelos diferentes sensores, para que a aplicação de monitorização consiga enviar os dados para as aplicações de visualização; e ainda um módulo de controlo automático dos desumidificadores e ar condicionado, que actua consoante os valores lidos pelos sensores.

Para poder ter um controlo mais rápido e, consequentemente, mais eficaz dos parâmetros ambientais, pretendeu-se adicionar um novo módulo a este projecto, que permitisse a monitorização ambiental do museu a qualquer momento e em qualquer lugar em que o utilizador se encontrasse, não dependendo de uma plataforma de visualização instalada num computador localizado no museu.

Assim sendo, este trabalho de mestrado consistiu na implementação de uma aplicação móvel, a qual permite a visualização dos vários parâmetros monitorizados, através de um telemóvel. Esta aplicação também permite visualizar e analisar os dados ambientais recebidos

em tempo real, por meio de gráficos, mapas de gradientes, assim como também guarda todos os dados dos diferentes sensores num histórico.

1.2. Motivação

Por um lado é extremamente crítico realizar, de uma forma contínua, a monitorização ambiental de todos os museus, de forma a garantir a preservação de obras de arte ou de outros tipos de artefactos que possam lá estar armazenados ou em exposição (como livros, material biológico, etc.). Neste sentido, surge o projecto WISE-MUSE, que tem como intuito a monitorização e controlo ambiental para a conservação de obras de arte através de RSSF. Assim, este projecto de mestrado visa à implementação de uma aplicação móvel para a monitorização ambiental de museus, permitindo ao utilizador visualizar, em tempo real, os dados recolhidos pela rede de sensores (humidade, temperatura, lux, CO₂, etc.), instalada no museu, através do seu telemóvel.

Desenvolver uma aplicação móvel que permite ao utilizador visualizar os dados de monitorização ambiental, sem se encontrar no seu local de trabalho, é importante pois garante flexibilidade e transmite uma sensação de segurança ao utilizador. Esta aplicação permite a visualização dos dados em tempo real produzidos pela rede de sensores sem fios instalada no museu, assim como receber notificações de situações indesejadas mesmo quando os responsáveis pelo museu não se encontrem no seu interior, tendo para isto uma única exigência, ter uma boa conexão à Internet no telemóvel onde a aplicação for instalada.

Por outro lado, devido ao avanço das novas tecnologias, ao interesse da população em geral pelas mesmas, e à tendente redução dos seus custos de aquisição, podemos constatar que a utilização de *smartphones* está em forte crescimento e que é cada vez mais importante a utilização de aplicações móveis para nos ajudar nas mais variadas situações do no nosso dia-a-dia. Daí se realizar esta aplicação, sendo implementada em *Android*, para posteriormente ser estendida para a plataforma *iPhone*, devido a serem os SOs mais utilizados, nos últimos tempos.

1.3. Objectivos / contributos

Como já foi referido anteriormente o projecto WISE-MUSE é compreendido por vários módulos independentes. No que diz respeito ao projecto em si tem-se como objectivos gerais:

- Estender a arquitectura geral do projecto WISE-MUSE, para permitir o acoplamento do módulo correspondente à aplicação móvel.

- Implementar uma aplicação para telemóvel (*Android* e, posteriormente, *iPhone*) para a visualização de dados, em tempo real, produzidos por uma rede de sensores sem fios, instalada no Museu da Baleia;

Este trabalho consistiu em implementar uma aplicação móvel que tem como objectivos mais específicos:

- Mostrar, numa interface simples, os dados capturados pelos sensores ambientais, sensores das câmaras frigoríficas e sensores das portas de emergência, através de tabelas, gráficos e mapas de gradientes;
- Apresentar os diferentes estados em que um determinado sensor se pode encontrar, podendo para isto utilizar cores que reflectem o estado em que o sensor se encontra;
- Permitir a visualização das notificações dos diferentes tipos de sensores;
- Utilização de todas as ferramentas necessárias para a construção de aplicativos *Android*;
- Incorporação do módulo móvel na arquitectura geral WISE-MUSE;

Assim, a principal contribuição deste projecto é poder visualizar os dados de todos os sensores localizados no museu e implementa-los numa aplicação que permita ao utilizador observar de uma forma simples e em tempo real os respectivos dados.

1.4. Organização/Estrutura da tese

O actual trabalho está estruturado em seis capítulos importantes.

Depois de ter definido todos os objectivos importantes desta tese de mestrado, podemos encontrar no segundo capítulo o estado de arte, que inclui uma série de conceitos e noções que ajudaram a perceber melhor os vários aspectos relacionados com este trabalho, desde os conceitos mais básicos (redes de sensores sem fios, preservação das obras de arte, tecnologia ZigBee, aplicações móveis existentes, etc.) até os trabalhos que já existem nesta área.

O terceiro capítulo descreve o desenho da aplicação, incluindo todo o planeamento e esquematização de todos os detalhes que tem de ser realizados para o correcto funcionamento deste. Este capítulo dá uma ideia geral do que vai ser realizado e como, para ir de encontro a todos os requisitos dos utilizadores.

Em seguida, o capítulo quatro detalha a implementação do projecto, explicando tudo o

que foi necessário instalar, assim como todas as funções que foram implementadas para o bom funcionamento da aplicação.

Depois de terminada a aplicação, procedeu-se à elaboração dos testes, que são descritos no capítulo cinco. Este capítulo não só apresenta os testes realizados, como também os resultados, ou seja, permite através dos testes analisar se as funcionalidades implementadas estão bem executadas, assim como também se efectuam a sua função adequadamente.

Finaliza-se com o capítulo seis, que conclui este trabalho, permitindo apresentar todas as contribuições deste projecto para o mundo real. Neste capítulo, também se compara as diferentes funcionalidades implementadas neste projecto com outros trabalhos já feitos, com o objectivo de entender se este trabalho trouxe contribuições novas e úteis para a preservação das obras de arte.

2. Estado de arte

2.1. Introdução

Em primeiro lugar, será dada uma breve explicação sobre a tecnologia de Redes Sensores Sem Fios (RSSF), a qual é a base para o desenvolvimento deste projecto, devido à facilidade com que é realizada a monitorização das condições ambientais, como por exemplo humidade, temperatura, CO₂, entre outros.

Em segundo lugar, será feita uma apresentação dos valores ambientais que devem ser garantidos para evitar a degradação das obras de artes de um museu, especificamente o Museu da Baleia, assim como também das próprias instalações do edifício, através de um estudo feito neste local.

Posteriormente, será descrita a aplicação WISE-MUSE (*Wireless SEnsor networks for MUSeums' Environmental monitoring and automatic control*), a qual é encarregada da recolha dos dados e apresentação dos mesmos, de tal forma que exiba uma interface intuitiva ao utilizador. Também daremos ênfase aos diferentes sensores que foram utilizados para recolher os dados que servem de base a esta aplicação.

Seguidamente, será dada uma breve explicação sobre os *Smartphones*, incluindo as diferentes plataformas que existem, dando maior importância às plataformas *Android* e *iPhone*, devido a serem as mais utilizadas actualmente e, por essa razão, as plataformas que serão utilizadas neste projecto.

Este capítulo finaliza com a análise de diferentes aplicações e trabalhos relacionados que já foram desenvolvidos no mercado actual. Esta análise foi realizada a fim de verificar as soluções que já existem e, assim propor funcionalidades novas as quais serão essenciais para aumentar a relevância da nossa aplicação.

2.2. Redes de sensores sem fios (RSSF)

Uma rede de sensores sem fios (RSSF) é uma rede tipicamente *ad hoc*, constituída por um conjunto de dispositivos (vulgarmente denominados por ‘nós’) que comunicam sem usar fios, em que um único nó é, normalmente, composto por vários sensores. Estas redes permitem, assim, a monitorização de diferentes parâmetros físicos como: temperatura, humidade, luminosidade, CO, pressão, velocidade, pH, entre outros, de uma forma eficaz, sendo os parâmetros enviados através da rede sem fios.

Uma das desvantagens de trabalhar com sensores é que, à medida que a distância ao fenómeno de monitorizar aumenta, a capacidade de captura dos dados diminui, mas esta desvantagem pode ser ultrapassada com a utilização de mais sensores. Por outro lado, à medida que o tempo de monitorização aumenta, os dados capturados são melhores, devido aos sensores ficarem mais tempo expostos aos fenómenos físicos (Brito, 2006).

Como podemos observar na Figura 1, os nós sensores recolhem os dados. Se necessário, usam outros sensores para encaminhar a informação, directamente para a estação base (*gateway*), normalmente comprimindo-a antes de a transmitir. Esta estação base tem como objectivo receber a informação recolhida e enviá-la para o utilizador final (i.e., para uma base de dados), o qual recebe e consulta as informações necessárias, para monitorizar o comportamento dos fenómenos de interesse (Santos, 2010; Brito, 2006). Um nó sensor é composto, basicamente, por cinco componentes, os quais são: sensores, memória, processador, *transceiver* (transmissor e receptor) e bateria (Peralta e Brito, 2010).

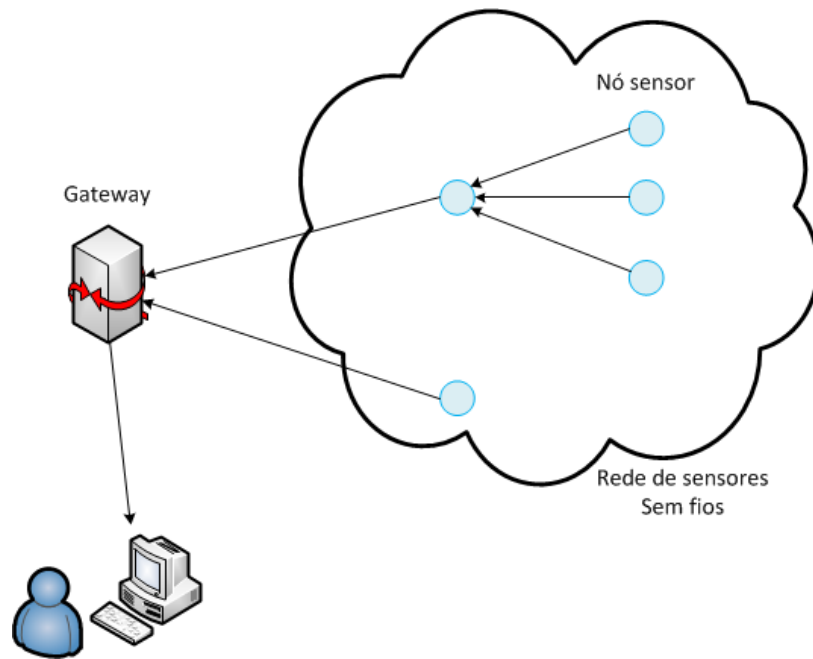


Figura 1 - Topologia de uma rede de sensores sem fios

Criar uma RSSF traz diversas vantagens, nomeadamente: (Brito, 2006; Peralta et al., 2010; Santos, 2010):

- Possibilidade de serem instaladas em qualquer local, mesmo em ambientes hostis (neste caso, os sensores podem ser lançados, por exemplo, de um avião), onde não seria possível a instalação de sensores tradicionais, ou seja, com fios.
- Possibilidade de auto-organização e autoconfiguração.
- Os nós possuem tamanho reduzido e custo reduzido, face às soluções de monitorização tradicionais.
- Grande potencialidade de aplicação, nas mais variadas áreas.
- Fornecimento de energia eficaz.
- Diminuição do tamanho de todos os componentes.
- Circuito de baixa potência.
- Redução nos erros.
- Minimiza o impacto visual causado nos visitantes, devido às suas dimensões reduzidas e à não existência de fios, o qual é de vital importância.
- A colocação preferencial dos nós em locais altos também minimiza o impacto visual como também impede o manuseamento destes aparelhos por parte dos visitantes, impossibilitando assim que sejam danificados.
- Elimina os problemas inerentes às medições tradicionais, em virtude de não

precisar de pessoas especializadas para realizar essas medições, visto que realiza medições contínuas (com a frequência que se desejar), é fiável, preciso a longo prazo e não requer manutenção.

- Evita ser quebrado, devido a não possuir partes móveis para quebrar, ao contrário dos equipamentos tradicionais.
- Depois de ser calibrado, permanece sempre calibrado.

As RSSFs podem ser usadas em diferentes aplicações, cobrindo desta forma diversas áreas de interesse na monitorização, como (Brito, 2006; Peralta e Brito, 2010):

- Monitorização ambiental, apoiando na previsão de fogos, evitando a erosão causada no fundo do mar, preservando as obras de arte, percebendo os diferentes fenómenos que ocorrem no meio ambiente, como terremotos, tornados, entre outros, etc.
- Monitorização na vigilância, protegendo os locais que estão a ser vigiados, permitindo desta forma, verificar o bom comportamento das diferentes pessoas que acedem a um determinado local.
- Monitorização nas indústrias, onde não é possível a utilização de sensores com fios, devido ao seu elevado custo, dificuldade no deslocamento dos cabos e necessidade de verificar os fios, para evitar que se danifiquem.
- Monitorização na engenharia, no comportamento das diferentes estruturas.
- Monitorização nos aviões, substituindo os diferentes sensores com fios que existem.
- Monitorização na medicina, permitindo verificar o funcionamento dos órgãos e permitindo dar um melhor acompanhamento aos doentes.
- Monitorização militar, para obter uma maior e melhor segurança, controlo e manutenção.

2.3. Preservação de obras de arte

Com o passar dos anos, as obras de arte que estão presentes num museu tendem a se deteriorar devido a estarem expostas a diferentes condições ambientais, como são a temperatura, a humidade e a luminosidade, (e expostas a gases poluentes, como o CO e o CO₂), que as vão danificando. É por isso que existe a preocupação constante de preservar as obras de arte, para que estas possam ser visualizadas, estudadas, difundidas e expostas por muito tempo, permitindo deste modo manter presente os indícios culturais de antigamente, assim como manter sempre vivas as histórias que andam à volta dos diferentes objectos que permanecem num museu.

Por tudo isto, o projecto WISE-MUSE surgiu com a proposta inovadora de utilizar as RSSFs para realizar esta monitorização ambiental, oferecendo vantagens quando comparado com as soluções de monitorização tradicionalmente usadas nos museus. As RSSFs combinam as vantagens de uma rede *wireless* com algumas capacidades de computação e detecção de determinadas grandezas do ambiente físico. Para além disso, os nós sensores têm tamanho reduzido, minimizando o impacto visual causado no museu devido à instalação destes dispositivos. Os diferentes dados recolhidos pelos nós sensores sobre o meio ambiente são guardados, para depois serem visualizados através de aplicações que ajudem a analisar os dados e, consequentemente, ajudem na conservação das obras de arte (Brito, 2006; Lee et al., 2008).

Com base nos dados recolhidos, podem ser enviados alertas aos utilizadores quando os limites dos diferentes factores ambientais ultrapassarem os níveis desejados. Isto permitirá tomar as medidas necessárias para prevenir e reduzir os riscos, os quais, se não forem tratados a tempo, podem produzir um efeito acumulativo e irreversível (Chicora Foundation, 1994).

O projecto WISE-MUSE foi aplicado ao caso específico do Museu da Baleia, situado no Caniçal, na Madeira. Os sensores utilizados neste trabalho são: temperatura, humidade, luminosidade, CO e CO₂.

Em qualquer museu, é muito importante ter em consideração os níveis apropriados que os factores ambientais devem possuir, para evitar a deterioração das diversas obras de arte que se encontram no museu. No caso do Museu da Baleia, com a finalidade de saber quais são as condições ambientais necessárias que o museu deve possuir para manter as peças de arte conservadas e apresentar um ambiente agradável aos seus visitantes, foi realizado um estudo no Museu da Baleia em Julho de 2007, no lugar em que se encontram expostas as peças de

arte. Estes limites variam de factor ambiental para factor ambiental, assim como também podem variar de material para material. Neste estudo foi verificado que a humidade relativa presente no museu não deve ser superior a 55%, visto que pode levar ao crescimento de fungos, bactérias e ácaros. Também foi observado que se a humidade relativa atingisse uma percentagem inferior a 25%, poderia causar ou agravar problemas de saúde relacionados com asma e bronquites, podendo também originar irritação nos olhos, nariz e garganta dos seus funcionários e visitantes (Filipa, 2007).

Posteriormente, também foram analisados os níveis de CO₂ (dióxido de carbono) e de CO (monóxido de carbono), onde se constatou que níveis elevados podem ter efeitos muito graves nas pessoas, causando inconsciência ou até morte em casos mais graves. Nos níveis moderados, podem causar dores de cabeça, náuseas e falta de ar (Filipa, 2007).

Por outro lado, os microrganismos como bactérias, fungos e ácaros; podem provocar problemas respiratórios como asma e alergias, assim como também podem provocar severos danos na edificação do museu e nas obras de arte que se encontram no seu interior, possuindo um efeito destruidor nos objectos, particularmente pinturas e livros (Filipa, 2007).

Na Tabela 1 podemos observar os limites ideais que os factores ambientais devem possuir no Museu da Baleia (Filipa, 2007):

Tabela 1 - Valores óptimos para os parâmetros dos factores ambientais no museu da baleia

Parâmetros	Valores máximos de referência	Referência
Temperatura	23 – 26 °C	Norma ISSO 7730:2005
Humidade relativa	30 – 60 %	
CO₂ (dióxido de Carbono)	1000 ppm (1800mg/m ³)	DL 79/2006
CO (monóxido de Carbono)	10,91 ppm (12,5mg/m ³)	
Microrganismos bactérias /Microrganismos fungos	500 UFC/m ³	

A monitorização destes factores ambientais pode ser realizada através da RSSF, por meio de nós sensores que se encontram dispersos no local, os quais recolhem os dados ambientais, sendo posteriormente enviados localmente ou com ajuda dos nós vizinhos, terminando com o envio da informação à base de dados para que o utilizador os consiga analisar. A utilização das RSSF para a captura e envio dos parâmetros ambientais traz um sem fim de vantagens face aos meios de medições tradicionais, permitindo prolongar a vida da rede e evitar uma degradação entre os diferentes nós, por meio de uma excelente gestão de energia. Uma outra vantagem em relação aos meios de medições tradicionais é que graças a existência de vários nós na rede pode-se obter uma cobertura alargada do local, onde cada nó obtém os seus dados podendo ser combinados com os dados obtidos pelos outros nós sensores. Igualmente graças a utilização de diferentes tipos de sensores é favorável no desempenho da rede, pois permite sentir o meio onde estão inseridos (Brito, 2006).

2.4. ZigBee

Esta tecnologia começou a ser desenvolvida em 1998 e recebe o seu nome devido à correlação do funcionamento de uma rede em malha e à forma como as abelhas se deslocam. Isto é, o voo das abelhas é realizado em forma zig...zag e, durante o voo, elas transmitem a informação recolhida umas às outras, permitindo deste modo, escolher diferentes caminhos, caso aconteça algum imprevisto. Em virtude desta comparação, foi implementado nos sensores *ZigBee* este modo de transmissão, em que a informação é transmitida através dos diferentes nós, permitindo deste modo escolher caminhos diferentes caso ocorra uma falha em algum dos nós utilizados, evitando desta forma a perda de informação (Messias, 2008).

Com o intuito de utilizar uma tecnologia capaz de possuir uma série de características específicas como: funcionar numa rede sem fios, baixo consumo de energia, baixo custo, segurança e fiabilidade, foi utilizada a tecnologia *ZigBee* nas RSSFs, já que esta tecnologia possui todas estas características e ainda tem a vantagem de economizar o máximo de bateria possível, podendo utilizar baterias que perdurem durante meses, ou mesmo anos, sem precisarem de serem substituídas. Isto porque quando não estão transmitindo ou recebendo dados, estes módulos entram num estado de “adormecidos”, ajudando deste modo a consumir o mínimo de bateria possível (Messias, 2008).

Esta tecnologia utiliza o padrão IEEE 802.15.4, que especifica uma tecnologia de acesso sem fios, tendo como entidade responsável a *ZigBee Alliance*.

Por um lado, esta tecnologia utiliza dois tipos de dispositivos físicos, os quais são (Messias, 2008):

- FFD - *Full Function Device* (Dispositivos de Funções Completas): Este tipo de dispositivo físico possui um *hardware* mais potente e complexo, permitindo assumir o papel de qualquer um dos três dispositivos lógicos (*coordinator*, *router* ou *end device*). Assim como também pode comunicar com outros membros da rede, consequentemente, consome mais energia.
- RFD – *Reduced Function Device* (Dispositivos de Funções Reduzidas): Este tipo de dispositivo é mais simples, podendo comunicar exclusivamente com os dispositivos *coordinator* ou *router*.

Por outro lado, esta tecnologia tem três tipos de dispositivos lógicos (Messias, 2008):

- *ZC – ZigBee Coordinator* (Coordenador *ZigBee*): este tipo de dispositivo só pode ser implementado por um dispositivo *FFD*, e é o encarregado de coordenar toda a rede, servindo como ponte nas diversas redes *ZigBee*.
- *ZR – ZigBee Router* (Roteador *ZigBee*): este dispositivo só pode ser implementado através de um dispositivo *FFD*, e pode reencaminhar dados sem necessidade do coordenador, podendo também possuir características de um nó normal.
- *ZED – ZigBee End Device* (Dispositivo Final *ZigBee*): este dispositivo pode ser implementado através de um dispositivo *FFD* ou dispositivo *RFD*, sendo o responsável por transmitir a informação que capta do meio ambiente; consome menos energia, em virtude de passar a maior parte do tempo a “dormir”.

2.5. Aplicações móveis

À medida que o tempo passa, pode observar-se que a tecnologia vai evoluindo, permitindo deste modo criar aplicações que nos ajudam a executar funções importantes que auxiliam no nosso dia-a-dia.

Parte destas tecnologias são utilizadas por dispositivos móveis que também vêm evoluindo com o passar dos anos, permitindo criar aplicações capazes de fornecer todas as características que um indivíduo precisa para poder interagir de uma maneira mais fácil, rápida e eficaz com a aplicação desenvolvida.

Os dispositivos móveis são uma espécie de mini computador de bolso, o qual podemos transportar de um lugar para outro sem nenhum inconveniente. São compostos por um pequeno ecrã, bem como um teclado, podendo ser: Smartphones, PDAs, telemóveis, entre outros (Speckmann, 2008).

Com o passar do tempo, os telemóveis mais básicos estão a perder terreno, devido a possuírem funcionalidades mais limitadas, dificultando desta forma a interação do utilizador com o dispositivo móvel. Devido a estas limitações foram criados os *Smartphones*, também chamados de telemóveis inteligentes, os quais possuem funcionalidades avançadas, que permitem integrar programas que são executados num sistema operativo móvel, tendo como objectivo principal fornecer muito mais que as capacidades básicas de comunicação de um telemóvel comum. Para além disso, como a maioria dos smartphones possui código fonte aberto, permite que qualquer utilizador consiga desenvolver programas para estes telemóveis (Speckmann, 2008; Vodafone, 2010).

Com o passar dos anos, os teclados físicos convencionais tem caído em desuso, dando origem aos teclados com *touch-screen*. Esta característica tem vindo a dificultar o uso destes dispositivos para algumas pessoas, pois alguns indivíduos possuem dedos maiores, dificultando a escrita ou a utilização das funcionalidades do dispositivo. Contudo, os *Smartphones* têm muitas mais vantagens que desvantagens e a prova disso é o acesso rápido, fácil e eficaz à Internet e a aplicações que permitem uma maior personalização com as tarefas pretendidas pelo utilizador (Vodafone, 2010; Andrade, 2010).

A maioria dos *Smartphones* possui o seu próprio sistema operativo, também conhecido no mundo móvel por *plataformas*, no entanto, também há plataformas que foram criadas para poderem ser implementadas em qualquer tipo de *Smartphone* (Andrade, 2010).

As plataformas têm evoluído de tal forma que permitem a implementação de diferentes aplicações executadas pelos utilizadores, permitindo deste modo adoptar a suas necessidades pessoais ou de trabalho.

À medida que o tempo passa, os *Smartphones* evoluem, do mesmo modo que os seus sistemas operativos também crescem, conquistando uma maior percentagem de utilização por parte dos utilizadores. Num estudo feito por Tomi T. Ahonem, baseado nas principais casas analistas referenciado em (Ahonen, 2011) pode-se observar que as principais plataformas utilizadas actualmente são: *Android*, *iPhone OS*, *BlackBerry OS*, *Symbian*, *Web OS*, *Maemos*, *Windows Phone 7* e *Bada*. Também se pode observar que nos dois primeiros trimestres do ano de 2011, o *Android* foi o sistema operativo mais adquirido pelas pessoas, geralmente programadores, devido a ser *open source*, podendo realizar qualquer tipo de aplicação. Seguidamente, no primeiro trimestre, encontra-se o *Symbian*, devido a ser um dos telemóveis que consegue abrir várias aplicações ao mesmo tempo, sem consumir muitos recursos. Mas, no segundo trimestre, o *iPhone* passou a ser o segundo telemóvel mais vendido devido a ser intuitivo e fácil de utilizar. Estes resultados podem ser observados na Figura 2 e 3.

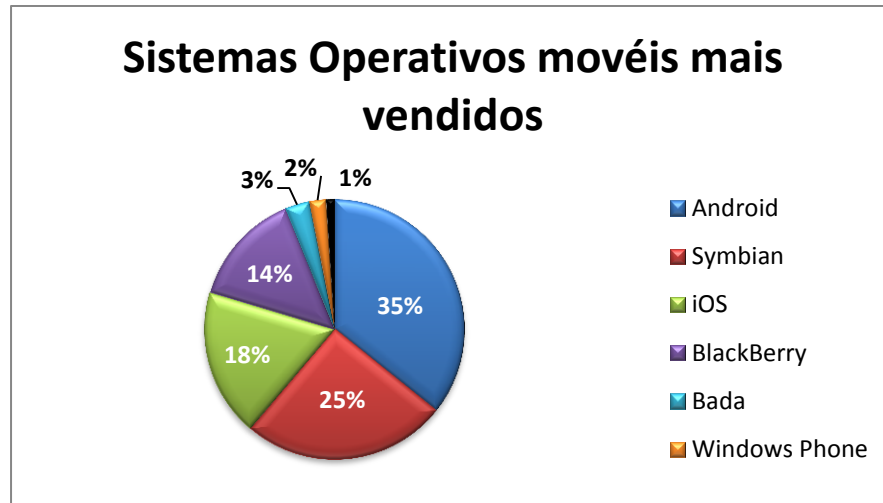


Figura 2 - Smartphones mais vendidos no primeiro trimestre de 2011

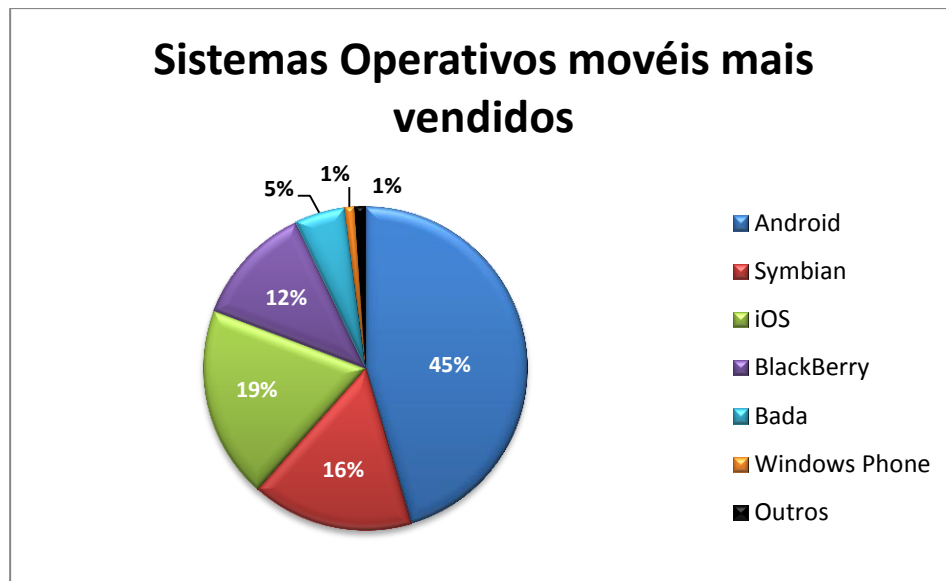


Figura 3 - Smartphones mais vendidos no segundo trimestre de 2011

2.5.1. *Symbian OS*

É um dos sistemas operativos mais populares devido a possuir uma interface gráfica simples e fácil de utilizar, assim como também possibilita a abertura de várias aplicações ao mesmo tempo, utilizando o mínimo de recursos possíveis. Começou por ser a primeira plataforma a ser desenvolvida para *Smartphones*, sendo até 2011 a principal plataforma para os *Smartphones* da *Nokia*. Esta plataforma é estável e segura quando comparado com os seus adversários, possibilitando a realização de aplicações em diferentes linguagens, como também permite a incorporação de aplicações feitas por terceiros (Vodafone, 2010; Nokia Developer, 2012).

