



Sistema de Notificação e Extensão da Plataforma WISE-MUSE

João Paulo Brito Faria Santos

(Licenciado)

*Tese Submetida à Universidade da Madeira para a
Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Informática*

Funchal - Portugal

Novembro 2010

Orientadora:

Professora Doutora Laura Margarita Rodríguez Peralta

*Professora Auxiliar do Centro de Competências de Ciências Exactas e da Engenharia da
Universidade da Madeira*

ABSTRACT

The integration of sensors into structures, machines and environments, and the efficient collection and transmission of information, brings high benefits to nowadays societies. Accordingly, the increasing importance that wireless sensor networks (WSN) assume on people's standard of living, especially concerning to the communication, shows that is crucial that we explore this potentiality in all areas. Therefore, the WSN could be introduced in several areas: welfare, environmental monitoring, buildings' security, industry, traffic control and earthquake or other natural catastrophes monitoring.

Thereby, arises the WISE-MUSE project (Environmental Monitoring based on Wireless Sensor Networks for conservation of artwork and historical archives) that has as main goal the implementation of a set of solutions that allow the continuous and automatic monitoring of environmental parameters (luminosity, humidity, temperature and CO₂) through the introduction of the WSN in the museums.

Thus, this informatics engineering master project meets the WISE-MUSE project and its main goals are: (i) to extend the monitoring platform to collect the emergency doors data; (ii) to implement a notification and alarm system via SMS and E-mail; and (iii) to develop a web platform, that allows the visualization in real time of the sensor and doors data in an integrated form..

KEYWORDS

Artwork conservation;
Environmental Monitoring;
Notification;
Visualization platforms;
Wireless sensors;
Wireless sensor networks;
ZigBee protocol.

RESUMO

A integração de sensores em estruturas, máquinas e ambientes, juntamente com uma eficiente recolha e envio de informação, trazem elevados benefícios para as sociedades actuais. Nesse sentido, com a crescente importância que as redes sem fios (WSN) assumem no contexto da qualidade de vida dos indivíduos, principalmente ao nível das comunicações, é fundamental procedermos à exploração das suas diversas potencialidades nos mais variados âmbitos. Deste modo, as WSN podem ser aplicadas em diversas áreas: saúde, monitorização ambiental, segurança de edifícios, indústria, monitorização de tráfego, monitorização de terremotos ou outras catástrofes naturais.

Assim surge o projecto WISE-MUSE (*Environmental Monitoring based on Wireless Sensor Networks for conservation of artwork and historical archives*), que visa a implementação de um conjunto de soluções que permitem a monitorização contínua e automática de parâmetros ambientais (luminosidade, humidade, temperatura e CO₂) através de WSN em museus.

Este projecto de Mestrado em Engenharia Informática situa-se no âmbito deste projecto WISE-MUSE e tem como intuito: (i) a extensão da plataforma de monitorização de modo a recolher os dados das portas de emergência; (ii) a implementação de um sistema de notificações e alarmes via SMS e E-mail; e (iii) o desenvolvimento da plataforma Web WISE-MUSE, que permita a visualização remota dos dados dos sensores e das portas de uma forma integrada e em tempo real.

PALAVRAS-CHAVE

Conservação de obras de arte;

Monitorização ambiental;

Notificação;

Plataformas de visualização;

Protocolo ZigBee;

Redes de sensores sem fio;

Sensores sem fios.

"Sempre faço o que não consigo fazer para aprender o que não sei."

(Pablo Picasso)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmão por todo o amor e apoio que me deram nesta fase muito importante, bem como pelo esforço financeiro que fizeram e pela paciência que tiveram para que eu pudesse terminar mais esta etapa do meu percurso académico.

À minha restante família pelo seu apoio e pela força que me deram.

À Débora, pelo seu amor, amizade, apoio, encorajamento, paciência e ajuda.

Aos meus amigos pela sua amizade, encorajamento, entusiasmo, estímulo e ajuda, por estarem sempre presentes nos momentos em que mais necessitei.

A todos os docentes das unidades curriculares do mestrado, especialmente a minha orientadora Professora Doutora Laura Margarita Rodríguez Peralta, pela sua paciência, orientação, encorajamento, ensinamentos e sugestões.

A todos os colegas que participaram no projecto WISE-MUSE, pela sua dedicação e espírito de entre ajuda.

A todos aqueles que directa ou indirectamente fizeram parte desta etapa importante na minha vida.

TABELA DE CONTEÚDOS

I. Introdução	1
I.1. Apresentação	2
I.2. Motivação.....	3
I.3. Objectivos.....	4
I.4. Organização da Dissertação	5
II. Estado da Arte	7
II.1. Introdução.....	8
II.2. Redes de sensores sem fio	9
II.3. Protocolos de Comunicação Wireless	11
II.3.1. Wi-Fi.....	11
II.3.2. Bluetooth	12
II.3.3. ZigBee	13
II.4. Serviço de Mensagens Curtas (SMS).....	20
II.4.1. Visão Geral.....	20
II.4.2. Arquitectura.....	20
II.4.3. Envio e recepção de mensagens.....	21
II.4.4. Vantagem e Desvantagens.....	22

II.5.	Preservação de obras de arte	23
II.6.	Qualidade do ar interior	26
II.7.	Sistemas de Monitorização Baseados em Redes de Sensores Sem Fio	29
II.7.1.	Ferramentas de Monitorização Ambiental	29
II.7.2.	Ferramentas de Monitorização de Portas de emergência	34
II.8.	Conclusão	35
III.	Desenho Arquitectural	37
<hr/>		
III.1.	Introdução	38
III.2.	Contextualização e Domínio de Aplicação.....	39
III.3.	Requisitos do Sistema.....	40
III.3.1.	Requisitos de domínio.....	40
III.3.2.	Requisitos não funcionais	41
III.3.3.	Requisitos funcionais.....	42
III.3.4.	Modelo de Casos de Uso.....	43
III.4.	Arquitectura Geral do Projecto WISE-MUSE.....	54
III.5.	Plataforma de monitorização	56
III.6.	Plataforma de Visualização	58
III.6.1.	Modelo de dados MySQL.....	59
III.6.2.	Protótipos Abstractos Canónicos	61
III.7.	Conclusão.....	64
IV.	Implementação	65
<hr/>		
IV.1.	Introdução	66
IV.2.	Plataforma de Monitorização	67
IV.2.1.	Portas de Emergência.....	69
IV.2.2.	Sistema de Notificação e Alarmes	72

IV.3. Plataforma de Visualização	77
IV.4. Trabalhos Relacionados	83
IV.5. Conclusão.....	84
V. Testes e Resultados	85
<hr/>	
V.1. Introdução.....	86
V.2. Ambiente de testes.....	87
V.3. Testes	88
V.3.1. Portas de Emergência e Sistema de Notificação	88
V.3.2. Sensores Ambientais e Plataforma de Visualização.....	91
V.3.3. Demonstração ao responsável do museu da Baleia	94
V.4. Conclusão.....	97
VI. Conclusões Finais	99
<hr/>	
VI.1. Introdução.....	100
VI.2. Principais Contribuições.....	101
VI.3. Trabalho Futuro	102
VI.4. Conclusão.....	103
Referências	104
Anexos	107
<hr/>	
Anexo A - Procedimentos de Instalação da Plataforma de Monitorização e da Plataforma Web WISE-MUSE	108
Anexo B - Questionário e Respostas sobre a Experiência de Utilização da Plataforma Web WISE-MUSE	110

LISTA DE FIGURAS

Figura II.1 - Topologias Wi-Fi [1]	10
Figura II.2 - Topologias Wi-Fi [1]	12
Figura II.3 - Configurações Bluetooth (IEEE, 2002).	13
Figura II.4 - Topologia em Estrela (Craig, 2004).	15
Figura II.5 - Topologia em Malha (Craig, 2004).	16
Figura II.6 - Topologia em Árvore (Craig, 2004).	17
Figura II.7 - Camadas da arquitectura do protocolar ZigBee (Craig, 2004).....	17
Figura II.8 - Arquitectura protocolar ZigBee de uma forma detalhada (Silva, 2007)	18
Figura II.9 - Arquitectura GSM (Teixeira, 2007).	20
Figura II.10 - Transferência de mensagens SMS (Teixeira, 2007).	22
Figura III.1 - Diagrama de casos de uso.	45
Figura III.2 - Diagrama de actividade de "Efectuar Identificação".	46
Figura III.3 - Diagrama de actividade de "Visualizar quadro resumo".....	46
Figura III.4 - Diagrama de actividade de "Visualizar vista geral por piso".	47
Figura III.5 - Diagrama de actividade de "Visualizar sensores por piso".	47
Figura III.6 - Diagrama de actividade de "Visualizar sensores por piso".	48

Figura III.7 – Diagrama de actividade de "Consultar histórico das portas de emergência"	49
Figura III.8 – Diagrama de actividade de "Consultar histórico dos sensores"	50
Figura III.9 – Diagrama de actividade de "Exportar histórico"	50
Figura III.10 – Diagrama de actividade de "Gerar notificação"	51
Figura III.11 – Diagrama de actividade de "Enviar dados dos sensores"	52
Figura III.12 – Diagrama de actividade de "Enviar dados das portas de emergência"	53
Figura III.13 – Arquitectura geral do projecto WISE-MUSE	54
Figura III.14 – Módulo referente ao sistema de notificação.	55
Figura III.15 – Módulo referente à plataforma de visualização.	55
Figura III.16 – Representação da arquitectura MVC	56
Figura III.17 – Fluxograma simplificado do sistema de notificação.	57
Figura III.18 – Modelo Cliente-Servidor (Carvalho, 2010).	58
Figura III.19 – Servidor Web (Carvalho, 2010).....	58
Figura III.20 – Arquitectura MVC em aplicações Web.	59
Figura III.21 – Modelo de dados MySQL.....	61
Figura III.22 – PAC da interface da página inicial.	62
Figura III.23 – PAC da interface do Cenário.	62
Figura III.24 – PAC da interface do Histórico.	63
Figura III.25 – PAC da interface dos Gráficos.	63
Figura IV.1 – Diagrama de pacotes do <i>SerialConnection</i> (Dália, 2009).....	68
Figura IV.2 – Interface do <i>SerialConnection</i>	68
Figura IV.3 – Estrutura do UART <i>Data Frame</i> (Maxstream, 2008).....	69
Figura IV.4 – Tipos de API <i>Frames</i> (Maxstream, 2008).....	70

Figura IV.5 – Pacotes modificados.....	71
Figura IV.6 – Diagrama de Pacotes Final.....	73
Figura IV.7 – Pesquisa de utilizadores para envio de notificações.....	74
Figura IV.8 – Criar notificação.....	74
Figura IV.9 – Criar data dois minutos após a hora actual.	74
Figura IV.10 – Exemplo de e-mail enviado pelo sistema de notificação.....	75
Figura IV.11 – Configuração de telemóvel para recebimento de notificações.....	75
Figura IV.12 – Exemplo de SMS enviado pelo sistema de notificação.....	76
Figura IV.13 – Mapa de navegação da plataforma Web.....	78
Figura IV.14 – Página de entrada (<i>Login</i>).....	78
Figura IV.15 – Página inicial de resumo.....	79
Figura IV.16 – Página das portas de emergência.....	79
Figura IV.17 – Estados possíveis das portas.....	80
Figura IV.18 – Informações detalhadas dos sensores.....	80
Figura IV.19 – Página do histórico.....	81
Figura IV.20 – Página da geração de gráficos.....	81
Figura V.1 – Módulo <i>Xbee</i> coordenador.....	87
Figura V.2 – Modelo da porta de emergência.....	87
Figura V.3 – Esquema do teste as portas de emergência.....	88
Figura V.4 – Resultados armazenados na base de dados.....	90
Figura V.5 – Porta aberta.....	90
Figura V.6 – Porta aberta.....	90
Figura V.7 – Esquema do teste aos sensores de monitorização.....	91

Figura V.8 – Sensores usados nos testes.	92
Figura V.9 – Alguns dos dados recolhidos pelos sensores.....	92
Figura V.10 – Exemplo do gráfico obtido para a temperatura.	93
Figura V.11 – Exemplo do gráfico obtido para a humidade.	93
Figura V.12 – Esquema de montagem do teste final.	94
Figura V.13 – Localização dos sensores.	95
Figura V.14 – Dados recolhidos pelos sensores.	96
Figura V.15 – Dados da porta.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela II.1 - Características dos diferentes protocolos wireless.....	11
Tabela II.2 - Valores óptimos para os parâmetros.....	26
Tabela II.3 - Comparação dos tipos permitidos de monitorização.	32
Tabela II.4 - Comparação em relação ao histórico.....	32
Tabela II.5 - Comparação em relação à visualização de mapas.	33
Tabela II.6 - Comparação dos tipos de notificação.	33
Tabela II.7 - Comparação.....	34
Tabela III.1 - Valores de monitorização definidos.	41
Tabela III.2 - Casos de Uso por actor.	44
Tabela IV.1 - API <i>Frame</i> utilizada para as portas.	70
Tabela IV.2 - API <i>Frame</i> utilizada pelos sensores.....	71
Tabela IV.3 - Resumo comparativo das ferramentas existentes.	83

ACRÓNIMOS

HTML - *Hypertext Markup Language*

HTTP - *Hypertext Transfer Protocol*

MVC - *Model View Controller*

PC - *Personal Computer*

PHP - *Hypertext Preprocessor*

SGBD - *Sistema Gestor de Base de Datos*

SMS - *Short Message Service*

SO - *Sistema Operativo*

SQL - *Structured Query Language*

USB - *Universal Serial Bus*

WISE-MUSE - *Environmental Monitoring based on Wireless Sensor Networks for conservation of artwork and historical archives*

WLAN - *Wireless Local Area Network*

WSN - *Wireless Sensor Network*

I. INTRODUÇÃO

I.1. APRESENTAÇÃO

As redes de sensores sem fios são uma tecnologia cada vez mais emergente e abrangente, que permite a monitorização e o controlo, sem precedentes, do mundo físico que nos rodeia. Estas redes consistem num grande número de dispositivos sem fios (nós sensores), que são distribuídos pelas áreas a monitorizar, sendo que cada nó sensor poderá vir a ser equipado com uma grande panóplia de modalidades de leitura, tais como, a temperatura, a luminosidade e a humidade, entre outros.

Neste âmbito, surge o projecto WISE-MUSE, que pode ser definido como um projecto que visa ao desenvolvimento de uma solução de monitorização ambiental de museus baseada em redes de sensores sem fios para a conservação de obras de arte, desenvolvido na Universidade da Madeira (UMa) e dirigido pela Professora Laura Rodríguez. Este projecto propõe uma plataforma de monitorização com a capacidade de obter os dados recolhidos por uma rede de sensores sem fio e que permite a adição de diversos módulos independentes de forma a aumentar as potencialidades e funcionalidades do mesmo.

Dentro do contexto do projecto WISE-MUSE situa-se este projecto de mestrado que tem como objectivo o desenvolvimento de dois módulos suplementares para o projecto WISE-MUSE, bem como, realizar uma extensão da própria plataforma de monitorização de forma que também seja capaz de obter os valores das portas de emergência. Os módulos a desenvolver será um sistema que notifique, via SMS e E-mail, um conjunto de pessoas pré-definidas, sempre que os valores obtidos pelos sensores e bloqueadores estejam fora dos valores considerados óptimos e uma plataforma Web que permita a visualização e monitorização remota de todos os sensores ambientais e das portas de emergência.

Este projecto será alvo de uma maior reflexão e explanação no Capítulo III.

I.2. MOTIVAÇÃO

No mundo actual, com a crescente importância que as redes sem fios assumem no contexto da qualidade de vida dos indivíduos, principalmente ao nível das comunicações, é fundamental procedermos à exploração das suas diversas potencialidades nos mais variados âmbitos. Seguindo esta linha de expansão das áreas de aplicação das redes de sensores sem fios (WSN), podemos verificar que estas têm registado elevados índices de desenvolvimento, principalmente, na área da monitorização ambiental. Neste sentido, surge a ideia de desenvolver uma plataforma que permita aplicar uma rede de sensores sem fios na conservação preventiva de obras de arte em contextos museológicos.

A monitorização ambiental é uma das tarefas principais de um museu, sendo notório o problema da conservação das obras de arte ou dos livros que se encontram quer em exposição, quer nos seus acervos. Actualmente, a tarefa de monitorização é desempenhada, esporadicamente, por técnicos e equipamentos especializados o que torna esta operação extremamente dispendiosa. A criação de uma WSN num museu é uma solução inovadora, substancialmente mais simples e mais económica que permite uma monitorização constante durante todo o ano.

Este projecto revelou-se de grande interesse, não só porque visa explorar a tecnologia das redes de sensores sem fios de uma forma peculiar, mas também porque permitirá auxiliar os museus na conservação das suas obras de arte. A importância de um projecto desta envergadura deriva, de igual modo, da insularidade característica à Região Autónoma da Madeira, uma vez que a proximidade ao litoral, a humidade e as temperaturas que lhe são próprias acarretam grandes riscos de conservação para as peças e obras de arte dos museus. Desta feita, torna-se ainda mais pertinente e premente a monitorização destas variáveis, de forma a salvaguardar o património dos mesmos.

I.3. OBJECTIVOS

Como já foi referido anteriormente, o projecto de mestrado descrito neste documento insere-se num âmbito mais abrangente que é o projecto WISE-MUSE, que está a ser desenvolvido pelo na Universidade da Madeira (UMa), e que visa ao desenvolvimento de uma solução de monitorização ambiental de museus baseada em redes de sensores sem fios, que pretendem a conservação de obras de arte. Neste sentido, este projecto de Mestrado tem três objectivos gerais primordiais que são:

- (i) Extensão da plataforma de monitorização de modo a recolher os dados das portas de emergência;
- (ii) Implementação de um sistema de notificações e alarmes via SMS e E-mail; e
- (iii) Desenvolvimento de uma plataforma Web que permita a visualização dos dados dos sensores e das portas.

Por sua vez, com a implementação deste projecto de mestrado, pretende-se oferecer uma solução que respeite os seguintes predicados:

- (i) Uma solução de baixo custo, que garanta o envio de notificações e alertas via SMS e e-mail de uma forma célere e eficiente sempre que os valores registados pelos sensores não sejam apropriados;
- (ii) O sistema terá de ser integrado com o projecto WISE-MUSE;
- (iii) Multi-plataforma, a implementação do sistema utilizara a linguagem Java e PHP que permite a instalação e utilização do software em diferentes sistemas operativos; e
- (iv) Open Source o que permite a reutilização, evolução e adaptação às necessidades do utilizador.

I.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está organizada em seis capítulos distintos. O primeiro capítulo está reservado à apresentação do projecto que a envolve, bem como à explanação das principais motivações que levaram ao seu desenvolvimento e dos objectivos que lhe estão inerentes.

O segundo capítulo, intitulado "Estado da Arte", reflecte todas as tecnologias que estão relacionadas com a implementação do presente projecto. Entre elas, a rede de sensores sem fio, os Protocolos de Comunicação Wireless e o Serviço de Mensagens Curtas (SMS).