2.5.2. *BlackBerry OS:*

É o sistema operativo mais utilizado quando se trata de negócios, graças a por fornecer diversas aplicações que ajudam a uma melhor realização do trabalho. É uma plataforma fechada pelo seu desenvolvedor *RIM (Resersch In Motion)*, isto é, não permite a instalação de aplicações realizadas por terceiros, mas permite a comunicação com diferentes aplicações pagas e gratuitas do seu próprio sistema. É uma plataforma bastante utilizada, quando se refere à leitura, armazenamento e envio de *emails* exclusivos do sistema (Tmn, 2011; Vodafone, 2010).

2.5.3. *Windows Phone*

Este sistema operativo está centrado nos utilizadores executivos, uma vez que é baseado na versão do *Windows* do PC, e tem como função poder descarregar e utilizar quase todas as aplicações que são utilizadas no PC (como, por exemplo, *Internet Explorer*, *Microsoft Office*, *Media Player*, entre outros). Esta plataforma tem como nome primitivo *Windows Mobile* devido a estar centrada no mercado empresarial, mas, actualmente, devido a estar focada no mercado de consumo passou a ser chamada *Windows Phone*. Esta versão da plataforma tem como desvantagem a impossibilidade de correr as antigas plataformas do *Windows Mobile* (Vodafone, 2010; Tmn, 2011)

2.5.4. *Bada*

É um sistema operativo recentemente desenvolvido pela *Samsung*, nomeadamente em 2010, e esta plataforma não tenta competir com outras plataformas de *Smartphones*, mas sim oferecer um serviço novo aos utilizadores convencionais, isto é, tenta converter os clientes convencionais em utilizadores *smartphones*. Tem uma plataforma aberta, a qual permite que os utilizadores obtenham diversas aplicações do mesmo sistema. (Tmn, 2011; bada, 2011).

2.5.5. *Web OS*

Este sistema operativo pode chegar a ser um dos rivais do *Android* e do *iPhone*, devido a possuir uma interface apelativa e acessível ao utilizador assim como o *iPhone*, disfrutando também do poder de processamento do *Android*. Esta plataforma está centrada nas pessoas que querem estar informadas, permitindo deste modo poder integrar diferentes fontes de informação (Deco Proteste, 2010; Andrade, 2010).

2.5.6. *Maemos:*

Este sistema operativo foi desenvolvido pela *Nokia* e é baseado em *Linux*. Esta plataforma permite que um utilizador consiga abrir e trabalhar com várias aplicações ao mesmo tempo, sem necessidade de as fechar. Esta plataforma está focada nos desenvolvedores, permitindo usufruir de código aberto para criação de diversas aplicações, oferecendo também uma interface intuitiva e completa (Tmn, 2011; Maemo, N.D).

2.5.7. *Android:*

Este sistema operativo é um dos grandes e mais utilizados pelos utilizadores actualmente, graças a ser uma plataforma eficaz, versátil e aberta. É centrado nos programadores, devido a

ser uma plataforma *open source*, permitindo deste modo que os programadores possam criar um sem fim de aplicações, baseadas na linguagem de programação *java*, utilizando diferentes bibliotecas criadas pela *Google*.

Esta plataforma é baseada no núcleo *Linux*. Inicialmente, foi criada pela *Google*, mas posteriormente desenvolvida pela *Open Handset Alliance*, continuando a ser a *Google* a responsável pela gestão da plataforma. Possibilita uma ligação com um sem número de aplicações gratuitas e pagas da *Google* e não só, através do *Google Market*. (Android Developers, 2011).

O *Android Open Source Project* (AOSP) é uma pilha de Software para telemóveis e outros dispositivos. Tem como principal objectivo a construção de um software excelente, que seja capaz de ser utilizado em qualquer Hardware, ou seja, este SO pode ser utilizado em vários telemóveis, de qualquer marca. De igual modo, esta plataforma foi criada para permitir que qualquer pessoa consiga criar um sem número de aplicações, graças à alta qualidade de produção e ao código fonte totalmente aberto, permitindo ser personalizado e reutilizado por outros desenvolvedores. Esta plataforma já se encontrava pronta a ser utilizada desde 2007, mais só foi lançada a final de 2008 pelo telemóvel *handset* fabricado por a empresa Taiwanesa *High Tech Computer Corporation* (HTC) (Android Developers, 2011; Enck et al., 2009).

2.5.8. *iOS* (SO do *iPhone*)

Este é o segundo sistema operativo mais utilizado pelos utilizadores dado que é intuitivo e fácil de utilizar, mas, visto que a *Apple* não permite a integração de terceiros, esta plataforma fica no segundo lugar e não no primeiro dos mais vendidos e utilizados. É uma plataforma criada pela *Apple* e a interacção com o telemóvel é de tal maneira intuitiva, que com simples e fáceis toques no ecrã consegue-se uma boa interacção com ele. Os utilizadores podem ter acesso a inúmeras aplicações móveis. As diferentes versões criadas por este sistema operativo são: *iOS 1.X, 2.X, 3.X, 4.X e 5.X*. (Vodafone, 2010; Tmn, 2010)

2.6. Trabalhos relacionados

Existem inúmeras aplicações implementadas para o SO (como *Android*, *iPhone*, *BlackBerry* entre outros), as quais permitem realizar inúmeras actividades, como: entreter, manter informado, cuidar, entre outras. Uma vez que o objectivo deste projecto é a monitorização ambiental, foi efectuada uma pesquisa de diferentes tipos de aplicações relacionadas com o tema de monitorização. Em geral, estes sistemas podem ser agrupados em aplicações para a saúde, aplicações para casas inteligentes e aplicações para segurança.

Entre as aplicações para a saúde temos aquelas que permitem controlar a evolução de um determinado paciente, verificar a saúde dos pacientes, etc. Existem inúmeras aplicações que permitem visualizar, através de monitorização, os dados do paciente. Algumas das aplicações encontradas foram:

- *Droid jacket*: No artigo "*Droid jacket: Using and Android based smartphone for team monitoring*" referenciado em (Colunas et al., 2011), temos uma aplicação para telemóvel que se encarrega de monitorizar as condições ambientais que um socorrista suporta, para avaliar a quantidade de stress e cansaço que ele está a sofrer, permitindo desta forma controlar e melhorar o desempenho do socorrista. Este sistema consiste num aplicativo Android que capta os sinais vitais (tais como ECG, pulso, entre outros), através de sensores que são colocados na roupa do utilizador. Estes dados são depois retransmitidos para um servidor, sendo, posteriormente, analisados e apresentados no ecrã do telemóvel.
- *Telecare*: O artigo "*Enabling telecare assessment with pervasive sensing and Androi OS smartphone*" referenciado em (Postolache et al., 2011), apresenta uma aplicação chamada "*Telecare*" que se encarrega de detectar a actividade respiratória, cardíaca e motora de um paciente, através de um dispositivo de pulso chamado "*Smart Bracelet*". Os dados que foram recolhidos são, depois, encaminhados para um telemóvel Android através do Bluetooth, sendo visualizados numa interface gráfica. Seguidamente, esses dados são enviados para o sistema de informação do *telecare Web* através da rede *Wi-Fi*. Esta aplicação tem como principais funcionalidades sincronizar, apresentar e analisar dos dados recebidos pelo "*Smart Bracelet*".

Por outro lado, temos as aplicações que possibilitam a monitorização das casas inteligentes para melhorar a qualidade de vida de quem as habita.

A aplicação “*Green House*” (Ai and Chen, 2011) consiste numa casa que permite a monitorização do ambiente de uma estufa, para poder melhorar a qualidade da colheita. Esta aplicação consiste em receber os dados dos sensores de temperatura e humidade e enviá-los para a aplicação móvel, através de *Wireless Access Points*, usando a rede *Wi-Fi*. O telemóvel recebe esses dados e apresenta-os numa interface gráfica.

No artigo “*Visual and interection design themes in mobile healthcare*” referenciado em (Falchuk, 2009) podemos observar um protótipo que permite emular uma casa inteligente, com diferentes sensores instalados por toda a casa, para possibilitar o fornecimento de dados importantes sobre os membros que ocupam a casa. Entre as informações que são recolhidas salienta-se a localização das diferentes pessoas que habitam na casa. Este protótipo tem como funcionalidade importante enviar um lembrete caso alguma actividade tenha corrido mal.

Em Moreira et al. (2011) foi criada uma aplicação que permite monitorizar diversos sensores, como temperatura e humidade, remotamente através da RSSF instalada numa casa. Esta aplicação tem como principal objectivo interagir com a RSSF, possibilitando que o utilizador possa visualizar os diferentes estados dos sensores, assim como também receber alertas caso um determinado sensor exceda o seu limite. Para que esta aplicação funcione correctamente é preciso uma estação base que permita o armazenamento dos dados e permita a comunicação dos mesmos através da própria WSN. Isto permitirá ao utilizador visualizar, a qualquer hora e em qualquer lugar, o estado dos sensores.

A arquitectura deste sistema é composta da seguinte forma: primeiro, os dados dos sensores são enviados por vários nós que se comunicam uns com outros. Estes nós, incluindo câmaras digitais, vão permitir a visualização da área onde os dados foram capturados, vão ser instalados em várias áreas definidas anteriormente. A recepção e envio de dados são realizados da seguinte forma: primeiro, é detectado se um determinado sensor passou do seu limite; seguidamente, a estação base é informada sobre o incidente; esta, por sua vez, regista o evento e verifica a área onde este ocorreu, para poder tirar uma foto; posteriormente, a estação de controlo vai procurar todos os utilizadores que estão associados ao sensor que originou o evento e irá enviar todos os dados necessários para que o utilizador fique informado do sucedido (Moreira et al., 2011).

Na aplicação móvel do respectivo projecto, o utilizador pode consultar os sensores e câmaras que estão instaladas numa casa. De igual forma, poderá visualizar todos os alertas que são gerados pelos sensores. Esta aplicação encontra-se dividida em várias secções para permitir uma óptima visualização ao utilizador de todos os dados recolhidos. Por isso, é possível consultar os sensores por: planta da casa, piso ou tipo de sensor. Quando escolhida a opção 'planta da casa', é possível visualizar uma imagem 2D da área onde se encontram os diferentes sensores, podendo o utilizador aceder a qualquer um dos sensores que lá estão. Ao escolher um dos sensores que se encontram na planta, é apresentado o nome, valor actual e localização do sensor. O utilizador também pode consultar todos os alertas de um determinado sensor, podendo filtrar os dados por área, sensor, por alertas ou também apenas observar os alertas unicamente dos sensores que ele monitoriza. O utilizador, antes de receber os alertas através de SMS e/ou email, deve escolher qual é o sensor ou os sensores sobre os quais deseja estar informado. Depois de seleccionar o sensor pretendido, o utilizador pode personalizar a forma de receber os alertas, sendo preciso escolher o número de entrada pessoal, o valor mínimo que cada sensor pode atingir, e o número de ocorrências que devem suceder para ser notificado. Estas alterações podem ser modificadas a qualquer momento, sendo que estas vão ser assumidas de forma padrão quando não forem definidas pelo utilizador (Moreira et al., 2011).

Também existem aplicações que ajudam a monitorizar um determinado local, para permitir segurança tanto pessoal (como, por exemplo, roubos) como física (como, por exemplo, sensores ambientais).

Este trabalho de monitorização de vigilância (Heming et al., 2010; Pang et al., 2010) tem como objectivo resolver dificuldades dos sistemas de vigilância tradicionais, por meio de sensores sem fios e através do telemóvel *Android*. Neste trabalho foram utilizados sensores que se encarregam de recolher dados referentes a humidade, temperatura, dióxido de carbono e concentrações de gases, assim como também indicam a intrusão de algum material externo ao laboratório foi dividido em duas partes: o servidor e o cliente. No servidor, um processador ARM é conectado a uma câmara digital e aos vários sensores que vão monitorizar os parâmetros ambientais recolhidos no local. Posteriormente, os dados serão enviados para o cliente, que vai ser um telemóvel *Android*, para serem processados. Ao contrário do projecto WISE-MUSE que utiliza o protocolo *ZigBee*, onde os dados são recolhidos pelo nó sensor, sendo enviados posteriormente para a *gateway*, finalizando com o envio dos dados para a plataforma de monitorização instalada no computador que se vai encarregar de analisar e

armazenar os dados, para posteriormente poder ser utilizado na aplicação móvel. Nos dois projectos foram utilizados materiais capazes de consumir pouca energia (muito importante para a captura de dados em tempo real) e ocupação de pouca área (muito importante para a não visualização do material por parte dos utilizadores)

Ao pesquisar aplicações na área da monitorização ambiental, verificou-se que existem várias aplicações, quer em software ou hardware, que permitem monitorizar de forma eficiente as condições ambientais de um lugar específico.

Na aplicação “*Overseer*” (*Network Monitoring Software*, 2012), pode ser observado o estado ambiental da sala onde está localizado um servidor. A temperatura e humidade do centro de dados são monitorizadas através de um monitor EM1, alertando através de emails, enviados para o telemóvel, caso os limites máximos ou mínimos foram atingidos.

Por outro lado, também existem diferentes *softwares* que nos ajudam na monitorização ambiental como o *EnviroSense* (EnviroSense Strategic Environmental Consultants 2012), que é um software que monitoriza a temperatura e a humidade, sendo muito útil para a agricultura, salas de informática ou qualquer área que precise de monitorização. Esta aplicação permite o envio de sms e relatórios, através de um telemóvel.

Existem inúmeras aplicações que permitem a monitorização. Na área da saúde, estas aplicações servem para ajudar a melhorar a qualidade de vida dos pacientes e permitir uma reacção mais rápida em caso de uma determinada doença. Na área da monitorização das casas inteligentes, estas aplicações ajudam a manter um ambiente agradável e a garantir mais segurança. Por fim, as aplicações que auxiliam na monitorização de um determinado lugar permitem mantê-lo sempre em segurança.

Todas as aplicações aqui presentes contribuem de uma forma ou de outra, na monitorização tanto ambiental como de saúde. Permitindo observar os diferentes dados que são recolhidos pelos sensores e apresentar estes numa interface gráfica para telemóveis, com a finalidade de poder observar estes dados a qualquer momento e em qualquer lugar de uma forma eficiente e simples. O que diferencia as diferentes aplicações aqui referenciadas é a apresentação dos dados recebidos aos utilizadores, sendo que alguns permitem enviar alertas ao telemóvel para prevenir e avisar aos utilizadores em relação a alguma actividade que tenha ocorrido mal como é o caso do “*Overseer*”, “*Envirosense*”; tendo outros a possibilidade de apresentar gráficos dos dados como é o caso do “*Droid Jacket*”, “*Telecare*”; Finalizando com

aquelas que permitem observar o lugar onde os sensores se encontram como é o caso do “sistema de monitorização de vigilância”, “Aplicação móvel para a monitorizar a RSSF”.

Com base nestas formas de apresentação dos dados, decidimos realizar a aplicação “*WISE - MUSE*” que permite a junção destas funcionalidades permitindo um sistema mais completo e eficiente. De igual forma esta aplicação permite a apresentação dos dados através de mapas gradientes, para poder visualizar as variações dos diferentes parâmetros ambientais do respectivo local.

2.7. Conclusão

Os sensores sem fio são discretos e pequenos, passando despercebidos pelos visitantes do museu evitando assim o dano dos mesmos, por parte do manuseamento dos visitantes. São fáceis de instalar e calibrar, devido a não possuírem fios que atrapalham na instalação e uma vez calibrados não precisam ser calibrados novamente. De igual modo possuem uma bateria que chega a durar meses e até anos, tornando as medições mais confiáveis. Em virtude de todas estas vantagens aqui presentes, os sensores sem fios são cada vez mais usados, devido a serem eficazes, confiáveis e seguros, nas medições que eles realizam.

Outra coisa a ter em conta, que é muito importante, é saber qual é a medição exacta que os factores ambientais devem possuir de modo a evitar o deterioramento das obras de arte, deste modo preservando por muitos anos a história que essas obras expõem.

Existem muitos tipos de telemóveis no mercado nos quais, podemos encontrar uns que são utilizados para actividades de lazer, assim como também podemos encontrar telemóveis que ajudem aos desenvolvedores a criarem aplicações que auxiliem no dia-a-dia dos usuários. Em consequência disto tem vindo a aumentar a utilização de *Smartphones* actualmente, sendo os mais utilizados o *Android* e *iPhone*.

3. Desenho da aplicação

3.1. Introdução

Após pesquisar e estudar todos os conceitos importantes relacionados com vários aspectos do projecto *WISE-MUSE* e analisar com as outras aplicações móveis já existentes, passou-se aos estudos necessários à concepção do sistema.

Para tal, foi efectuada uma análise conceptual, que possibilitou estruturar e implementar a aplicação de forma correcta, seguindo uma série de etapas para ajudar à percepção dos atributos do sistema, assim como também à identificação dos requisitos a serem implementados para que a aplicação fosse funcional e eficiente.

Com este fim, foi, em primeiro lugar, realizado um levantamento dos requisitos que o sistema devia ter, através da análise dos objectivos e funcionamento do projecto *WISE-MUSE*. Seguidamente, foram analisadas as necessidades dos utilizadores finais. Posteriormente, foram elaborados os casos de uso, para permitir aos utilizadores ter uma percepção do funcionamento geral da aplicação, validando os diferentes requisitos previamente realizados.

Com base na análise efectuada, procedeu-se à elaboração de uma arquitectura que implementasse todas as funcionalidades necessárias ao sistema pretendido, permitindo desta forma obter uma solução completa e melhorada, em relação a outras aplicações já existentes no mercado.

Posteriormente, foram realizados os protótipos abstractos canónicos, os quais permitiram compreender melhor as funcionalidades que iriam ser implementadas. Esta fase terminou com o modelo de dados, o qual permite ter uma percepção de como vai ser o armazenamento dos dados recolhidos por todos os tipos de sensores.

3.2. Levantamentos de requisitos no âmbito do projecto WISE-MUSE

O levantamento de requisitos para este trabalho consistiu na leitura dos relatórios anteriores, os quais ajudaram a ter uma percepção dos módulos que já foram implementados, assim como suas respectivas funcionalidades. Permitindo analisar quais funcionalidades podiam ser implementadas na aplicação móvel, assim como também que novas funcionalidades podiam ser incorporadas. Também foi realizado uma reunião com o director e o engenheiro do museu da baleia, para compreender o que queriam que fosse implementado, assim como que funcionalidades extras podiam querer que a aplicação tivesse.

Como forma de preservar as obras de arte, foi criado o projecto *WISE-MUSE*, implementado no Museu da Baleia, situado no Caniçal, na Ilha da Madeira. Este projecto tem, essencialmente, 5 objectivos principais (Peralta et al., 2010):

- Criar uma *RSSF* capaz de monitorizar todos os factores ambientais, nos lugares que são mais críticos no Museu da Baleia.
- Monitorizar poluentes, os quais também são uma preocupação importante para a preservação das obras de arte.
- Recolher todos os dados recebidos pelos sensores, com a finalidade de dar aos utilizadores um sistema de controlo, com a possibilidade de consultar todos os dados em tempo real, prevenindo quando surgem parâmetros ambientais com valores fora do esperado.
- Armazenar todos os dados numa base de dados, que permite ter acesso aos mesmos sempre que seja necessário.
- Visualizar todos os dados numa plataforma visual intuitiva ao utilizador.

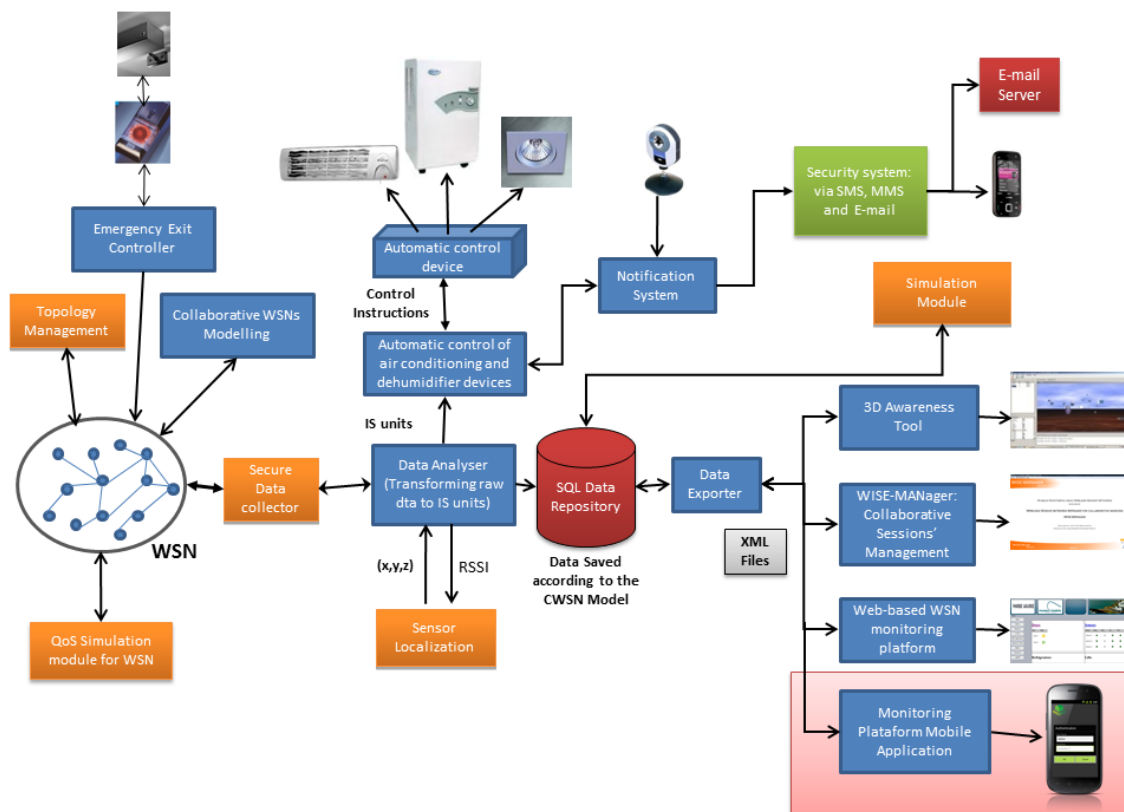


Figura 4 - Arquitectura geral do projecto WISE-MUSE

Este projecto é constituído por vários módulos, os quais têm sido desenvolvidos ao longo dos últimos anos, de uma forma individual, para posteriormente serem integrados. Na figura 4 podemos observar os módulos do projecto e a interligação entre eles.

Existem dois módulos principais. O primeiro é a plataforma de monitorização, realizado pela aluna de Mestrado de Engenharia Informática, Dália Sousa, no ano de 2009. Nesta plataforma foi utilizada a tecnologia *ZigBee*, que é um protocolo eficaz por possuir uma baixa taxa de dados, consumo e custo, permitindo deste modo o controlo remoto da comunicação (Santos, 2010).

O segundo é a plataforma de visualização, a qual vai estar dividida em duas partes, uma página Web e uma aplicação para telemóvel.

A página WEB foi realizada pelo aluno de Mestrado de Engenharia de Informática, João Santos, no ano de 2010. Esta página permite a visualização e monitorização remota via Internet, onde são observados todos os sensores que foram dispersos no museu. Também apresenta os dados dos diferentes factores ambientais que são recebidos (Santos, 2010).

O desenvolvimento da aplicação para telemóvel é o objectivo deste trabalho de mestrado. Com a finalidade de prevenir a deterioração das obras de arte de uma forma mais eficiente, foi realizada uma aplicação móvel que permite receber os dados de uma forma mais actualizada, em qualquer lugar onde o utilizador se encontre e em qualquer instante, permitindo analisar e interpretar estes dados mais rapidamente, alertando assim quando um determinado factor ambiental passou do seu nível específico de referência.

O funcionamento básico do *WISE-MUSE* é o seguinte. A plataforma de monitorização é responsável por capturar os parâmetros ambientais nos museus, através da rede RSSF, formada por diferentes tipos de sensores. Estes sensores são: os sensores de temperatura, luminosidade, humidade, Co e CO₂ implementados nas salas de exposição e os sensores de temperatura implementados nas câmaras frigoríficas. De igual forma se encontram implementados por todo o museu os bloqueadores das portas de emergência.

Seguidamente, estes dados recolhidos “em bruto” são convertidos e analisados para, posteriormente, serem enviados para a base de dados *MySQL*, a qual se encarrega de guardá-los. Por último, estes dados podem ser observados e analisados pelos utilizadores através dos diferentes tipos de visualização, nos quais temos uma página WEB e uma aplicação para telemóvel. É importante referir que esta arquitectura, com o passar dos anos, tem sido modificada e melhorada, tendo-se vindo a produzir diferentes refinamentos, para torná-la numa arquitectura totalmente útil e pronta a ser utilizada por qualquer museu (Peralta et al., 2011).

Na Figura 4 podemos observar que a aplicação móvel, que foi realizada neste trabalho, foi incorporada na arquitectura do projecto *WISE-MUSE* (representada num quadro vermelho). Onde será explicada posteriormente na secção 3.5.

De acordo com o que já foi feito, verificou-se que os sensores podem apresentar três estados diferentes, e estes estados são apresentados com três cores diferentes, podendo ser observados na figura 5 (Santos, 2010):

- Verde: para representar que o factor ambiental se encontra com o valor adequado.
- Amarelo: para representar que o factor ambiental se encontra um pouco acima ou abaixo do valor que deveria ter. Esta cor deve representar um estado de emergência, isto é, o utilizador deve estar com atenção para verificar se as condições voltam ao normal, evitando assim o estrago das obras de arte.

- Vermelho: para representar que o factor ambiental se encontra muito acima ou abaixo da medida adequada. Esta cor representa um estado de alerta, querendo isto dizer que as condições ambientais devem ser rapidamente corrigidas, para evitar a deterioração das obras de arte.

Sensors

Sensor	Temp	Hum	Luz	CO2
Sensor 1	●	●	●	●
Sensor 2	●	●	●	●
Sensor 3	●	●	●	●

Figura 5 - Visualização dos estados dos sensores da plataforma WISE-MUSE

Nesta aplicação serão visualizados os diferentes tipos de nós sensores que serão instalados no Museu da Baleia indicando os diferentes andares e salas em que os mesmos estão localizados.

Na Tabela 2 pode-se observar a quantidade de nós sensores, coordenadores, *routers* e bloqueadores que vão ser instalados nos diferentes pisos do museu (Projecto Wise-Muse, 2010).

Tabela 2 - Sensores utilizados no Museu da Baleia

Piso	Coordenador	Bloqueadores	Routers	Tipos de sensores		
				Temp; Hum; Lux	Temp;H um; Lux; CO	Temp; Hum; Lux; CO2
2	-	2	3	-	3	3
1	-	6	3	-	2	3
0	1	9	6	15	4	6
-1	-	2	4	-	2	2
Total	1	19	16	15	11	14

Nesta plataforma também podemos visualizar os diferentes estados em que as portas de emergência do museu se encontram, prevenindo, deste modo, a segurança dos museus. O

estado das portas é representado usando três cores distintas, como se pode observar na Figura 6:

- Verde: porta fechada.
- Amarelo: porta em emergência.
- Vermelho: porta aberta.

Doors




Door	State
Door 1	
Door 2	
Door 3	

Figura 6 - Visualização dos estados das portas de emergência na plataforma WISE-MUSE

As portas que não possuem bloqueadores são críticas para a segurança do museu. Por este motivo, foi feito um levantamento sobre as portas que têm bloqueadores e as que não tem bloqueadores, para desta forma poder analisar o estado das portas. Foram instalados sensores nas portas que não possuem bloqueadores, que estão, representados na Tabela 3 (Projecto Wise-Muse, 2010).

Tabela 3 - Portas com bloqueadores e sem bloqueadores no Museu da Baleia

Piso do edifício	Nº de portas com bloqueadores	Nº de portas sem bloqueadores
-1	2	2
0	11	2
1	6	0
2	3	2

3.3. Requisitos do Sistema

Os requisitos são as funcionalidades que um sistema deve possuir para poder reunir todas as utilidades essenciais da aplicação. Os requisitos do sistema são cruciais nesta fase, pois são eles que definem as características e funções do sistema que devem ser observados e analisados para o desenvolvimento da aplicação de uma forma eficiente, conseguindo deste modo uma implementação completa e eficaz de todas as funções próprias da aplicação (Silva e Videira, 2001). Assim, a análise de requisitos permite ter uma noção do que o sistema deve realizar. Os requisitos podem-se definir como ser não funcionais ou funcionais.