Para o desenvolvimento de um projecto desta natureza foi necessário, de igual modo, proceder ao desenho arquitectural do mesmo. Todas as tarefas subjacentes a esse processo são descritas e explicadas no terceiro capítulo desta tese de mestrado.

A fase posterior á do desenho arquitectural do projecto é a sua implementação. Neste sentido, o capítulo quatro aborda a implementação das diversas componentes que englobam o projecto.

Após a implementação do projecto foram efectuados testes à funcionalidade e à fiabilidade da plataforma Web desenvolvida neste projecto de mestrado, que são descritos no quinto capítulo.

Para finalizar, no capítulo seis são apresentadas todas as conclusões relacionadas com o desenvolvimento deste projecto de mestrado.

II. ESTADO DA ARTE

II.1. INTRODUÇÃO

Para o desenvolvimento de um projecto com esta dimensão e impacto torna-se fundamental considerarmos a panóplia de tecnologias que poderão estar envolvidas no mesmo. Nesse sentido, no presente capítulo será desenvolvida uma descrição do estado da arte das tecnologias consideradas no contexto do mesmo.

Primeiramente, será realizada uma breve explanação sobre as redes de sensores sem fio, de seguida serão abordados os protocolos de comunicação sem fio de uma forma geral e, mais especificamente, o protocolo *ZigBee*, para posteriormente abordarmos o estado da arte do sistema de mensagens curtas (SMS). Será desenvolvida, de igual modo, uma exposição sobre preservação de obras de arte, bem como acerca da qualidade do ar interior em edifícios museológicos. Por fim, será contemplado o estado da arte dos sistemas de monitorização já existentes no mercado.

II.2. REDES DE SENSORES SEM FIO

A integração de sensores em estruturas, máquinas e ambientes, juntamente com uma eficiente recolha e envio de informação, trazem elevados benefícios para as sociedades actuais. Entre esses potenciais benefícios temos: diminuição de falhas catastróficas, ajuda na conservação dos recursos naturais, aumento da produtividade industrial, melhoria nas respostas em situações de emergência, e melhoramento dos sistemas de segurança (Lewis, 2004). No entanto, permanecem barreiras ao aumento do uso de sensores nas estruturas e na indústria. O uso de cabos estão sujeitos a rupturas e a falhas dos conectores, assim como, a elevados custos de instalação e manutenção, limitando assim o número de sensores a utilizar o que leva a uma diminuição geral da informação recolhida (Townsend, 2004). As redes de sensores sem fios podem eliminar todos estes problemas.

O sensor sem fio ideal:

- 1) Pode ser ligado a uma rede e é escalável;
- 2) Tem de consumir muito pouca energia;
- 3) É inteligente e programável;
- 4) É capaz de uma rápida recolha de informação;
- 5) Fiável e preciso a longo prazo;
- 6) Tem poucos custos de aquisição e instalação; e
- 7) Não requer manutenção.

Seleccionar o sensor óptimo e o protocolo de comunicação wireless requer conhecimento da aplicação e uma boa definição do problema. A duração da bateria, a taxa de actualização do sensor e o tamanho são tudo situações a ter em conta na hora de desenhar o sistema (Townsend, 2004).

Avanços recentes resultaram na possibilidade de integrar sensores, comunicações rádio e electrónica digital num único circuito. Esta capacidade está a permitir que os sensores

Estado da Arte

sem fios tenham um custo bastante baixo e que comuniquem entre si usando protocolos de comunicação de baixo consumo energético.

Uma rede de sensores sem fio (*Wireless Sensor Network* - WSN) geralmente consiste numa estação base (*gateway*) que comunica com diversos sensores sem fio através de uma ligação de rádio (Figura II.1). Os dados são recolhidos no nó sensor, comprimidos e transmitidos directamente ao *gateway* ou, se necessário, usa outros sensores para encaminhar essa informação ate ao *gateway*. A informação transmitida é então apresentada ao sistema (Townsend, 2004).

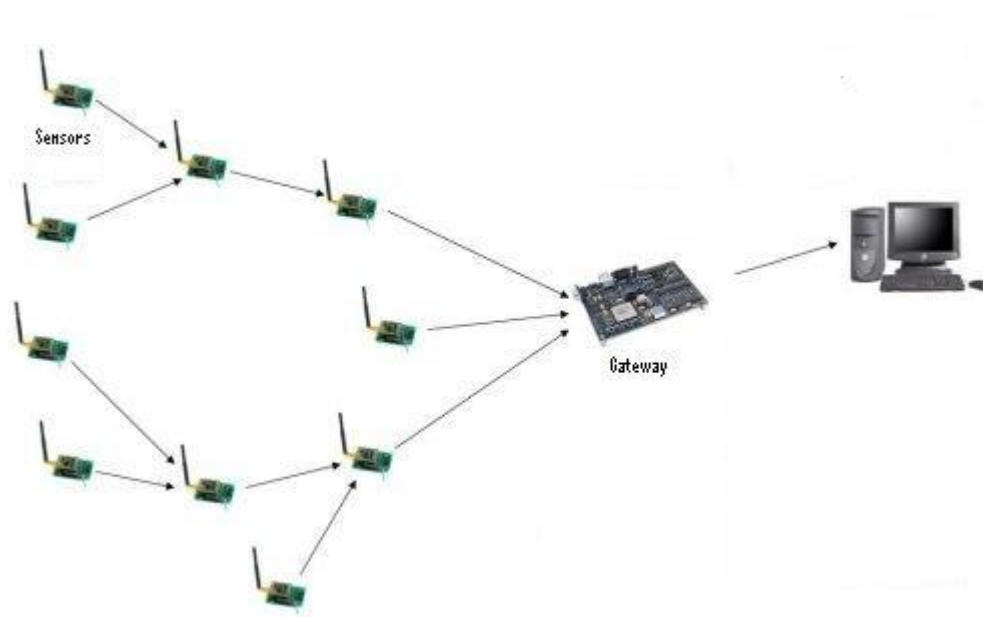


Figura II.1 - Topologias Wi-Fi [1]

As redes de sensores sem fio estão a permitir o aparecimento de novas aplicações que anteriormente não eram viáveis, tais como, a monitorização de florestas e montanhas. Conforme novas normas de redes sem fio são lançadas e sistemas de diminuição do consumo de energia são desenvolvidos, verificamos um aumento exponencial do uso desta tecnologia.

II.3. PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO WIRELESS

Com o crescente desenvolvimento da tecnologia sem fios e com a sua utilização em larga escala, surgiram diversas alternativas e protocolos de comunicação com o intuito, primeiramente, de aumentar as taxas de transferência na transmissão de voz e dados. Posteriormente, só depois do aperfeiçoamento dos protocolos de médio e alto débito, como o *Bluetooth* e o *Wi-Fi*, começaram a surgir protocolos que correspondem às carências dos sensores e dispositivos de controlo (Silva, 2007; Loureiro, 2004 e 2007; Santos, 2007).

Nesta secção serão abordados três diferentes protocolos de comunicação wireless: *Wi-Fi* (IEEE 802.11b/g); o *Bluetooth* (IEEE 802.15.1); e o *ZigBee* (IEEE 802.15.4) (Loureiro, 2004 e 2007; Santos, 2007). Uma vez que o protocolo usado no âmbito deste projecto WISE-MUSE é o *ZigBee* será feita uma reflexão maior sobre o mesmo.

Na Tabela II.1, podemos verificar de uma forma resumida as características dos protocolos supra citados. Nesta Tabela é possível verificar o débito e o consumo de cada uma destas tecnologias, assim como, são descritas as principais vantagens e aplicações das mesmas.

Tabela II.1 - Características dos diferentes protocolos wireless.

<i>Especificação</i>	<i>Debito</i>	<i>Consumo</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Principais Aplicações</i>
Wi-Fi (IEEE 802.11b/g)	54Mbps	> 400mA TX. Standby 20mA	Elevada taxa de transferência	Internet, transferências de ficheiros, vídeo/áudio
Bluetooth (IEEE 802.15.1)	1Mbps	> 400mA TX. Standby 0.20mA	Interoperabilidade, substituição de cabos	Periféricos de PC, telemóveis e PDA's
ZigBee (IEEE 802.15.4)	100Kbps	30mA TX. Standby 0.20µA	Consumo, latência, nº de nós, fiabilidade, custo	Controlos remotos, sensores, dispositivos alimentados por bateria

II.3.1. Wi-Fi

O principal intuito do padrão IEEE 802.11 (IEEE, 1999) é facultar conectividade sem fios a dispositivos que requerem rápida instalação, tais como, computadores portáteis, PDA's ou dispositivos móveis dentro de uma rede local sem fios. A camada MAC define os procedimentos de acesso ao meio, que pode ser por radiofrequência ou infravermelhos (Teixeira, 2007).

Estado da Arte

Uma rede Wi-Fi baseia-se numa arquitectura celular, ou seja, o sistema é subdividido em células, onde cada célula é denominada por *Basic Service Set* (BSS) e é controlada por uma estação base chamada ponto de acesso. Este padrão suporta três topologias básicas (Figura II.2) para as WLANs (*Wireless Local Area Network*), a IBSS (*Independent Basic Service Set*), BSS (*Basic Service Set*) e ESS (*Extended Service Set*) (Teixeira, 2007).

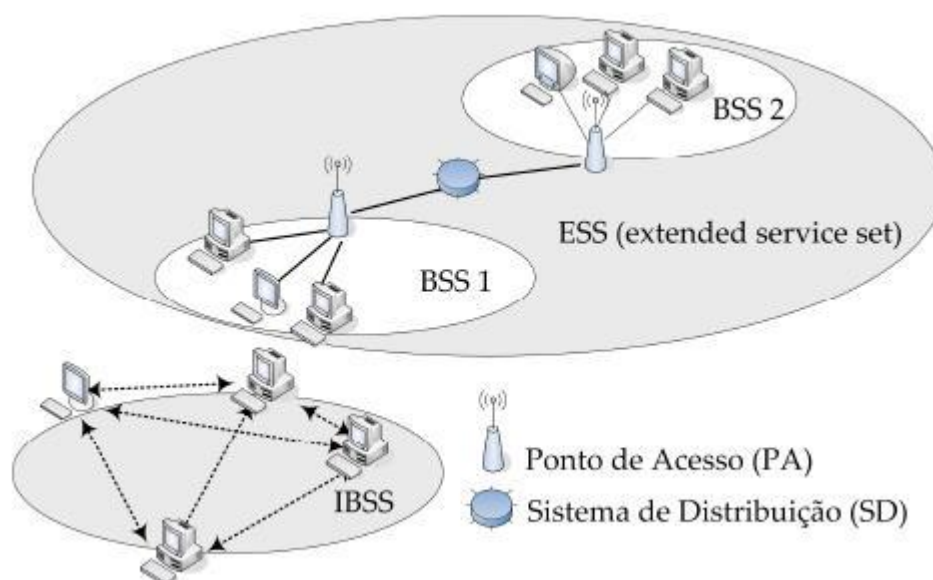


Figura II.2 - Topologias Wi-Fi [1]

Em termos de segurança, inicialmente foi definido o protocolo WEP (*Wireless Equivalent Privacy*), no entanto a sua implementação no Wi-Fi revelou-se insuficiente tornando-se inevitável o aparecimento de novos protocolos de segurança. Nesse sentido e de forma a resolver os problemas encontrados, foi implementado o protocolo WPA (*Wi-Fi Protected Access*) que importou grandes melhorias face ao WEP. Actualmente, já vem sendo utilizado um novo e mais rigoroso protocolo nas WLANs que é o 802.11i (WPA2), no entanto, este protocolo necessita de equipamentos novos, ou seja, para a utilização deste protocolo em redes já existentes é necessária a substituição dos equipamentos (Teixeira, 2007).

II.3.2. Bluetooth

A tecnologia *Bluetooth* é um meio de comunicações sem fios, assente num sistema de rádio destinado à comunicação em curtas distâncias, e tem como propósito, fornecer um meio, com um custo reduzido, apropriado para a substituição dos cabos utilizados na ligação de alguns equipamentos, tais como, impressoras, faxes, ratos e teclados. O *Bluetooth* enquadra-se no grupo de estudo dos padrões para redes pessoais sem fios (WPAN) do IEEE (Teixeira, 2007; IEEE, 2002; Bluetooth, 2006).

O padrão *Bluetooth*, além de definir a interface rádio, define, de igual modo, todo o conjunto de comunicações que permite aos dispositivos descobrirem-se uns aos outros.

Numa rede *Bluetooth* um dispositivo pode operar como mestre ou como escravo e, pode ser constituída por um máximo de oito dispositivos, sendo que um dos dispositivos tem que operar em modo mestre. Este tipo de configuração tem o nome de *Piconet*, sendo este o modo mais simples. A ligação de diversos *Piconets* forma uma *Scatternet* (Teixeira, 2007; Bluetooth, 2006) (Figura II.3).

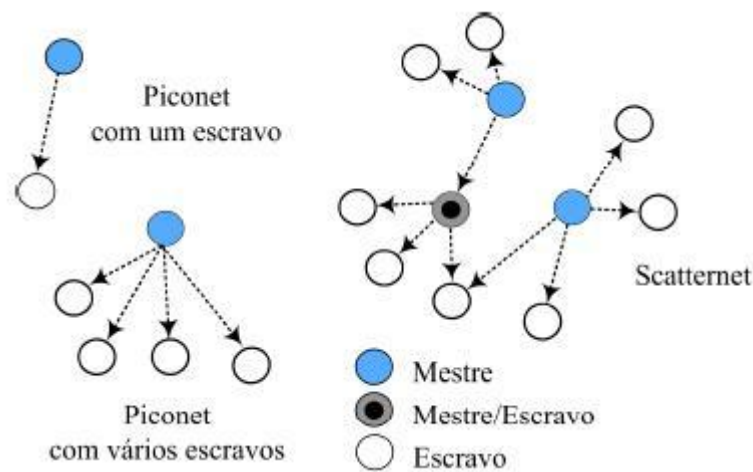


Figura II.3 - Configurações Bluetooth (IEEE, 2002).

No que concerne a segurança, as redes *Bluetooth* estão divididas em três modos de funcionamento:

Modo 1: Não seguro, para serviços abertos

Modo 2: segurança reforçada ao nível do serviço (após do estabelecimento do canal), para serviços que requerem autenticação.

Modo 3: segurança reforçada (antes do estabelecimento do canal), para serviços que requerem autenticação e autorização.

II.3.3. ZigBee

II.3.3.1. Visão geral

O *ZigBee* IEEE 802.15.4 (IEEE, 2003) é uma tecnologia relativamente recente (foi apresentada ao público em Julho de 2005) sendo que a *ZigBee Alliance* é a entidade responsável por este protocolo.

Estado da Arte

O standard IEEE 802.15.4 especifica uma tecnologia de acesso sem fios, idêntico ao *Bluetooth*, numa versão onde os alvos principais são os sensores e dispositivos de controlo alimentados por baterias. A electrónica simples (custo reduzido), o baixo consumo energético (1 bateria dura até 1000 dias) e a grande escalabilidade (suporta até $1845 \cdot 10^{16}$ dispositivos), torna esta tecnologia ideal para sensores, controladores, monitorização remota e dispositivos electrónicos portáteis (Teixeira, 2007; Silva, 2007; ZigBee Alliance, 2006).

A eficiente gestão de consumo dos dispositivos *ZigBee* é conseguida a partir de rápidas operações de associação, troca de informação, desassociação e da utilização do modo *sleep* (os dispositivos *Bluetooth* necessitam 100 vezes mais energia para estas operações) (Teixeira, 2007; Silva, 2007; ZigBee Alliance, 2006).

Esta tecnologia possui algumas características particulares que a tornam distinta das restantes:

- Reduzido consumo de energia;
- Baixo custo;
- Grande escalabilidade;
- Admite diferentes topologias de rede: estrela, malha ou arvores;
- Baixa latência;
- Elevada segurança;
- Elevada fiabilidade;
- Suporte para dois tipos de dispositivos físicos, podendo ambos coexistir na mesma rede:
 - Full Function Device (FFD) – trata-se de um dispositivo que desempenha a função de coordenador e ao mesmo tempo tem acesso a outros dispositivos;
 - Reduced Function Device (RFD) – este dispositivo pode apenas comunicar com o coordenador da rede.
- Suporte para três tipos de dispositivos lógicos: Coordinator, Router e Endpoint.

II.3.3.2. Detalhes técnicos

O padrão ZigBee opera em três bandas de rádio que estão isentas de licenciamento. Estas são: globalmente na banda 2.4Ghz; nos Estados Unidos na banda 915Mhz; e na Europa na banda 868Mhz. A taxa de transmissão possível varia conforme a banda de funcionamento, ou seja, em 2.4Ghz temos uma taxa de transmissão de 250Kbps, a 915Mhz temos 40Kbps, e a 868Mhz uma taxa de 20Kbps. Relativamente à modulação, é utilizado O-QPSK (*Offset Quadrature Phaseshift Keying*) para a banda dos 2.4Ghz e BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) para as restantes (ZigBee Alliance, 2006).

II.3.3.3. Topologias

Como já foi referido anteriormente, o protocolo ZigBee permite a utilização de diversas topologias, ou seja, não existe uma topologia predeterminada nem um controlo obrigatoriamente centralizado, porém, e apesar desta característica dinâmica de configuração da rede, o *Coordinator* é sempre responsável por iniciar a rede independentemente da topologia que esta sendo utilizada. De seguida será feita uma breve abordagem a cada uma destas topologias.

Estrela (Star)

É ao *Coordinator* que cabe todo o controlo da rede, assumindo um papel central e de comunicação directa com todos os dispositivos *Endpoint*, logo é o *Coordinator* que inicia e mantém todos dispositivos na rede (Silva, 2007; ZigBee Alliance, 2006) (Figura II.4).

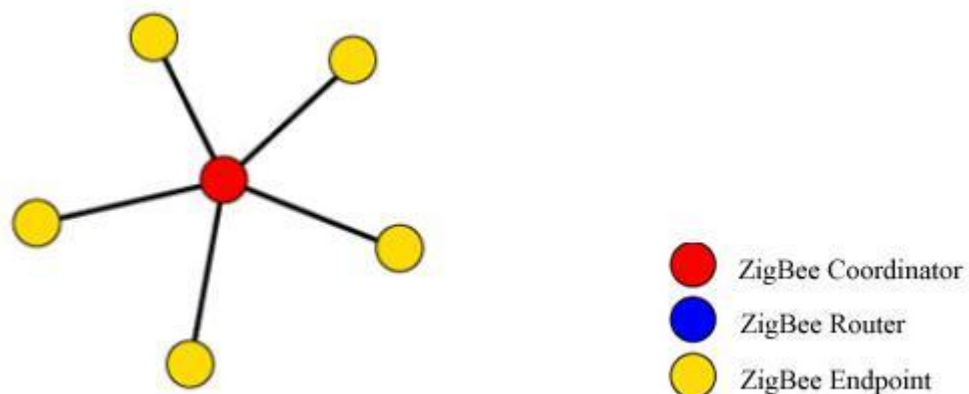


Figura II.4 - Topologia em Estrela (Craig, 2004).