Neste trabalho, foi realizado um primeiro levantamento dos requisitos com as pessoas envolvidas (*stakeholders*) no projecto *WISE-MUSE*. Seguidamente, o levantamento destes requisitos foi realizado com mais detalhe, através de uma reunião com os mesmos utilizadores (director do Museu da Baleia e demais utilizadores da aplicação), de forma a analisar e melhorar os requisitos mais importantes.

3.3.1. Requisitos não funcionais

Os requisitos não funcionais são os que dizem respeito às características particulares do *Software*, isto é, as características qualitativas do projecto, que são restrições dos requisitos funcionais, permitindo deste modo descrever os aspectos que o sistema deve satisfazer. Estes requisitos são especificados pelo desenvolvedor da aplicação, tomando em consideração as funções de qualidade que a aplicação deve possuir (Silva e Videira, 2001).

Os requisitos não funcionais da aplicação são:

- RNF1. O sistema deve permitir a implementação de uma base de dados *SQL* para efectuar o processo de comunicação dos dados entre a aplicação móvel e a plataforma de monitorização;
- RNF2. O sistema deve receber e tratar todos os dados que são enviados através dos vários sensores dispersos pelo museu;
- RNF3. O sistema deve funcionar 24 horas por dia;
- RNF4. O sistema deve ser implementado de modo a funcionar num *SO* móvel;
- RNF5. Deverá ser fornecida aos utilizadores da aplicação uma documentação clara e adequada;
- RNF6. O sistema deve ser rápido, eficaz e fácil de utilizar para qualquer utilizador, com ou sem experiencia no sistema;

- RNF7. O sistema deve permitir o armazenamento e visualização dos parâmetros enviados pelos nós sensores, em tempo real;
- RNF8. O sistema deve ser genérico de tal forma que possa ser utilizado por qualquer museu.
- RNF9. O conteúdo da aplicação deve ser escrito de maneira mais clara possível;
- RNF10. O sistema deve permitir receber, tratar e exibir os dados recolhidos por vários sensores ambientais, sensores das portas de emergência e sensores das câmaras frigoríficas, ao mesmo tempo;
- RNF11. O sistema deve custar o mínimo possível;
- RNF12. O sistema deve permitir uma resposta rápida a todas as operações realizadas;
- RNF13. O sistema deve ser seguro na apresentação dos estados dos sensores, portas de emergência e câmaras frigoríficas;
- RNF14. O sistema deve permitir o acesso ao sistema apenas aos utilizadores devidamente autenticados;
- RNF15. O sistema deve ser tolerante a falhas;
- RNF16. O sistema não pode consumir muitos recursos do telemóvel;
- RNF17. O sistema deve evitar inconsistências e perdas de dados;
- RNF18. O sistema deverá ser tolerante às mudanças realizadas na rede de sensores sem fios, à adição e eliminação dos nós sensores, assim como da sua localização.
- RNF19. O sistema deve utilizar tecnologias que aproveitem o código aberto e licenças não pagas.

3.3.2. Requisitos funcionais

Os requisitos funcionais são aqueles que especificam as funções que o sistema deve implementar, permitindo, deste modo, desenvolver as funções específicas que o utilizador espera observar na aplicação. Estes requisitos podem ser especificados através dos casos de utilização, permitindo uma explicação centrada nos utilizadores da aplicação (Silva e Videira, 2001).

Os requisitos funcionais da aplicação são:

- RF1. O sistema deve permitir ao utilizador realizar a autenticação;
- RF2. O sistema deve permitir ao utilizador sair da aplicação a qualquer momento;

- RF3. O sistema deve permitir ao utilizador visualizar, em tempo real, o estado de todos os sensores, portas de emergência e câmaras frigoríficas, instalados no museu;
- RF4. O sistema deve permitir visualizar todas as informações recolhidas pelos sensores, portas de emergência e câmaras frigoríficas;
- RF5. O sistema deve permitir ao utilizador visualizar o histórico por data (dia, mês ou ano), piso, sala, assim como outros parâmetros de todos os sensores, portas de emergência e câmaras frigoríficas;
- RF6. O sistema deve permitir ao utilizador visualizar o gráfico dos diferentes parâmetros dos sensores e câmaras frigoríficas, seleccionando uma determinada data, piso ou sala;
- RF7. O sistema deve permitir aumentar ou diminuir o tamanho do gráfico, para permitir uma melhor visualização do mesmo;
- RF8. O sistema deve permitir ao utilizador visualizar os mapas de temperatura de todos os sensores ambientais e câmaras frigoríficas, assim como também deve permitir visualizar os mapas de humidade, luminosidade, CO e CO₂ de todos os sensores ambientais, seleccionando uma determinada data, piso e sala;
- RF9. O sistema deve permitir gerar notificações, caso algum dos estados dos sensores, das portas de emergência ou das câmaras frigoríficas se encontrem em risco;
- RF10. O sistema deve mostrar uma cor diferente para representar os diferentes parâmetros recebidos pelos sensores, portas de emergência e câmaras frigoríficas;
- RF11. O sistema deve permitir a recuperação da respectiva palavra passe.
- RF12. O sistema deve identificar (através da mudança da cor do sensor) rapidamente os casos em que haja um sensor com os parâmetros fora dos valores normais.

3.4. Modelo de Casos de Uso

3.4.1. Actores

Os actores representam os papéis que os utilizadores ou equipamentos de *hardware* executam no sistema, permitindo deste modo exemplificar todas as interações que podem ser feitas no sistema (Silva e Videira, 2001)

Nesta aplicação temos os seguintes actores:

- Cliente: pessoa responsável pela monitorização constante dos dados do museu;
- WSN: sistema responsável por enviar os dados necessários para a monitorização de dados, utilizando uma rede *ZigBee*;

3.4.2. Caso de Uso

Os casos de uso representam as actividades da aplicação que relatam o que faz um sistema, detalhando os requisitos funcionais do mesmo, para poder possibilitar aos *stakeholders*, a visualização do comportamento do sistema, detalhando os requisitos funcionais do sistema com o utilizador responsável pela sua utilização. Estas ferramentas são de grande uso para a visualização de toda a navegação que o utilizador poderá realizar na aplicação (Silva e Videira, 2001).

De seguida, são apresentados os casos de uso correspondentes aos utilizadores anteriormente identificados.

Cliente:

1. Fazer autenticação;
2. Fazer *logout*;
3. Consultar o estado dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas;
4. Consultar as informações mais importantes dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas;
5. Consultar o gráfico dos sensores ou câmaras frigoríficas;
6. Consultar o histórico dos sensores, das portas de emergência ou das câmaras frigoríficas;
7. Consultar os diferentes mapas dos sensores ou das câmaras frigoríficas;
8. Gerar notificações de ocorrências anormais dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas;

9. Recuperar a palavra passe;

WSN:

1. Enviar dados dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas;

Estes casos de uso podem ser representados através do diagrama apresentado na figura 7, onde se pode constatar a utilização de 9 casos de uso para o cliente e 1 caso de uso para a WSN.

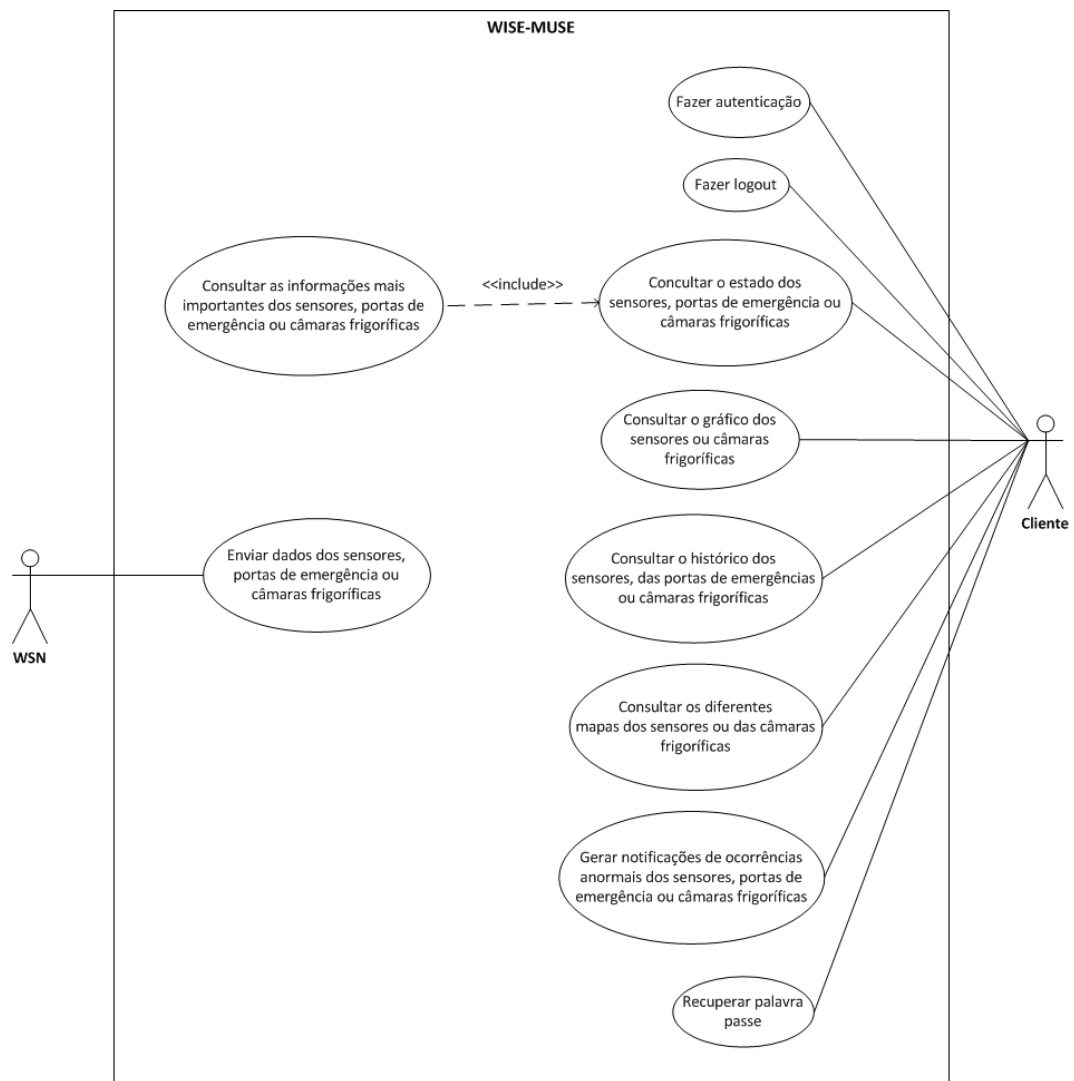


Figura 7 - Diagrama de casos de uso do WISE-MUSE

3.4.3. Descrição dos casos de utilização

Nesta secção, serão detalhados os mais importantes casos de uso, assim como também será apresentado o diagrama de actividades de cada caso.

Casos de uso do cliente:

Caso de utilização 3 – Consultar o estado dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas (figura 8):

1. Inclui “Fazer autenticação”;
2. O utilizador pode consultar o estado de todos os sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas do museu;
3. O sistema apresenta os pisos que o museu possui;
4. O utilizador escolhe o piso que quer visualizar;
5. O sistema apresenta as salas que existem nesse piso;
6. O utilizador escolhe a sala que quer visualizar;
7. O sistema apresenta o estado dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas;

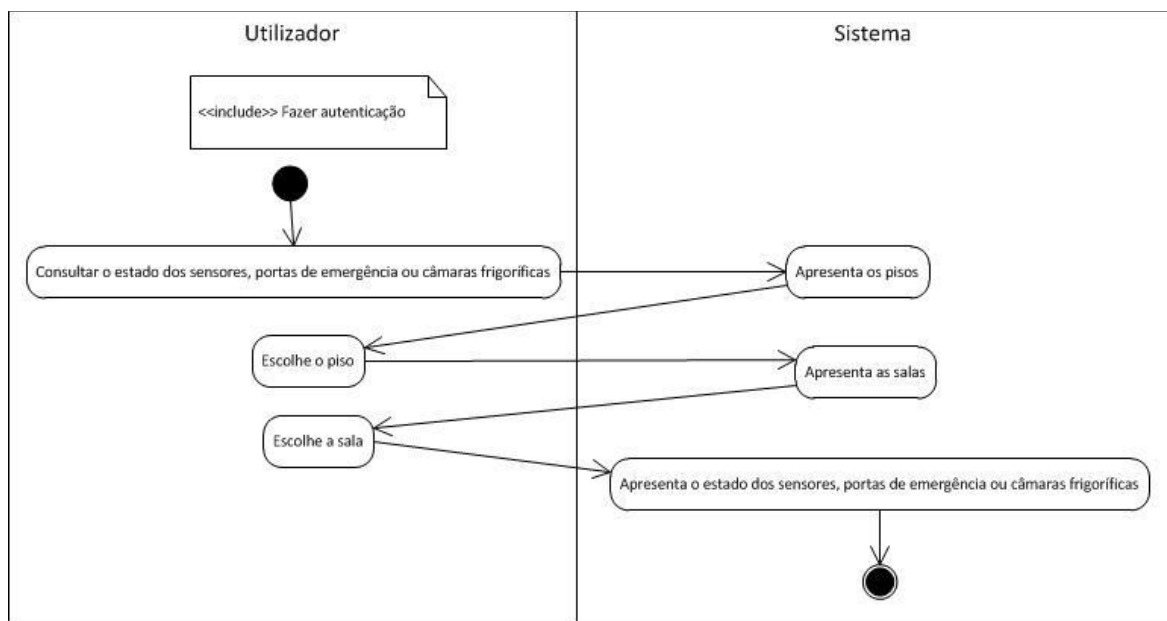


Figura 8 - Diagrama de actividades "Consultar o estado dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas"

Caso de utilização 4 – Consultar as informações mais importantes dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas (figura 9):

1. Inclui “Fazer autenticação”;
2. Inclui “Consultar o estado dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas”;
3. O utilizador escolhe o sensor, porta de emergência ou câmara frigorífica que quer visualizar;
4. O sistema apresenta os dados mais relevantes do sensor, porta de emergência ou câmara frigorífica. Entre os dados apresentados, tem-se: as medidas de todos os parâmetros, no caso dos sensores e das câmaras frigoríficas; o *mac address* e o estado actual, no caso das portas de emergência; e a data da última actualização dos dados;

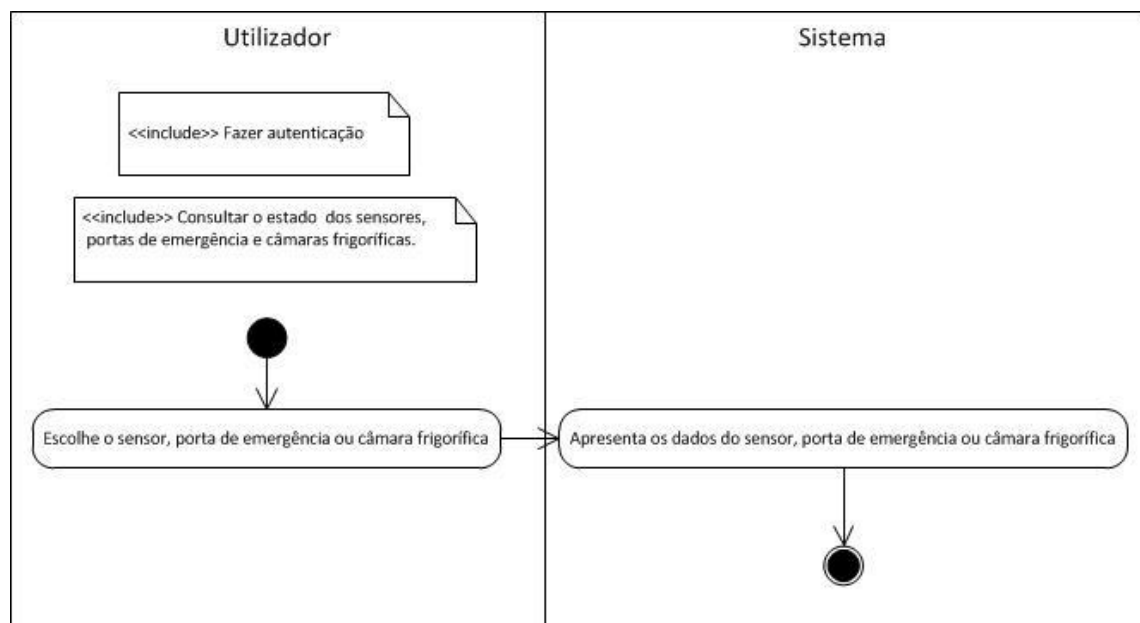


Figura 9 - Diagrama de actividades " Consultar as informações mais importantes dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas "

- **Caso de utilização 5** - Consultar o gráfico dos sensores ou câmaras frigoríficas (figura 10):
 1. Inclui "Fazer autenticação";
 2. O utilizador quer consultar o gráfico do estado dos sensores ou câmaras frigoríficas;
 3. O sistema apresenta o menu com os dados necessários para obter o gráfico. Os dados são: data de visualização; pisos que existem no museu; salas (dependendo dos pisos que forem escolhidos, aparecem as salas correspondentes); sensor ou câmara frigorífica (de acordo com o piso e a sala escolhida, aparecem todos os sensores ou câmaras frigoríficas localizados nesse piso); no caso dos sensores, podem ser escolhidos os parâmetros (temperatura, humidade, luminosidade, CO e CO₂). Podendo ser escolhido um, vários ou todos;
 4. O utilizador selecciona os dados que quer visualizar no gráfico;
 5. O sistema apresenta o gráfico dos sensores ou câmaras frigoríficas escolhidas;

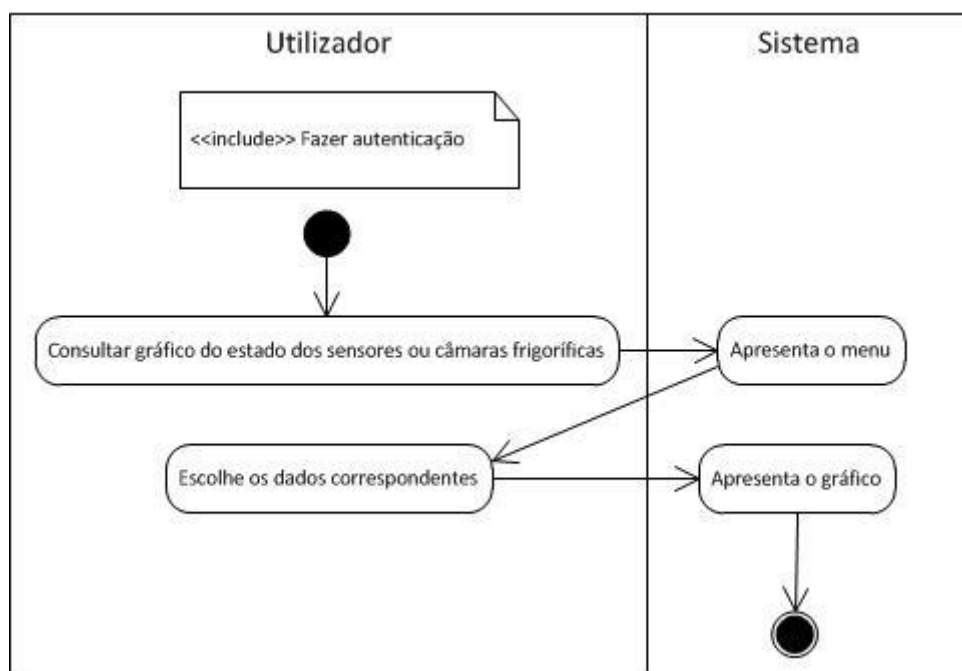


Figura 10 - Diagrama de actividades " Consultar o gráfico dos sensores ou câmaras frigoríficas"

Caso de utilização 6 – Consultar o histórico dos sensores, das portas de emergência ou das câmaras frigoríficas (figura 11):

1. Inclui "Fazer autenticação";
2. O utilizador quer visualizar o histórico dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas;
3. O sistema apresenta o menu com os dados necessários para obter o histórico. Os dados são: data de visualização (podendo escolher o dia, mês ou ano que quer visualizar); pisos que existem no museu (podendo ser escolhido um, vários ou todos); salas (podendo ser escolhido um, várias ou todas); tipos de sensores (sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas), podendo ser escolhido um, vários ou todos. No caso de ser escolhido um determinado sensor, podem depois ser escolhidos os parâmetros a visualizar (temperatura, humidade, luminosidade, CO, CO₂), podendo escolher um, vários ou todos. No caso de serem escolhidas as portas de emergência, pode ser seleccionado o estado que se pretende visualizar (aberta, fechada, emergência), podendo ser escolhido um, vários ou todos.
4. O utilizador escolhe os dados que quer visualizar no histórico;
5. O sistema apresenta o histórico;

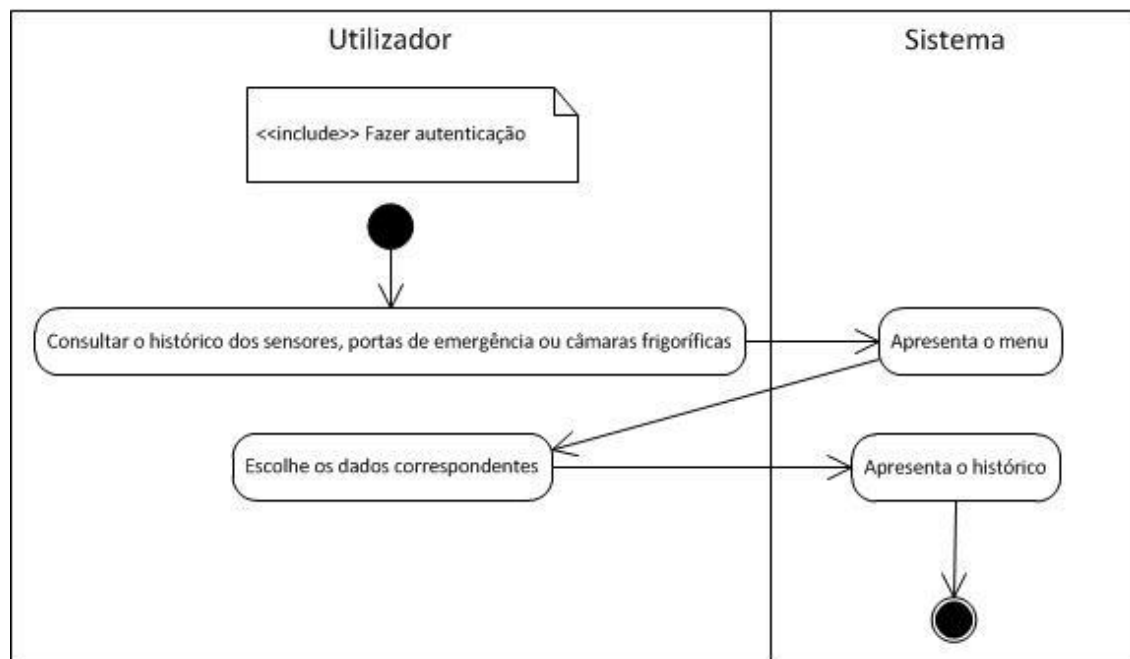


Figura 11 - Diagrama de actividades " Consultar o histórico dos sensores, das portas de emergência ou das câmaras frigoríficas "

Casos de utilização 7 – Consultar os diferentes mapas dos sensores ou das câmaras frigoríficas (figura 12):

1. Inclui "Fazer autenticação";
2. O utilizador quer consultar o mapa;
3. O sistema apresenta os diferentes mapas que podem ser observados; entre eles temos: mapa de temperatura, mapa de humidade, mapa de luminosidade, o mapa de CO e mapa de CO₂;
4. O utilizador escolhe o mapa que pretende visualizar;
5. O sistema apresenta o menu com os dados necessários para obter o mapa. Os dados são: data de visualização, pisos que existem no museu, salas (dependendo dos pisos que forem escolhidos, aparecem as salas correspondentes) e tipo de sensor (de acordo com o piso e a sala escolhida, aparecem todos os sensores ou as câmaras frigoríficas aí localizadas). No caso da escolha "tipo de sensor", poderá ser escolhido um sensor ou câmara frigorífica no caso do mapa de temperatura. Caso seja escolhido qualquer um dos outros mapas, será possível escolher unicamente um sensor.

6. O utilizador escolhe os dados que deseja observar;
7. O sistema apresenta o mapa escolhido;

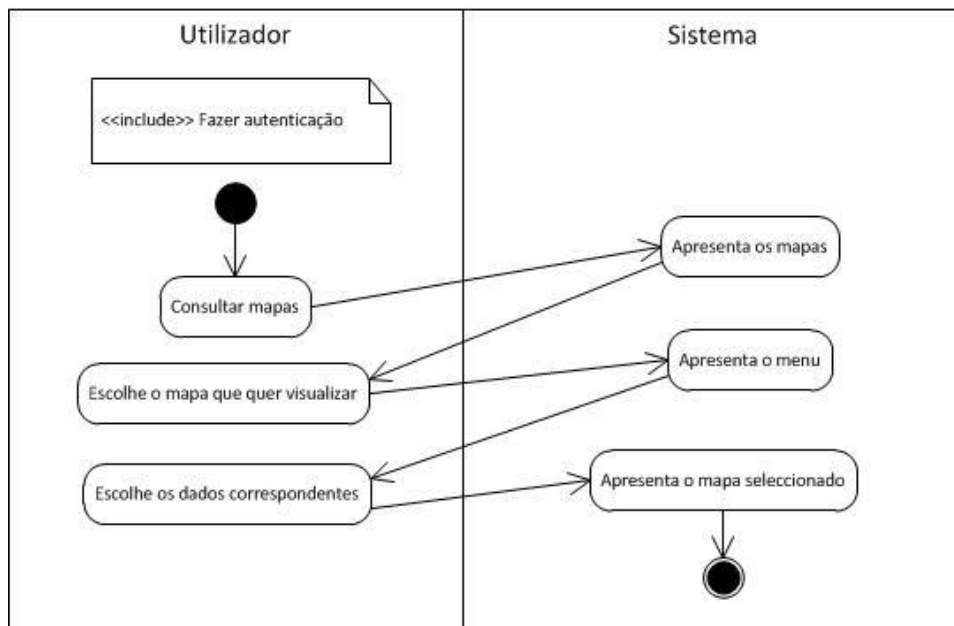


Figura 12 – Diagrama de actividades “Consultar o mapa dos sensores ou frigoríficos”

Caso de utilização 8 – Gerar notificações de ocorrências anormais dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas (figura 13):

1. Inclui "Fazer autenticação";
2. O sistema detecta a ocorrência de dados anormais dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas. O utilizador também pode consultar as notificações dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas;
3. No caso de haver ocorrências de dados anormais, o sistema apresenta as notificações correspondentes aos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas que sofreram anomalia;
4. O utilizador escolhe visualizar o sensor, porta de emergência ou câmara frigorífica que apresentam anomalia;
5. O sistema apresenta os dados correspondentes ao sensor, porta de emergência ou câmara frigorífica escolhida. Entre os dados apresentados temos: as medidas de todos os parâmetros, no caso dos sensores e das câmaras frigoríficas; o *mac address* e o estado actual, no caso das portas de

emergência; e a data da última actualização dos dados;

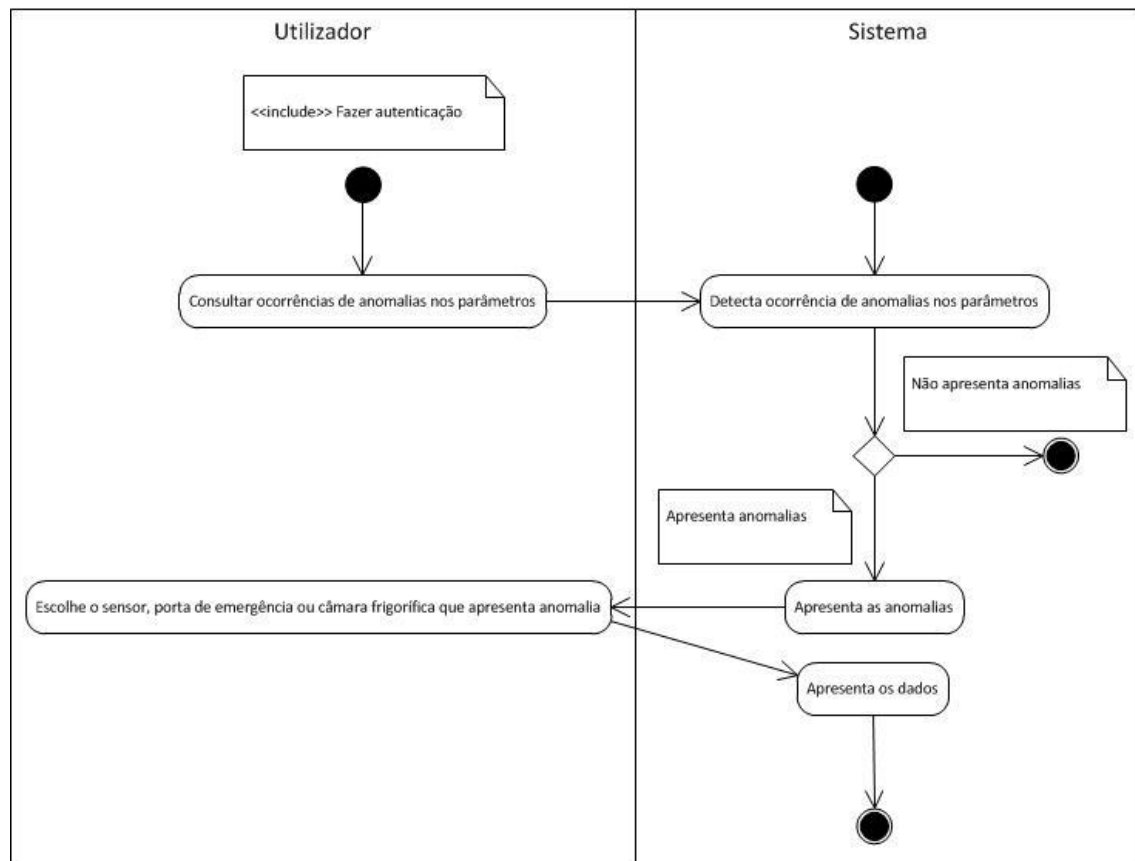


Figura 13 – Diagrama de actividades “Gerar notificações de ocorrências anormais dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas”

Caso de utilização 9 - Recuperar a palavra passe (figura 14):

1. O utilizador quer recuperar a palavra passe
2. O sistema apresenta o campo para preencher o nome de utilizador
3. O utilizador insere o nome de utilizador
4. O sistema procura o nome de utilizador na base de dados
5. O sistema envia a palavra passe para o email do utilizador

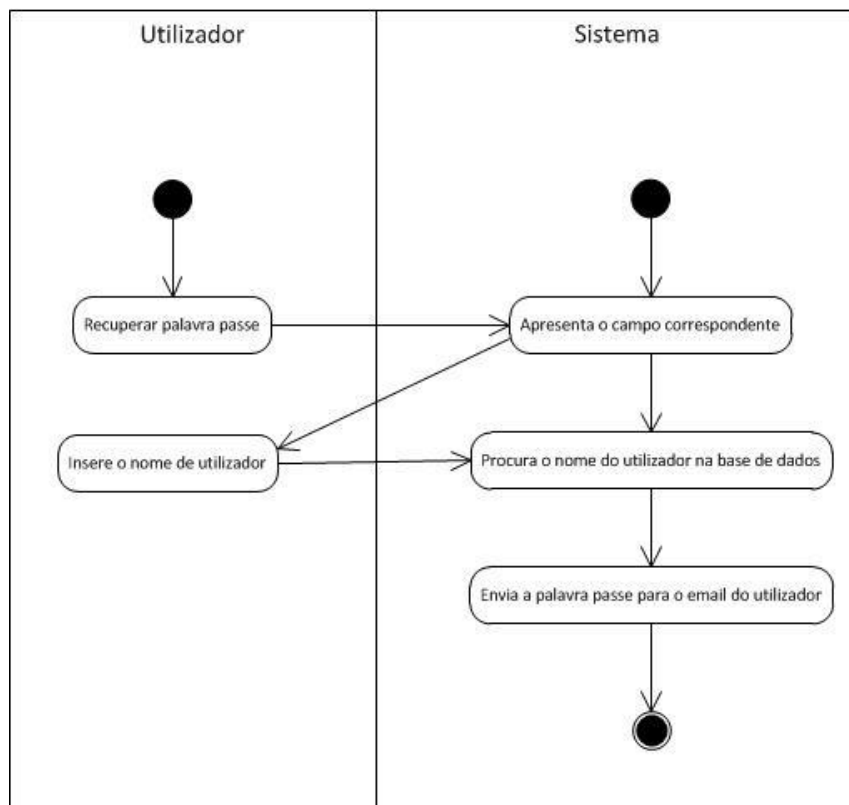


Figura 14 - Diagrama de actividades “Recuperar a palavra passe”

Casos de uso do WSN:

Caso de utilização 1 – Enviar dados dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas (figura 15):

1. O utilizador envia os dados da WSN;
2. O sistema verifica os dados;
3. Se os dados estiverem no formato correcto, o sistema analisa-os e, posteriormente, armazena os dados dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas;

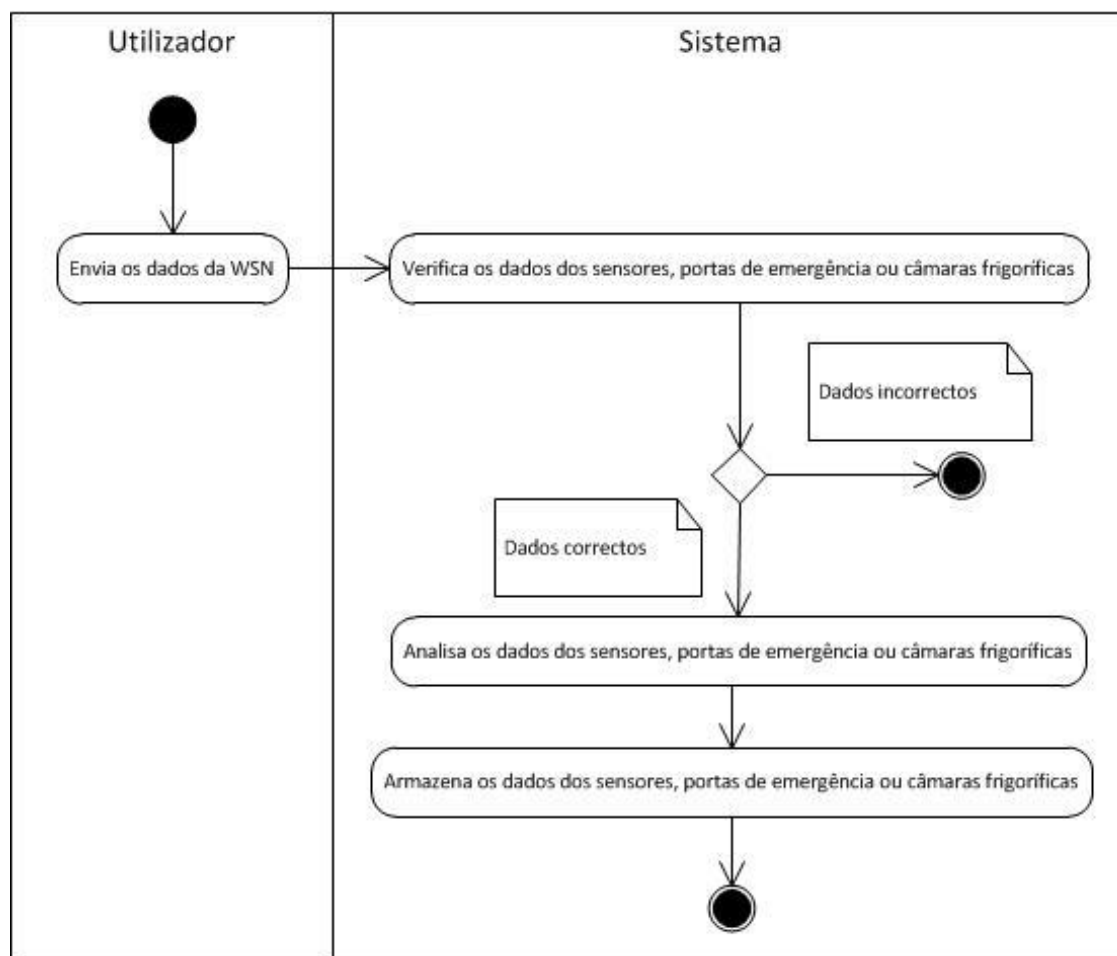


Figura 15 - Diagrama de actividades "Enviar dados dos sensores, portas de emergência ou câmaras frigoríficas"

3.5. Arquitectura da aplicação móvel *WISE-MUSE*

Depois da breve explicação sobre a arquitectura geral do projecto *WISE-MUSE* na secção 3.2, é apresentado o módulo correspondente à plataforma de visualização para telemóvel, a qual posteriormente foi integrada na arquitectura geral. Na figura 16 está representada a arquitectura da aplicação, que segue o paradigma “cliente – servidor”. O serviço que vai buscar e enviar os dados para a base de dados é implementado através do servidor *PHP*, o qual se encarrega de fazer a comunicação entre a plataforma móvel e a base de dados *MySQL*. Esta comunicação é iniciada no cliente, que faz um pedido ao servidor *PHP*, através do protocolo *HTTP*, o qual se encontra integrado no sistema *Android*. Posteriormente, o servidor faz a ligação à base de dados *MySQL*, por meio da linguagem *SQL* (Rahman, 2011).



Figura 16 - Arquitectura da plataforma móvel

O servidor codifica os dados através do formato *JSON*, que é considerado como um padrão leve, aberto e muito mais eficiente que o *XML*, segundo um estudo feito em (Sumaray, 2012), devido a ser mais rápido no intercâmbio legível dos dados. Depois, a aplicação *Android* obtém estes dados e vai analisá-los, mostrando-os posteriormente no respectivo dispositivo *Android* (Rahman, 2011).

3.6. Protótipos Abstractos Canónicos

Os protótipos abstractos canónicos são modelos que ajudam a compreender melhor o funcionamento inicial da aplicação, tendo como principal função mostrar as diferentes interfaces que a aplicação vai possuir, especificar cada componente presente na interface, assim como especificar as diferentes acções que se podem realizar com essas componentes. Estes protótipos permitem retratar todas as informações que foram desejadas pelo cliente e que foram recolhidas nos requisitos funcionais, para uma melhor percepção do sistema. Também permite mostrar a correcta implementação dos diferentes requisitos funcionais.

De seguida, vão ser descritas as interfaces mais importantes da aplicação, assim como a correcta verificação dos requisitos funcionais.



Figura 17 - Protótipo abstracto canónico da autenticação da aplicação

Na figura 17 podemos visualizar a interface da autenticação do utilizador, onde será possível realizar a devida autenticação do mesmo, cumprindo assim o RF1. O utilizador deve preencher de forma correcta todos os campos; caso contrário, não poderá concluir a tarefa, sendo mostrado um erro a especificar qual é o problema que está a ocorrer. No caso de o utilizador esquecer a respectiva palavra passe, esta pode ser recuperada nesta interface, cumprindo assim o RF11.



Figura 18 - Protótipo abstracto canónico das informações principais da aplicação. a) Visualização das informações da aplicação. b) Visualização do menu principal.

Na figura 18a, podemos observar a interface de toda a informação sobre a aplicação, incluindo desde em que consiste a aplicação, quais os membros do projecto *WISE-MUSE*, até por quem foi realizada. De igual forma, a partir desta interface e de todas as outras, depois de ser realizada a autenticação, será possível seleccionar o que desejamos realizar. Isto é possível através do menu da aplicação, que se pode visualizar na figura 18b. Este menu pode ser acedido a partir de um botão físico do respectivo telemóvel; no caso deste protótipo, o botão encontra-se na parte inferior, mais precisamente o segundo botão, da esquerda para direita, representado num quadrado vermelho. Este botão pode variar de acordo com a marca do telemóvel que se está a utilizar. Graças a esta funcionalidade do *Android*, é possível economizar mais espaço no ecrã do telemóvel, podendo assim aproveitar o ecrã para colocar mais informações importantes.

Nesta interface, assim como em todas as outras, depois de realizar a autenticação, o utilizador pode sair da aplicação, cumprindo desta forma o RF2. De igual forma, através do ícone da aplicação, representado na figura 18a e 18b, situado ao meio do canto superior da aplicação, podemos ir até a página principal da aplicação. Esta função pode ser realizada a

partir de qualquer um dos menus.

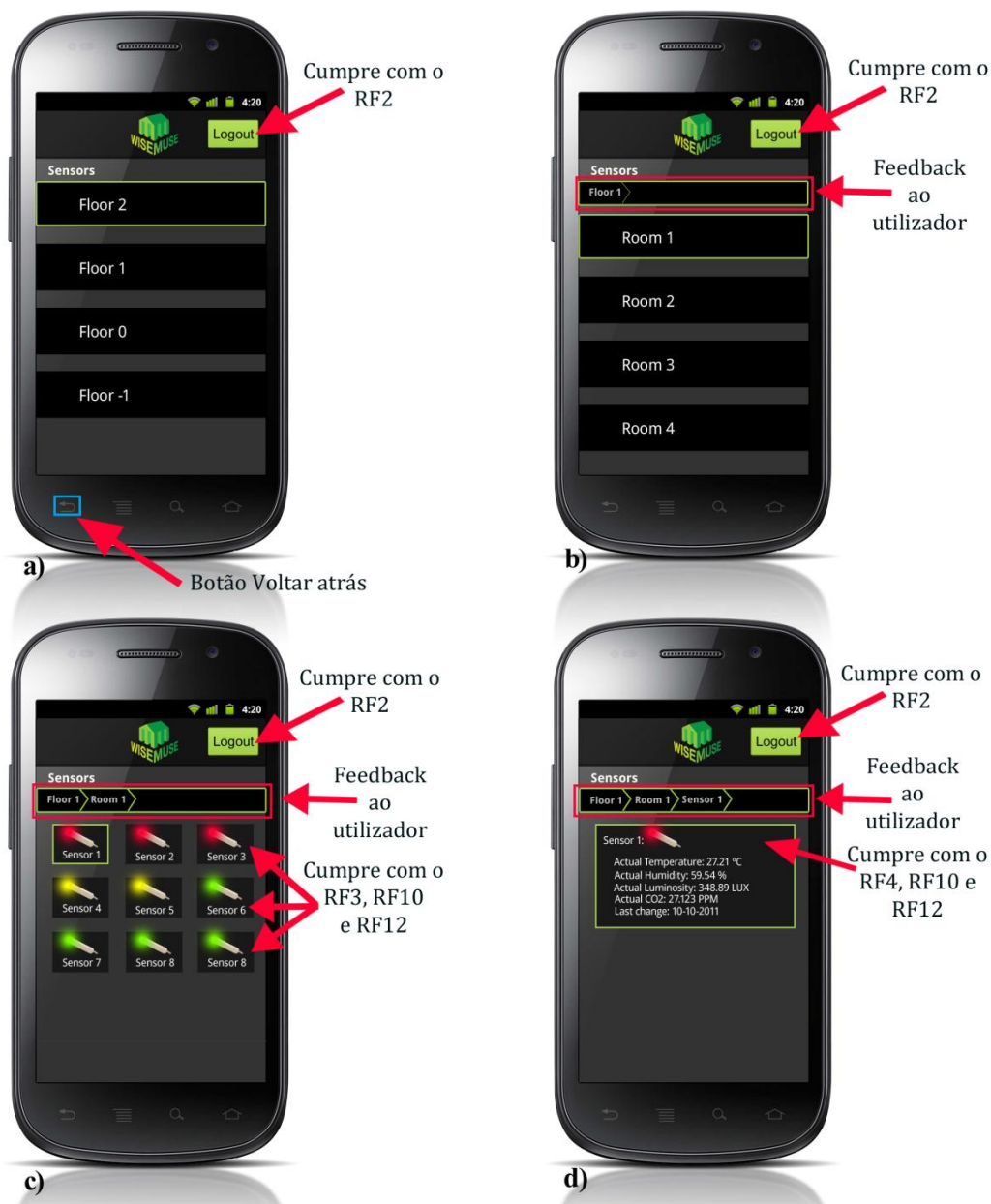


Figura 19 - Protótipo abstracto canónico do estado e da informação dos sensores do museu. a) Visualização dos pisos. b) Visualização das salas. c) Visualização dos estados de todos os sensores. d) Visualização da informação de um determinado sensor.

Na figura 19 pode-se analisar a interface que mostra os estados dos sensores e a informação recolhida pelos sensores ambientais, portas de emergência e câmaras frigoríficas. Para que tal possa ser efectuado, é necessário escolher um determinado piso (figura 19a), seguido da selecção de uma sala específica desse piso (figura 19b). Com base nesta selecção, são mostrados os diferentes estados dos sensores que se encontram nessa sala (figura 19c),

executando assim o RF3. Posteriormente, é necessário seleccionar um dos sensores para poder observar toda a informação relacionada com o mesmo (figura 19d), cumprindo o RF4.

Na figura 19c e 19d é possível visualizar os diferentes estados dos sensores, É de salientar que os sensores possuem três estados diferentes, cada um correspondendo a uma cor diferente (obedecendo ao RF10), dependendo dos seus valores (cumprindo com o RF12), como já foi explicado na secção 3.2. No caso dos sensores ambientais e das câmaras frigoríficas, os estados correspondem a:

- Cor vermelha: parâmetros em risco,
- Cor amarela: parâmetros em emergência,
- Cor verde: parâmetros favoráveis.

No caso das portas de emergência, os estados correspondem a:

- Cor verde: porta fechada,
- Cor vermelha: porta aberta,
- Cor amarela: porta em estado de emergência.

É de salientar que existem dois procedimentos para voltar ao cenário anterior, um através do botão físico “Voltar atrás” do telemóvel, que, no caso deste protótipo, se encontra na parte inferior do lado direito, o qual pode ser observado na figura 19a num rectângulo azul. O outro procedimento para voltar atrás é através de um caminho que está indicado nas figuras 19b, 19c e 19d, num rectângulo vermelho. Esta indicação no topo do ecrã permite que o utilizador tenha sempre um feedback sobre a sua posição actual na aplicação, assim como também uma noção das escolhas realizadas. Este procedimento é realizado em todos os cenários.



Figura 20 - Protótipo abstracto canónico da visualização do gráfico. a) Visualização das opções do gráfico. b) Visualização do gráfico.

Na figura 20, é possível visualizar a interface dos gráficos, para os diferentes parâmetros ambientais. A figura 20a ilustra a selecção de uma determinada data, seguido de um ou mais pisos; posteriormente, a selecção de uma ou mais salas, podendo ainda escolher um ou mais tipo de sensores (sensor ambiental ou câmara frigorífica), finalizando com a selecção de um ou mais parâmetros sobre os quais se pretende visualizar o gráfico e, assim analisar, os respectivos dados (executando o RF6). Posteriormente, o gráfico dos respectivos dados é

apresentado (figura 20b), sendo referenciados todos os dados que foram escolhidos, para que o utilizador consiga ter sempre um *feedback*. Para permitir uma melhor visualização do gráfico é possível aumentar e diminuir o seu respectivo tamanho, cumprindo assim o RF7.



Figura 21 - Protótipo abstracto canónico da visualização do mapa. a) Escolha dos diferentes tipos de mapas. b) Escolha das opções do mapa. c) Visualização do respectivo mapa

Na figura 21c observamos a interface relacionada com os mapas de gradientes. Nesta interface vai poder ser examinada a evolução dos diferentes parâmetros ambientais, podendo ser exibidos os valores máximos e mínimos, dispersos pelo mapa do museu. Para tal, é preciso

escolher, em primeiro lugar, o tipo de mapa que se pretende visualizar, como ilustrado na figura 21a, podendo seleccionar um mapa de temperatura, humidade, luminosidade, CO ou CO₂ (cumprindo o RF8). Posteriormente, é preciso escolher uma determinada data, seguido de um piso, finalizando com uma ou mais salas, como exemplificado na figura 21b (executando o RF8). No caso do mapa de temperatura, é preciso seleccionar o tipo de sensor que se quer que seja exibido (sensor ambiental ou câmara frigorífica), finalizando com a exibição do mapa escolhido e de todos os dados seleccionados, como mostra a figura 21c.



Figura 22 - Protótipo abstracto canónico da visualização do histórico. a) Escolha das diferentes opções do historico. b) Visualização do histórico.

Na figura 22 é observada a interface que vai possibilitar analisar todos os dados guardados, através da consulta de um histórico. Para isso tal, é necessário seleccionar: uma data, um ou mais pisos, uma ou varias salas, um ou mais sensores, terminando com um ou mais parâmetros, como ilustrado na figura 22a (cumprindo o requisito RF5). Posteriormente, será exposto o histórico com todas as opções seleccionadas, como ilustra a figura 22b.



Figura 23 - Protótipo abstracto canónico da visualização das notificações.

Na figura 23 podemos analisar os diferentes tipos de sensores, cujos valores estão fora dos limites normais, cumprindo o RF9. Estes sensores são apresentados por ordem de risco, sendo os de cor vermelha os de maior risco, seguidos dos sensores de cor amarela, executando o RF10 e o RF12.

Também foi realizado o estudo para a realização dos protótipos abstractos canónicos para o SO *iPhone*. No entanto, como este não foi implementado neste trabalho de mestrado, vai ser apresentado no Anexo A, dando assim uma visão geral de como seria a aplicação para este SO.

3.7. Modelo de dados

Neste projecto foi utilizado um modelo relacional, onde estão representadas todas as entidades presentes no projecto. A base de dados utilizada neste projecto já estava realizada anteriormente, permitindo o armazenamento de todos os dados que são enviados pelos sensores ambientais, portas de emergência e câmaras frigoríficas.

Para este projecto de mestrado poder ser implementado correctamente, foi necessário realizar uma série de alterações nesta base de dados. Contudo, não puderam ser realizadas muitas alterações, pois este modelo de dados está a ser utilizado na plataforma de visualização WEB realizada pelo João Santos (2010), e a realização de muitas alterações poderia comprometer o bom funcionamento da mesma. Estas alterações podem ser observadas através da figura 24, onde as tabelas que foi preciso incluir foram: tabela *room*, tabela *parameterroom*, tabela *room_has_parameterroom*, tabela *coldchamber* e tabela *coldchamber_data*, representadas com um rectângulo vermelho na mesma imagem.

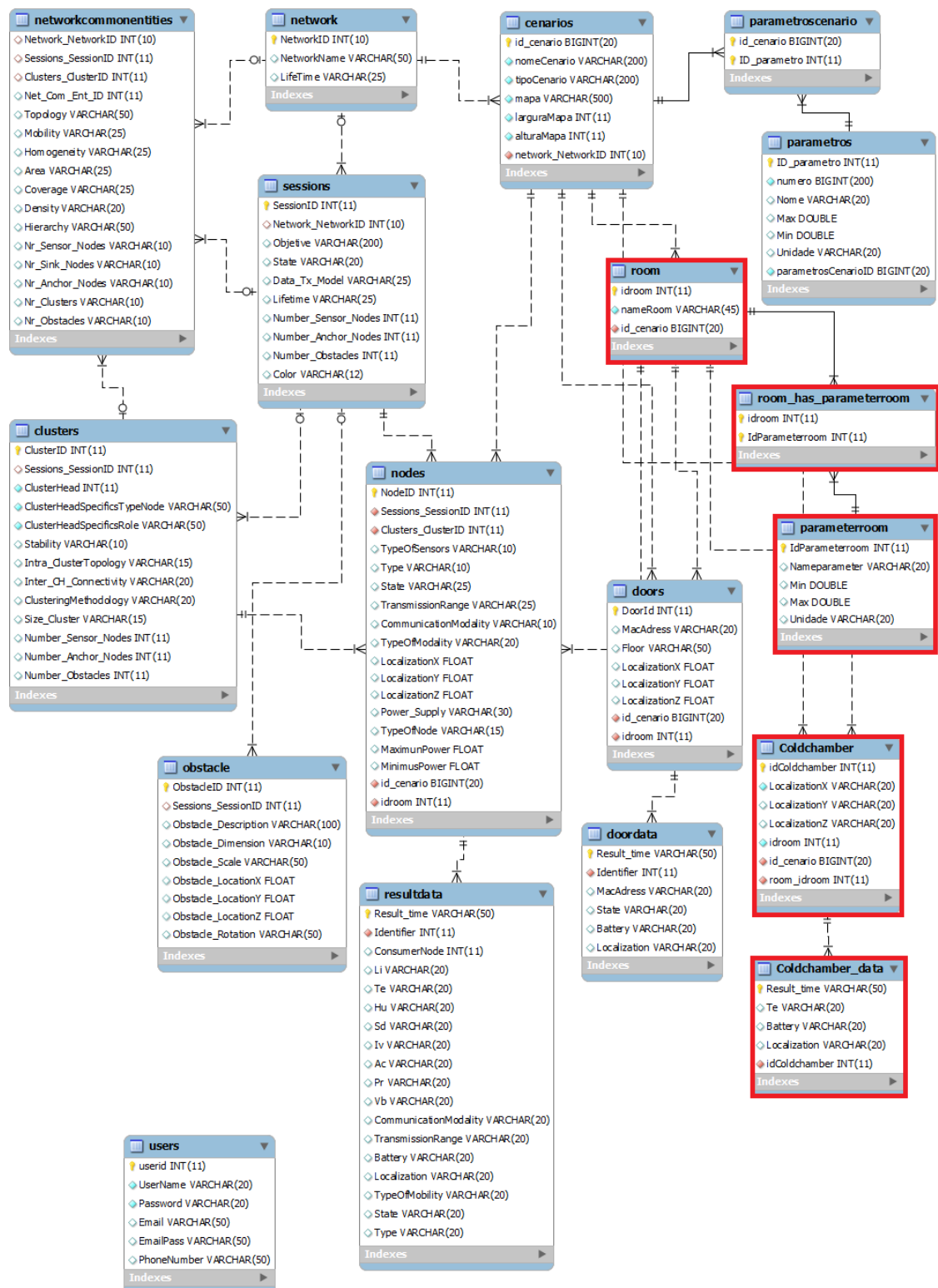


Figura 24 - Base de dados SQL

Seguidamente, vai ser dada uma breve explicação sobre todas as tabelas que constituem esta base de dados, tanto das já existentes como as novas tabelas, permitindo assim uma

melhor compreensão dos dados que vão ser guardados.

As entidades presentes nesta base de dados são:

- **Nodes:** apresenta os nós sensores da *RSSF* e as suas características, como o seu estado, posições de localização e tipo de alimentação. Esta entidade representa os sensores ambientais.
- **Clusters:** representa os *clusters* de uma *RSSF*, que são um conjunto de nós com uma característica em comum, formando uma hierarquia.
- **Network:** representa a *RSSF*.
- **Sessions:** mostra as sessões criadas na *RSSF*, que são um conjunto de *clusters* com um objectivo comum, por exemplo, monitorização de temperatura.
- **NetworkComumEntities:** representa as características comuns que os *clusters*, as *sessions* e as *networks* possuem.
- **Cenários:** exhibe o local físico onde a *RSSF* se encontra, em poucas palavras, são os pisos que um determinado museu possui.
- **Users:** representa os utilizadores que monitorizam a *RSSF*, contendo todos os dados importantes das pessoas responsáveis pela monitorização do museu.
- **Obstacles:** representa os objectos presentes no cenário e que obstruem a linha de vista e, portanto, a comunicação entre um ou mais nós sensores.
- **Resultdata:** mostra os dados que são recebidos por todos os nós sensores ambientais que estão dispersos pelo museu.
- **Doors:** apresenta as portas de emergência existentes e suas características.
- **Doordata:** exhibe os dados recolhidos pelas portas de emergência, dispersas pelo museu.
- **Parametros:** mostra os diferentes parâmetros ambientais máximos e mínimos que são monitorizados.
- **Parameterroom:** representa os diferentes parâmetros ambientais máximos e mínimos que o Museu da Baleia deve possuir.
- **Parametroscenario:** exhibe os parâmetros ambientais que um determinado piso possui.
- **Room_has_parameterroom:** apresenta os parâmetros ambientais que uma determinada sala possui.
- **Coldchamber:** mostra as câmaras frigoríficas existentes no museu e as suas características.
- **Coldchamber_data:** representa os dados recolhidos pelas câmaras frigoríficas.

3.8. Conclusão

Neste capítulo, foram definidos os vários aspectos necessários à correcta implementação da aplicação. Para isso foram definidos uma série de requisitos funcionais, os quais depois foram verificados através dos protótipos abstractos canónicos, o que permitiu concluir que todos os requisitos estão a ser devidamente implementados e respeitados.

Por outro lado, é possível verificar que a arquitectura geral do projecto *WISE-MUSE* já foi previamente concebida, tendo sido implementados alguns módulos em anteriores trabalhos. Consequentemente, foi necessário compreender o funcionamento desta arquitectura e estudar os aspectos já implementados, essencial ao correcto desenvolvimento deste projecto. Nesta sequência, foi também necessária a realização de uma extensão desta arquitectura para poder integrar a aplicação móvel.