Malha (Mesh)

Neste género de topologia todos os dispositivos FFD (*Coordinator* e *Routers*) são livres de comunicar com outros dispositivos FFD, o que permite a expansão física da rede sempre que necessário. O *Coordinator* regista toda a entrada e saída de dispositivos da rede não assume um papel tão preponderante como na topologia em Estrela (Silva, 2007; ZigBee Alliance, 2006) (Figura II.5).

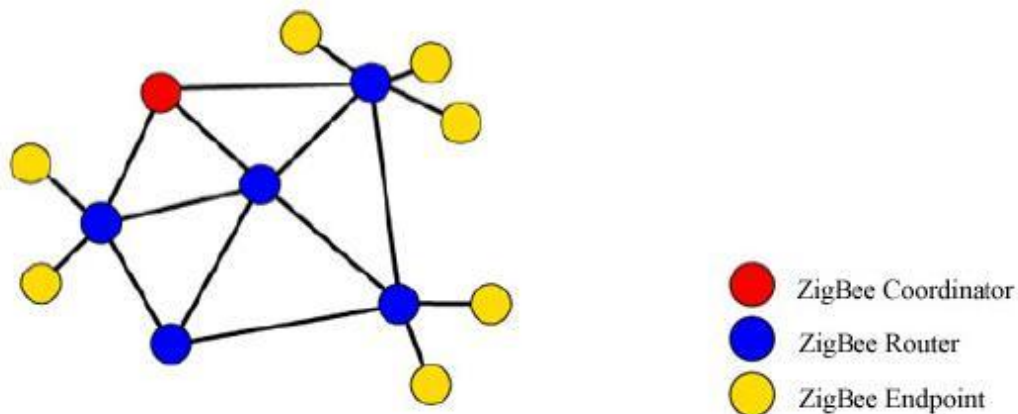


Figura II.5 - Topologia em Malha (Craig, 2004).

Árvore (Cluster Tree)

Embora semelhante com a topologia em malha (também são usados *Routers*), nesta é efectuada uma distribuição de dados e mensagens de controlo numa estrutura hierárquica, onde o *Coordinator* assume o papel central da rede (Silva, 2007; ZigBee Alliance, 2006) (Figura II.6).

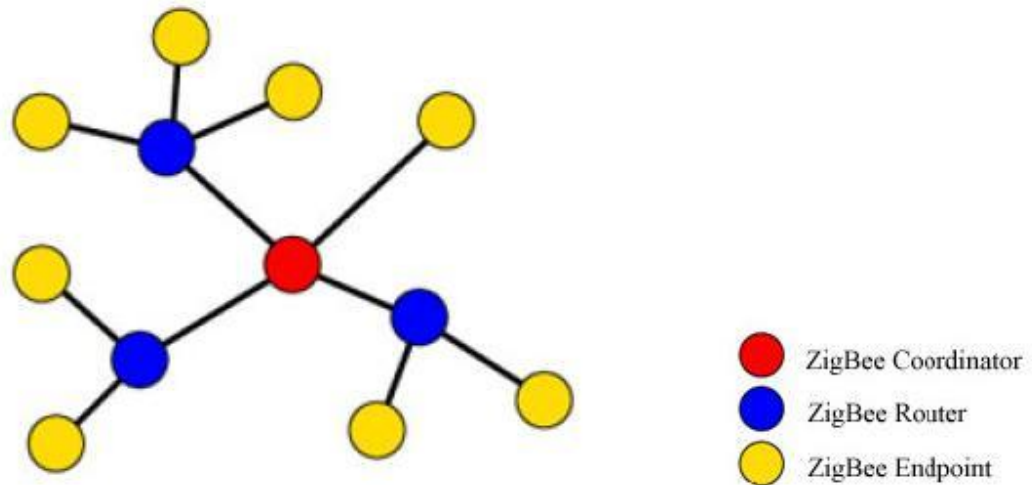


Figura II.6 - Topologia em Árvore (Craig, 2004).

II.3.3.4. Arquitectura protocolar

A arquitectura do protocolo ZigBee, embora baseada no modelo OSI de sete camadas, apenas define, no entanto, as camadas de interesse para atingir as funcionalidades desejadas (ZigBee Alliance, 2006). Nesse sentido, e como podemos verificar na Figura II.7, a arquitectura ZigBee é composta somente por cinco camadas, sendo que as duas primeiras camadas foram adoptadas a partir do padrão IEEE 802.15.4 que define as comunicações wireless para dispositivos com baixas taxas de transmissão, baixos consumos e baixa complexidade.

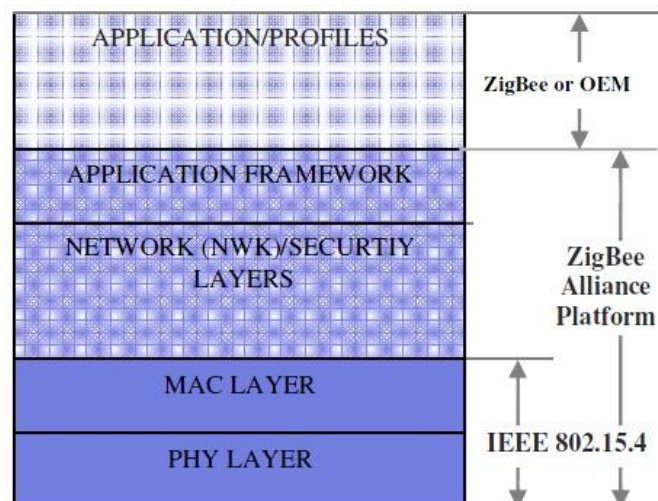


Figura II.7 - Camadas da arquitectura do protocolo ZigBee (Craig, 2004).

Estado da Arte

A camada física (PHY) é responsável pela transmissão e recepção de dados através de um canal físico. As suas principais funções prendem-se com: a activação e desactivação do *transceiver*; a detecção de energia; a indicação da qualidade da ligação; a selecção do canal de transmissão; e a transmissão/recepção dos pacotes.

Noutro sentido, a camada MAC tem como principal responsabilidade controlar o acesso aos canais. Para esse efeito são utilizados métodos de prevenção de colisão CSMA-CA (*Carrier Sense Multiple Access - Collision Avoidance*). Esta camada específica, de igual modo, o tipo de dispositivos permitidos na rede e a estrutura de tramas admissível.

A camada de rede (NWK) é a primeira camada definida pela norma *ZigBee*, e tem como responsabilidades o início e fim da ligação dos dispositivos à rede, a descoberta de novos dispositivos na vizinhança e a atribuição de endereços.

Por fim a camada de aplicação pretende assegurar uma correcta gestão e suporte para as diversas aplicações.

Para uma visão mais detalhada e aprofundada desta arquitectura, observe-se a Figura II.8. Nesta figura é perfeitamente visível que as duas primeiras camadas são definidas pela IEEE 802.15.4, sendo que as restantes camadas são definidas pela *ZigBee Alliance*. É de referir que os utilizadores finais podem modificar algumas interfaces das camadas finais.

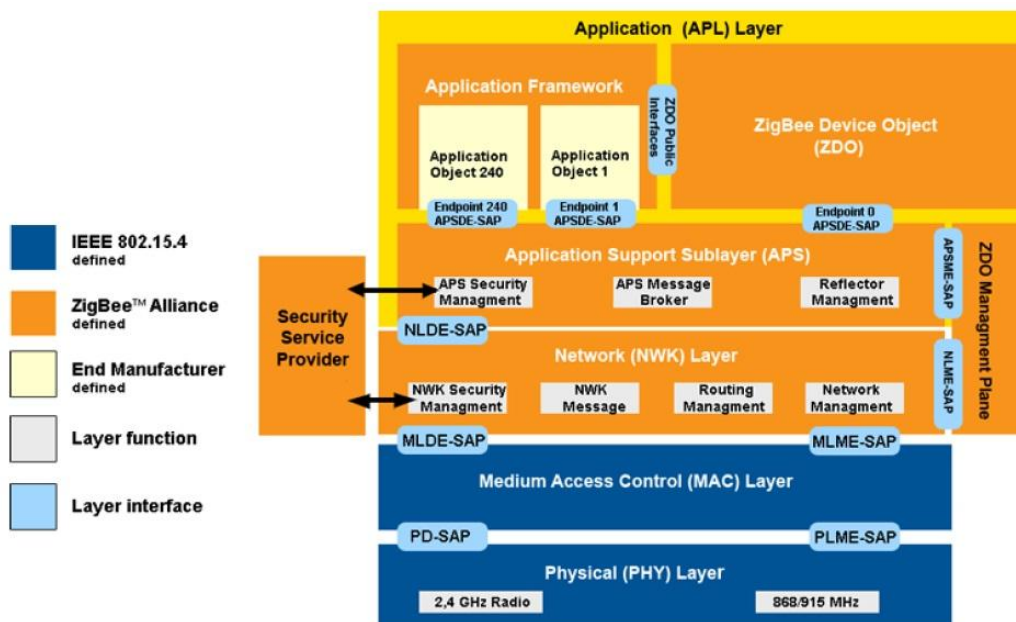


Figura II.8 – Arquitectura protocolar ZigBee de uma forma detalhada (Silva, 2007)

II.3.3.5. Segurança

Uma vez que o padrão ZigBee tem elevadas restrições de largura de banda, são necessários mecanismos de criptografia que não aumentem de forma considerável o tamanho dos pacotes, no entanto, é exigida a segurança da informação trocada, não podendo existir o risco de interferências de terceiros nessa mesma informação.

Nesse sentido, no protocolo ZigBee a segurança é contemplada ao nível de varias camadas e obedece a três princípios básicos:

- i. Simplicidade, cada camada é responsável por salvaguardar a informação que é originária nessa camada.
- ii. *Directness*, as chaves de encriptação são trocadas, directamente entre os dispositivos de origem e destino da informação.
- iii. Segurança *end-to-end*, os dados seguem até ao destinatário sem serem descriptados e encriptados novamente, em cada salto.

Os níveis de segurança são baseados no algoritmo de encriptação autenticado CCM* (*Enhanced counter with CBC-MAC mode of operation*) que tem como finalidade garantir a autenticidade e a confidencialidade dos dados, utilizando a cifra *Advanced Encryption Standard* (AES-128) (Teixeira, 2007; Silva, 2007, ZigBee Alliance, 2006).

II.4. SERVIÇO DE MENSAGENS CURTAS (SMS)

II.4.1. Visão Geral

O serviço de mensagens curtas é um mecanismo de entrega de mensagens através das redes de telemóveis. Este serviço utiliza um método de transmissão de guardar e encaminhar, isto é, a mensagem (somente texto) enviada é primeiro guardada numa central (SMSC) e só depois encaminhada para o destino. Isto significa que, em caso do recipiente não esteja disponível, a mensagem é guardada e enviada mais tarde. Cada mensagem não pode ter mais que 160 caracteres (Le Bodic, 2005; ADC Telecommunications, 1999).

Este serviço foi desenvolvido no âmbito da primeira fase do GSM (*Global System for Mobile "communications"*) e possibilita a troca de mensagens curtas entre estações móveis e outros equipamentos ligados à rede. Desde o aparecimento na rede GSM, o SMS tem sido conduzido, de igual modo, para outras tecnologias como o GPRS (*General Packet Rádio Service*) e o CDMA (*Code Division Multiple Access*). O SMS é neste momento uma tecnologia madura que é sustentada a 100% pelos equipamentos e pela maioria das redes GSM por todo o mundo (Le Bodic, 2005).

II.4.2. Arquitectura

Na Figura II.9 é possível verificar a arquitectura de uma rede GSM habilitada para a utilização da tecnologia SMS.

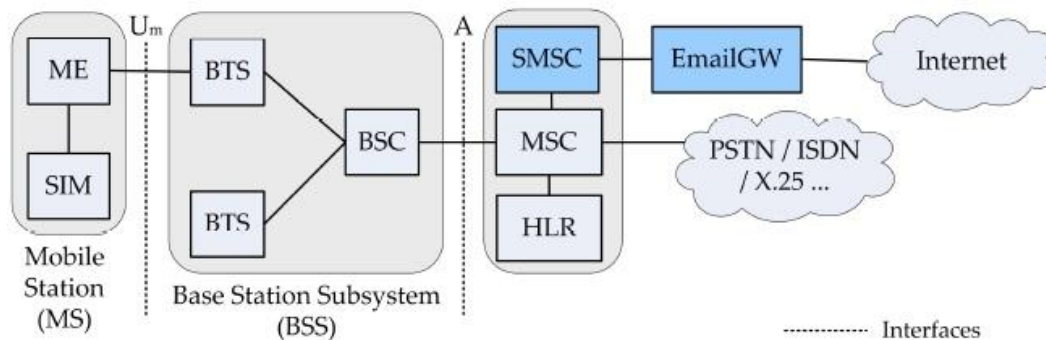


Figura II.9 - Arquitectura GSM (Teixeira, 2007).

Relativamente à arquitectura GSM original, é necessário a adição de dois elementos para que esta esteja habilitada para a tecnologia SMS. Estes elementos encontram-se em azul na Figura II.9 e são o *SMS Center (SMSC)* e o *Email Gateway (EmailGW)*. Além destes, é necessário, de igual modo, a presença de um outro elemento chamado de *Short Message Entity (SME)*, sendo que este componente se encontra no dispositivo móvel sobre a forma de software e não está representado na Figura II.8. De seguida será explicado brevemente estes componentes (Le Bodic, 2005; ADC Telecommunications, 1999).

O SMSC tem um papel chave na arquitectura SMS, tendo como funções primordiais a retransmissão de mensagens SMS entre SMEs e o armazenamento das mensagens caso o SME destino não esteja disponível. Este pode ser integrado na rede móvel (por exemplo no MSC) ou como uma entidade independente da rede. Os SMSC conseguem processar aproximadamente 1000 mensagens por segundo, sendo que as grandes operadoras usam vários SMSCs de modo a satisfazer as necessidades dos seus clientes (Le Bodic, 2005).

Noutro sentido, os SME são qualquer elemento capaz de enviar e receber mensagens SMS. Um SME pode ser um software num telemóvel ou qualquer outro dispositivo como um servidor remoto (Le Bodic, 2005).

Por fim, o EmailGW permite a interoperabilidade entre correio electrónico e as mensagens SMS. Com o EmailGW, as mensagens SMS podem ser enviadas a partir de um SME para um cliente de Internet e vice-versa (Le Bodic, 2005).

II.4.3. Envio e recepção de mensagens

Como já foi referido anteriormente, o serviço de mensagens curtas tem como principais funções o envio e recepção de mensagens, que podem ocorrer durante uma chamada ou ligação de dados. As mensagens a serem enviadas são submetidas por uma *Mobile Station (MS)* a um SMSC que, por sua vez, são entregues a uma outra MS. Estas são endereçadas a um SME que, como já foi mencionado, tanto poderá ser um telemóvel como um cliente de internet.

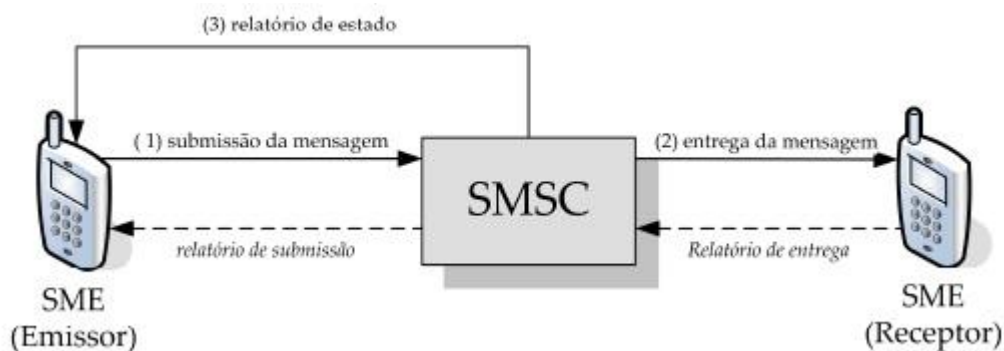


Figura II.10 – Transferência de mensagens SMS (Teixeira, 2007).

Na Figura II.10 está representada a transferência de mensagens SMS entre dois SME. Esta transferência envolve 3 passos: no primeiro passo, a mensagem é enviada pelo SME emissor para o SMSC; no segundo passo, a mensagem é validada (verifica se o utilizador tem permissão para enviar mensagens) e entregue ao SME receptor, se por alguma razão o SME receptor não puder receber mensagens nesse instante, o SMSC armazena temporariamente a mensagem até que este esteja disponível; e o terceiro passo consiste do envio de um relatório com informação acerca da mensagem, no entanto este passo só é realizado caso o emissor tenha pedido (Le Bodic, 2005).

II.4.4. Vantagem e Desvantagens

A vantagem do SMS é que se tornou um serviço popular e presente na maior parte das redes GSM. Todos os equipamentos móveis por sua vez são capazes de suportar o serviço de SMS. A mensagem pode ser enviada de qualquer rede GSM e entregue a outro subscritor na mesma rede, noutra operadora de rede do mesmo país, ou mesmo noutra operadora de rede de outro país.

O principal problema do SMS é mesmo a quantidade de informação que pode ser enviada na mensagem. Na sua forma mais simples, o SMS permite o envio de 140 octetos de informação. Para colmatar esta insuficiência foi introduzida a concatenação que permite o envio de mensagens mais longas. Outra desvantagem é que as mensagens apenas podem ser compostas por texto, não permitindo o envio de mensagens mais ricas (com imagens, vídeos ou sons). Para colmatar esta lacuna uma extensão ao nível aplicacional foi introduzida no standard dando origem ao EMS (*Enhanced Messaging Service*), que permite aos subscritores o envio de mensagens contendo elementos como melodias, imagens e animações. Ao nível de transporte as mensagens são transmitidas da mesma forma que as mensagens SMS.

II.5. PRESERVAÇÃO DE OBRAS DE ARTE

É comum observar a deterioração de objectos e materiais que estão expostos aos efeitos do ambiente diário – o metal fica ferrugento; o papel amarelado; a madeira fica ressequida e parte; e a tinta racha (National Heritage Board, 2001). Parece inevitável que estas situações ocorram em todos os tipos de materiais, mas se percebermos como os objectos se deterioram e anteciparmos as causas da mesma, então é possível abrandar essas mudanças.

Os factores ambientais que afectam as obras de arte incluem: luz, temperatura, humidade, poluentes, os insectos, crescimento de micro organismos, e manuseamento incorrecto dos objectos (National Heritage Board, 2001).. Estes danos têm um efeito cumulativo e geralmente irreversível. Por isso, é crucial que sejam tomadas medidas preventivas de forma a reduzir tais riscos.

É aceite que os materiais sofrem menos danos quando o ambiente em que se encontram é mantido num certo limite de condições, sendo que este limite varia de material para material. A taxa de variação no ambiente é também um grande factor de contribuição para a forma como os materiais se deterioram. Os materiais sofrem menos stress quando existe pouca variação em termos de humidade relativa e níveis de temperatura (National Heritage Board, 2001).