No que diz respeito à aplicação móvel, foi gerada uma arquitectura cliente-servidor, permitindo desta forma uma maior segurança dos dados, devido a estes serem acedidos através do servidor, controlando melhor o acesso aos recursos e garantindo que os clientes só têm acesso aos dados depois de realizar todas as autenticações adequadas.

A base de dados que armazena todas as informações recebidas pelos diferentes sensores que serão instalados no museu tinha sido previamente realizada, mas teve de ser adaptada para a aplicação móvel, onde foi preciso integrar uma série de tabelas, que estavam em falta.

Após a definição de todas as funcionalidades e módulos necessários ao desenho da aplicação móvel, procede-se à implementação da aplicação, a qual será descrita no capítulo seguinte.

4. Implementação da aplicação

4.1. Introdução

Neste projecto será realizada uma aplicação que permita a um funcionário de um museu, poder monitorizar de uma forma eficiente, rápida e segura os diversos factores ambientais, permitindo deste modo solucionar rapidamente problemas que podem surgir através das notificações dos dados recebidos, possibilitando a preservação das obras de arte por longos anos.

Neste capítulo vão ser abordados todos os passos que foi necessário realizar para permitir a concretização de todos os requisitos e funcionalidades da aplicação móvel WISE-MUSE, definidos no capítulo anterior.

Inicialmente, será apresentada a arquitectura do *SO Android*, uma vez que esta aplicação móvel foi desenvolvida para este sistema operativo. Serão descritos os vários módulos desta arquitectura, sendo identificados com que módulo foi necessário trabalhar para conseguir desenvolver a referida aplicação.

O capítulo continua com a identificação das diferentes ferramentas, tanto de *Software* como de *hardware*, que foi preciso utilizar para realizar a implementação da aplicação. Entre as ferramentas de *Software* utilizadas para a elaboração de aplicações *Android* temos o eclipse *SDK*, o *SDK Android* e o *plugging ADT*. Por outro lado, foi utilizado o *MYSQL* para o armazenamento dos dados. A única, mas essencial, ferramenta de *Hardware* utilizada na implementação da aplicação foi um telemóvel *Android*.

De seguida, são apresentados os diagramas de classes, que permitem documentar os detalhes da implementação, sendo possível a realização dos diferentes cenários. Posteriormente, e para melhor compreensão da fluidez destes cenários, foi realizado um mapa de navegação das diferentes funcionalidades implementadas.

Este capítulo termina com uma análise comparativa entre a aplicação móvel desenvolvida e os diversos trabalhos relacionados que foram apresentados no estado da arte.

4.2. Plataforma utilizada

No caso específico do projecto *Wise-Muse* foi desenvolvida uma aplicação com objectivo de permitir visualizar e monitorizar as diferentes condições ambientais (temperatura, humidade, luminosidade, CO_2 e CO) captadas num museu permitindo deste modo detectar se estas mesmas se encontram fora dos limites aceitáveis, alertando os funcionários do museu de uma forma rápida e eficiente.

De modo a permitir visualizar os dados recolhidos pela rede de sensores a qualquer momento, esta aplicação foi implementada no projecto *Wise-Muse* numa plataforma móvel, para *Android*. Apesar de inicialmente, se ter pensado em desenvolver também para *iPhone*, o facto de ser necessário compreender dois sistemas operativos completamente diferentes, ter de utilizar ferramentas de desenvolvimento diferentes, aprender linguagens de programação diferentes, associados à limitação de tempo para realizar o projecto, fez com que a aplicação móvel tenha sido desenvolvida apenas para *Android*. Podendo posteriormente ser realizada para a plataforma *iPhone*.

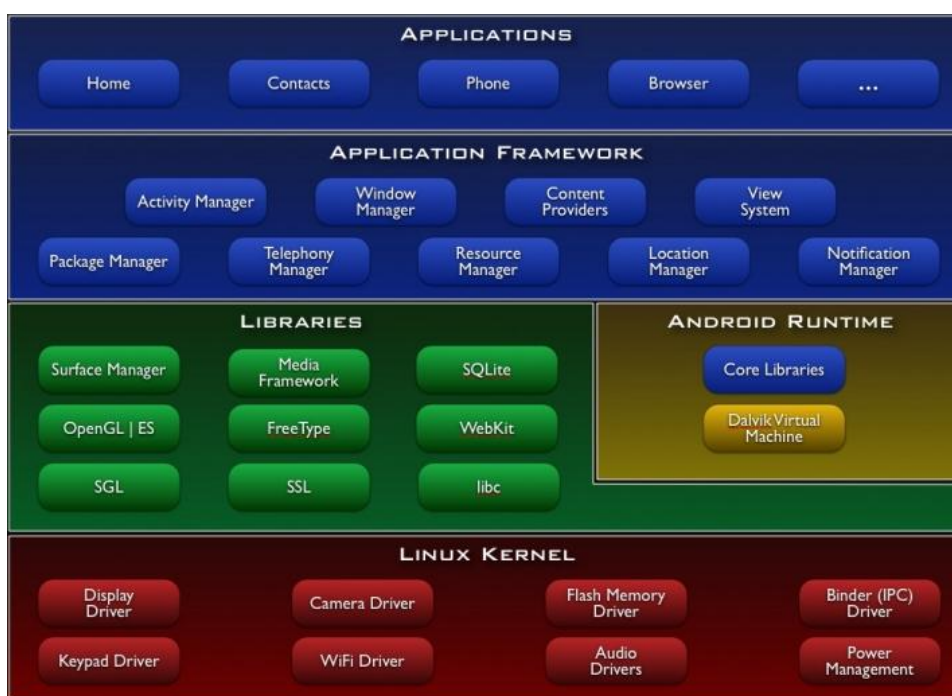


Figura 25 - Arquitectura do Android

Para perceber melhor como funciona o *SO Android* vai ser explicado as diferentes camadas da arquitectura que pode ser visualizado na figura 25. Como podemos observar esta arquitectura está formada por 5 camadas, as quais são (Shanker e Lal, 2011; Silva et al., 2011):

- **Linux Kernel** (representada na figura 25 com uma cor vermelha): é a base da arquitectura e funciona como uma camada intermédia entre o *Software* e o *Hardware*. Esta camada está responsável pelos serviços como o sistema de segurança, o gerenciamento de memória, gerenciamento de processos e de pilhas.
- **Bibliotecas** (representada na figura 25 com uma cor verde): esta camada representa todas as bibliotecas básicas do sistema como por exemplo: o *OpenGL* (gráficos), *SQLite* (base de dados), entre outros. Sendo que a maioria delas estão desenvolvidas em *C* e *C++*. Esta camada também está responsável por promover os serviços que as camadas superiores vão utilizar.
- **Tempo de execução do Android** (representada na figura 25 com uma cor castanha): esta camada se encontra no mesmo nível que a camada das bibliotecas, pois também inclui diferentes bibliotecas baseadas em java. Esta camada também possui a máquina virtual *Dalvik* (*DVM*) que possui o seu próprio sistema operacional, comportando-se como um dispositivo independente, isto significa que esta máquina virtual pode correr em outros sistemas operativos. Possibilitando que nenhuma aplicação dependa de outra, de forma a não afectar outras aplicações que corram no dispositivo, permitindo um melhor gerenciamento da memória.
- **Framework de aplicação** (representada na figura 25 com a cor azul): esta camada permite que qualquer desenvolvedor tenha acesso a todas as bibliotecas, código e documentação importante para a realização da sua aplicação, autorizando desta forma a reutilização de todos os componentes que se encontram no *Android*. Esta camada é muito importante pois permite que um desenvolvedor tenha acesso total do telemóvel permitindo tirar partido das capacidades de processamento do *Android* com a finalidade de criar aplicações muito mais complexas e completas.
- **Aplicações** (representada na figura 25 com a cor azul): Esta camada é o top da arquitectura e esta representada com a mesma cor que a camada framework de aplicação devido a também estar relacionado com aplicações. Nesta camada se encontram todas as aplicações básicas como por exemplo realizar chamadas, procurar contactos, entre outros. Esta camada é maioritariamente utilizada por utilizadores comuns, sendo os desenvolvedores e os fabricantes de Hardware os que acedem as camadas mais inferiores.

Das camadas utilizadas para este projecto foram: a camada Linux Kernel, por estar encarregada no gerenciamento de memória e por ser a camada intermédia entre o *Hardware*

e *Software*; a camada tempo de execução e a camada bibliotecas, pois são elas que permitem a integração de diferentes bibliotecas, sendo no nosso caso integrado a biblioteca *achartengine*, junto com as bibliotecas base do *SO* do *Android*; finalizando com a utilização da camada *framework* da aplicação pois permite reutilizar código, bibliotecas e documentação previamente utilizados por outros programadores.

Tabela 4 - Dados dos dispositivos Android que acederam ao Google Play (Android Developers, N.D)

Versão	Nome	Nível API	Distribuição
1.5	Cupcake	3	0.2%
1.6	Donut	4	0.5%
2.1	Eclair	7	4.2%
2.2	Froyo	8	15.5%
2.3 – 2.3.2	Gingerbread	9	0.3%
2.3.3 – 2.3.7		10	60.3%
3.1	Honeycomb	12	0.5%
3.2		13	1.8%
4.0 – 4.0.2	Ice Cream Sandwich	14	0.1%
4.0.3 – 4.0.4		15	15.8%
4.1	Jelly Bean	16	0.8%

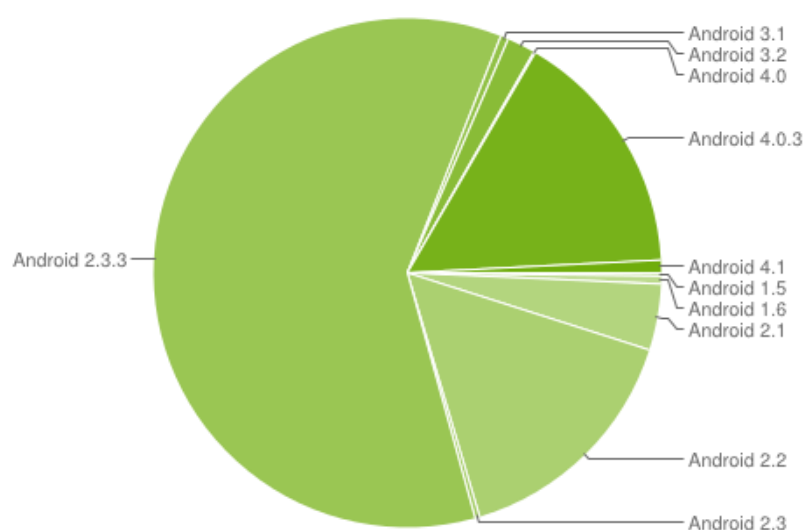


Figura 26 – Dados dos dispositivos Android que acederam ao Google Play (Android Developers, N.D)

O *Android* está constantemente a aperfeiçoar o *Software*, com a finalidade de trazer novos recursos para os utilizadores e desenvolvedores. Devido a isto, foram criadas ao longo destes anos diversas versões (representadas na tabela 4) e cada uma delas tem a particularidade de ser nomeada com nomes de sobremesas, seguindo uma ordem alfabética, à excepção da primeira versão, versão 1.0, que é a base de todas as anteriores, mas esta não teve importância não sendo comercializada. De igual forma, a versão 1.1, com o nome de “*Peti Four*”, não chegou a ser comercializada.

Os dados da tabela 4 (Android Developers, N.D) foram colhidos num período de 14 dias, terminando no dia 1 de Agosto de 2012. Nesta tabela podemos observar as diferentes versões; apenas a versão 1.5 começou a ser vendida e utilizada. A versão 2.1, “*Eclair*”, foi utilizada para corrigir alguns bugs e realizar novas melhorias da versão 2.0/ 2.0.1, sendo a versão 2.1 oficialmente lançada (Android Developers, N.D).

Nesta tabela podemos observar também que cada versão possui uma determinada *API*, sendo esta um número inteiro que define o nível do *Software*. Ela permite aos desenvolvedores interagir com os aplicativos das versões subjacentes, isto é, permite que a nova *API* seja compatível com as *APIs* anteriores, sendo possível uma aplicação de uma versão de alto nível possa funcionar em versões inferiores, mas não nas versões superiores (Android Developers, N.D).

Estas *APIs* representam: um conjunto de pacotes e classes; um conjunto de elementos e atributos *XML* para declarar um arquivo *Manifest* (ficheiro raiz do *Android*); um conjunto de elementos e atributos *XML* para declarar e aceder a recursos; um conjunto de *Intents* (facilidade no tempo de execução entre o código nas diferentes aplicações); e conjunto de permissões e reforços de permissões que estão incluídos no sistema (Android Developers, N.D).

Na figura 26 podemos observar as distribuições e a utilização das diferentes versões, tendo a versão 2.3.3 – 2.3.7 a mais utilizada de todas, seguindo com a versão 4.0.3 – 4.0.4 com 15.8%, continuando com a versão 2.2 com 15.5% (Android Developers, N.D). Com base nestes dados e já que as versões inferiores só podem ser utilizadas por elas ou por versões superiores a ela, foi utilizado para este projecto a versão 2.2 com uma *API* de 8.

4.3. Ferramentas utilizadas

Entre as ferramentas de *Software* utilizadas para este trabalho temos o *Eclipse*¹ *SDK*, versão 3.7.1, o qual fornece várias estruturas e serviços que permitem suportar uma plataforma de integração ampla, possibilitando diversas linguagens de programação como *java*, *C*, entre outras.

Simultaneamente, também foi utilizado o *SDK Android* (Android Developers, N.D), da versão *Android 2.2* (API 8), o qual possui vários recursos avançados para o *IDE* do *java*, auxiliando na construção, depuração e teste dos aplicativos *Android*. De igual forma, foi utilizado o *ADT* (*Android Development Toolkit*), versão 16.0.1, o qual é um *plugin* para o *eclipse*, que lhe permite dar um ambiente mais integrado e poderoso, fornecendo assim um ambiente profissional para a criação de aplicações *Android*.

Outra ferramenta utilizada foi o *MySQL Workbench*², versão 5.2.34, a qual proporciona um interface integrado para os desenvolvedores de base de dados, uma vez que esta ferramenta permite a modelação dos dados, o desenvolvimento em *SQL*, ferramentas de administração, entre muitas outras.

A nível de *Hardware* utilizados para desenvolver este projecto, foi utilizado um telemóvel *TMN Smart A7*, com o sistema operativo *Android*, versão 2.3.5. No entanto, é de salientar que poderia ter sido utilizado qualquer tipo de telemóvel, desde que possuía o *SO Android*. Também poderia ter sido utilizado qualquer *tablet* com um *SO Android*, com versão 2.2 ou superior.

No que diz respeito às linguagens utilizadas, utilizou-se *java* para toda a programação da aplicação móvel, *xml* para a realização dos *layouts*, e *json* para a procura e encriptação dos dados pesquisados na base de dados.

¹ <http://www.eclipse.org/>

² <http://www.mysql.com/products/workbench/>

Para a realização dos gráficos foi utilizada a biblioteca *achartengine*³ a qual é uma *framework open source*, o qual fornece suporte para gráficos em aplicações *Android*. Esta biblioteca possui duas versões, uma para as versões de *Android 2.x* com suporte a *multi-touch* e outra para versões de *Android 1.5* e *1.6* sem suporte. Neste trabalho foi utilizado a primeira versão, pois é utilizado o SO *Android 2.2*.

³ <http://www.achartengine.org/>

4.4. Desenvolvimento da aplicação móvel WISE-MUSE

A estrutura interna do projecto WISE-MUSE móvel está dividida em 5 pacotes importantes (observados na figura 27), classificados pela sua funcionalidade. No pacote “*com.WiseMuse*” estão todas as classes relacionadas com a informação da aplicação que corresponde ao ecrã principal da plataforma e também se encontram as classes relacionadas com a apresentação dos estados e das informações dos diferentes sensores, assim como também as notificações, caso exista algum inconveniente em algum sensor. No pacote “*com.WiseMuseChart*” se encontram todas as classes relacionadas com a formação dos gráficos. No pacote “*com.WiseMuse.Conecction*” se encontram as classes que estão encarregadas de guarda as variáveis globais, permitindo uma comunicação entre os diferentes pacotes e classes. No pacote “*com.WiseMuseHistoric*” se encontram as classes correspondentes a realização do histórico. Finalizando com o pacote “*com.WiseMuseMap*” que contém as classes que permitem a geração dos mapas gradientes da aplicação. Todos os ficheiros (xml e imagens) relacionados com o aspecto visual da aplicação, se encontram na pasta *res*.

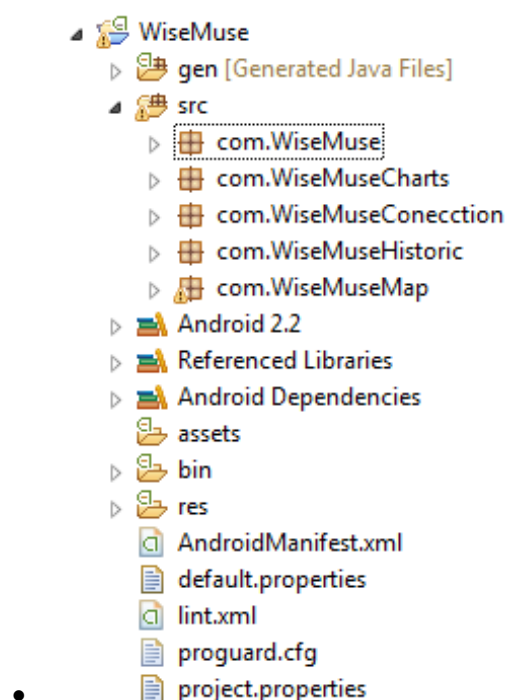


Figura 27 - Estrutura interna da aplicação

Esta aplicação foi desenvolvida em duas etapas. A primeira etapa corresponde à realização da conexão à base dados, a qual foi realizada através do servidor *PHP*, como já foi referido na secção 3.5. Esta etapa foi realizada em primeiro lugar por ser um dos aspectos mais

importantes, dado que a aplicação precisa de estar conectada à base de dados para funcionar correctamente e para manter os dados actualizados.

A segunda etapa consistiu no desenvolvimento da aplicação em si. Este desenvolvimento foi realizado por partes, implementando as diversas funcionalidades que esta deveria possuir. Para tal, foi elaborado um mapa de navegação (Figura 28), o qual permite obter uma visão geral de como a aplicação foi implementada.

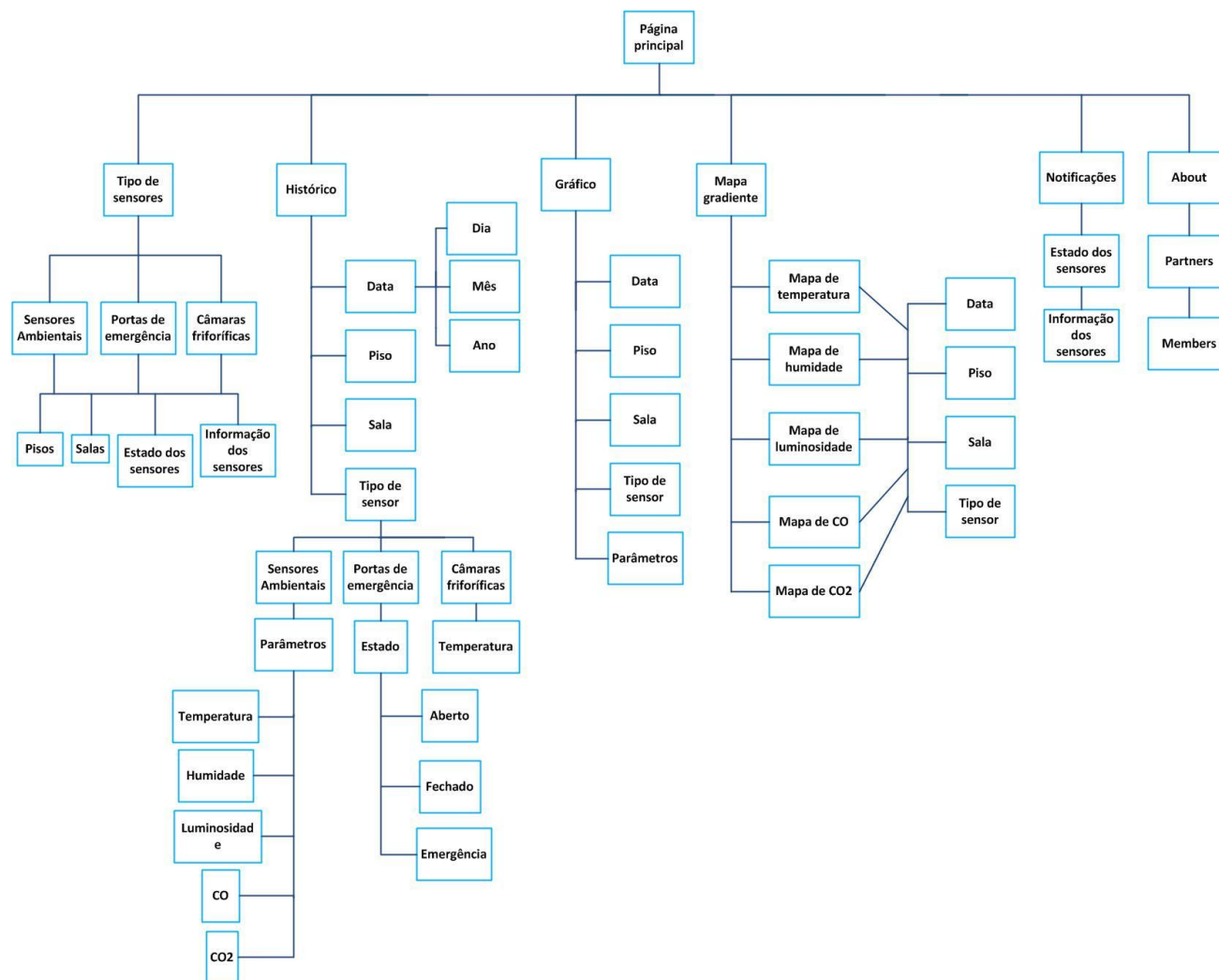


Figura 28 - Mapa de navegação

4.4.1. Autenticação

De forma a tornar a aplicação móvel segura, esta deve ser instalada apenas no telemóvel da pessoa ou pessoas que estejam responsáveis pela monitorização do museu, garantindo o acesso restrito apenas a algumas pessoas. Para ser ainda mais segura, estes utilizadores devem aceder à aplicação móvel por meio da autenticação, a qual é realizada na página de *login* ou página de entrada. Só depois de realizada a autenticação, o utilizador entra na página principal da aplicação, onde encontrará uma série de informações importantes da aplicação e do museu em si.

Assim, para poder aceder à aplicação, o utilizador tem que realizar a autenticação, usando para tal o ecrã apresentado na Figura 29. Caso a autenticação seja realizada com sucesso, o utilizador pode escolher quais as informações da aplicação que pretende observar, sendo possível voltar a este cenário de autenticação de cada vez que é carregado no logotipo da aplicação.

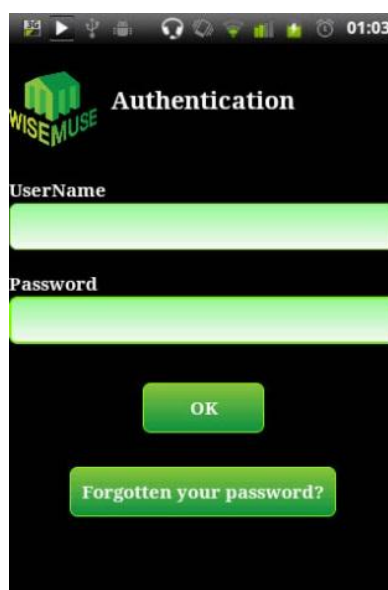


Figura 29 - Ecrã da autenticação do utilizador

Depois de ser realizada a verificação dos dados do utilizador, estes dados vão ser guardados numa variável global. Esta permitirá enviar os dados do utilizador ao servidor PHP, cada vez que o mesmo quiser aceder à base de dados, permitindo assim a segurança dos dados fornecidos.

4.4.2. Acesso à base de dados

A transmissão dos dados da aplicação para a base de dados é realizada da seguinte forma. Primeiro, a aplicação conecta-se ao servidor *PHP*. De seguida, o servidor, vai buscar os dados à base de dados *MySQL* através de uma *query*, na qual primeiro verifica os dados do utilizador, e depois consulta os dados que precisa. Estes dados, por sua vez, vão ser codificados em formato *json* e vão ser enviados para o *smartphone*. Este vai receber os dados, analisá-los e apresentá-los ao utilizador (Sumaray, 2012).

No projecto *WISEMUSE*, foi utilizado como nó sensor o nó que se mostra na Figura 30 (Peralta et al., 2009; Moraes, 2011) para recolher os dados. Este nó sensor utiliza o módulo rádio *XBee-Pro™*, o qual é baseado na tecnologia *ZigBee*, para transmissão e recepção de dados. É utilizado o módulo *XBee-Pro™* por este permitir transmitir dados em distâncias mais longas que outros rádios (nomeadamente o *Xbee* básico), e por ser mais sensível permite receber e enviar todas as medições com maior precisão.

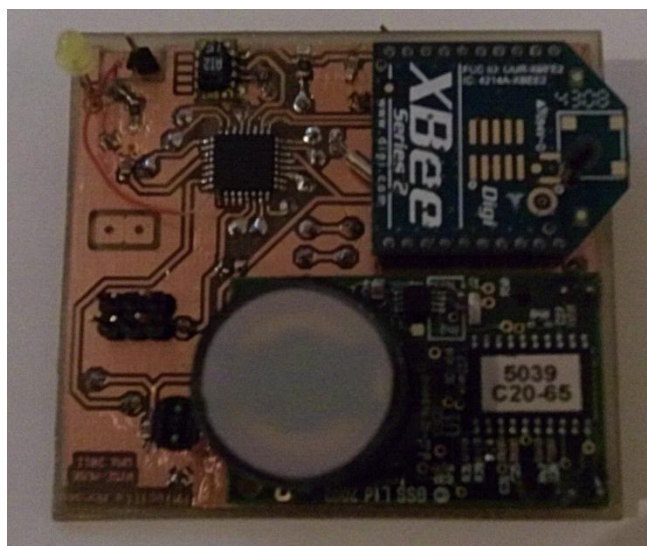


Figura 30 - Nó sensor (Peralta, Brito e Gouveia, 2009; Moraes, 2011)

Devido a, actualmente, os sensores ainda não terem sido instalados no Museu da Baleia, a aplicação móvel foi sendo desenvolvida e testada usando valores que já se encontravam na base de dados. Estes dados foram recolhidos pelo João Santos, no seu trabalho de mestrado, em 2010 (Santos, 2010). No entanto, para aumentar a quantidade de dados utilizados pela aplicação e, desta forma, testar a sua escalabilidade houve necessidade de introduzir, manualmente, mais valores na base de dados.

4.4.3. Hardware utilizado

Para implementar e testar a aplicação foi utilizado o telemóvel *TMN Smart A7*, ilustrado na Figura 31, com sistema operativo *Android*, versão 2.3.

Para que a aplicação móvel funcione, é necessário instalá-la num telemóvel deste tipo, ao qual só as pessoas responsáveis pela monitorização do museu devem poder aceder, apenas quando estejam devidamente autenticadas.



Figura 31 - Telemóvel *TMN Smart a7*

Neste telemóvel específico, o botão do menu pode ser acedido através do botão físico que se encontra no meio, na parte inferior do mesmo. Como já foi referido na seção 3.6, foi decidido utilizar esta funcionalidade do SO *Android* devido a permitir obter um ecrã mais amplo para a apresentação das informações.

Por outro lado, também podemos voltar atrás na aplicação por meio do botão físico que se encontra no lado esquerdo, na parte inferior deste mesmo telemóvel. É importante salientar que qualquer telemóvel com o SO *Android* possui estes botões, podendo estar eventualmente localizados em partes diferentes do telemóvel utilizado.

4.4.4. Alterações em relação aos protótipos abstractos canónicos

Nesta secção, irão ser referidas as mudanças que foram feitas a partir dos protótipos abstractos canónicos realizados inicialmente. Será apresentada uma comparação, onde são explicadas as alterações que foi necessário realizar.

A figura 32 mostra o ecrã principal. Na página principal do protótipo tínhamos quatro opções que representam as informações importantes da aplicação. De modo a não tornar as informações repetitivas, foi excluído o “Abstract” (resumo), devido a ser basicamente a mesma coisa que o “About”, como ilustra a Figura 32b.