Iluminação

O uso de iluminação, seja de origem artificial ou natural, é uma parte integral de um edifício, no entanto, é sabido que a luz, na forma de radiação, pode causar danos irreversíveis.

As partes mais nocivas do espectro da luz são os raios ultra-violeta (UV), isto porque o nível de energia destes raios é mais elevado. A eliminação ou redução desta banda de luz diminui grandemente o nível de deterioração dos artefactos (National Heritage Board, 2001).

Estado da Arte

Nesse sentido, é importante que as fontes de iluminação, sejam elas naturais ou artificiais, sejam seguras para a protecção de longo prazo das obras de arte. Esta protecção pode tomar diversas formas:

- 1) Baixar a intensidade da luz;
- 2) Remover os raios UV através de filtros;
- 3) Usar um difusor de luz para a iluminação artificial de forma a reduzir a intensidade com que a luz atinge os objectos; e
- 4) Reduzir o tempo que os artefactos estão expostos a luz.

Geralmente, a luz torna-se mais prejudicial para os materiais quando é combinada com outros factores tais como, a presença de oxigénio e de humidade (National Heritage Board, 2001). Dessa forma, é importante que seja efectuado, de igual modo, o controlo destes outros factores.

Humidade

A presença de humidade na atmosfera é um fenómeno irreversível e que esta constantemente em alteração num ciclo de absorção e libertação. Objectos feitos de materiais orgânicos possuem uma grande capacidade de reter e libertar humidade.

O ciclo constante de absorção e libertação de humidade dos materiais poderá causar danos irreversíveis, sendo especialmente visível nas rachas que encontramos na madeira e no marfim.

De igual modo, a humidade acelera outras reacções químicas e biológicas. A água actua como um componente crucial no começo de muitas reacções químicas, tais como a corrosão nos metais e a formação de ácidos nas fibras naturais. A humidade é também necessária para o aparecimento de micro organismos tais como o bolor (National Heritage Board, 2001).

Poluentes

A poluição presente na atmosfera é normalmente transportada por partículas transportadas pelo ar ou espalhadas através de gases. Poluentes comuns em ambiente urbanos incluem, dióxido de enxofre e dióxido de azoto proveniente de fontes industriais (National Heritage Board, 2001).

Os poluentes interiores são normalmente derivados de uma variedade de materiais tais como a borracha, alguns polímeros sintéticos, e ozono proveniente de equipamento mecânico. A acumulação de pó nos artefactos pode levar a uma aparência desfigurada. A nicotina presente no tabaco adere as superfícies dos objectos levando a uma descoloração dos mesmos (National Heritage Board, 2001).

A variedade da natureza dos poluentes, quer sejam internos ou externos, faz com que seja muito difícil recomendar uma salvaguarda. Além do mais, diferentes materiais são sensíveis a diferentes tipos de poluentes presentes na atmosfera. Dessa forma, o controlo dos poluentes tem de ser realizado através de uma vigilância que procure detectar os primeiros sinais de problemas.

Considerações finais

Não pode deixar de ser sublinhado que uma inspecção regular e activa das condições gerais da colecção tem um papel muito importante para garantir que os potenciais problemas são identificados o mais cedo possível e devidamente rectificados. Uma intervenção apropriada e na hora certa é crucial para a preservação de longo prazo das obras de arte.

II.6. QUALIDADE DO AR INTERIOR

A qualidade do ar dentro de um edifício é um factor de elevada importância para o bem-estar das pessoas que circulam dentro do mesmo, assim como, para uma boa preservação do estado dos objectos existentes. Nesse sentido, e de forma a aquilatar as condições que seriam as ideais, foi efectuado um estudo sobre a qualidade do ar no interior do Museu da Baleia em Julho de 2007 (Ema, 2007).

Nesse sentido, foram determinados os parâmetros de conforto, temperatura e humidade relativa no ar, dada a sua importância para o bem-estar geral do ser Humano. Valores elevados de humidade relativa (acima de 55%) podem levar ao crescimento de fungos, bactérias e ácaros. Baixos valores de humidade relativa (inferior a 25%) podem agravar doenças como asma e bronquites, ou originar irritação nos olhos, no nariz e na garganta (Ema, 2007).

Os níveis de dióxido de carbono (CO₂) e de monóxido de carbono (CO), resultantes maioritariamente da actividade respiratória humana e de combustão, foram analisados. Níveis moderados podem causar dores de cabeças, náuseas e falta de ar. Níveis elevados têm efeitos maléficos nos seres humanos causando inconsciência ou mesmo morte (Ema, 2007).

As bactérias e os fungos foram analisados dada a sua importância como fontes de problemas de saúde respiratória como asma e alergias no geral. Para além disso, causam estragos na estrutura dos edifícios e nos objectos constantes no seu interior (Ema, 2007).

Na Tabela II.2, é possível verificar de uma forma resumida os valores óptimos em que os parâmetros devem manter-se.

Tabela II.2 – Valores óptimos para os parâmetros.

<i>Parâmetros</i>	<i>Valores Máximos de Referência</i>	<i>Referência</i>
Temperatura	23-26 °C	Norma ISSO 7730:2005
Humidade Relativa	30-60 %	Norma ISSO

		7730:2005
Dióxido de Carbono (CO₂)	1000 Ppm (1800mg/m ³)	DL 79/2006
Monóxido de Carbono (CO)	10,91 Ppm (12,5mg/m ³)	DL 79/2006
Microrganismos bacterias	500 UFC/m ³	DL 79/2006
Microrganismos fungos	500 UFC/m ³	DL 79/2006

De acordo com Filipa Ema (2007), salienta-se que:

- 1) Níveis de renovação de ar baixos têm um efeito concentrador de poluentes no interior dos espaços;
- 2) Concentrações inadequadas de formaldeído, VOCs e ozono, para além de provocarem tonturas, enxaquecas, pele e olhos irritados, falta de concentração, entre outras situações de desconforto e mal-estar, podem provocar doenças mais graves como cancro;
- 3) No caso particular dos museus, bibliotecas e arquivos a monitorização da qualidade do ar interior assegura protecção à deterioração lenta e progressiva de muitos materiais de valor incalculável do património cultural, bem como proporciona ar saudável essencial para os visitantes, com importância acrescida numa Região Turística que prima pela qualidade e bem-estar dos turistas.

Os gases como o dióxido de enxofre (SO₂), óxido de nitrogénio (NO₂) e o ozono (O₃), catalisam reacções químicas, e provocam deterioração de materiais tais como papel e artigos de couro - o papel torna-se frágil e sem cor, e os artigos de couro tornam-se fracos e poeirentos.

Os poluentes orgânicos como o ácido acético (oriundo das madeiras tratadas), ácido fórmico (libertado pelas madeira e pinturas a óleo) e formaldeído (libertado

Estado da Arte

principalmente pela cola) causam corrosão de metais, materiais calcários e atacam o papel e os têxteis. Outros exemplos de deterioração de objectos de arte são o bronze que em contacto com o dióxido de carbono (CO₂) desenvolve uma corrosão azul. Os objectos de prata são conhecidos pela perda de cor causada pelo dióxido de enxofre (SO₂). Outros metais como o alumínio, zinco, e magnésio também podem ser sensíveis ao ataque dos poluentes originados através dos materiais de construção como a madeira, tinta, cola, carpetes, etc.

Os microrganismos (bactérias, fungos e ácaros) são muito conhecidos pelo seu potencial de deteriorar os objectos de arte, nomeadamente pinturas e livros.

Confirmada que está a deterioração e/ou destruição dos objectos culturais por parte dos poluentes atmosféricos é imperativo que estes sejam identificados nos espaços interiores, e que acções correctivas apropriadas sejam feitas para manter os seus níveis abaixo dos níveis tidos como propícios para a deterioração dos objectos.

II.7. SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO BASEADOS EM REDES DE SENSORES SEM FIO

Actualmente existem no mercado diversas soluções na área da monitorização e visualização no âmbito das redes de sensores sem fio. No entanto, todas elas têm algumas diferenças entre elas.

Nesse sentido, serve a presente secção para apresentar as aplicações mais representativas e completas, encontradas na literatura, bem como, as diferenças entre elas.

II.7.1. Ferramentas de Monitorização Ambiental

II.7.1.1. Wisense

Wisense é uma plataforma completa de monitorização de redes de sensores sem fios que suporta a distribuição de diversos sensores sem fios para monitorização e controlo remoto, em tempo real em indústrias, no comércio e em aplicações ambientais. Esta solução pode ser usada tanto em ambientes interiores como exteriores. O sistema suporta uma grande variedade de sensores analógicos e digitais e podem ser usados na medição de uma vasta gama de parâmetros tais como temperatura, pressão, velocidade e direcção do vento, chuva, luminosidade, movimento, coordenadas GPS, humidade, turbulência, aceleração e vibração (Wisense, 2010).

O Wisense consiste em cinco subsistemas chave que serão explanados em seguida.

Sensores sem fio - funcionam com pouca potência e trabalham nas frequências de 2.44 GHz ou 868 MHz e permitem diversos tipos de arquitectura.

Wisense Gateway e Data Logger - sistema embebido que suporta a agregação dos dados da rede de sensores, que os guarda na base de dados local e transmite esses mesmos dados para um servidor remoto onde são salvaguardados.

Servidor Remoto Seguro - serve como *backup* para os dados recolhidos pela rede de sensores sem fio.

Estado da Arte

Plataforma Web - fornece uma interface completamente ajustável, que permite aos utilizadores monitorizarem em tempo real e de forma remota todos os dados dos sensores.

Sistema automático de notificação e alerta - fornece ao cliente a possibilidade de estabelecer alarmes de acordo com o cenário dos sensores e especificar notificações via SMS e e-mail.

Em síntese, o sistema Wisense é uma solução bastante completa e robusta que permite a sua utilização nas mais diversas situações e ambientes.

II.7.1.2. WebSensys

WebSensys é uma ferramenta definida como uma interface Web que permite o acesso de dados capturados por uma rede de sensores sem fios. Este utiliza exclusivamente os sensores da família WiSensy, sendo que estão destinados à monitorização ambiental, mais concretamente, na área da agricultura. O WebSensys foi desenvolvido em PHP e possibilita a visualização de gráficos e elaboração de relatórios com a informação armazenada (WebSensys, 2010).

Por outro lado, os sensores deste sistema transmitem os dados via GPRS ou Wi-Fi para um servidor remoto para posterior armazenamento e visualização (WebSensys, 2010).

Em suma, possui boa capacidade de visualização de dados recolhidos pela WSN, mas peca pela fraca capacidade de implementação e acompanhamento da rede de sensores wireless.

II.7.1.3. Sensor Network Analyzer (SNA)

SNA foi desenvolvido pela Daintree Networks, Inc., e é uma ferramenta que permite a análise da rede através de algoritmos de medição e da sua visualização. Esta aplicação tem como principais benefícios o aumento da produtividade e o facto de ser desenhada, especialmente, para WSN embutidas.

Esta solução baseia-se em quatro princípios básicos: uso de ferramentas para analisar a rede de sensores sem fio e detectar problemas; entender o comportamento da rede e sensores através da visualização; utiliza unicamente as regras IEEE 802.15.4 e ZigBee garantindo dessa forma uma performance de acordo com necessário; e simplifica a configuração e interacção com o sistema 802.15.4/ZigBee durante o desenvolvimento e distribuição através de interfaces de fácil utilização para os utilizadores.

Resumindo, o SNA é uma solução completa para teste e análise de WSN's, que permite determinadas funções de gestão de redes sem fios embutidas, tais como IEEE 802.15.4™ e ZigBee® (Daintree Networks, 2008).

II.7.1.4. SensoNet

O SensoNet é uma ferramenta que permite a monitorização da humidade relativa e temperatura em ambientes *indoor* através de pequenos sensores alimentados a pilhas, que é destinado especialmente para a conservação preventiva de obras de arte e estudos higrotérmicos de edifícios.

Esta aplicação tem como características mais relevantes as seguintes: facilidade de uso; consulta a partir de qualquer computador através da rede local ou remotamente pela Internet; envio de alertas por correio electrónico e/ou por mensagens SMS até a um máximo de quatro utilizadores; armazenamento de dados e criação de relatórios gráficos; sistema sem fios através de utilização de pilhas convencionais; flexível e escalonável; instalação “chave na mão”; sistema único que permite supervisionar vários edifícios e armazéns.

Em resumo, o SensoNet é uma ferramenta com diversas funcionalidades que peca por monitorizar somente a humidade e a temperatura.

II.7.1.5. Resumo Comparativo

De forma a melhor compreender as diferenças entre as diversas aplicações mencionadas anteriormente, foram efectuadas diversas tabelas comparativas que permitem uma mais fácil avaliação das características de cada uma delas.

Os critérios utilizados para esta comparação foram:

- i. Que tipo de monitorização permite, se local ou remota via Web;
- ii. Se possibilita geração de gráficos dinâmicos e em tempo real;
- iii. Se faculta a visualização e exportação do histórico;
- iv. Se facilita a visualização da topologia da rede e dos sensores;
- v. Se envia alertas e notificações;

Estado da Arte

- vi. Se é um sistema open source; e
- vii. Se é uma solução escalável.

Relativamente aos tipos de monitorização que as plataformas possibilitam, como podemos observar na Tabela II.3, o SensoNet, o WebSensys e o WiSense permitem monitorização tanto local como remota, por outro lado, o SNA não possibilita uma monitorização remota.

Tabela II.3 – Comparação dos tipos permitidos de monitorização.

<i>Ferramenta</i>	<i>Tempo Real</i>	<i>Monitorização Local</i>	<i>Monitorização Via Web</i>
WiSense	Sim	Sim	Sim
SNA	Sim	Sim	Não
SensoNet	Sim	Sim	Sim
WebSensys	Sim	Sim	Sim

No que concerne ao histórico, podemos verificar na Tabela II.4 que somente o SNA não permite a geração de gráficos, por outro lado, a única plataforma que permite a exportação do histórico é o WebSensys.

Tabela II.4 – Comparação em relação ao histórico.

<i>Ferramenta</i>	<i>Histórico</i>		<i>Geração de Gráficos</i>
	<i>Visualização</i>	<i>Exportação</i>	
WiSense	Sim	Não	Sim
SNA	Sim	Não	Não
SensoNet	Sim	Não	Sim
WebSensys	Sim	Sim	Sim

Na Tabela II.5 é facilmente constatável que todas as aplicações possuem as características incluídas nesta comparação, isto é, todas são escaláveis e permitem visualizar a planta do sítio onde os sensores estão instalados.

Tabela II.5 – Comparação em relação à visualização de mapas.

<i>Ferramenta</i>	<i>Escalável</i>	<i>Planta do Local</i>
WiSense	Sim	Sim
SNA	Sim	Sim
SensoNet	Sim	Sim
WebSensys	Não	Sim

Das ferramentas analisadas, somente o SNA não possui sistema de notificação e alertas (Tabela II.6). Devo referir que o WebSensys apenas permite notificação via E-mail, e que o SensoNet está limitado a quatro utilizadores.

Tabela II.6 – Comparação dos tipos de notificação.

<i>Ferramenta</i>	<i>Alertas e Notificações</i>	
	SMS	E-mail
WiSense	Sim	Sim
SNA	Não	Não
SensoNet	Sim ¹	Sim ²
WebSensys	Não	Sim

Por fim, é de salientar que a única plataforma que é independente do sistema e *Open Source* é o WebSensys, pois depende somente de uma plataforma Web (Tabela II.7).

¹ Sistema opcional e até um máximo de quatro utilizadores.

Tabela II.7 – Comparação

<i>Ferramenta</i>	<i>Open Source</i>
WiSense	Não
SNA	Não
SensoNet	Não
WebSensys	Sim

Sendo assim, todas estas aplicações aqui expostas, contribuem grandemente para a monitorização de redes de sensores sem fios, no entanto, ainda existe um grande espaço de evolução para estes sistemas. Na maioria dos casos, estas soluções são complementos aos nós sensores comercializados pelas empresas, embora já existam casos em que as plataformas de visualização são independentes dos fabricantes e dos próprios sensores.

Pretende-se, com a implementação deste projecto de Mestrado, desenvolver uma ferramenta que consiga unir as vantagens de todas estas soluções, tornando a monitorização e visualização de redes de sensores sem fios mais eficaz, mais simples e mais acessível a todo o tipo de utilizador e utilização.

II.7.2. Ferramentas de Monitorização de Portas de emergência

Não foi possível constatar, após uma exaustiva pesquisa pela literatura, a existência no mercado de ferramentas que permitam monitorizar e visualizar remotamente o estado das portas, sejam elas de emergência ou não. Todos os sistemas encontrados são baseados em *hardware* e consistem numa ligação com fios, ou seja, são sistemas apoiados em sensores colocados nas portas, que quando são abertas emitem um alarme e que são utilizados sobretudo em sistemas de alarme e vigilância.

Nesse sentido, a plataforma a ser desenvolvida, pretende explorar essa lacuna, fornecendo um sistema que permite monitorizar de forma remota via Web o estado actual das portas de emergência de um edifício, bem como, consultar o histórico dessas mesmas portas.

II.8. CONCLUSÃO

No mundo globalizado em que vivemos, as redes de sensores sem fio (WSN) são cada vez mais utilizadas e popularizadas nas mais variadas situações e ambientes, acarretando consigo vantagens para as mais diversas áreas (comércio, educação, saúde, cultura, entre outras).

Nesse sentido, e tendo em conta que características como o reduzido consumo energético, o baixo custo, a escalabilidade, a segurança e a fiabilidade são fundamentais para se construir uma WSN capaz de nos oferecer garantias de um bom serviço, o protocolo *ZigBee* tem vindo a adquirir crescente importância e influencia nestas redes, sendo cada vez mais utilizado face aos protocolos *Bluetooth* e *Wi-Fi*.

Uma das áreas em que estas redes podem ser empregues com grande utilidade e proveito é na monitorização de factores de risco em espaços museológicos. Nestes espaços, existem parâmetros e/ou focos de degradação dos materiais que, atendendo às características dos materiais e à forma como reagem, devem ser cuidadosamente monitorizados, tais como: a temperatura, a luminosidade e a humidade.

Com efeito, tecnologias como o Java e o PHP têm sido cada vez mais utilizadas na criação de plataformas que permitam uma monitorização eficaz e de forma remota destes parâmetros através da internet. Estas mesmas plataformas possibilitam uma grande panóplia de ferramentas tais como a geração de gráficos dinâmicos e em tempo real, bem como, o envio de notificações e alarmes via SMS e E-mail, o que permite aos interessados uma actualização constante dos acontecimentos.

No estudo de mercado que foi realizado para este projecto foi possível constatar que existem quatro aplicações que têm tido uma grande aceitação por parte do público, são elas: o *WiSense*, o *SNA*, o *SensoNet* e o *WebSensys*. Todas estas aplicações possuem características idênticas, o que as aproximam em termos de funcionalidades oferecidas aos utilizadores, no entanto, todas pecam pelo seu elevado grau de complexidade.

Por outro lado, não existem actualmente aplicações baseadas em sensores sem fio que permitam uma monitorização eficaz das portas de emergência em edifícios.

Estado da Arte

Em suma, este é um mercado que se encontra em constante evolução e expansão, onde ainda é necessário inovar na simplificação dos softwares de gestão de rede, fazendo com que estes sejam mais acessíveis aos utilizadores não especializados em redes oferecendo, desta forma, uma ferramenta de trabalho muito mais completa e de fácil utilização na monitorização ambiental.

No capítulo que se segue será apresentada a abordagem utilizada para a concepção da arquitectura e implementação do projecto de Mestrado, bem como, às decisões tomadas que tornam o protótipo final exequível.

III. DESENHO ARQUITECTURAL

III.1. INTRODUÇÃO

A implementação de um projecto de software desta amplitude requer um estudo e planeamento intensivo nas fases iniciais de execução do mesmo, dessa forma é possível desenvolver o trabalho de uma maneira mais coerente e objectiva.

Nesse sentido, o presente capítulo tem por objectivo ilustrar o trabalho desenvolvido durante essas fases. A primeira dessas fases foi o levantamento de requisitos, é aqui que descobrimos as necessidades do cliente e aquilo que ele pretende, de seguida passamos para a criação de casos de utilização e por fim para a criação de uma arquitectura do projecto.

III.2. CONTEXTUALIZAÇÃO E DOMÍNIO DE APLICAÇÃO

O Museu da Baleia, situado na vila do Caniçal, relata toda a história da caça à baleia e da indústria de extracção do óleo e produção de farinhas de baleia no arquipélago da Madeira, através de uma colecção de fotografias, de vídeos com imagens da época, assim como com a exposição de artefactos e arpões utilizados na caça à baleia, podendo, de igual modo, ser observados modelos à escala das embarcações então utilizadas como também antigo artesanato feito a partir de dentes e ossos dos cachalotes (CultuRede, 2010).

Por outro lado, os aspectos da biologia e da protecção das baleias e golfinhos são abordados na exposição contribuindo dessa forma para a sensibilização de todos para a necessidade da preservação destes animais espantosos. O Museu da Baleia esteve envolvido num conjunto de estudos dos cetáceos no arquipélago da Madeira com vista ao seu melhor conhecimento e conservação (CultuRede, 2010).

Efectivamente, todos os espaços museológicos, como o Museu da Baleia, possuem as suas normas e procedimentos para a conservação preventiva de obras de arte, sendo que um desses procedimentos é a monitorização dos factores ambientais de risco, tais como a humidade, temperatura, luminosidade, CO e CO₂. Nesse sentido e de forma a melhorar esta monitorização, torna-se premente a criação de uma aplicação que facilite tal tarefa.

Como resposta a esta necessidade justifica-se a aplicação de uma rede de sensores sem fios para monitorização ambiental, assim como de uma Plataforma Web para visualização dos dados dessa rede. Esta mesma plataforma também deverá ser capaz de monitorizar todas as portas de emergência, bem como, tratar da notificação às pessoas interessadas sempre que se registar uma anomalia.

III.3. REQUISITOS DO SISTEMA

A fase de levantamento de requisitos torna-se crucial no desenvolvimento de uma aplicação, visto que é nesta fase em que é necessário compreender todas as necessidades explícitas e implícitas dos interessados (*stakeholders*), isto é, descobrir qual a finalidade e objectivos do projecto a desenvolver.

Nesse sentido, foram realizadas diversas reuniões com os diversos intervenientes no projecto, por um lado com os futuros utilizadores finais, por outro com os restantes membros da equipa de desenvolvimento do projecto WISE-MUSE.

Após os primeiros encontros, acima mencionados, já foi possível traçar um plano geral sobre o que iria ser a nossa aplicação. Em linhas gerais, a plataforma a desenvolver teria que ser capaz de monitorizar os factores ambientais possíveis causadores de danos aos artefactos do museu (temperatura, humidade, luminosidade, CO e CO₂), isto é, teria que ser capaz de interpretá-los, de armazená-los e de disponibilizá-los em tempo real numa plataforma de visualização. Por outro lado, esta mesma plataforma teria de monitorizar todas as portas de emergência do museu, assim como, de enviar notificações via SMS e e-mail, em caso de anomalia nos dados observados quer nas portas de emergência, quer nos factores ambientais.

Nas reuniões seguintes já foi feito um levantamento mais pormenorizado e intensivo dos requisitos de domínio, funcionais e não-funcionais do sistema, que poderão ser vistos nas secções seguintes.

III.3.1. Requisitos de domínio

Os requisitos de domínio são aqueles que advêm do próprio domínio da aplicação do sistema e reflectem as suas características específicas (Nunes, 2004), sendo que neste caso prendem-se com a monitorização dos factores ambientais de risco para o museu da baleia, bem como, com a monitorização das portas de emergência.

Nesse sentido, e tendo em consideração quer o estudo sobre a qualidade do ar interior como o estudo sobre a preservação de obras de arte, foram definidos diversos parâmetros de monitorização. Primeiramente foram definidos os padrões ideais, isto é, foram definidos os valores desejáveis entre os quais deveriam ser mantidos os diversos

parâmetros (temperatura, humidade, luminosidade, CO e CO₂) e de seguida foram definidos os valores de risco para estes mesmos parâmetros.

Na Tabela III.1 é possível constatar os valores definidos para cada um dos casos referidos anteriormente. É de salientar que caso sejam detectados, no museu, valores fora dos considerados ideais, a plataforma de visualização deverá emitir um aviso, e em caso de saírem dos valores considerados de risco, a plataforma deverá enviar uma notificação via SMS e E-mail a alertar para tal facto.

Tabela III.1 – Valores de monitorização definidos.

<i>Parâmetros</i>	<i>Valores Ideais</i>	<i>Valores de Risco</i>
Temperatura	23-26 °C	<20 ou >30 °C
Humidade	30-60 %	<25 ou >65 %
Dióxido de Carbono (CO₂)	<1000 Ppm	>1000 Ppm
Luminosidade	<200 Lux	>200 Luz

Por outro lado, foi aceite que as portas de emergência teriam três estados distintos, sendo estes: aberta, fechada ou em estado de emergência. Só neste ultimo caso é que será necessário o envio de notificações.

III.3.2. Requisitos não funcionais

Relativamente aos requisitos não funcionais, podemos afirmar que estes estão relacionados com as características qualitativas do sistema (Nunes, 2004), ou seja, descrevem a qualidade que este deverá fornecer aos requisitos funcionais. As principais áreas que os requisitos não funcionais intervêm são nos tempos de resposta, no volume de dados processados e nas questões relativas à segurança do sistema.

Assim sendo, o sistema a desenvolver deverá respeitar as seguintes condições:

1. Devem ser tidos em atenção critérios de interoperabilidade de forma a permitir a fácil integração dos diversos componentes desenvolvidos no projecto WISE-MUSE;

Desenho Arquitectural

2. A implementação da plataforma de visualização deverá ser realizada utilizando linguagens de programação para o desenvolvimento de aplicações baseadas na Web, respeitando, dessa forma, uma arquitectura cliente servidor.
3. O armazenamento e visualização dos parâmetros enviados pelos nós sensores terão de ser em tempo real;
4. Toda a construção da plataforma deve ser pensada e executada para que tenha o menor custo possível (a custo 0 se possível), nesse sentido, é aconselhado a utilização de tecnologias livres de encargos;
5. O sistema deverá suportar o protocolo ZigBee (IEEE 802.15.4) para a comunicação, pois toda a comunicação efectuada será realizada através deste protocolo;
6. O sistema deverá ter capacidade de receber dados recolhidos por vários nós sensores e portas de emergência em simultâneo, trata-los e armazená-los;
7. O sistema tem de suportar um funcionamento contínuo de 24 horas por dia;
8. O sistema deverá ser tolerante às mudanças na rede de sensores sem fios, ou seja, deverá permitir a adição ou remoção de nós sensores, bem como à sua mudança de localização;
9. O sistema deve suportar o controlo de acesso e autenticação.

III.3.3. Requisitos funcionais

No que concerne aos requisitos funcionais, estes descrevem o que o sistema faz ou é esperado que faça, abrangendo de igual modo, a descrição de processos a efectuar pelo sistema e as saídas de informação que derivam da interacção com pessoas ou outros sistemas (Nunes, 2004), isto é, os requisitos funcionais descrevem as funcionalidades que o sistema deve fornecer. Nesse sentido foram identificados os seguintes requisitos funcionais:

1. Fornecer um resumo do estado geral dos sensores e portas de emergência;

2. Permitir a visualização dos parâmetros recolhidos pelos sensores em cada piso;
3. Permitir a visualização do estado das portas de emergência em cada piso;
4. Permitir a visualização dos parâmetros recolhidos por nó sensor;
5. Permitir a visualização de informações de cada um dos sensores;
6. Permitir a visualização de informações de cada uma das portas de emergência;
7. Enviar notificações via SMS e E-mail sempre que houver alguma anomalia nos valores observados;
8. A plataforma deve permitir consultar histórico por piso, por data e por sensor;
9. A plataforma deve identificar (mudar cor sensor) sempre que houver um sensor com os parâmetros fora do valor normal;
10. Exportar consulta, para adicionar aos possíveis relatórios de análises.

III.3.4. Modelo de Casos de Uso

III.3.4.1. Actores

Os actores representam os utilizadores ou entidades externas que interagem com o sistema (Nunes, 2004). No caso concreto do projecto WISE-MUSE temos os seguintes:

- Monitor do museu, pessoa que é responsável pela monitorização dos factores de risco no museu;
- WSN coordinator, é um componente electrónico, obrigatório numa rede Zigbee, que é responsável pela sua formação e funciona como destino ou fonte de pacotes de dados.

III.3.4.2. Caso de Uso

Os Caso de Uso (*Use Case*) são uma descrição do comportamento do sistema quando responde a um pedido de origem exterior (Nunes, 2004), por outras palavras, um caso de uso descreve "quem" pode fazer o "que".

Desenho Arquitectural

Na Tabela III.2 que se segue é possível ver os casos de uso correspondentes a cada um dos actores descritos anteriormente. Como é facilmente verificado, existem dois actores e onze casos de uso.

Tabela III.2 – Casos de Uso por actor.

<i>Actor</i>	<i>Casos de Uso</i>
Monitor do Museu	<ol style="list-style-type: none">1. Efectuar Identificação.2. Visualizar quadro de resumo.3. Visualizar vista geral por piso.4. Visualizar sensores por piso.5. Visualizar portas de emergência por piso.6. Consultar histórico das portas de emergência.7. Consultar histórico dos sensores.8. Exportar histórico.9. Gerar notificações.
WSN Coordinator	<ol style="list-style-type: none">10. Enviar dados dos sensores.11. Enviar dados das portas de emergência.

Em consequência desta tabela, foi criado o seguinte diagrama de casos de utilização.

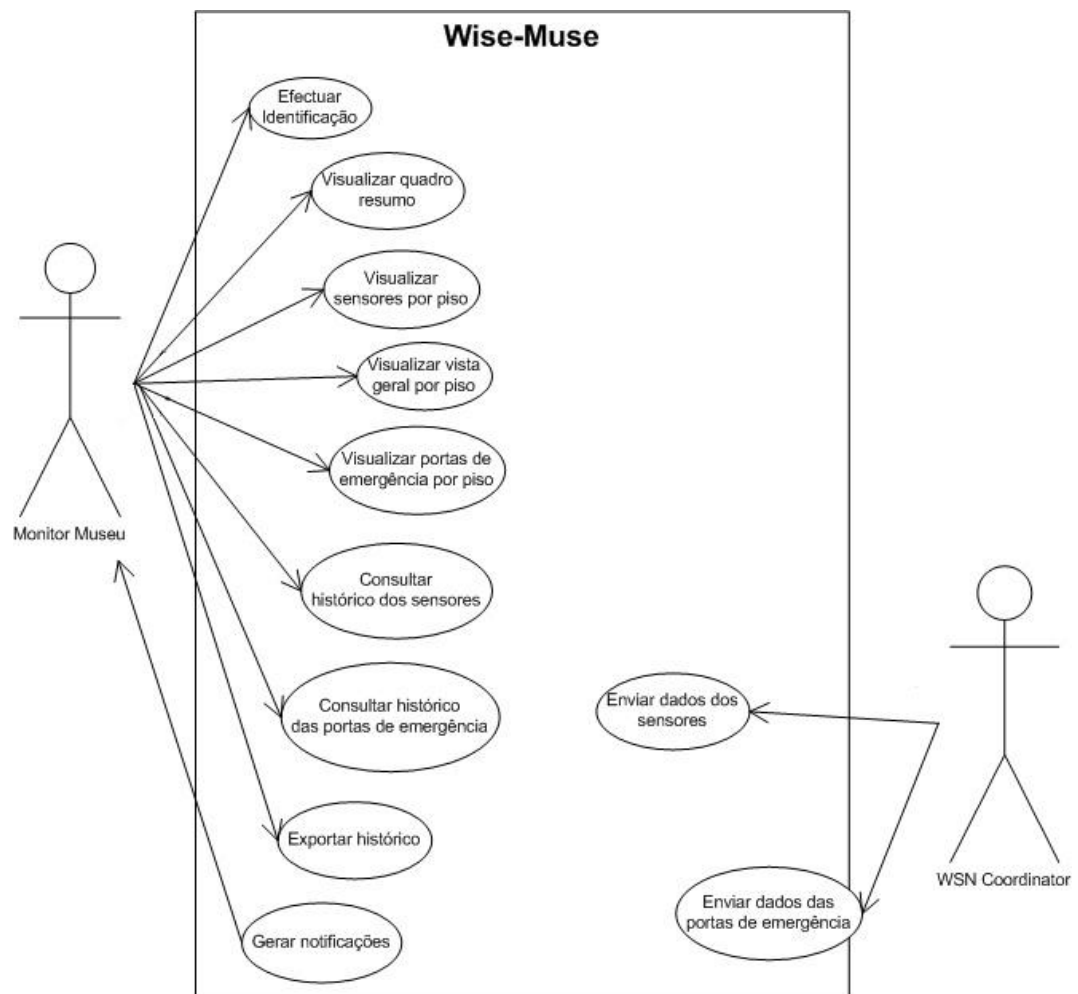


Figura III.1 – Diagrama de casos de uso.

III.3.4.3. Descrição dos casos de utilização

Na secção que se segue é feita uma descrição detalhada dos casos de utilização do sistema através de diagramas de actividade.

Casos de utilização do actor "Monitor Museu":

Caso de utilização 1: Efectuar identificação.

1. Para aceder à plataforma o utilizador identifica-se através de um nome de utilizador e password.
2. A plataforma verifica a autenticidade dos dados inseridos.
3. Caso estejam correctos o sistema permite o acesso à plataforma.

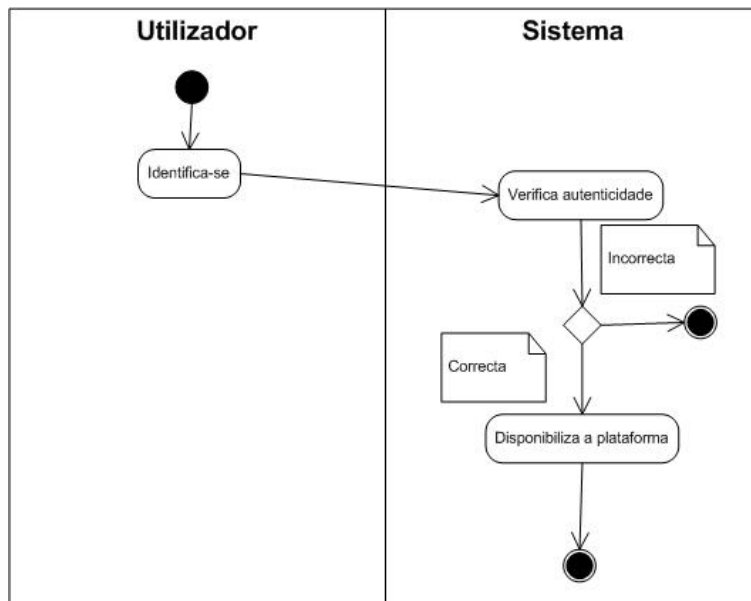


Figura III.2 - Diagrama de actividade de "Efectuar Identificação".

Caso de utilização 2: Visualizar quadro resumo.

1. Uses "Efectuar Identificação".
2. O sistema disponibiliza quadro resumo dos valores registados nos nós sensores e portas de emergência.



Figura III.3 - Diagrama de actividade de "Visualizar quadro resumo".

Caso de utilização 3: Visualizar vista geral por piso.

1. Uses "Efectuar Identificação".
2. Para visualizar a vista geral é necessário escolher essa opção.
3. O sistema mostra a vista geral do piso 0.

4. O utilizador selecciona o piso desejado.
5. O sistema mostra o piso escolhido pelo utilizador.

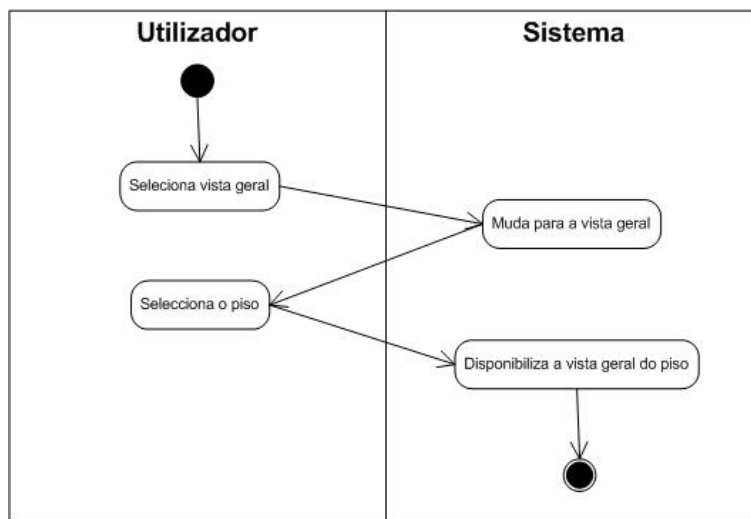


Figura III.4 – Diagrama de actividade de "Visualizar vista geral por piso".

Caso de utilização 4: Visualizar sensores por piso.

1. Uses "Efectuar Identificação".
2. Para visualizar os sensores é necessário escolher essa opção.
3. O sistema mostra os sensores do piso 0.
4. O utilizador selecciona o piso desejado.
5. O sistema mostra os sensores do piso escolhido pelo utilizador.