Na figura 32c é possível observar como vai ficar a apresentação das diferentes informações, sendo, neste caso, apresentadas as informações relativas ao “About”.

Na Figura 32a também podemos observar o menu da aplicação, no qual foram agrupados todos os tipos de sensores num só ícone, ficando desta forma mais organizado e intuitivo.

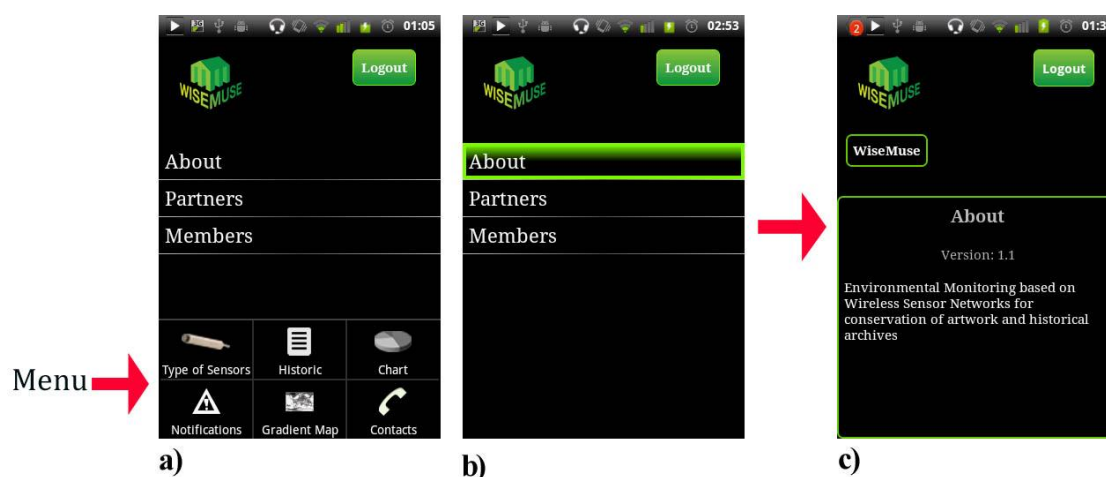


Figura 32 – Ecrã principal. a) Menu da aplicação. b) Visualização da página principal. c) Visualização do About

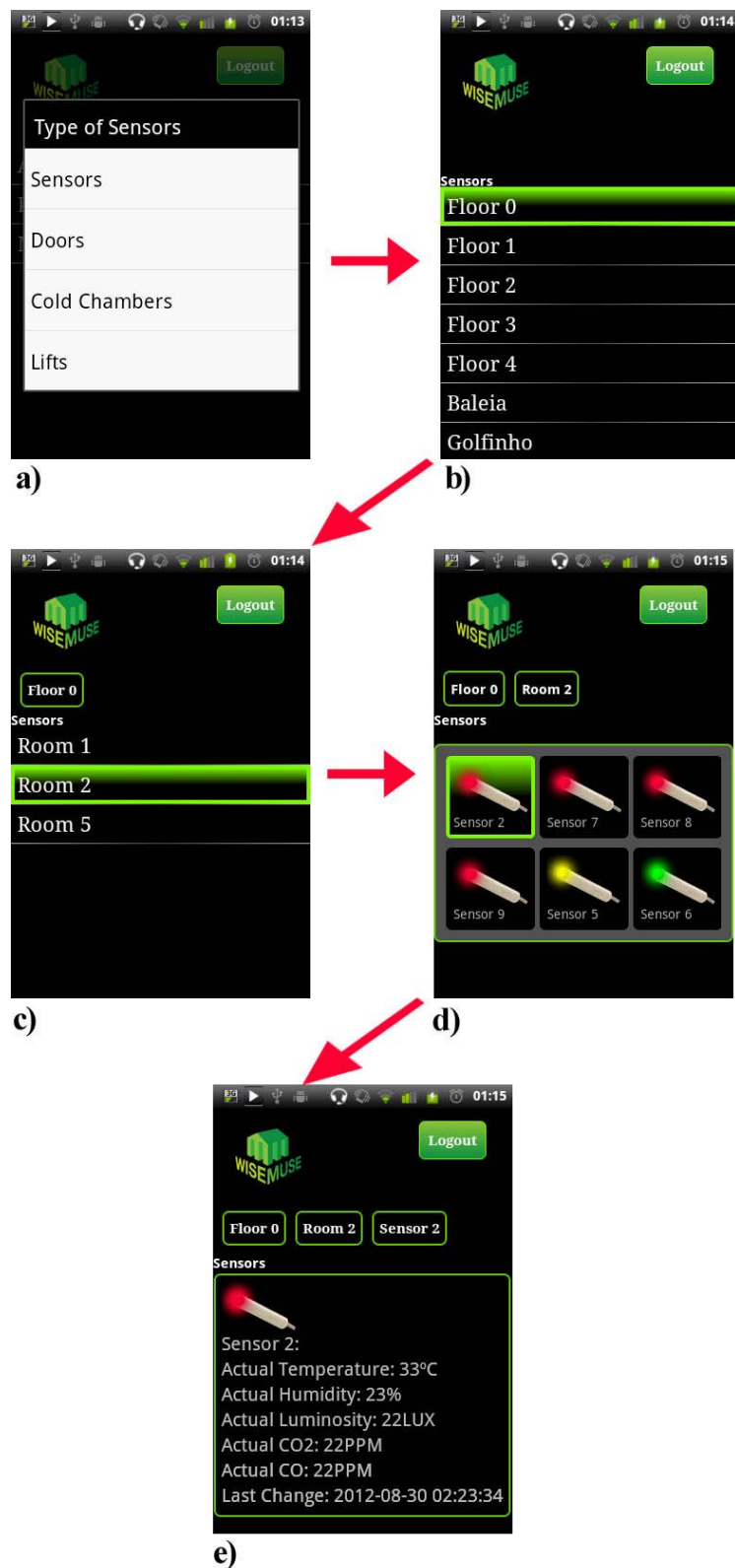


Figura 33 - Ecrã dos estados e informações dos sensores. a) Visualização dos tipos de sensores. b) Visualização dos pisos. c) Visualização das salas. d) Visualização dos estados dos sensores. e) Visualização da informação do sensor seleccionado.

No ecrã referente ao estado dos sensores não foi realizada nenhuma alteração, como demonstra a Figura 33. Tem a única particularidade de ser preciso seleccionar qual é o tipo de sensor cujos dados se pretende visualizar, sendo possível realizar esta escolha através de um submenu, que é apresentado na Figura 33a, depois de seleccionado o ícone “tipo de sensores” no menu da aplicação.

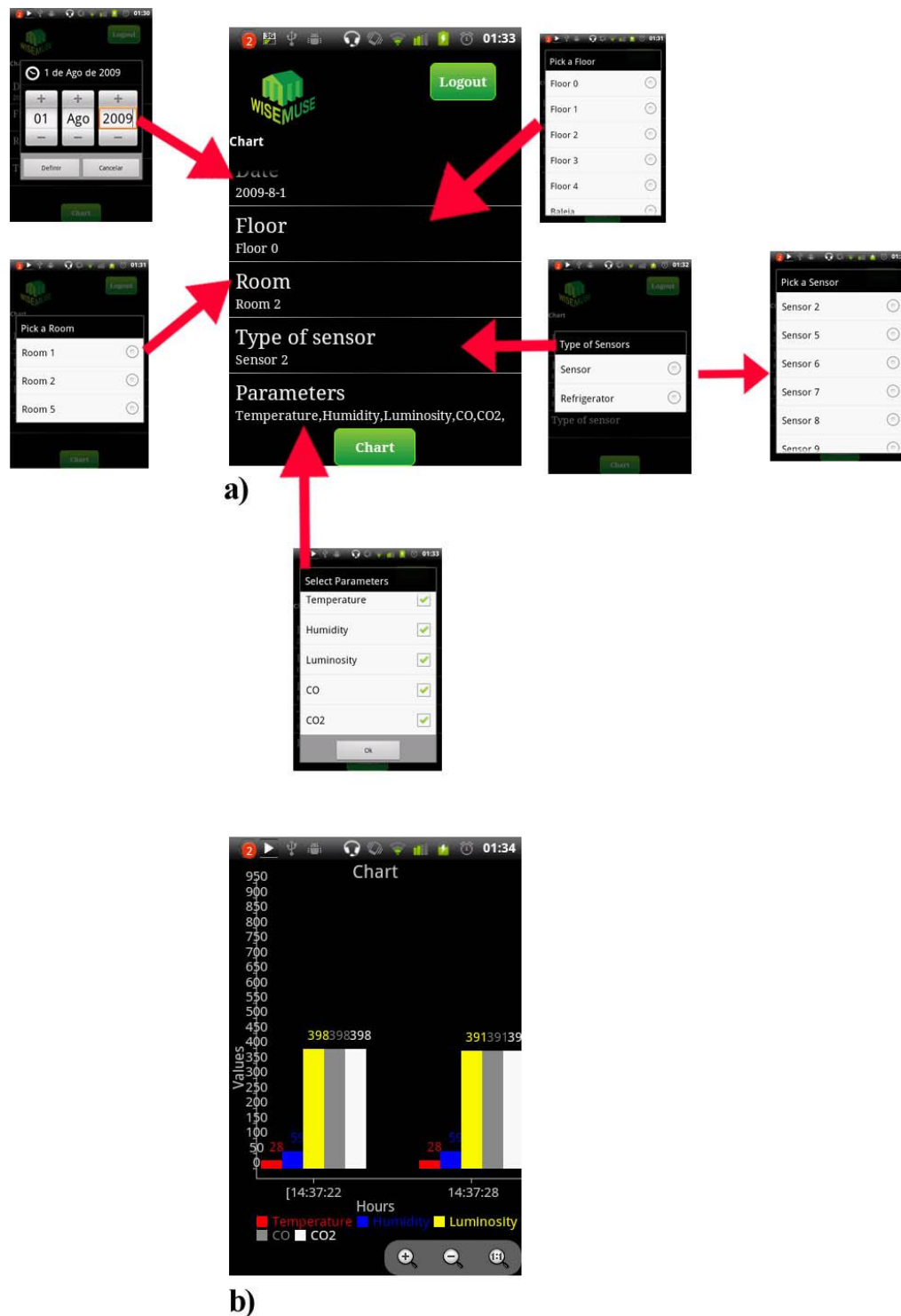


Figura 34 - Ecrã dos gráficos. a) Visualização das opções do gráfico. b) Visualização do gráfico

As mudanças realizadas no ecrã dos gráficos (Figura 34) referem-se às opções apresentadas na Figura 34a do mesmo. No entanto, em vez de ser necessário seleccionar vários pisos como estava definido nos protótipos, só vai ser possível escolher um. Esta alteração deve-se a permitir saber que sala corresponde a que piso, ou seja, se se escolhe-se mais do que um piso, posteriormente não se iria saber a que sala correspondia cada piso. De igual forma, só é permitido escolher uma sala em vez de várias, para se poder saber que sensores correspondem a que sala.

No que diz respeito aos sensores, também só pode ser escolhido um sensor de cada vez, pois um determinado sensor pode captar, num só dia, diversos valores para os diversos parâmetros monitorizados. Em relação aos sensores ambientais, podem ser escolhidos um ou mais parâmetros.

Como ilustrado na Figura 34b, foram escolhidas as cores mais adequadas para representar cada parâmetro monitorizado, com o objectivo de diferenciar de uma forma objectiva os diferentes parâmetros ambientais. Nomeadamente, foi definida a cor azul para a humidade, a cor vermelha para temperatura, a cor amarela para a luminosidade, a cor branca para CO₂ e a cor cinzenta para o CO.

No cenário da Figura 34b também se pode observar que o *layout* está completamente diferente do protótipo. Isto deve-se ao facto de a biblioteca *achartengine*, usada para implementar os gráficos, utilizar o seu próprio *layout*. Este facto não traz grandes desvantagens, excepto pelo facto de não poder ser colocada no ecrã a informação das escolhas feitas pelo utilizador, fazendo com que este tenha que voltar atrás, para relembrar o que escolheu.

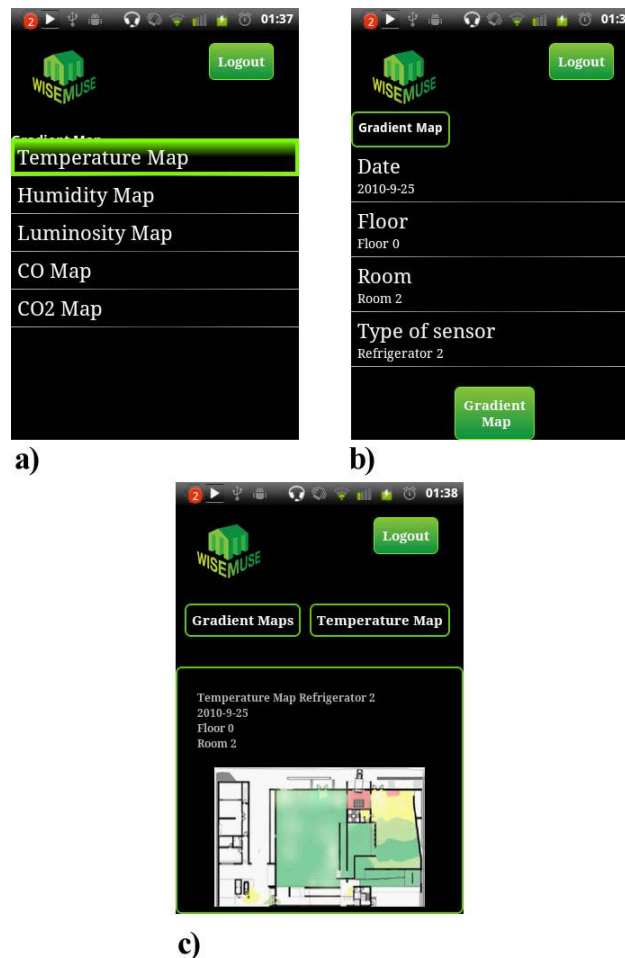


Figura 35 - Ecrã dos mapas gradientes. a) Visualização dos tipos de mapas. b) Visualização das opções do mapa. c) Visualização do respectivo mapa

Na Figura 35 podemos observar o ecrã dos mapas de gradientes. Neste caso, em primeiro lugar, é preciso escolher qual é o tipo de mapa que se pretende visualizar, como ilustrado na Figura 35a. No caso, específico de ser escolhido o mapa de temperatura, devido a existirem dois tipos de sensores que apresentam o parâmetro de temperatura, é possível escolher qual é o tipo de sensor que se quer ver, podendo ser o sensor ambiental ou a câmara frigorífica. Para este cenário foram feitas as mesmas alterações que no cenário do gráfico, com respeito à parte da escolha das opções, como apresentado na Figura 35b. É importante salientar que a imagem da planta do museu com o gradiente do mapa, apresentada na Figura 35c, é uma imagem estática, devido ao facto do módulo do projecto *WISE-MUSE* que gera estes mapas automaticamente ainda não ter sido implementado. Mas, uma vez realizado este módulo vai ser possível procurar esta imagem na base de dados, mantendo na aplicação uma imagem real dos diferentes parâmetros dos mapas gradientes.

Relativamente ao ecrã do histórico da aplicação apresentado na Figura 36, nos protótipos foi decidido que a informação ia ser escolhida da mesma forma que o gráfico e o mapa gradiente. Esta selecção seria feita da seguinte forma: primeiro, o utilizador escolhe uma data; posteriormente, selecciona um ou mais pisos, seguido de uma ou mais salas; ainda elege um ou mais tipos de sensores; a selecção termina com a escolha de um ou mais parâmetros ou estados. O problema de realizar a escolha da informação desta forma é que o utilizador está, por um lado, a procurar só uma determinada data e, por outro, está a escolher vários pisos e várias salas que não estão relacionados. Este último aspecto deve-se a que, primeiro, escolhem-se os vários pisos, e só depois se seleccionam as salas; mas, ao escolher as salas, o utilizador não vai a ter noção de qual sala está associada a que piso. Por exemplo, se se escolher dois pisos, é posteriormente apresentadas as diferentes salas pertencentes as esses pisos, só que as salas não informam a que pisos pertencem, sendo este um problema.



Figura 36 - Ecrã do histórico. a) Visualização das opções do histórico. b) Visualização do histórico

Depois de analisar bem esta questão, decidiu-se realizar alterações neste cenário, ficando da seguinte forma: no caso da data, é possível escolher o dia, os meses ou os anos que se quer visualizar; também é possível escolher todos os pisos ou todas as salas a observar; a selecção termina dando ao utilizador a possibilidade de escolher todos os tipos de sensores (Figura 36a). No que concerne a esta última escolha, em primeiro lugar, é escolhido o tipo de sensores que se tenciona observar; de seguida, são escolhidos todos os sensores que se quer observar; e, por fim, são seleccionados os parâmetros a visualizar em relação aos sensores ambientais, ou os estados que se pretende visualizar em relação às portas de emergência.

No que diz respeito à apresentação do histórico (Figura 36b), mediante os dados seleccionados, não houve mudanças.

No cenário das notificações (Figura 37) houve apenas uma modificação. Os diversos tipos sensores são apresentados em forma de botões (Figura 37a), em vez de apresentá-los em listas, como estava previsto nos protótipos. Isto permite não só uma melhor visualização de todos os sensores, podendo desta forma ser possível a observação de mais sensores num ecrã cujo tamanho é reduzido, como também torna a visualização muito mais intuitiva ao utilizador.

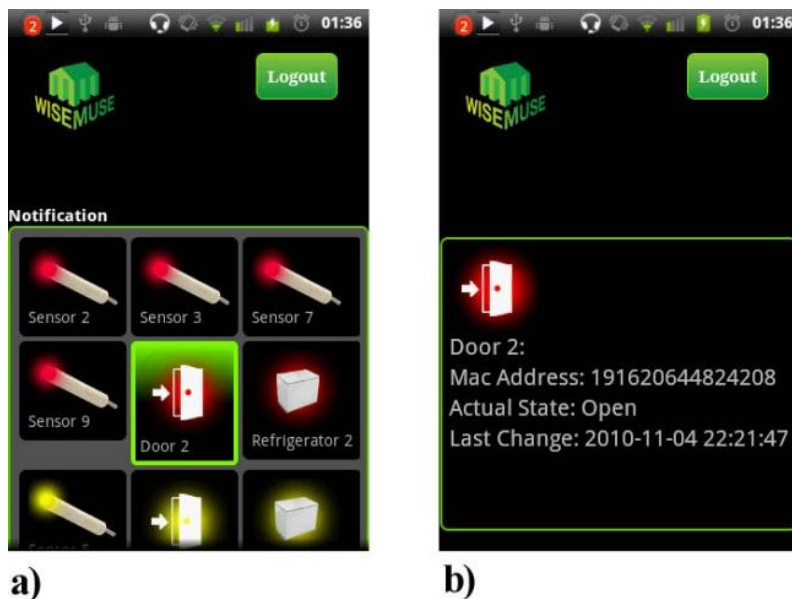


Figura 37 - Ecrã das notificações. a) Visualização das notificações. b) Visualização da informação de um determinado sensor

4.5. Comparação com trabalhos relacionados

Esta secção apresenta uma comparação entre a aplicação móvel e trabalhos relacionados, de entre os apresentados na secção 2.6.

Entre os trabalhos encontrados o que mais se assemelham ao nosso, temos um sistema de monitorização de vigilância desenvolvido na plataforma móvel *Android* (Heming et al., 2010; Pang et al., 2010). Este sistema tem como finalidade resolver as deficiências dos sistemas de segurança por meio de sensores sem fios através do telemóvel *Android*, permitindo monitorizar um determinado lugar em qualquer instante e a qualquer hora. No trabalho apresentado foi utilizado o sensor *Activity* para mostrar os dados referentes à humidade, temperatura, dióxido de carbono e concentrações de gases, permitindo cortar a energia dos equipamentos e activando o ar condicionado, em caso de os sensores apresentarem dados anormais. Adicionalmente, indica se houve alguma movimentação anormal de material ou de pessoas externos ao lugar. Tudo isto pode ser observado na interface da aplicação correspondente, na qual podem ser visualizados os diferentes dados dos sensores, assim como um vídeo do local que é captado através de uma câmara digital via *USB*.

Outra das aplicações que se parecem ao nosso trabalho, é um sistema que permite monitorizar diferentes nós sensores WSN, sendo estes de temperatura e humidade, podendo visualizar os estados destes sensores assim como mandar notificações quando um determinado valor excedeu o seu limite. Estes sensores podem ser observados por planta da casa, chão ou tipo de sensor, sendo possível a personalização do recebimento das notificações dos diferentes sensores que estão associados a uma determinada pessoa.

Na tabela 5, é apresentada uma comparação entre a aplicação *WISE-MUSE*, o sistema de segurança numa plataforma *Android* desenvolvida por Heming et al. (2010) e Pang et al. (2010) e a aplicação móvel para monitorizar uma WSN desenvolvida por Moreira (2011).

Tabela 5 - Tabela comparativa da aplicação WISEMUSE com o sistema de segurança numa plataforma Android

Parâmetros	Sistema de segurança numa plataforma <i>Android</i> (Heming et al., 2010; Pang et al., 2010)	Aplicação móvel <i>WISE-MUSE</i>	Sensor – Aplicação móvel para monitorizar uma WSN (Moreira, 2011)
Apresentação dos dados dos sensores em tempo real	Sim	Sim	Sim
Apresentação dos dados de portas de emergências em tempo real	Não	Sim	Não
Apresentação dos dados das câmaras frigoríficas em tempo real	Não	Sim	Não
Geração de gráficos	Não	Sim	Não
Geração de históricos	Não	Sim	Sim
Visualização de mapas de gradientes	Não	Sim	Não
Notificação de anomalias	Sim (SMS)	Sim (Popup)	Sim (SMS - email)
Apresentação de um vídeo do local	Sim	Não	Não
Apresentação de uma imagem do local	Não	Não	Sim
Apresentação de todos os sensores existentes	Não	Sim	Sim
Seleccção de um sensor específico	Não	Sim	Sim

Uma das grandes vantagens da aplicação *WISE-MUSE* é poder visualizar todos os dados, em tempo real, de diferentes tipos de sensores, assim como também observar os dados das portas de emergência em tempo real. Para além disso, também é possível analisar estes dados através de gráficos, mapas de gradientes e histórico.

Tanto no sistema de segurança desenvolvido para a plataforma *Android* (Heming et al., 2010; Pang et al., 2010) como na aplicação móvel para monitorizar uma WSN (Moreira, 2011), os dados dos sensores podem ser observados unicamente em tempo real. Ou seja, não permitem visualizar e analisar os dados através de gráficos ou mapas de gradientes.

Outra vantagem que temos no *WISE-MUSE* é poder seleccionar um sensor específico ou uma porta de emergência específica, para visualizar dados apenas desse sensor ou dessa porta. Caso que na aplicação Moreira (2011) só é permitida a escolha de vários sensores, não sendo permitido a escolha das portas de emergência, sendo que no sistema de segurança do Heming et al. (2010) e Pang et al. (2010) só pode ser observado os dados de um sensor.

No trabalho de monitorização de vigilância (Heming et al., 2010; Pang et al., 2010) pode-se observar que os parâmetros ambientais são apresentados no monitor da aplicação *Android*, mas não existe nada que ajude a perceber se os dados se encontram fora do normal ou não, podendo ser um problema para a interpretação dos mesmos. Devido a isto no projecto *WISE-MUSE* vai ser implementado diversas cores para dar *feedback* ao utilizador e alertar se algum parâmetro estiver fora do normal. Do mesmo modo pode ser observado que esta aplicação só foi pensada para uma única sala, de modo a gastar mais material caso seja preciso a monitorização de mais salas, chegando a ser muito dispendioso, por este motivo na aplicação *WISE-MUSE*, já se pensou no futuro e se colocou sensores pelos vários pisos e salas que vão precisar de ser monitorizadas.

A utilização de câmaras colocadas nos locais para gravar e transmitir as imagens através de uma interface *USB* é uma grande vantagem da aplicação realizada por Heming et al. (2010) e Pang et al. (2010) Esta pode ser vista como uma desvantagem da aplicação *WISE-MUSE*. No entanto, a arquitectura do projecto *WISE-MUSE* prevê a instalação de um módulo de vigilância. Assim que este módulo estiver instalado e integrado na rede *RSSF*, esta funcionalidade pode ser adicionada à aplicação móvel.

A grande vantagem da aplicação móvel proposta por Moreira, 2011, é poder capturar uma imagem dos diferentes sensores que se encontram no museu, através de câmaras que se encontram lá instaladas. Graças a essas câmaras, podem ser tiradas imagens da localização dos

sensores, podendo ser depois apresentada a imagem da planta da casa com os respectivos sensores. Esta funcionalidade não se encontra implementada no projecto *WISE-MUSE* nem na aplicação desenvolvida por Heming et al. (2010) e Pang et al. (2010).

Em suma, podemos dizer que a aplicação *WISE-MUSE* se adequa aos requisitos mais importantes para monitorização ambiental de um museu, pois permite visualizar, de uma forma eficiente, a medição exacta dos factores ambientais captados por todos os sensores que se encontram instalados no museu. Isto é de extrema importância pois permite preservar a história que as obras de arte representam. Também permite visualizar o estado das portas de emergência existentes no museu, garantido desta forma mais segurança, no sentido em que existe um controlo mais eficiente das pessoas que entram numa determinada sala, assim como também garante um maior controlo ambiental, pois possibilita que as salas permaneçam com valores ambientais mais constantes.

4.6. Conclusão

Esta componente do trabalho foi a que mais tempo levou a realizar, pois consistiu na implementação de toda a aplicação móvel.

Como indicado no início do capítulo, já existia uma base de dados, que tinha sido anteriormente criada para o Projecto WISE-MUSE. Esta base de dados precisava de pequenas melhorias. Isto envolveu uma análise e compreensão cuidadosas, pois a página Web que também já estava criada, depende da base de dados para funcionar correctamente. Qualquer alteração mais profunda na base de dados, poderia obrigar a uma grande reestruturação da página Web. Por este motivo, foram apenas adicionadas algumas tabelas novas, evitando a todo custo a alteração das tabelas já existentes, para evitar estragos na página WEB.

No entanto, caso a página Web venha, algum dia, a ser reconstruída, considera-se que seria conveniente estudar e reestruturar a base de dados de uma forma consistente, para que todos os módulos da arquitectura geral da aplicação possam trabalhar adequadamente.

É de salientar que todas as funcionalidades inicialmente previstas e descritas no capítulo 3 foram implementadas, tentando ir de encontro aos requisitos estabelecidos quer pelos responsáveis do museu quer pelo facto de esta aplicação estar inserida dentro do projecto WISE-MUSE.

Após a fase de implementação e para conseguir uma aplicação funcional, é fundamental realizar diversos testes a mesma, para obter o *feedback* e sugestões dos possíveis utilizadores deste tipo de sistema. Estes testes vão ser apresentados no capítulo seguinte.

5. Testes e resultados

5.1. Introdução

Depois de realizada a implementação da aplicação *WISE-MUSE*, é necessário garantir que a aplicação cumpra com todos requisitos e com todas as funcionalidades importantes para o bom funcionamento de um museu, e para tal, foi necessário proceder à realização de testes de usabilidade, os quais vão permitir verificar se tais funcionalidades estão implementadas de forma correcta.

Esta fase envolveu a planificação das diferentes tarefas que deveriam ser realizadas pelos utilizadores para realizarem os testes. Adicionalmente, foi estudado qual seria o tipo de utilizador mais adequado para a realização dos testes desta aplicação móvel. Depois de realizados os testes, foi pedido ao utilizadores que respondessem a um pequeno inquérito para ajudar a uma melhor compreensão da percepção dos mesmos em relação à utilização do sistema.

Este capítulo termina com a análise dos inquéritos, assim como da observação presencial dos testes realizados, que permite avaliar o impacto destes, conduzindo assim a aperfeiçoamentos da aplicação.

5.2. Tipo de utilizadores/População

Para realizar os testes, foi necessário estudar qual seria o tipo de utilizador mais adequado à realização dos mesmos. Chegou-se à conclusão que deveriam ser os responsáveis pelos museus, pois são pessoas que lidam diariamente com a preocupação da preservação das obras de arte e, portanto, conseguem entender mais rapidamente de que trata a aplicação, garantindo que esta é utilizada e testada da forma adequada.

Seguidamente, estes utilizadores foram contactados e visitados para realizarem os testes. Depois de realizados os testes, foi pedido ao utilizadores que respondessem a um pequeno inquérito para ajudar a uma melhor compreensão da utilização do sistema.