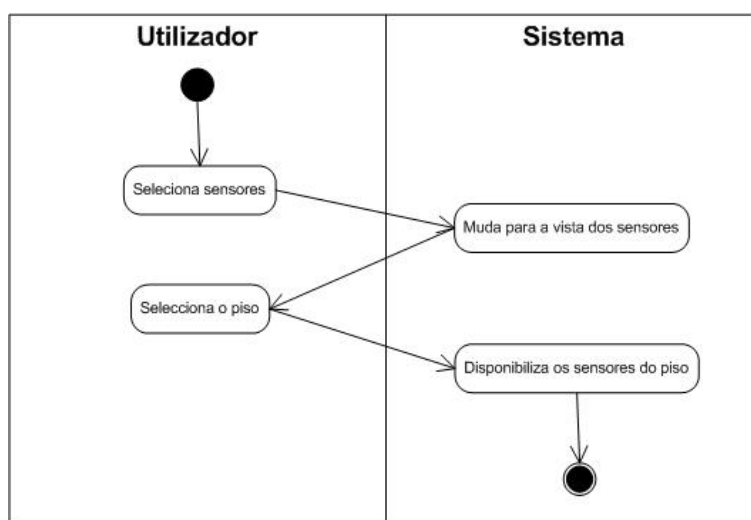


Figura III.5 – Diagrama de actividade de "Visualizar sensores por piso".

Caso de utilização 5: Visualizar sensores por piso.

1. Uses "Efectuar Identificação".
2. Para visualizar as portas de emergência é necessário escolher essa opção.
3. O sistema mostra as portas do piso 0.
4. O utilizador selecciona o piso desejado.
5. O sistema mostra as portas do piso escolhido pelo utilizador.

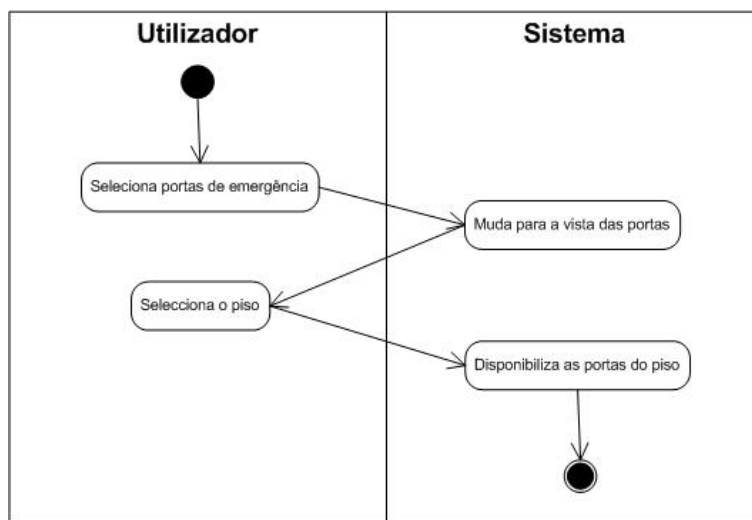


Figura III.6 - Diagrama de actividade de "Visualizar sensores por piso".

Caso de utilização 6: Consultar histórico das portas de emergência.

1. Uses "Efectuar Identificação".
2. O utilizador selecciona as portas.
3. Depois escolhe a opção para ver histórico.
4. O utilizador escolhe qual o tipo de histórico que quer consultar (por piso, por Id. ou por data).
5. O sistema mostra o histórico seleccionado.

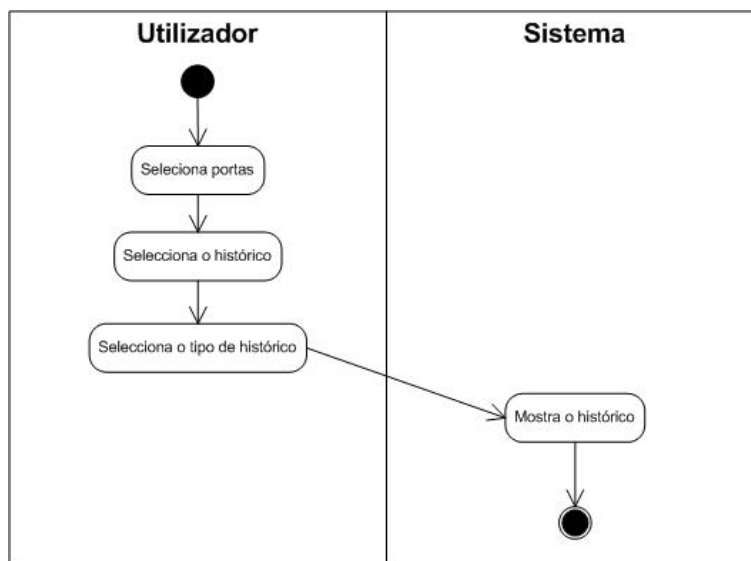


Figura III.7 - Diagrama de actividade de "Consultar histórico das portas de emergência".

Caso de utilização 7: Consultar histórico dos sensores.

1. Uses "Efectuar Identificação".
2. O utilizador selecciona os sensores.
3. Depois escolhe a opção para ver histórico.
4. O utilizador escolhe qual o tipo de histórico que quer consultar (por piso, por Id. ou por data).
5. O sistema mostra o histórico seleccionado.

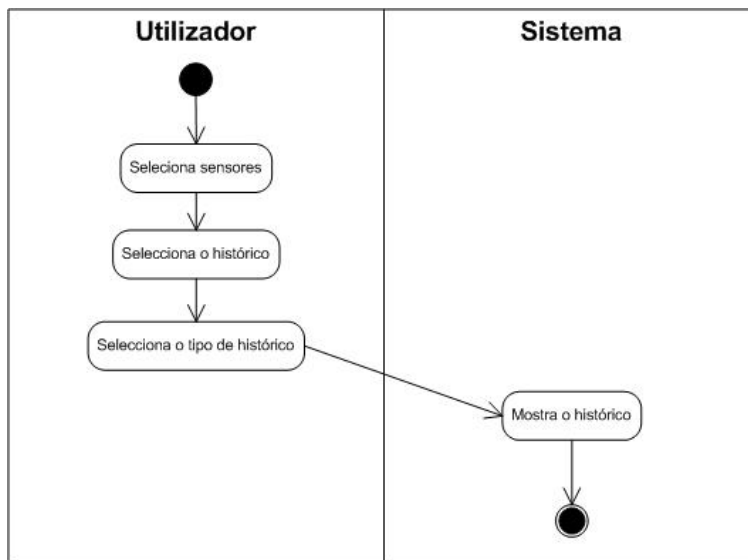


Figura III.8 - Diagrama de actividade de "Consultar histórico dos sensores".

Caso de utilização 8: Exportar histórico.

1. Uses "Efectuar Identificação".
2. Uses "Consultar histórico".
3. O utilizador identifica o tipo de exportação que quer fazer.
4. O sistema faz a exportação.

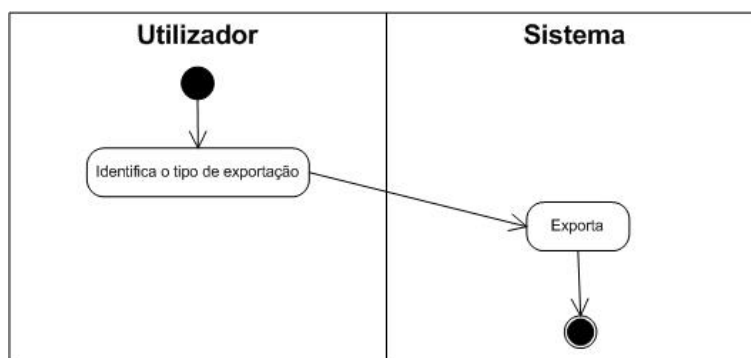


Figura III.9 - Diagrama de actividade de "Exportar histórico".

Caso de utilização 9: Receber notificações.

1. O sistema está continuamente a verificar se os parâmetros estão fora dos limites.

2. Quando é detectada alguma anomalia é enviada uma notificação via SMS e E-mail ao monitor das obras de arte.

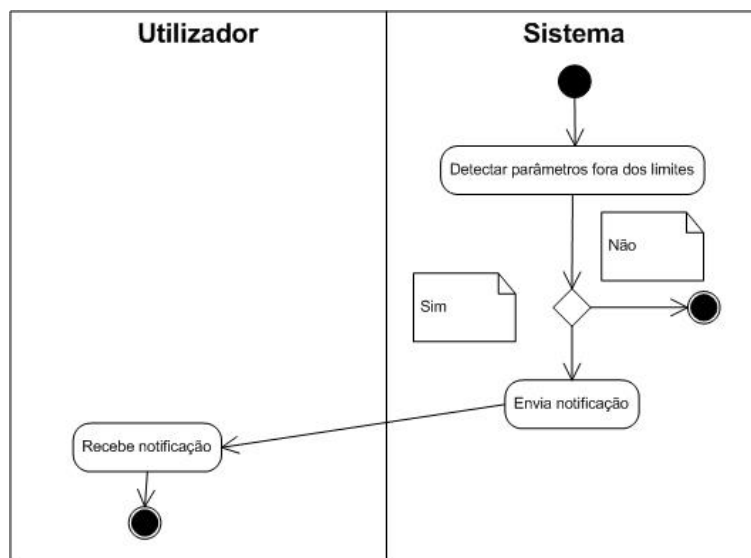


Figura III.10 – Diagrama de actividade de "Gerar notificação".

Casos de utilização do actor "WSN Coordinator":

Caso de utilização 10: Enviar dados dos sensores.

1. O WSN *Coordinator* envia os dados dos sensores para o sistema.
2. O sistema recebe os dados e verifica o seu formato.
3. Se o formato for correcto o sistema interpreta e converte os dados para depois armazena-los.

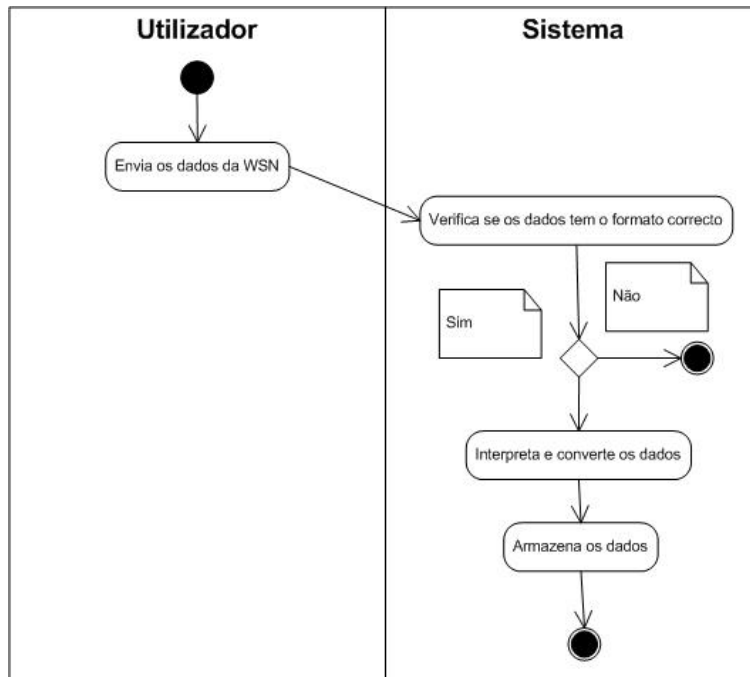


Figura III.11 - Diagrama de actividade de "Enviar dados dos sensores".

Caso de utilização 11: Enviar dados das portas de emergência.

1. O WSN Coordinator envia os dados das portas de emergência para o sistema.
2. O sistema recebe os dados e verifica o seu formato.
3. Se o formato for correcto o sistema interpreta e converte os dados para depois armazena-los.

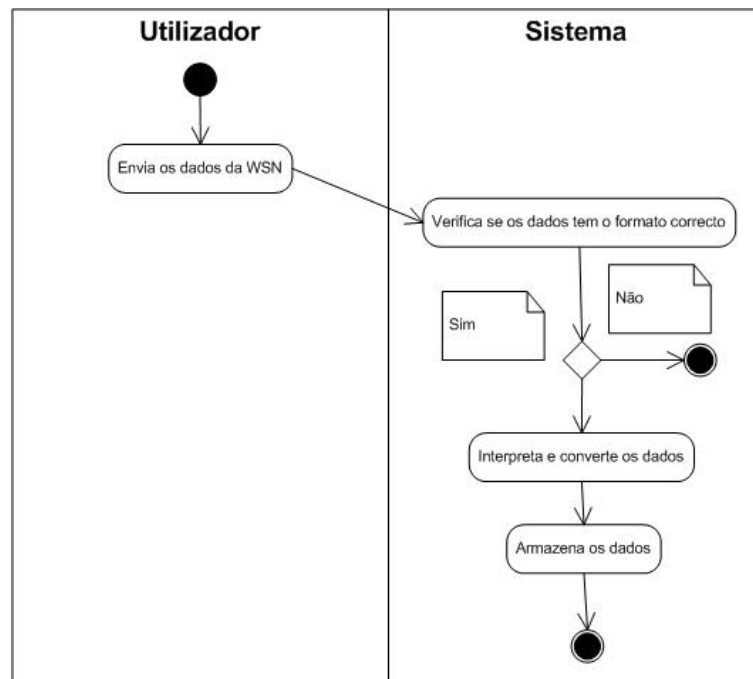


Figura III.12 - Diagrama de actividade de "Enviar dados das portas de emergência".

III.4. ARQUITECTURA GERAL DO PROJECTO WISE-MUSE

Como já foi referido anteriormente, o projecto WISE-MUSE é constituído por diversos módulos que foram desenvolvidos independentemente uns dos outros e numa fase posterior integrados.

Nesse sentido, foi feita numa primeira fase uma arquitectura geral do projecto, nessa arquitectura foram definidos os diversos módulos e a forma como interagem entre si. Na Figura III.13 é possível verificar a arquitectura do projecto WISE-MUSE. Nesta primeira arquitectura é muito fácil distinguir os diversos módulos que constituem este projecto. É de referir que esta arquitectura foi sofrendo diversos refinamentos até chegar ao estado aqui demonstrado.

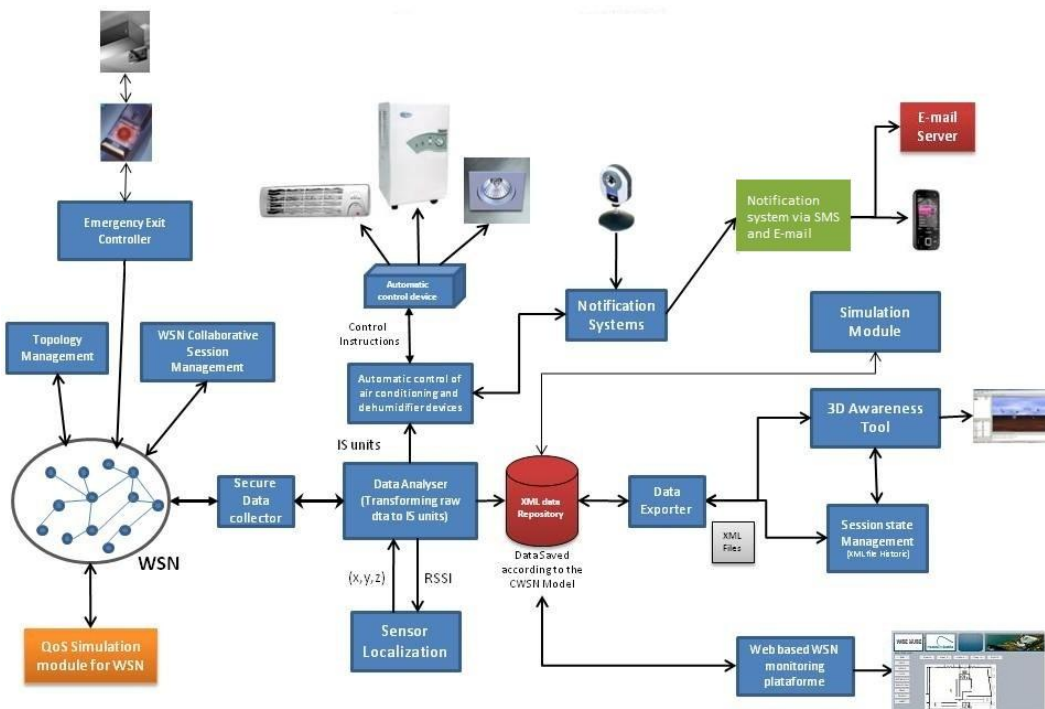


Figura III.13 – Arquitectura geral do projecto WISE-MUSE.

Após a definição da arquitectura geral foram definidas as arquitecturas dos diversos módulos, sendo que, no âmbito deste projecto de mestrado, foi desenvolvida a arquitectura para a plataforma de visualização, bem como modificada a arquitectura da plataforma de monitorização de forma a que fosse estendida no sentido de albergar o sistema de notificação e a monitorização das portas de emergência.

Sendo assim, nas figuras que se seguem estão representados os módulos supracitados.



Figura III.14 – Módulo referente ao sistema de notificação.

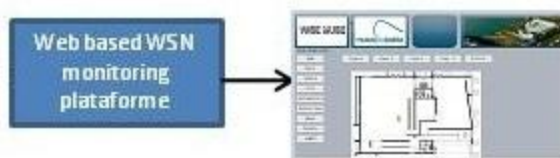


Figura III.15 – Módulo referente à plataforma de visualização.

III.5. PLATAFORMA DE MONITORIZAÇÃO

A plataforma de monitorização do projecto WISE-MUSE baseia-se na arquitectura *Model-View-Controller* (MVC), cujo principal propósito é separar o domínio lógico e da aplicação dos dados apresentados aos utilizadores (Deacon, 2009). Desse modo e como o próprio nome indica, esta arquitectura divide a nossa aplicação em três módulos que são: o *Model*, o *View* e o *Controller*.

O *Model* representa a essência da aplicação, ou seja, consiste nas classes que modelam e suportam a resolução do "problema" e por isso tende a ser estável. Por outro lado o *View* poderá corresponder a uma ou mais vistas e resume-se ao que é apresentado aos utilizadores. Por fim, o *Controller* são os objectos que permitem manipular as vistas. Simplificando em termos leigos, os controladores representam os *inputs* e as vistas os *outputs* da nossa aplicação (Deacon, 2009). Na figura que se segue é possível observar a representação mais comum para esta arquitectura.

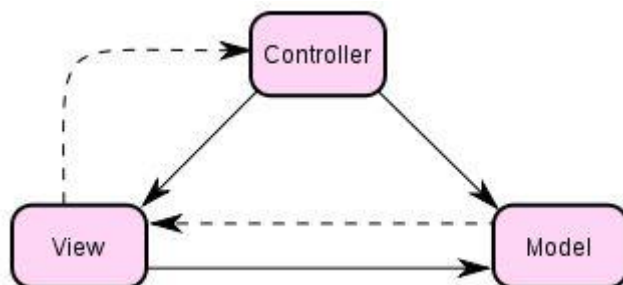


Figura III.16 - Representação da arquitectura MVC.

No caso concreto da plataforma de monitorização, temos como *Controller* as classes responsáveis por receber os dados enviados pelos sensores e pelas portas de emergência e o *Model* são todas as classes incumbidas do tratamento e armazenamento dos dados. A plataforma de monitorização será responsável pela *View* e esta explanada na secção seguinte. A grande vantagem desta arquitectura é que o modelo funciona independentemente da vista.