Os testes foram realizados com 5 responsáveis de diferentes museus, com idades compreendidas entre os 35 e os 60 anos. Esta aplicação foi testada no Museu da Baleia⁴, que é o museu que está a colaborar com o projecto *WISE-MUSE*. Entre as pessoas que foram entrevistadas temos o Eng. Milton Aguiar, por ser o responsável pelas redes e informática do museu, e o director do museu, o Dr. Luís Freitas.

Para poder analisar se aplicação é fácil de utilizar e se é rápido aprender a utilizá-la, foram realizados testes com pessoal encarregue de outros museus, que têm igualmente conhecimento sobre a preservação das obras de arte. Os museus que foram requeridos para realizar os testes da aplicação, foram: Museu Municipal do Funchal e Aquário⁵ (museu que apresenta quinze tanques de exposição com diversas espécies de fauna marinha costeira da Madeira), Museu *Story Centre*⁶ (museu que relata a história e a cultura da ilha da Madeira) e Museu Henrique e Francisco Franco⁷ (museu que se encarrega de estudar, apresentar e conservar as obras de arte dos irmãos Henrique e Francisco Franco).

⁴ <http://www.museudabaleia.org/>

⁵ http://www1.cm-funchal.pt/ciencia/index.php?option=com_content&view=article&id=220&Itemid=351

⁶ <http://www.storycentre.com/portuguese/home.html>

⁷ http://www1.cm-funchal.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=340&Itemid=282

Devido aos testes terem sido realizados no mês de Agosto, muitos dos museus da ilha encontravam-se encerrados para férias. Por esta razão, só será possível a realização de testes em mais dois museus a partir de finais do mês de Setembro, sendo estes o Photography.

Museu Vicentes⁸ (museu dedicado ao cinema e a fotografia, expondo diversas obras de fotógrafos famosos, assim como também de fotógrafos amadores), o Museu Quinta das Cruzes⁹ (museu que expõe objectos de arte e antiguidades como: mobiliário, cerâmica, ourivesaria, joalheira, miniaturas, gravuras, pinturas, entre outros, pertencentes a César Filipe Gomes), o museu do Jardim Botânico da Madeira¹⁰ (jardim que possui uma colecção de plantas vivas em risco de extinção) e a Casa-Museu Frederico de Freitas¹¹ (museu que expõe preciosos núcleos de escultura, pintura, gravura, mobiliário, cerâmica, vidros e metais). O resultado destes testes será apresentado aquando da defesa pública deste trabalho de mestrado.

⁸ <http://www.photographiamuseuvicentes.com.pt/>

⁹ <http://www.museuquintadascruzes.com/>

¹⁰ <http://www.sra.pt/jarbot/>

¹¹ <http://casamuseuff.blogspot.pt/>

5.3. Testes realizados/testes de usabilidade

Para validar as diferentes funcionalidades da aplicação foram realizados testes de usabilidade, os quais permitiram observar como é que o utilizador lida e navega pelos diferentes cenários da aplicação. Os testes de usabilidade permitem, deste modo, compreender quais são as preferências do utilizador. Para além disso estes testes ajudam ainda a observar o desempenho dos utilizadores, possibilitando a análise da utilidade do produto e a sua facilidade de utilização, o que permite melhorar a qualidade da aplicação realizada.

Para que estes testes pudessem realmente contribuir para uma melhor análise das funcionalidades aplicadas neste projecto, foi necessário explicar aos utilizadores em que ia consistir o teste, assim como de que tratava e para que servia a aplicação. Seguidamente, foi pedido aos utilizadores que executassem uma série de tarefas para testar a aplicação, nomeadamente a interacção dos utilizadores com a mesma. Entre as tarefas que foram testadas, temos:

- Aceder à aplicação através do *username* “admin” e *password* “admin”;
- Escolher um tipo de sensor e observar o seu estado.
 - Ver informação do tipo de sensor escolhido;
 - Regressar ao piso e escolher outro sensor;
- Visualização dos dados do gráfico, respeitando as seguintes indicações:
 - Escolher a data 1/Agosto/2009;
 - Escolher o piso 0;
 - Escolher a sala 2;
 - Escolher o sensor 2;
 - Escolher um ou mais parâmetros;
 - Ver gráfico;
- Visualizar o histórico de uma sala ou de várias salas;
- Visualizar o histórico do ano 2010;
- Visualizar o mapa de humidade. Com os dados a escolha do utilizador;
- Visualizar as notificações e observar a informação de algum tipo de sensor.

Estas tarefas foram atribuídas uma a uma, tendo-se tido o cuidado de não serem muito extensas para não fatigar os utilizadores. Em nenhum momento os utilizadores foram ajudados, para não influenciar os resultados dos testes. Em alguns casos, ao observar que o

utilizador não chegava ao fim de determinada tarefa, foi necessário fornecer-lhe uma pequena ajuda.

Adicionalmente, foi pedido aos utilizadores que comentassem, em voz alta, tudo aquilo que estavam a realizar, isto é, foi-lhes pedido que pensassem em voz alta para permitir saber o que estavam a pensar e, deste modo, entender melhor o porquê das escolhas feitas. Para finalizar estes testes, foi realizado um pequeno inquérito, com o intuito de ajudar a perceber qual foi o nível de dificuldade que os utilizadores sentiram em cada tarefa.

Antes de se realizar os testes, os utilizadores foram questionados sobre se possuíam telemóvel *Android*. Dois dos utilizadores tinham telemóvel *Android*, outros dois não tinham, enquanto um outro usufruía de um telemóvel *iPhone*.

No caso dos utilizadores que não têm telemóveis *Android* ou que nunca utilizaram este SO, foi dada uma breve explicação de como funcionam este tipo de telemóveis.

Foi possível observar que, para os utilizadores que possuem um telemóvel *Android*, foi fácil utilizar a aplicação, utilizando todas as funcionalidades correctamente. Estes também utilizaram correctamente os diferentes caminhos que eram colocados para dar *feedback* ao utilizador. No caso dos utilizadores que não possuem telemóvel *Android*, inicialmente tinham mais dificuldade de trabalhar com o telemóvel pois não tinham muitos conhecimentos sobre este mesmo, mas, depois de alguns segundos de utilização, conseguiam utilizar a aplicação sem problema nenhum. O utilizador que possui um telemóvel *iPhone* também utilizou facilmente a aplicação, pois este telemóvel tem algumas semelhanças com os telemóveis com o SO *Android*.

Em relação à forma de regressar atrás na aplicação, temos que 50% das pessoas utilizava o botão físico do telemóvel, em quanto que 50% das pessoas utilizava o caminho realizado para navegar na aplicação e assim permitir voltar ao lugar para onde pretendiam ir.

5.4. Análise dos inquéritos e dos testes

Depois de realizadas as tarefas anteriormente indicadas, foi pedido aos utilizadores que realizassem um pequeno inquérito para poder perceber o que acharam da aplicação. O inquérito realizado encontra-se localizado no Anexo C.

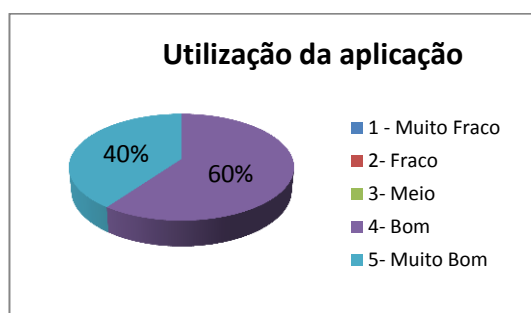


Figura 38 - Gráfico que representa a facilidade de utilização da aplicação

Na primeira pergunta (Anexo C), mais de metade das pessoas (60%), acharam que a aplicação era fácil de utilizar, como podemos observar na Figura 38. Isto porque, mesmo sem nunca terem utilizado um telemóvel *Android*, conseguiram realizar as diversas actividades de uma forma eficiente.

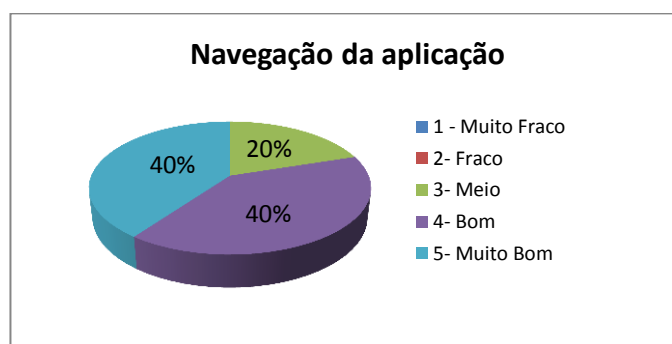


Figura 39 - Gráfico que representa a facilidade na navegação pela aplicação

Na segunda pergunta (Anexo C), temos que 40% das pessoas acharam que a navegação pela aplicação é muito fácil e perceptível de utilizar e outras 40% das pessoas acharam que é fácil e perceptível de utilizar, como pode ser visualizado na Figura 39. Isto deveu-se à aplicação fornecer ao utilizador uma forma de estar a par de todas as escolhas realizadas, permitindo voltar atrás com muita facilidade. Para além disso, isto também se deveu à aplicação permitir voltar atrás através do botão físico “voltar atrás” do telemóvel.

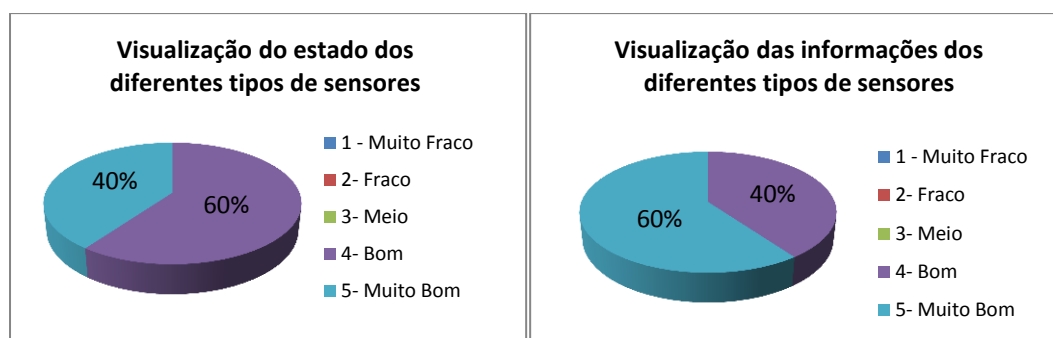


Figura 40 – Gráfico referente às perguntas das funcionalidades dos sensores. A direita tem-se o gráfico referente ao estado dos diferentes tipos de sensores. A esquerda tem-se o gráfico referente as informações dos diferentes tipos de sensores.

Na terceira e quarta pergunta (Anexo C), referente à funcionalidade de visualizar os estados e as informações dos sensores, temos que, todas as pessoas opinaram que esta funcionalidade está a ser cumprida, permitindo de uma forma eficiente visualizar os diferentes estados dos sensores, assim como a sua respectiva informação. Como podemos observar na Figura 340, à esquerda, e na Figura 40, à direita, temos uma pequena diferença. No primeiro gráfico, a maioria das pessoas achou que era muito boa a forma como estavam a ser representados os diferentes estados dos sensores, devido às diferentes cores aplicadas, saber a condição em que os parâmetros (no caso dos sensores ambientais e câmaras frigoríficas ou nos estados das portas de emergência) se encontram. Os testes relativos à visualização da informação dos sensores também foram positivos, visto que a maioria das pessoas (60%) a classificou com *bom*, tendo 40% considerado que era *muito bom*.

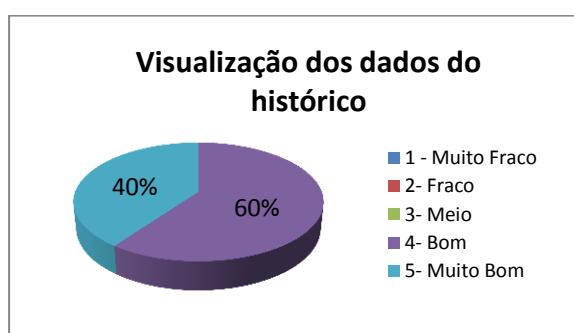


Figura 41 – Gráfico referente a funcionalidade do histórico

Na quinta pergunta (Anexo C), referente à funcionalidade da visualização do histórico, é possível observar na Figura 41 que obtivemos um *feedback* bom sobre a visualização destes dados, pois eles permitem ver todos os diferentes dados que se pretende analisar no momento. Algumas das pessoas disseram que o texto do histórico estava com um tamanho de

letra muito pequeno e que isso poderia vir a dificultar a correcta visualização dos dados.

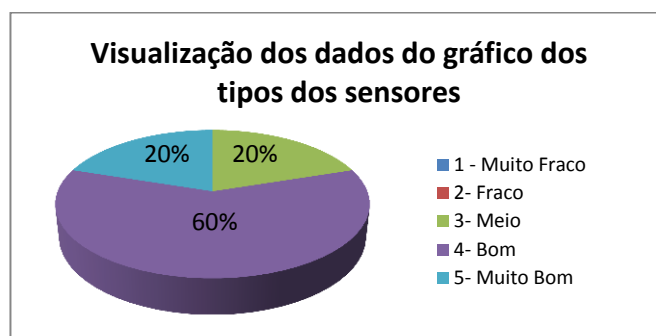


Figura 42 – Gráfico referente a funcionalidade do gráfico dos dados dos sensores

A sexta pergunta (Anexo C) refere-se à funcionalidade de visualização dos parâmetros dos diferentes sensores referenciados num gráfico. É possível observar na Figura 42 que a maioria das pessoas concordaram que os gráficos estavam muito bem implementados e gostaram da forma como cada parâmetro tem uma cor específica e significativa que faz com que a observação dos dados seja mais intuitiva. Também temos que 20% dos utilizadores classificou esta funcionalidade como média, devido à mesma não permitir dar um *feedback* ao utilizador relativamente às suas escolhas, pois esta funcionalidade trabalha com a biblioteca *achartengine* a qual utiliza o seu próprio *layout*, como já foi referido no capítulo 3.5.

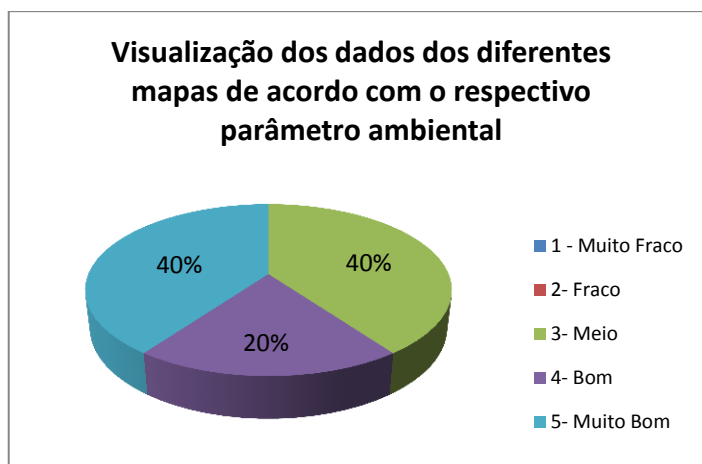


Figura 43 - Gráfico referente a funcionalidade dos mapas

A sétima pergunta (Anexo C) refere-se à visualização eficiente dos mapas de gradientes dos diferentes tipos de sensores. Pode-se observar na Figura 43 que a maioria das pessoas deu uma apreciação boa, tirando os 40% que opinaram que a eficiência desta funcionalidade era média. Isto devido à imagem apresentada ser uma imagem fixa, não permitindo representar o gradiente dos mapas de forma actualizada. Como já referido anteriormente, isto sucede devido ao módulo responsável pela geração dos mapas ainda não estar implementado. No entanto, este módulo vai ser implementado de futuro.

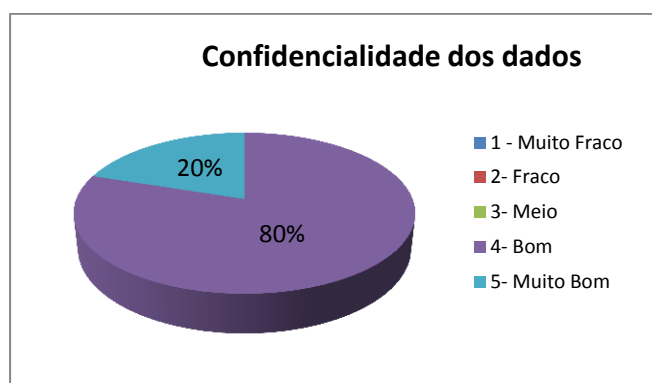


Figura 44 - Gráfico para visualizar se a aplicação cumpre a confidencialidade dos dados

Na oitava pergunta (Anexo C), referente à confidencialidade dos dados, podemos observar a partir da Figura 44, que a maioria das pessoas deu um *feedback* positivo ao facto de os utilizadores precisarem de introduzir uma palavra passe para entrarem na aplicação, assim como ao facto da aplicação só ser instalada nos telemóveis das pessoas responsáveis, permitindo assim uma melhor confidencialidade.

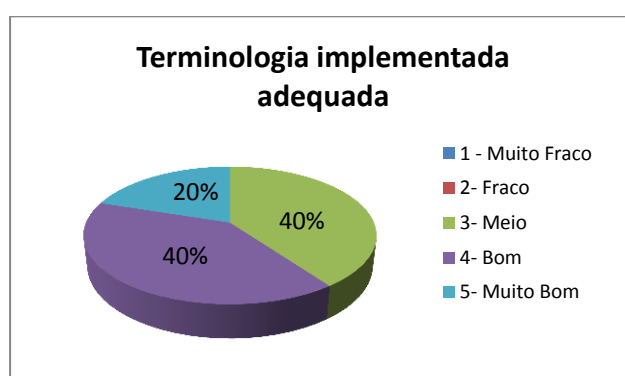


Figura 45 - Gráfico para visualizar se a aplicação utiliza uma linguagem adequada e coerente

Na nona pergunta (Anexo C), referente à linguagem utilizada na aplicação ser adequada e coerente, pode-se observar que a maioria das pessoas encontra esta linguagem apropriada e

intuitiva, como ilustrado na Figura 45, permitindo, deste modo, que qualquer pessoa perceba rapidamente em que consiste a aplicação. Também podemos reparar que 40% das pessoas classificaram a terminologia como média, devido à aplicação estar unicamente em inglês.

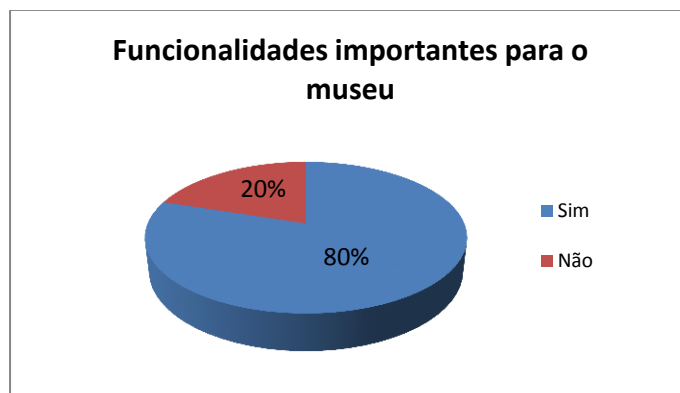


Figura 46 – Gráfico sobre as funcionalidades importantes do museu

Na décima pergunta (Anexo C), referente à aplicação possuir todas as funcionalidades importantes para o museu, pode-se observar que a maioria das pessoas respondeu que sim, devido a que quase todos os museus possuírem ou necessitarem de quase de todos os tipos e sensores que implementados neste projecto, com a diferença de provavelmente, alguns museus não terem câmaras frigoríficas ou já possuírem sistemas de segurança para as portas de emergência. O museu *Story Centre*, por exemplo, indicou que, nesse museu em particular, necessitam somente dos sensores ambientais.

O museu de história natural respondeu que a nossa aplicação não possui todas as componentes que são necessárias para o museu; contudo, não colocaram nenhuma observação nem sugestão que nos ajude a saber o que faltaria para que o sistema cumprisse o que eles precisam. Em nossa opinião como o museu está tecnologicamente desactualizado, pode necessitar de outros tipos de sensores para as suas necessidades específicas. Este museu também dispõe de uma área de aquários, os quais podem precisar de sensores específicos para manter a qualidade da água e da vida dos espécimes que nele habitam por muito tempo.

A última pergunta trata de sugestões e recomendações que os utilizadores gostariam de fazer. Para este projecto foi aconselhado que fosse colocada a opção "seleccionar tudo" e "anular a selecção", nos campos em que é possível escolher mais do que uma opção.

5.5. Impacto dos testes na aplicação

A partir dos testes e dos inquéritos realizados relativamente à aplicação, é possível observar que existem diversas melhorias que podem ser ainda realizadas para aperfeiçoar o funcionamento e usabilidade desta aplicação.

Uma das melhorias encontradas depois da análise dos testes seria poder realizar “*zoom-in*” e “*zoom-out*” na visualização do histórico, permitindo desta forma visualizar melhor os dados e, portanto, contribuir para uma melhor análise dos mesmos. Outro aspecto que poderia ser melhorado era possibilitar a ordenação dos dados no histórico, por data, piso, sala, ou outro parâmetro. Adicionalmente, também pode ser implementada a opção de permitir escolher todos ou anular a selecção de todos os dados de um determinado sensor.

Um dos aperfeiçoamentos mais importantes a ser realizado diz respeito ao cenário dos gráficos, o qual ficaria melhor se fosse possível implementar os gráficos usando o *layout* da aplicação, para permitir dar *feedback* ao utilizador sobre a navegação na aplicação, possibilitando uma navegação mais intuitiva pelo cenário.

Outra das melhorias que deveriam ser postas em prática é a implementação do módulo correspondente aos mapas de gradientes, permitindo ao utilizador acompanhar, de uma forma ainda mais intuitiva, a evolução actualizada dos diferentes parâmetros monitorizados. Contudo, a realização deste módulo não era objectivo deste trabalho de mestrado. Para possuir uma terminologia adequada e perceptível para todos os potenciais utilizadores, poderia ser implementada a funcionalidade de se poder seleccionar o idioma a utilizar, permitindo desta forma abranger um número maior de utilizadores; neste caso, a ideia é permitir monitorizar os dados dos diferentes sensores também no idioma português. Para finalizar também seria desejável que as notificações fossem emitidas de uma forma mais rápida e mais eficiente. Para tal, cada vez que haja uma nova notificação sobre algum tipo de sensor, esta deve aparecer no lado superior do ecrã do telemóvel de cada vez que o utilizador entra na aplicação, permanecendo ali até que o utilizador se aperceba da mesma. Esta funcionalidade seria semelhante ao que ocorre com a aplicação do *facebook*¹², onde cada vez que o utilizador entra na página é alertado sobre todas as notificações que lhe são destinadas, permitindo assim que se mantenha informado de uma forma mais rápida e eficiente.

¹² <https://www.facebook.com/>

5.6. Conclusão

Neste capítulo, tivemos como finalidade que os potenciais utilizadores desta aplicação móvel realizassem diferentes tarefas na aplicação, permitindo deste modo verificar se estes conseguiam monitorizar os diferentes dados recebidos pelos sensores e analisá-los de uma forma fácil e rápida, tanto na utilização como na navegação da aplicação. Como se pode verificar no decorrer deste capítulo, essa finalidade foi cumprida, concluindo que a aplicação móvel desenvolvida neste projecto de mestrado ajudaria, em geral, todos os responsáveis pelos museus na monitorização, sobretudo ambiental, dos mesmos, permitindo desta forma que as obras de arte lá existentes perdurem por muito mais tempo.

Neste capítulo também foi possível apurar quais os aspectos a serem refinados, de modo a aperfeiçoar o funcionamento desta aplicação. Uma vez que, por limitação de tempo, estes refinamentos não serão realizados no âmbito deste projecto de mestrado, os mesmos serão propostos como trabalho futuro.

6. Conclusão

6.1. Introdução

Ao longo deste documento procurou-se explicar todas as opções realizadas, assim como também descrever o trabalho realizado. Com base em tudo o que foi realizado, pode-se dizer que este trabalho traz várias contribuições para a sociedade que trabalha em museus, permitindo ter uma aplicação móvel intuitiva e fácil de utilizar, que disponibiliza todos os dados que são necessários para a preservação das obras de arte. Por outro lado, contribui para os desenvolvedores de aplicações para o SO *Android*, pois permite a partilha do código. As principais contribuições deste trabalho serão apresentadas na próxima secção.

Este capítulo finaliza, com a indicação de alguns trabalhos futuros que vão permitir não só melhorar a aplicação móvel, como também estender o próprio projecto *WISE-MUSE*, aperfeiçoando-o cada vez mais.

6.2. Principais contribuições

Este trabalho de mestrado tem como principal contribuição possibilitar a monitorização dos parâmetros ambientais dos diferentes sensores ambientais e câmaras frigoríficas, assim como também a monitorização do estado em que as portas de emergência se encontram, através de um telemóvel. A sua principal finalidade é permitir que os utilizadores possam verificar e analisar constantemente os dados sobre parâmetros monitorizados, a qualquer hora e em qualquer lugar, possibilitando uma monitorização com mais flexibilidade e mais segurança. Facilitando uma melhor visualização de todos os dados captados pelos diferentes sensores em tempo real.

Neste trabalho foi possível realizar uma interface simples, eficiente e de fácil utilização, que contém todas as funcionalidades importantes para preservar as obras de arte no Museu da Baleia, ou noutra museu qualquer. Esta aplicação vai permitir que o utilizador consiga visualizar não só os dados recolhidos pelos sensores, mas também o estado dos mesmos. O facto de reflectir os estados dos sensores com diferentes cores permite ao utilizador ter uma percepção rápida dos mesmos, garantindo uma resposta mais rápida e eficaz a alterações bruscas e indesejadas dos parâmetros monitorizados.

Adicionalmente, o facto de esta aplicação possibilitar a visualização dos dados dos diferentes sensores através de gráficos, históricos e mapas gradientes, também permite que os utilizadores possam analisar os dados de um modo mais rápido e eficiente.

Uma das funcionalidades mais importantes que a aplicação oferece é, sem dúvida, o envio de notificações aos utilizadores caso surjam parâmetros com valores anormais, a qual possibilita a percepção de todas as áreas e, portanto, de todas as obras que se encontram em perigo, podendo o utilizador reagir mais prontamente.

Esta aplicação é *Open Source* para permitir a reutilização do código pelos diversos desenvolvedores de aplicações para o SO *Android*.

Depois de realizada esta aplicação, o módulo correspondente foi adicionado à arquitectura geral do projecto *WISE-MUSE*. Consequentemente, este trabalho de mestrado também contribuiu para a evolução e sucesso do projecto *WISE-MUSE*.

Pode-se concluir que esta aplicação vai de encontro aos objectivos definidos no início deste projecto de mestrado.

Por outro lado, este trabalho também ajudou a compreender um pouco mais sobre a problemática da conservação das obras de arte em museus, sobre os requisitos de conservação das mesmas, e sobre como é feita a análise dos dados para a preservação das obras de arte.

Para além disso, este trabalho permitiu obter conhecimentos sobre o que são e como funcionam as redes de sensores sem fios, hoje em dia em grande crescimento, essencialmente pela sua potencial aplicação nas mais variadas áreas. Adicionalmente, foi possível conhecer as tecnologias de transmissão sem fios utilizadas por estas redes, especialmente a tecnologia ZigBee. Mais detalhadamente, permitiu ter uma ideia de como os sensores ZigBee captam os dados e os enviam através da RSSF, terminando com o seu armazenamento, para posteriormente serem utilizados e analisados através de plataformas de visualização WEB e, neste caso, de plataformas móveis.

Este trabalho também ajudou a conhecer todo o esforço e dedicação que tem vindo a ser empregue, nestes últimos anos, para que o projecto *WISE-MUSE* cresça e continue a ir de encontro às necessidades dos diferentes museus, fornecendo-lhes uma forma de monitorização as suas obras de arte mais barata e mais fácil de instalar que outras soluções existentes no mercado actualmente.

Para finalizar, é de salientar que, com este projecto, também foi possível aprender sobre os tipos de *Smartphones* que são utilizados actualmente. Também se beneficiou na aprendizagem sobre o desenvolvimento de aplicações móveis, especificamente para *Android*, e, em parte, para i-Phone, uma vez que esta aplicação também foi inicialmente pensada para este SO.

6.3. Trabalho futuro

Para ter esta aplicação mais abrangente no que diz respeito aos SOs suportados, pode-se desenvolver esta aplicação usando a *framework PhoneGap*¹³ ou a *framework Appcelerator*, as quais permitem a criação de aplicativos móveis para diferentes dispositivos como *Android*, *iPhone*, *Windows Mobile*, entre outros. Devido a serem híbridas, estas aplicações não são unicamente nativas (utilização apenas do código fonte de cada plataforma, como por exemplo: *java* para *Android* e *Objective-C* para *iPhone*) nem são unicamente baseadas na web. Estas *frameworks* de código aberto permitem a criação destes aplicativos através das linguagens *javascript*, *html* e *css*, possibilitando compatibilidade entre as diferentes plataformas móveis.