É de salientar que a plataforma de monitorização foi desenvolvida em 2009 pela Dália Sousa no seu Projecto de Mestrado, sendo que no presente projecto somente foi realizada uma expansão desta mesma plataforma de modo a que a mesma suportasse a leitura dos

valores enviados pelas portas de emergência do edifício e possibilita-se o envio de notificações.

O sistema de notificação foi pensado e executado no sentido de não acarretar custos extra ao cliente usando somente uma ligação à internet. e será explicado mais detalhadamente no Capítulo IV.

A plataforma de monitorização sempre que recebe algum dado, seja dos sensores ou das portas de emergência, efectua uma verificação desse valor para ver se o mesmo se encontra fora da normalidade, caso assim seja o sistema envia uma notificação via E-mail e SMS aos utilizadores do sistema (Figura III.17).

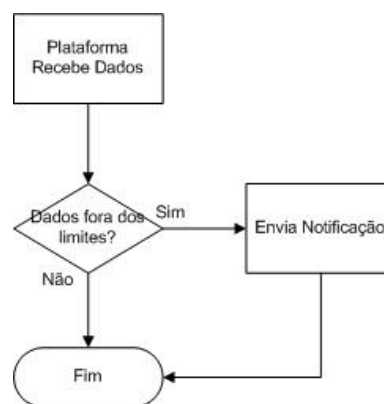


Figura III.17 – Fluxograma simplificado do sistema de notificação.

Após esta breve descrição acerca do sistema de notificação que será integrado na plataforma de monitorização, abordaremos seguidamente a arquitectura da plataforma de visualização.

III.6. PLATAFORMA DE VISUALIZAÇÃO

Para o desenvolvimento da plataforma de visualização foi escolhida uma arquitectura MVC baseada num servidor WAMP, que é cada vez mais popular devido ao seu desempenho, robustez e qualidade da documentação, que se pode traduzir por: Windows, Apache, MySQL e PHP (Carvalho, 2010).

Este servidor associa diferentes tecnologias de forma a proporcionar ao programador as ferramentas necessárias ao desenvolvimento de uma plataforma Web dinâmica, isto é, que se modifica à medida que interage com os seus utilizadores (Carvalho, 2010).

Por outro lado, o WAMP baseia-se no modelo cliente-servidor, em que o utilizador requisita um ficheiro que se encontra num servidor remoto e este devolve-lhe o ficheiro respectivo - Figura III.18. O servidor encarregue de atender os pedidos é o Apache (Carvalho, 2010).



Figura III.18 - Modelo Cliente-Servidor (Carvalho, 2010).

No que concerne ao PHP, este integra-se com o Apache HTTP *Server*, processando os pedidos de determinados tipos de ficheiros. Adicionalmente, vem com um conjunto de funcionalidades para aceder à base de dados MySQL (Figura III.19) (Carvalho, 2010).

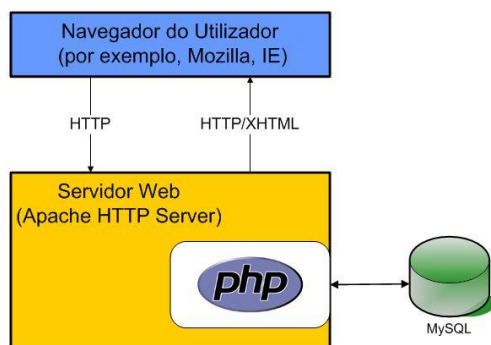


Figura III.19 - Servidor Web (Carvalho, 2010).

A arquitectura MVC tem ganho grande importância no seio das aplicações Web, devido ao facto do sucesso e dos benefícios que trás na separação das aplicações em camadas, bem com, pela necessidade de escalabilidade das aplicações Web. Tudo isto fez com que o MVC se tornasse uma arquitectura fulcral neste tipo de aplicações (Gonçalves, 2009).

No entanto, e de forma a adequar as características desta arquitectura as necessidades das aplicações Web foram realizadas algumas alterações na mesma (Figura III.20).

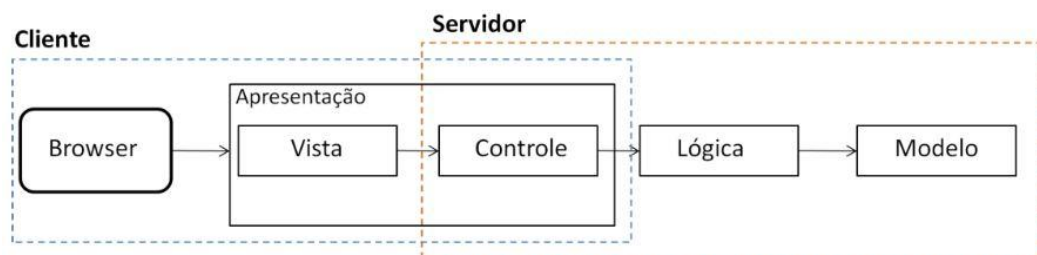


Figura III.20 – Arquitectura MVC em aplicações Web.

A utilização da arquitectura MVC nas aplicações Web permite a separação das camadas pelas diferentes máquinas. Como pode ser facilmente constatado na Figura III.20, temos no lado cliente o browser (aplicação para correr aplicações Web), sendo que este tem acesso à camada apresentação da aplicação, que consiste numa arquitectura MVC simplificada apenas com vista e controle, onde a vista consiste geralmente em páginas HTML, estendendo-se o controle até ao lado servidor que é onde se encontram a lógica de dados e o modelo da aplicação. Dessa forma o controle opera em ambos os lados, sendo responsável por transformar os eventos do utilizador em serviços que serão processados no lado servidor (Gonçalves, 2009).

III.6.1. Modelo de dados MySQL

O modelo de dados que esta representado na Figura III.21, é um modelo relacional que ilustra todas as entidades presentes na base da dados e que permite o armazenamento de todos os dados recolhidos pelos sensores e pelos bloqueadores das portas de emergência. Este modelo foi sofrendo diversos refinamentos e alterações de forma a possuir estabilidade e funcionalidades necessárias ao projecto WISE-MUSE.

Nesse sentido, a nossa base de dados é composta pelas seguintes entidades:

Desenho Arquitectural

- **Nodes**, que representa os nós sensores da WSN e as suas características, como o seu estado, posições de localização e tipo de alimentação;
- **Clusters**, que representa os *clustres* de uma WSN que são um conjunto de nós com uma característica em comum, formando uma hierarquia;
- **NetWork**, que representa a WSN;
- **Sessions**, que representa as sessões criadas na WSN e que são um conjunto de *clusters* com um objectivo comum, por exemplo, monitorização de temperaturas;
- **NetWorkComunEntities**, que representa características comuns que os *Clustres*, as *Sessions* e as *NetWorks* possuem;
- **Scenários**, que representa o local físico onde a WSN encontra-se;
- **Users**, que representa os utilizadores que monitorizam a WSN;
- **Parameters**, que representa os parâmetros monitorizados e os seus limites máximos e mínimos;
- **Obstacles**, que representa os objectos presentes no cenário que obstruem a linha de vista entre um ou mais nós sensores;
- **ResultData**, que representa os dados recolhidos da WSN por nó sensor.
- **Doors**, que representa as portas de emergência existentes e suas características; e
- **DoorData**, que representa os dados recolhidos pelas portas de emergência.

Assim, temos uma rede (*Network*) que é composta por uma ou mais sessões (*Sessions*), por um ou mais clusters e por um ou mais cenários (*Scenarios*). Por sua vez, os cenários contêm vários sensores (*Nodes*) e varias portas de emergência (*Doors*). Por outro lado, as sessões são um agregado de clusters, nós e obstáculos (*Obstacles*).

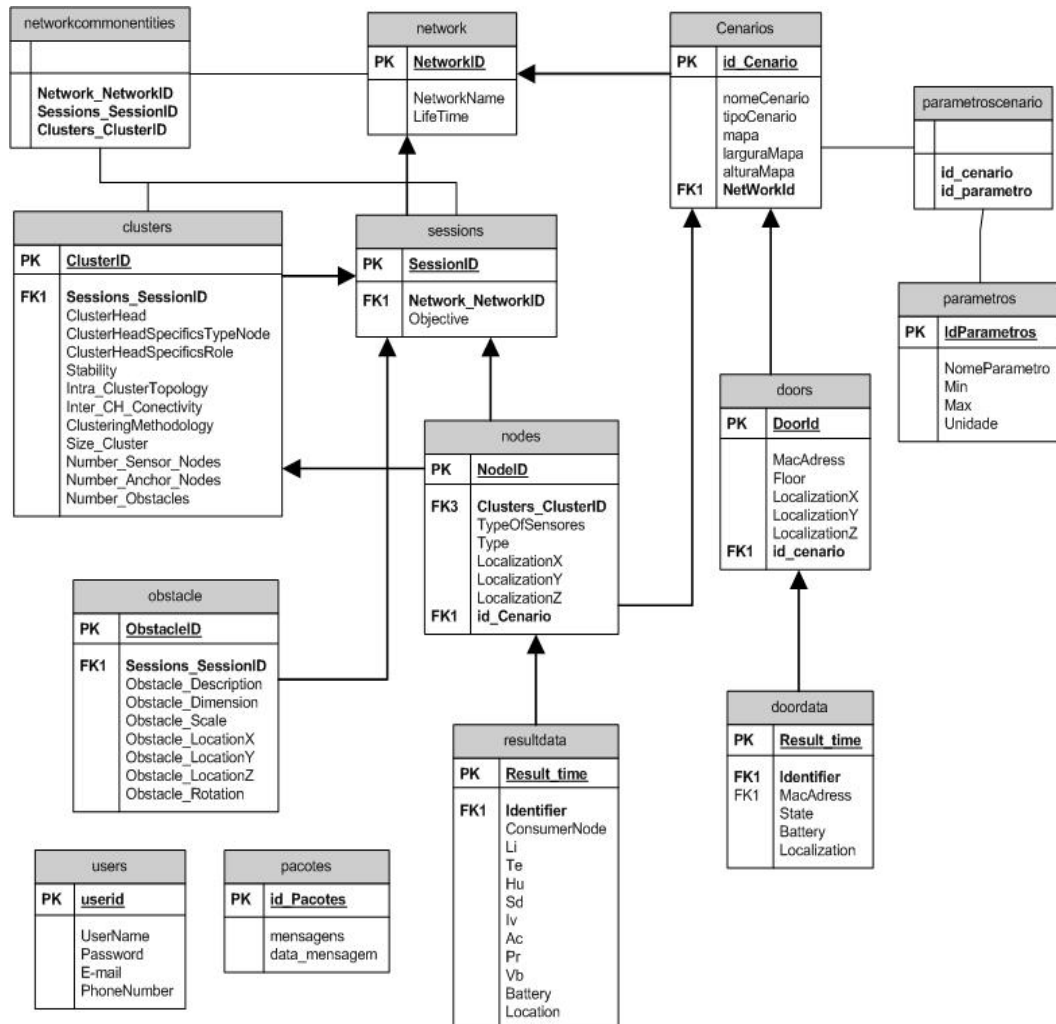


Figura III.21 – Modelo de dados MySQL.

III.6.2. Protótipos Abstractos Canónicos

Os Protótipos Abstractos Canónicos (PAC) são um modelo especialmente criado para suportar uma progressão desde a abstracção até à realização de um desenho de uma interface e têm como principal objectivo mostrar a disposição dos componentes constituintes da interface, bem como, indicar as acções possíveis em cada componente (Constantine, 2003).

Nas figuras que se seguem é possível visualizar os PAC's das diversas interfaces constituintes da plataforma de visualização.

Na Figura III.22 podemos visualizar a interface da página inicial, onde será possível, no lado esquerdo, seleccionar o que desejamos fazer, e no lado direito aparecerá um sumário de todos os sensores que estão a ser monitorizados.

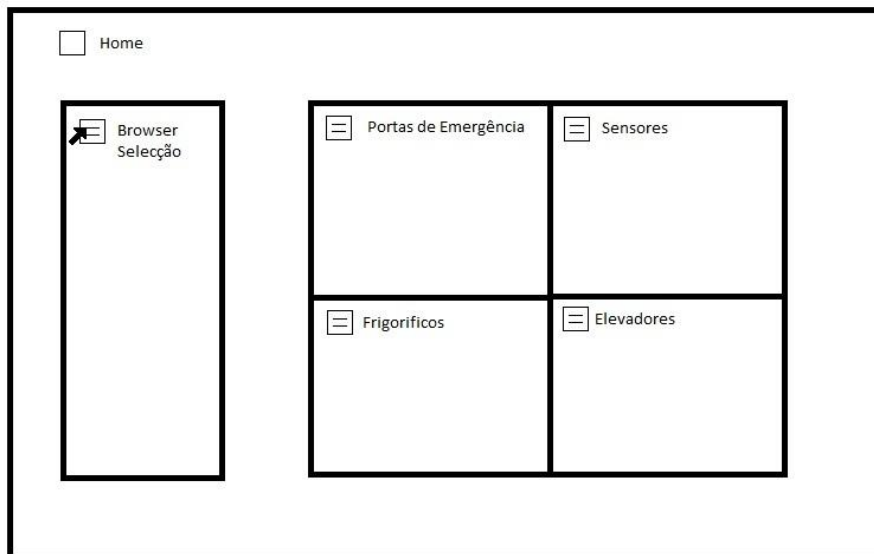


Figura III.22 – PAC da interface da página inicial.

A Figura III.23, representa interface dos cenários, nesta interface será possível seleccionar o cenário para o qual queremos observar os sensores.

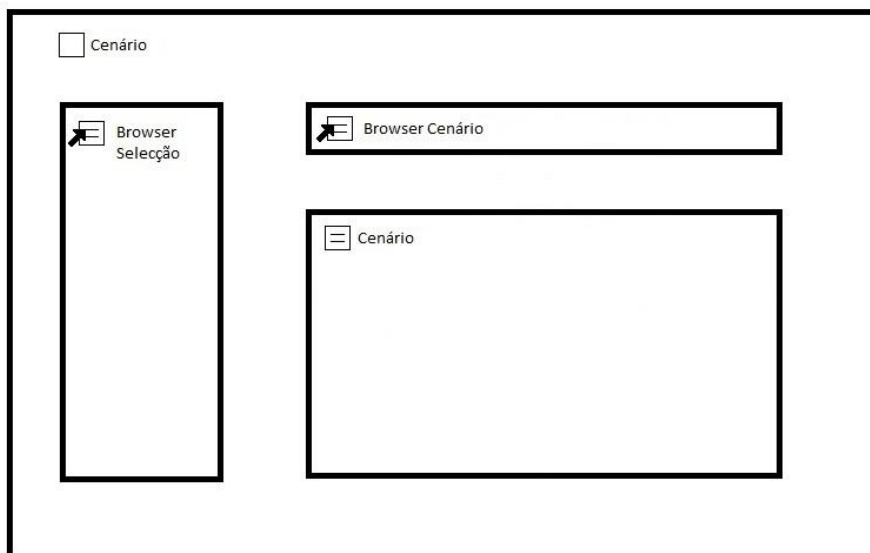


Figura III.23 – PAC da interface do Cenário.

Relativamente à interface do histórico, será possível seleccionar o tipo de histórico a observar, isto é, se queremos o histórico por sensor ou por data (Figura III.24).

Por fim, temos o interface da geração de gráficos (Figura III.25). Nesta interface, teremos que seleccionar qual o sensor que queremos visualizar o gráfico, bem como, qual o parâmetro (temperatura, humidade, luminosidade ou CO2).

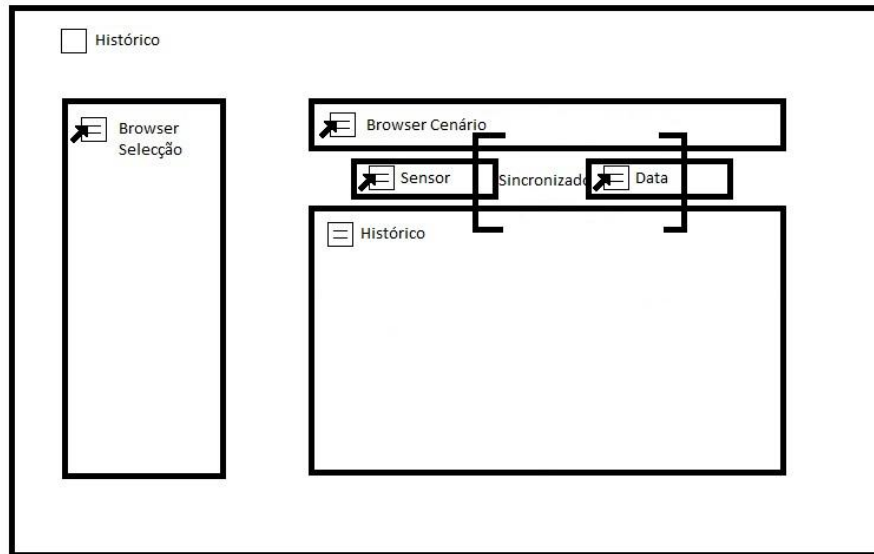


Figura III.24 - PAC da interface do Histórico.

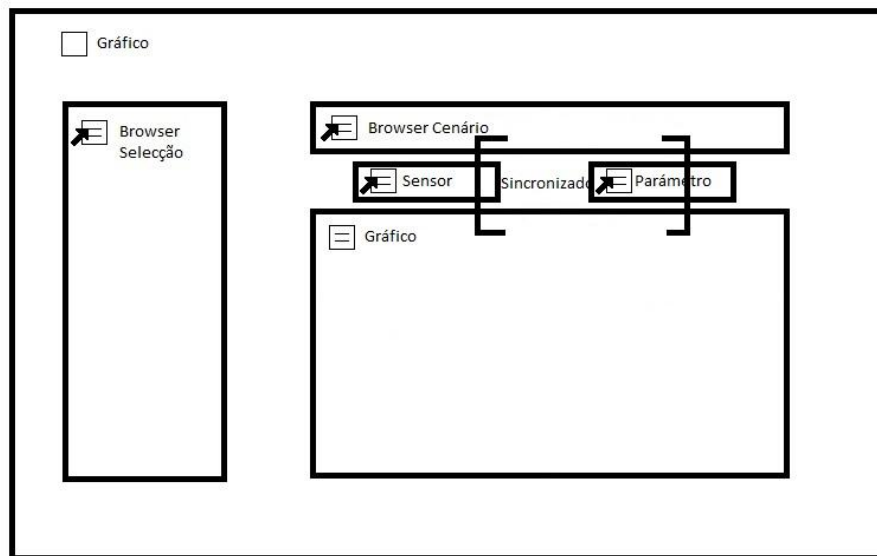


Figura III.25 - PAC da interface dos Gráficos.

III.7. CONCLUSÃO

O sistema a implementar no Museu da Baleia, deverá respeitar um conjunto alargado de requisitos no sentido de fornecer aos utilizadores as ferramentas ideais para uma eficaz monitorização dos parâmetros ambientais e das portas de emergência. Nesse sentido, foram definidos os requisitos de domínio, os funcionais e os não-funcionais responsáveis pela moldagem do sistema e que permitiram avançar para a elaboração de uma arquitectura coerente com as necessidades.