Estas *frameworks* não foram utilizadas neste projecto, pois só foram encontradas já aquando do fim da implementação do mesmo. No entanto, o desenvolvimento futuro da aplicação WISE-MUSE para outras plataformas pode ser realizado com uma destas *frameworks*, permitindo assim ser desenvolvida para outras plataformas móveis, como, por exemplo, *BlackBerry*, *iPhone*, *Windows Phone*, *Palm WebOS*, *Bada*, *Symbian*, etc.

Como foi referido na seção 2.5, as plataformas móveis mais utilizadas actualmente são os SOs *Android* e *iPhone*. Inicialmente, com o objectivo de tornar o projecto mais abrangente, esta aplicação móvel também foi pensada para o SO *iPhone*. Para tal, foi feito o estudo dos respectivos *mockups*, os quais se encontram no Anexo A. Devido a não haver tempo suficiente não foi possível realizar esta aplicação, sendo interessante que seja realizada assim que possível.

De modo a tornar a aplicação móvel mais eficiente e perceptível para o utilizador, pretende-se aperfeiçoar o cenário dos gráficos para permitir fornecer *feedback* sobre a navegação ao utilizador. De igual forma, o histórico também deve possuir a funcionalidade de *zoom*, para permitir ampliar ou reduzir o tamanho da tabela, de modo a que as pessoas que queiram ver os dados em tamanho maior o possam fazer. Também se pretende implementar a funcionalidade de ordenação da tabela do histórico pelo parâmetro que o utilizador escolher, ou seja, permitir que o utilizador consiga ordenar os dados por data, salas, pisos, ou sensores, mostrando os dados de forma descendente ou ascendente.

¹³ <http://phonegap.com/about>

Para aperfeiçoar o funcionamento quer da aplicação móvel quer do próprio projecto *WISE-MUSE*, é desejável que o módulo que gera os mapas de gradientes seja implementado, o qual permitirá visualizar, de forma mais intuitiva, os dados de um determinado sensor, num dado momento. Isto possibilita dar uma noção mais específica do que está a ocorrer, permitindo ainda verificar se um determinado sensor precisa ser mudado para outra localização ou substituído por outro.

Por outro lado, é aconselhável refazer a base de dados já existente para permitir que as tabelas e os atributos sejam consistentes uns com os outros, permitindo que todos os módulos possam utilizar esta base de dados de forma adequada. Entre os aspectos a alterar, salienta-se:

- É preciso que as diferentes tabelas possuam uma linguagem comum, seja em inglês ou em português, permitindo uma terminologia adequada e coerente, para que todos os módulos a consigam utilizar correctamente, de igual forma,
- É preciso que os tipos de dados dos vários atributos sejam revistos, pois a maioria está confusa ou, até mesmo, errada (por exemplo, os dados de temperatura deveriam ser do tipo *double*, mas estão definidos como sendo do tipo *varchar*).
- A chave primária de cada tabela deve ser um número inteiro e não deve ser repetido. Por este motivo, é necessário trocar a chave primária das tabelas *resultdata*, *doordata* e *Refrigerator_data*, pois, actualmente, estas tabelas utilizam o campo *data* como chave primária, o que não está correcto. Por exemplo, a tabela *resultdata* é utilizada para guardar todos os dados que são recebidos de todos os sensores ambientais, o que significa que vários sensores, como por exemplo o sensor 1 e o sensor 2, podem receber dados no mesmo dia e à *mesma hora*. Neste exemplo, por a chave primária ser a data, isto vai impossibilitar que estes dois sensores consigam receber dados ao mesmo tempo. Por exemplo, se o sensor 1 enviar dados no dia 01/02/2012 às 21h e o sensor 2 enviar dados no dia 01/02/2012, à mesma hora, vai haver conflito na introdução dos dados, sendo os dados de um dos sensores perdidos.

Referências

- Ahonen, T. (2011), Final Numbers for Q1 in Smartphones Bloodbath year 2: Electric Boogaloo [Online]. Disponível: <http://communities-dominate.blogs.com/brands/2011/05/final-numbers-for-q1-in-smartphones-bloodbath-year-2-electric-boogaloo.html>.
- Ahonen, T. (2011), Smartphone Market Shares at Q2 and Report Card for Half-Year Performance [Online]. Disponível: <http://communities-dominate.blogs.com/brands/2011/08/smartphone-market-shares-at-q2-and-report-card-for-half-year-performance.html>.
- Ai, W., and Chen, C., "Green House Enviroment Monitor Technology Implementation Based on Android Mobile Platform", *2nd International Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC)*, Yichang, China, pp. 5584 – 5587, Aug. 2011.
- Andrade, A., "Gestform Mobile – Aplicação Web Mobile para Gestão de Formação," Relatório de Estágio de Mestrado, Centro de Competências de Ciências Exactas e da Engenharia, Universidade da Madeira, Funchal, Madeira. 2010.
- Android Developers (N.D), Android, the world's most popular mobile platform [Online]. Disponível: <http://developer.android.com>.
- Bada (2011), What is Bada [Online]. Disponível: <http://www.bada.com/whatisbada/index.html>
- Brito, L., "Wireless Sensor Networks", Universidade da Madeira, Abr. 2006.
- Chicora Foundation (1994), Managing the Museum Environment [Online]. Disponível: <http://cool.conservation-us.org/byorg/chicora/chicenv.html>.
- Colunas, M., Fernandes, J., Oliveira, I., and Cunha, J., "Droid Jacket: Using an Android based smartphone for Team Monitoring", *Wireless Communication and Mobile Computing Conference (IWCMC) 7th International*, Aveiro, Portugal, pp. 2157 – 2161, July. 2011.
- Deco Proteste (2010), Smartphones: análise a 7 sistemas operativos [Online]. Disponível: <http://www.deco.proteste.pt/eletronica-e-telemoveis/smartphones-analise-a-7-sistemas-operativos-s603581.htm>.

- EnviroSense Strategic Environmental Consultants (2012), EnviroSense [Online]. Disponível: <http://www.envirosense.com/index.php?>.
- Falchuk, B., “Visual and interaction design themes in mobile healthcare”, *6th Annual International Mobile and Ubiquitous Systems: Networking & Services, MobiQuitous*, Piscataway, USA, pp. 1 – 10, July. 2009.
- Ferreira, K., “Teste de usabilidade”, Monografia de Final de Curso, Dept. Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, Ago. 2002.
- Filipa, E., “Relatório da Qualidade do Ar Interior”, Museu da Baleia, Set. 2007.
- Heming, P., Linying, J., Liu, Y., and Kun, Y., “Design and Implementation of Android Phone Surveillance System,” *International Forum on Information Technology and Applications*, vol. 2, pp. 222-225, Nov. 2010;
- Ios Developer (2012), The world’s most advanced mobile platform [Online]. Disponível: <https://developer.apple.com/technologies/ios/>
- Lee, A., Angeles, C., Talampas, M., Sison, L., and Soriano, M., “MotesArt: Wireless Sensor Network for Monitoring Relative Humidity and Temperature in an Art Gallery”, *IEEE International Conference Networking, Sensing and Control*, Sanya, pp. 1263-1268, Apr. 2008.
- Maemo (N.D), The home of the Maemo Community [Online]. Disponível: <http://maemo.org/intro/>
- Messias, A. (2008), “XBee/ZigBee” [Online]. Disponível: <http://www.rogercom.com/ZigBee/ZigBee.htm>.
- Moraes, P., “Extensão do nó sensor Wise-Muse para monitorização de gases poluentes”, Relatório de licenciatura de Engenharia Electrónica e Telecomunicações, Universidade da Madeira, Funchal, Madeira, 2011.
- Moreira, N., Venda, M., Silva, C., Marcelino, L., and Pereira, A., “@Sensor – Mobile Application to Monitor a WSN”, *6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, Leiria, Portugal, pp. 1 -6, June. 2011.
- Nokia Developer (2012), Category: Symbian [Online]. Disponível: <http://www.developer.nokia.com/Community/Wiki/Category:Symbian>

Overseer Network Monitoring Software (2012), Environmental Monitoring Software [Online].
Disponível: <http://www.overseer-network-monitor.com/Sensatronics-Environmental-Temperature-Monitoring-Software.aspx>.

Pang, H., Jiang, L., Yang, L., and Yue, K., “Research of Android Smart Phone Surveillance System”, *International Conference on Computer Design and Applications (iCCDA)*, Shenyang, China, vol. 2, pp. 373 – 376, June. 2010.

Peralta, L., and Brito, L., “An integrating platform for Environmental Monitoring in Museums based on Wireless Sensor Networks”, *International Journal On Advances in Networks and Services, IARIA Journals*, vol. 3, no. 1 - 2, pp. 114 – 124, Sept. 2010.

Peralta, L., Brito, L., and Gouveia, B., “The WISE-MUSE Project: Environmental Monitoring and Controlling of Museums based on Wireless Sensors Networks”, *International Journal EISE – Electronic Journal of Structural Engineering, Special Issue on Sensor Network for Building Monitoring: From Theory to Real Application*, pp. 46 – 57, 2009, ISSN: 1443-9255.

Peralta, L., Brito, L., Santos, J., Santos, J., Francisco, C., Sousa, C., Moraes, P., and Gouveia, F., “Environmental Monitoring Platform based on a Heterogeneous Wireless Sensor Network”, *Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Telecommunications JSAT*, pp. 26 – 38, Oct. 2011.

Peralta, L., Gouveia, B., Sousa, Dália., and Alves, G., “Enabling Museum’s Environmental Monitorization based on low-cost WSNs”, *10th annual international conference on New Technologies of Distributed Systems (NOTERE’ 2010)*, *IEEE Computer Society and ACM*, Tozeur, pp. 227 – 234, Tunisia, May – June. 2010, ISBN: 978-1-4244-7066-2.

Postolache, O., Girão, P., Ribeiro, M., Santiago, F., and Pena, A., “Enabling telecare assessment with pervasive sensing and Android OS smartphone”, *IEEE International Workshop on Medical Measurements and Applications Proceedings (MeMeA)*, Lisboa, Portugal, pp. 288 – 293, May. 2011.

Projecto Wise-Muse. (2010). Relatório interno de propagação do sinal no Museu da Baleia;

Rahman, F., (2011), “Connection between PHP (server) and Android (client) using HTTP and JSON” [Online]. Disponível: <http://fahmirahman.wordpress.com/2011/04/21/connection-between-php-server-and-android-client-using-http-and-json/>.

Santos, J., “Sistema de Notificação e Extensão da Plataforma WISE-MUSE,” MSc. Thesis, Dept.

- Centro de Competências de Ciências Exactas e da Engenharia, Universidade da Madeira, Funchal, Madeira, Nov. 2010.
- Shanker, A., and Lal, S., “Android Porting Concepts”, *International Conference on Electronics Computer Technology (ICECT) 3rd*, Noida, India, vol. 5, pp. 129 – 133, Apr. 2011.
- Silva, A., and Videira, C., *UML, Metodologias e Ferramentas CASE*, 1^ª ed. Porto, Portugal: Centro Atlântico, pp. 41 – 161, Abr. 2001.
- Silva, R., Carvalho, P., Sousa, P., and Neves, P., “Enabling Heterogeneous Mobility in Android Devices”, *Journal Mobile Networks and Applications*, vol. 16, no. 4, pp. 518 – 528, Aug. 2011.
- Sousa, D., “Plataforma Web para a Visualização de Dados de uma Rede de Sensores Sem Fios em Tempo Real”, MSc. Thesis, Dept. Centro de Competências de Ciências Exactas e da Engenharia, Universidade da Madeira, Funchal, Madeira, Nov. 2009.
- Speckmann, B., “The Android mobile platform”, MS Computer Science. Thesis, Dept. Computer Science, Eastern Michigan University, Ypsilanti, Michigan, Apr. 2008.
- Sumaray, A., and Makki, K., “A comparison of data serialization formats for optimal efficiency on a mobile platform”, *Proceeding of the 6th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (ICUIMC’12)*, NY, USA, no. 48, 2012, ISBN: 978-1-4503-1172-4.
- Tmn (N.D), Smartphones [Online]. Disponível:
<http://www.tmn.pt/portal/site/loja/menuitem.5608f05ec0c0f80726758710851056a0/?vgnextoid=180f4060d7dc7210VgnVCM1000005401650aRCRD>.
- Vodafone (2010), Smartphones [Online]. Disponível:
<https://loja.vodafone.pt/homephone/smartphones.htm>.

Anexos

Anexo A

Neste anexo serão apresentados os *mockups* que foram realizados para o SO iPhone, deixando uma noção de como ficaria a aplicação nesta plataforma. Da mesma forma que foi realizado com a plataforma *Android*, vão ser explicadas as interfaces mais importantes da aplicação, assim como a correcta verificação dos requisitos funcionais.

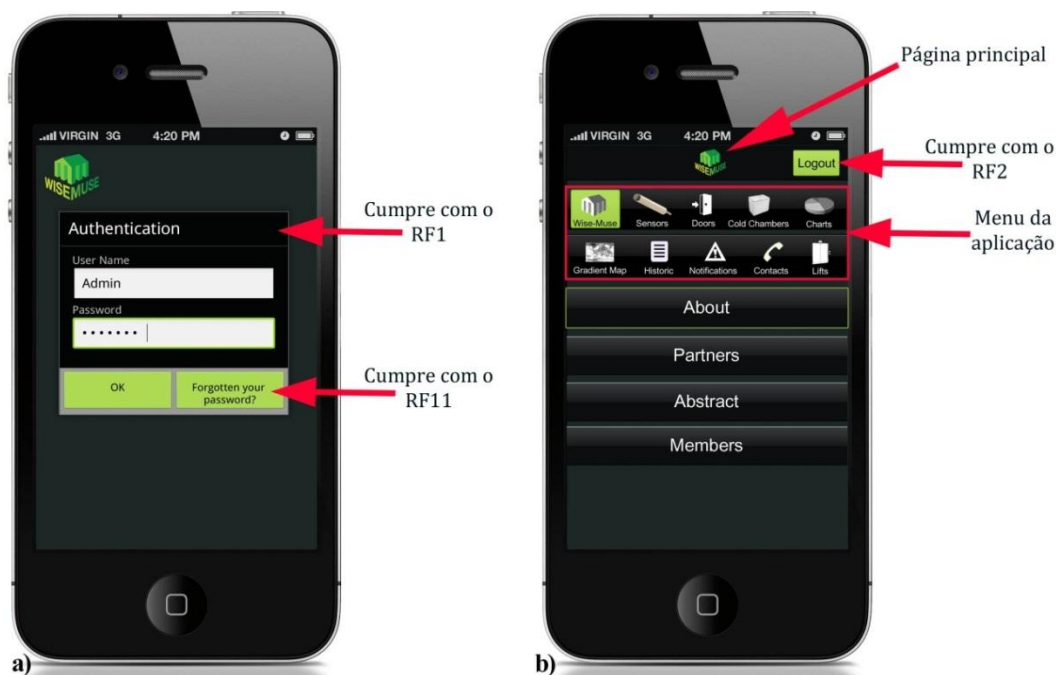


Figura 47 - Protótipo abstracto canónico da autenticação e cenário principal da plataforma iPhone. a) Visualização da autenticação da aplicação. b) Visualização do cenário principal da aplicação.

Na figura 47 podemos visualizar a interface da autenticação do utilizador e o ecrã principal da aplicação. Na figura 47a será possível realizar a devida autenticação do mesmo, cumprindo assim o RF1. O utilizador deve preencher de forma correcta todos os campos, caso contrário não poderá concluir a tarefa, sendo mostrado um erro a especificar qual é o problema que esta a ocorrer. Em caso de o utilizador esquecer a respectiva palavra passe, esta pode ser recuperada nesta interface, cumprindo assim o RF11.

Na figura 47b podemos observar a interface principal da aplicação onde poderá ser observada toda a informação necessária da aplicação, desde em que consiste a aplicação até por quem foi realizada. A diferença em relação à plataforma *Android* é que o menu estará fixo no lado superior do ecrã, onde o utilizador poderá aceder a qualquer função da aplicação.

Nesta interface, assim como em todas as outras, depois de realizar a autenticação, o utilizador pode sair da aplicação, cumprindo desta forma o RF2. De igual forma, através do ícone da aplicação, representado na figura 47b, situado a meio do canto superior da aplicação,

é possível ir até a página principal. Esta funcionalidade pode ser executada através de qualquer um dos cenários.

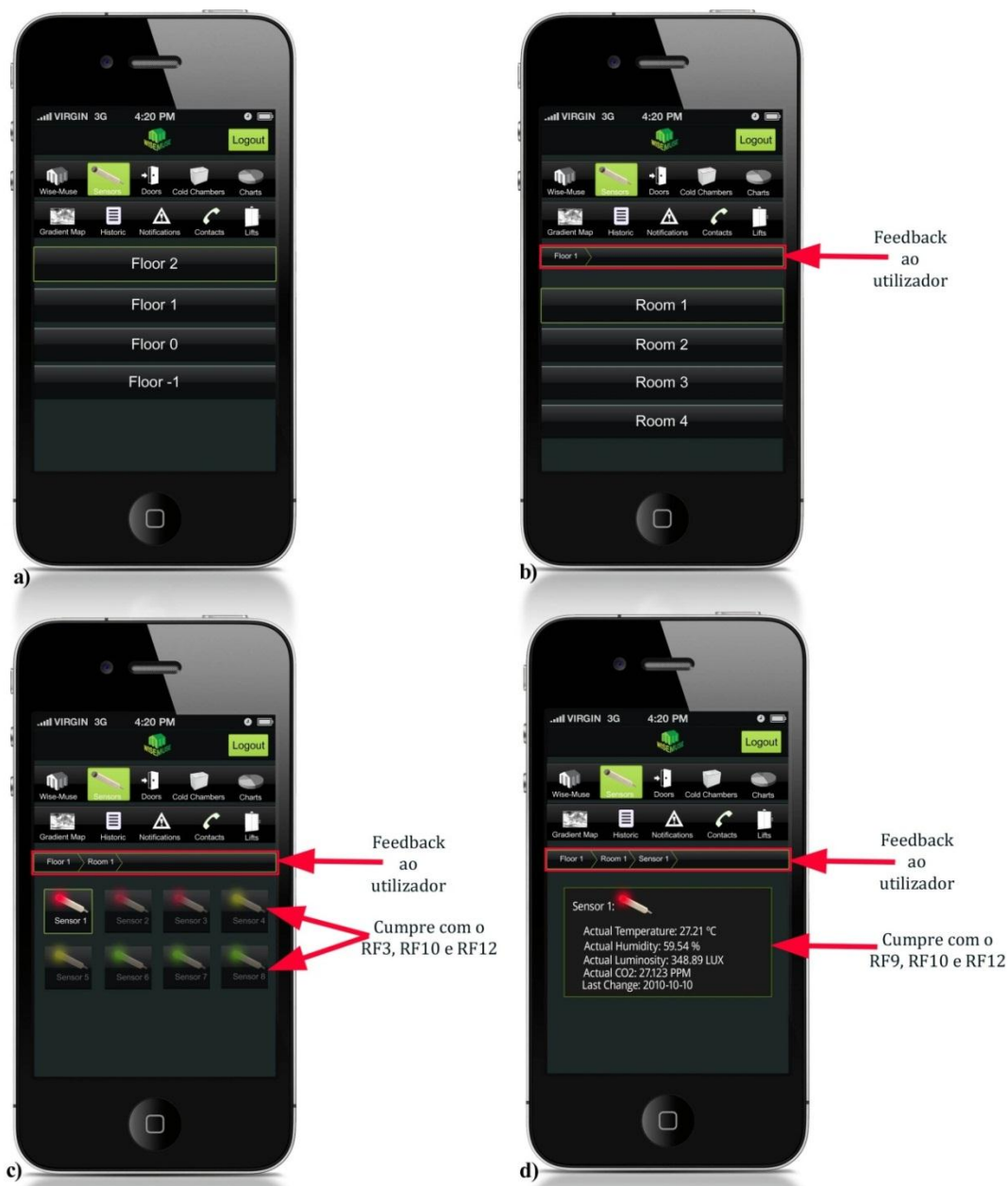


Figura 48 - Protótipo abstracto canónico do estado e da informação dos sensores do museu. a) Visualização dos pisos. b) Visualização das salas. c) Visualização dos estados de todos os sensores. d) Visualização da informação de um determinado sensor.

Na figura 48 podemos analisar a interface do estado e a informação dos sensores ambientais, portas de emergência e câmaras frigoríficas. Para que tal possa ser feito, é necessário escolher um determinado piso (figura 48a), seguido de uma sala desse respectivo piso (figura 48b). Posteriormente, vão ser mostrados os diferentes estados dos sensores que se encontram nessa sala (figura 48c), executando assim o RF3. O utilizador deve,

posteriormente, seleccionar um dos sensores para poder observar toda a informação relacionada (figura 48d), cumprindo o RF9.

Na figura 48c podemos salientar que os sensores possuem três estados diferentes, cada um correspondendo a uma cor diferente (obedecendo ao RF10), dependendo dos seus valores (cumprindo com o RF12), como já foi explicado no capítulo 3.2.

Na plataforma *iPhone*, ao contrário da plataforma *Android*, a única forma de voltar atrás é através de um caminho que está indicado na figura 48b, 48c e 48d, mais precisamente num rectângulo vermelho, permitindo de igual forma fornecer um *feedback* ao utilizador sobre a sua posição actual, assim como também uma noção das escolhas realizadas (este procedimento é realizado em todos os cenários).



Figura 49 - Protótipo abstracto canónico da visualização do gráfico. a) Visualização das opções do gráfico. b) Visualização do gráfico.

Na figura 49 (imagem do gráfico) é possível visualizar a interface dos gráficos dos diferentes parâmetros ambientais. A figura 49a ilustra a selecção de uma determinada data, seguido de um ou mais pisos, posteriormente uma ou mais salas, podendo ainda escolher um ou mais tipo de sensores (sensor ambiental ou câmara frigorífica), finalizando com a selecção de um ou mais parâmetros para poder visualizar o gráfico e, assim, analisar os respectivos dados (executando o RF5). Analogamente à plataforma *Android*, com a única diferença que que a escolha da data nesta plataforma é diferente a nível visual, em termos de funcionamento é igual que na outra plataforma. Posteriormente, é apresentado o gráfico (figura 49b) dos respectivos dados, sendo referenciados todos os dados que foram escolhidos

para que o utilizador consiga ter sempre um *feedback* sobre as suas escolhas. Para permitir uma melhor visualização do gráfico é possível aumentar e diminuir o seu respectivo tamanho, cumprindo assim o RF6.



Figura 50 - Protótipo abstracto canónico da visualização do mapa. a) Escolha dos diferentes tipos de mapas. b) Escolha das opções do mapa. c) Visualização do respectivo mapa

Na figura 50 observamos a interface relacionada com os mapas de gradientes. Nesta interface vai poder ser examinada a evolução dos diferentes parâmetros ambientais, podendo ser exibidos os valores máximos e mínimos, distribuídos pelo mapa. Para tal, é preciso escolher, em primeiro lugar, o tipo de mapa que se pretende visualizar, como ilustra a figura 50a, podendo seleccionar um mapa de temperatura, humidade, luminosidade, CO ou CO₂ (cumprindo o RF7). Posteriormente, é preciso escolher uma determinada data, seguido de um piso, finalizando com uma ou mais salas, como idealizado na figura 50b (executando o RF7). No caso do mapa de temperatura, é preciso seleccionar o tipo de sensor a ser exibido (sensor ambiental ou câmara frigorífica). Por fim, são exibidos o mapa escolhido e todos os dados seleccionados, como representado na figura 50c.



Figura 51 - Protótipo abstracto canónico da visualização do histórico. a) Escolha das diferentes opções do historico. b) Visualização do histórico.

Na figura 51 é observado a interface que vai possibilitar visualizar todos os dados guardados, através de um histórico. Para tal, é necessário seleccionar: uma data, um ou mais pisos, uma ou varias salas, um ou mais sensores, terminando com um ou mais parâmetros, como ilustrado na figura 51a (cumprindo o requisito RF4). Posteriormente, será exposto o histórico com todas as opções seleccionadas observado na figura 51b.



Figura 52 - Protótipo abstracto canónico da visualização das notificações.

Na figura 52 podemos analisar os diferentes tipos de sensores, cujos valores estão fora dos considerados normais, cumprindo o RF8. Estes sensores são apresentados por ordem de risco, sendo os de cor vermelha os maior risco, seguidos dos sensores de cor amarelo, executando o RF10 e o RF12.

Anexo B

Para a instalação desta aplicação no telemóvel, é preciso enviar o ficheiro com a extensão *.apk* para o respectivo telemóvel *Android*, o qual é depois executado.

Posteriormente, é essencial que o telemóvel possua uma ligação à Internet, para manter os dados sempre actualizados. Para tal é necessário, em primeiro lugar, a instalação de um servidor web, onde vão ser colocadas as páginas *PHP*, as quais são as encarregadas por ir buscar a informação à base de dados. Finalmente, é necessário proceder à instalação da base de dados.

Como podemos observar na figura 53, as páginas *PHP* têm duas linhas que deverão ser trocadas para funcionarem correctamente. Estas linhas são as que permitem o acesso à base de dados. Devem ser preenchidos os dados relativos a: o servidor web, o utilizador e a palavra-passe, na primeira linha, e o nome da base de dados, na segunda linha.



Figura 53 - Conexão à base de dados

Nas Figuras 54 e 55 encontra-se o inquérito realizado aos responsáveis pelos museus, depois de terem testado a aplicação móvel WISE-MUSE.

Aplicação móvel Wise-Muse

Aplicação móvel Wise-Muse para telemóvel que tem como objectivo a visualização remota dos dados obtidos pela rede de monitorização ambiental, usando redes de sensores sem fios, com vista à conservação preventiva das obras de arte existentes nos museus.

***Obrigatório**

1- A aplicação é fácil de utilizar? *

	1	2	3	4	5	
Muito fraco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito bom

2- A navegação na aplicação é fácil e perceptível? *

	1	2	3	4	5	
Muito fraco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito bom

3- A aplicação permite visualizar os diferentes tipos de sensores de uma forma eficaz? *

	1	2	3	4	5	
Muito fraco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito bom

4- A aplicação permite visualizar a informação dos diferentes sensores de uma forma rápida e clara? *

	1	2	3	4	5	
Muito fraco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito bom

5- É possível observar os dados dos sensores, através do histórico de uma forma eficiente? *

	1	2	3	4	5	
Muito fraco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito bom

Figura 54 – Primeira parte do inquérito da aplicação móvel WISE-MUSE

6- É possível observar os dados dos sensores, através do gráfico de uma forma eficiente? *

	1	2	3	4	5	
Muito fraco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito bom

7- É possível observar os dados dos sensores, através do mapa de uma forma eficiente? *

	1	2	3	4	5	
Muito fraco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito bom

8- A aplicação garante a confidencialidade dos dados? *

	1	2	3	4	5	
Muito fraco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito bom

9- A utilização da terminologia é adequada e coerente? *

	1	2	3	4	5	
Muito fraco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito bom

10 - A Aplicação possui todas as funcionalidades importantes do museu?

☐ Sim

☐ Não

☐ Outra:

11- Sugestões/Comentários

Figura 55 - Segunda parte do inquérito da aplicação móvel WISE-MUSE

De seguida, apresentam-se as respostas ao inquérito realizado sobre a aplicação WISE-MUSE, depois de esta ter sido testada pelos seus potenciais utilizadores.

Carimbo de data/hora	1- Pergunta	2- Pergunta	3- Pergunta	4- Pergunta	5- Pergunta	6- Pergunta	7- Pergunta	8- Pergunta	9- Pergunta	10 - Pergunta	11- Pergunta
7-30-2012 18:26:30	5	5	5	5	5	4	3	4	5	Sim	Na opção de selecção dos parâmetros por exemplo temperatura, humidade, etc. deveria existir a opção "Seleccionar todos" logo como primeira opção.
8-10-2012 15:00:10	4	3	4	4	4	4	3	4	3	Não	
9-22-2012 15:09:59	4	4	5	5	5	5	5	5	4	Sim	A funcionalidade que possui o nosso museu seria os sensores
9-23-2012 15:30:02	4	5	4	5	4	4	4	4	4	Sim	
9-27-2012 11:11:44	5	4	4	4	4	3	5	4	3	Sim	

Tabela 6 - Tabela com as respostas do inquérito da aplicação móvel WISE-MUSE