Do conjunto de requisitos levantados, existem alguns que se destacam pela sua elevada importância, entre eles os requisitos de domínio que referem a importância da precisão das medições e os valores considerados ideais para os parâmetros.

Por outro lado, foi possível constatar que o projecto WISE-MUSE é constituído por diversos módulos sendo que o presente projecto de mestrado trata somente da expansão da plataforma de monitorização de forma a incluir as portas de emergência e o sistema de notificação, bem como, da criação de uma plataforma Web que permita seguir a realidade do museu remotamente.

Nesse sentido, a arquitectura pensada para plataforma de visualização foi uma arquitectura MVC adaptada para aplicações Web, o que permite a separação das camadas pelas diferentes máquinas, facilitando assim o desenvolvimento da nossa aplicação.

Por fim e de forma a tornar a implementação das interfaces da plataforma de visualização mais fácil, foram criados os protótipos abstractos canónicos, que têm como principal objectivo mostrar a disposição dos componentes constituintes da interface, bem como, indicar as acções possíveis em cada componente.

É de salientar que as interfaces da plataforma Web ainda puderam sofrer algumas alterações, uma vez que a mesma ainda não foi validada pelos responsáveis do Museu da Baleia.

Após todo o levantamento de requisitos e da criação de uma arquitectura que suporta-se a plataforma, passou-se para a fase de implementação do projecto. No capítulo que se segue será feita a explanação dessa fase.

IV. IMPLEMENTAÇÃO

IV.1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo, são abordados os aspectos referentes à extensão da plataforma de monitorização ambiental. O objectivo era que esta permitisse a monitorização das portas de emergência, que possibilitasse a leitura de dados de uma rede heterogénea (nós sensores + bloqueadores + CO₂ + CO) e que incorporasse um sistema de notificação e alarmes via SMS e E-mail.

Por sua vez será, de igual modo, referenciada à implementação da plataforma Web WISE-MUSE que permite a monitorização e visualização de toda a rede, isto é, sensores e portas de emergência.

É de salientar que a plataforma de monitorização foi implementada usando a linguagem Java 1.6.0_21 juntamente com a plataforma Eclipse 3.6.1.

Por outro lado, a plataforma Web WISE-MUSE foi implementada utilizando a linguagem PHP 5.3.1.

No que concerne aos servidores utilizados, temos: como servidor Web o Apache 2.2.14; e o servidor de base de dados o MySQL 5.1.41.

IV.2. PLATAFORMA DE MONITORIZAÇÃO

Como já foi referido anteriormente, a plataforma de monitorização ambiental foi implementada no ano de 2009 pela Dália Sousa no seu projecto de Mestrado em Engenharia Informática (Dália, 2009), e contemplava a recolha, tratamento e armazenamento dos dados recolhidos por sensores sem fios que monitorizavam os factores ambientais.

Esta plataforma consiste na utilização de uma *SerialConnection* que é uma aplicação desenvolvida em Java para comunicação com a WSN, e que permite uma interface entre um computador pessoal e a WSN, através da comunicação série com um módulo *Xbee*, que opera como *coordinator* da WSN (Dália, 2009). Segundo a arquitectura geral do projecto WISE-MUSE (Figura III.13), esta aplicação é constituída pelos módulos recolha de dados e pelo analisador de dados.

Tendo em conta que, a tecnologia ZigBee é um protocolo com baixas taxas de dados, baixo consumo e baixo custo, que tem o objectivo de automação e controlo remoto (Ergen, 2004), a comunicação entre o *SerialConnection* e a WSN é feita através do envio de mensagens no formato API *ZigBee* utilizando este protocolo.

O módulo *Xbee* é um rádio, que funciona com o protocolo *ZigBee* e suporta operação num modo API, isto requer uma operação através de uma comunicação estruturada segundo uma interface, isto é, os dados são comunicados em frames numa ordem definida, as API *Frames*, e especifica quais os comandos, as respostas e o estado dos módulos. Estas mensagens são enviadas e recebidas a partir dos módulos usando uma *UART Data Frame* (Maxstream, 2008).

Foram criados diversos pacotes para o *SerialConnection* de forma a que este cumprisse com os objectivos especificados, e que são os seguintes (Figura IV.1) (Dália, 2009):

- **Server**, onde encontram-se as classes *MultithreadServer* e *HandleLocalizationClient*;
- **Serial**, onde encontram-se as classes de que fazem uso da API Java *Communications* como a *SerialConnection* e a *SerialDemo*;

Implementação

- **Decode**, possui a estrutura de classes que reflectem a estrutura das frames, a *UARTDataFrameStructure*, a *Identifier_SpecificData*, a *FrameData* e a *FinalData*, sendo esta última a que possui os métodos para o cálculo dos parâmetros para o sistema internacional;
- **DataBase**, onde encontra-se a classe *DataBaseConnect* para conexão com a base de dados;
- **Control Limits**, onde encontram-se as classes para verificação e envio de mensagens de controlo, como a *Controler*, a *Device* e *DeviceUartData*; e
- **MotorLocalização**, encontra-se a classe *LocalizationServer*, que simula um servidor que calcula coordenadas de localização.

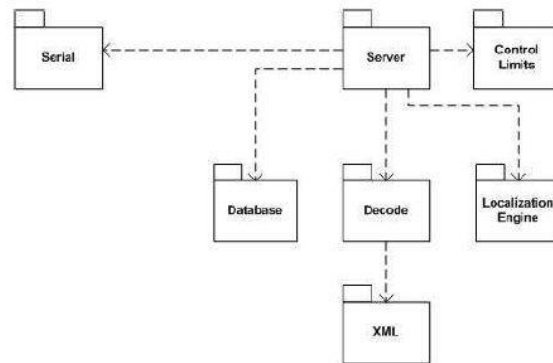


Figura IV.1 – Diagrama de pacotes do *SerialConnection* (Dália, 2009).

O *SerialConnection* tem uma única interface com o utilizador onde é permitido escolher a porta para comunicação e abrir esta de modo a iniciar a comunicação com o módulo *Xbee* (Figura IV.2).



Figura IV.2 – Interface do *SerialConnection*.

Nas secções que se seguem, será explanado o trabalho que foi realizado sobre a plataforma de monitorização no sentido de expandi-la para que esta fosse capaz de monitorizar de igual modo as portas de emergência e envia-se notificações via SMS e E-mail.

IV.2.1. Portas de Emergência

IV.2.1.1. Especificações da API Frame

Como já foi mencionado anteriormente, todas as comunicações feitas e recebidas pelos *Xbees* são realizadas utilizando um *UART Data Frame* que é composto pelos seguintes itens (Figura IV.3):

- i. O delimitador de inicio, *Start Delimiter*;
- ii. A informação do seu comprimento, *Length*;
- iii. Uma frame com dados *Frame Data*; e
- iv. O controlo de integridade da mensagem através do *Checksum*.

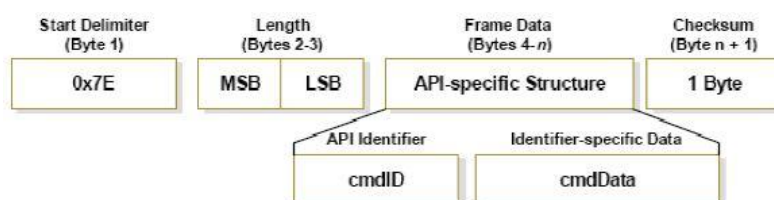


Figura IV.3 - Estrutura do *UART Data Frame* (Maxstream, 2008).

Todos os dados recebidos antes do *Start Delimiter* ou que não confirmam com o cálculo do *Checksum* são descartados pela aplicação.

Como podemos ver na Figura IV.3 a *Frame Data* é dividida em duas partes que são a *API Identifier* e a *Identifier-specific Data*, sendo que a primeira indica quais as mensagens contidas na segunda, ou seja, existem diversos *API Identifiers* conforme o que se quer enviar e receber. Na Figura IV.4 é possível visualizar todos os tipos de *API Identifier*.

API Frame Names	API ID
AT Command	0x08
AT Command - Queue Parameter Value	0x09
ZigBee Transmit Request	0x10
Explicit Addressing ZigBee Command Frame	0x11
Remote Command Request	0x17
Create Source Route	0x21
AT Command Response	0x88
Modem Status	0x8A
ZigBee Transmit Status	0x8B
ZigBee Receive Packet (AO=0)	0x90
ZigBee Explicit Rx Indicator (AO=1)	0x91
ZigBee IO Data Sample Rx Indicator	0x92
XBee Sensor Read Indicator (AO=0)	0x94
Node Identification Indicator (AO=0)	0x95
Remote Command Response	0x97
Over-the-Air Firmware Update Status	0xA0
Route Record Indicator	0xA1

Figura IV.4 - Tipos de API Frames (Maxstream, 2008).

No caso concreto das portas de emergência é utilizado a API Frame 0x92 (*ZigBee IO Data Sample Rx Indicator*) e na Tabela IV.1 esta explanada a sua estrutura ao pormenor.

Tabela IV.1 - API Frame utilizada para as portas.

Campos da trama		Offset	Trama	Descrição	
Pacote API	Start Delimiter	1	0x7E		
	Comprimento	2 MSB	0x00	Nº de Bytes entre o comprimento e o checksum	
		3 LSB	0x12		
	Dados específicos da trama	Tipo de Trama	4	0x92	
		Endereço de origem 64 bits de	5	0x00	Endereço de 64 bits do remetente
			6	0x13	
			7	0xA2	
			8	0x00	
			9	0x40	
			10	0x30	
			11	0x18	
			12	0xCF	
		Endereço de rede de 16 bits do remetente	13	0x1A	Endereço de 16 bits do remetente
			14	0xDF	
		Opções	15	0x41	0x01 - Pacote Ack
	0x02 - Pacote broadcast				
	Num Samples	16	0x01	Número de amostras	
	Máscara do canal digital	17	0x00	Máscara digital do canal	
					18
Máscara do canal analógica	19	0x00	Máscara do canal analógica		
Amostras digitais	20	0x00	Permite recolher informação sobre estado da porta/bloqueador		
				21	0x06
checksum	22	0x19	0xFF - O somatório a partir do offset 3 ate este byte.		

O campo que permite recolher o estado da porta é o *Offset* 21 e pode ter três valores distintos que são:

- i. 0x06 que significa que a porta está aberta;

- ii. 0x05 que significa que a porta está fechada; e
- iii. 0x02 que significa que a porta está em estado de emergência.

Como a API *Frame* das portas de emergência é distinta da utilizada pelos sensores de monitorização ambiental, estes usam a API *Frame* 0x90 (Tabela IV.2), foi necessário efectuar diversas alterações em algumas das classes da plataforma de monitorização, assim como criar algumas novas classes, para que está suporta-se a monitorização das portas. De seguida serão demonstradas quais as alterações efectuadas.

Tabela IV.2 - API *Frame* utilizada pelos sensores.

Campos da trama		Offset	Trama	Descrição		
Pacote API	Start Delimiter	1	0x7E			
	Comprimento	2 MSB	0x00	Nº de Bytes entre o comprimento e o checksum		
		3 LSB	0x12			
	Dados específicos da trama	Tipo de Trama	4	0x92		
		Id. da Trama	5	0x00	Endereço de 64 bits do remetente	
			6	0x13		
		Endereço de origem 64 bits	7	0xA2		
			8	0x00		
			9	0x40		
			10	0x30		
			11	0x18		
			12	0xCF		
		Endereço de rede de 16 bits do remetente	13	0x1A		Endereço de 16 bits do remetente
			14	0xDF		
		Opções	15	0x41		0x01 - Pacote Ack 0x02 - Pacote broadcast
Dados		16	0x01	Dados dos sensores		
	17	0x00				
	18	0x07				
	19	0x00				
	20	0x00				
checksum		21	0x06	0xFF - O somatório a partir do offset 3 ate este byte.		
		22	0x19			

IV.2.1.2. Pacotes Modificados

Na Figura IV.5 é possível observar quais os pacotes que foram modificados no presente projecto de mestrado.

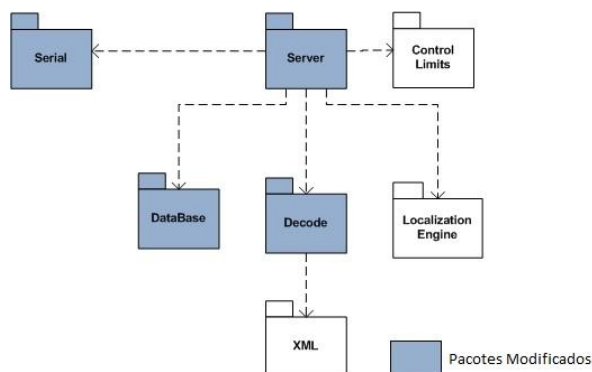


Figura IV.5 - Pacotes modificados.

Implementação

Serial

Neste pacote são feitas as primeiras verificações das mensagens recebidas pelo coordenador, essa verificação é feita de duas formas distintas. Primeiro é verificado se a mensagem tem o formato correcto, isto é, se inicializa com a trama 0x7E e de seguida é verificado o tamanho da mensagem. Nesse sentido, e como as mensagens da API Frame das portas têm um tamanho distinto da dos sensores, teve que ser alterada toda esta segunda fase de verificação. Estas alterações foram feitas na classe *SerialConection*.

Server

No pacote *Server* foi alterada a classe *HandleLocationServer*. Esta classe é responsável por separar a mensagem recebida nas diversas tramas e de seguida envia-las para o pacote *Decode* para que sejam traduzidas e por fim envia-las para o pacote *DataBase* para que sejam armazenados os dados recolhidos pelos bloqueadores das portas de emergência.

Decode

Aqui tiveram que ser criados novas classes, *Identifier_DoorData* e *DoorState*, de maneira a decodificar os valores enviados pelo *Server* referentes às portas de emergência.

DataBase

Tal como no pacote anterior, houve uma modificação de forma a que a plataforma podesse armazenar de forma conveniente os dados das portas de emergência.

Esta fase do projecto de mestrado, foi um pouco complexa e demorada pois, como já havia uma base implementada, foi necessário algum tempo de estudo para que fosse possível entender como funcionava e quais eram as alterações necessárias.

IV.2.2. Sistema de Notificação e Alarmes

O sistema de notificação e alarmes foi pensado no sentido de ser o menos dispendioso possível. Deste modo, foi efectuado uma pesquisa pelas tecnologias existentes e deparou-se com a possibilidade de utilizar as funcionalidades oferecidas pelo calendário da plataforma *Google*. Este mesmo sistema foi utilizado pelo Carlos Francisco e pelo Carlos Sousa no seu projecto de Licenciatura (Francisco et al., 2010), responsáveis do desenvolvimento dos dispositivos dos bloqueadores das portas. Este trabalho faz parte do projecto WISE-MUSE.

O *Google Calendar* (Google code, 2010) permite aos utilizadores a criação de eventos no calendário, bem como a criação de alarmes e notificações, para esses mesmos eventos, que são enviados directamente para o E-mail e para o telemóvel do utilizador de modo gratuito. Essas notificações podem ser programadas para ocorrerem até a ao máximo de 1 minuto antes do evento. Esta aplicação tem como requisito de funcionamento o utilizador possuir conta de e-mail do *Gmail*.

Por outro lado, a *Google* fornece uma *Data API* (Google code, 2010) onde são fornecidos os métodos necessários para a utilização das potencialidades do *Google Calendar* em qualquer aplicação Java.

Nesse sentido, e como o cliente referiu que teria sempre disponível um acesso à internet, decidiu-se por implementar o sistema de notificações e alarmes através do *Google Calendar*.

A forma encontrada para implementar este sistema na plataforma de monitorização, foi a criação de um novo pacote (*Notification*) que comunica com o pacote *Server* (Figura IV.6).

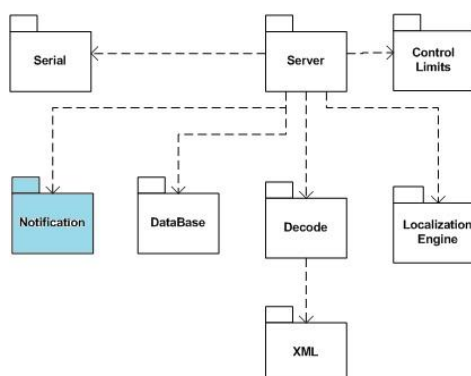


Figura IV.6 – Diagrama de Pacotes Final.

Neste novo pacote foi criada uma classe chamada *Notication* que contém os métodos necessários a todo o processo de notificação.

Ao ocorrer uma situação anómala para a qual é necessário o envio de notificações, o sistema primeiramente realiza uma pesquisa na base de dados de forma a recolher informações sobre os utilizadores habilitados a receber notificações (Figura IV.7). Isto permite que sejam enviadas notificações a todos os utilizadores presentes na base de dados.

Implementação

```
39     dataBaseConn.createStatement();
40     List users = dataBaseConn.getUsers();
41     System.out.println(users.size());
42     for(int i = 0; i<users.size();i++)
43     {
44         System.out.println(users.get(i));
45
46         String email = dataBaseConn.getUserEmail(users.get(i).toString());
47         System.out.println(email);
48
49         String pass = dataBaseConn.getUserEmailPass(users.get(i).toString());
50         System.out.println(pass);
51         CalendarService myService = new CalendarService("Eventos Ocorridos");
52         myService.setUserCredentials(email,pass);
53         //(email,pass);
54
55         URL postUrl = new URL(
56             "http://www.google.com/calendar/feeds/"+email+"/private/full");
57         CalendarEventEntry myEntry = new CalendarEventEntry();
```

Figura IV.7 – Pesquisa de utilizadores para envio de notificações.

De seguida, o sistema cria um evento no calendário, com a data do dia actual num horário igual ao do sistema acrescentando 2 minutos, com a notificação agendada para ocorrer 1 minuto antes do evento. Desta forma é enviada uma notificação aos utilizadores do sistema com um atraso máximo de 1 minuto (Figura IV.8 e Figura IV.9).

```
62     DateTime startTime = DateTime.parseDateTime(getData());
63     DateTime endTime = DateTime.parseDateTime(getData());
64     When eventTimes = new When();
65     eventTimes.setStartTime(startTime);
66     eventTimes.setEndTime(endTime);
67     myEntry.addTime(eventTimes);
68
69     int reminderMinutes = 1;
70     Method methodType = Method.ALL;
71
72     Reminder reminder = new Reminder();
73     reminder.setMinutes(reminderMinutes);
74     reminder.setMethod(methodType);
```

Figura IV.8 – Criar notificação.

```
96     public String getData() {
97         DateFormat dateFormat = new SimpleDateFormat("yyyy-MM-dd HH:mm:ss");
98         Date date = new Date();
99         String now = dateFormat.format(date);
100        String[] array = now.split(" ");
101        String finalDate = array[0] + "T" + array[1] + "-00:02";
102        System.out.println(finalDate);
103        return finalDate;
104    }
```

Figura IV.9 – Criar data dois minutos após a hora actual.

IV.2.2.1. Envio de E-mail

O e-mail de notificação é enviado para o e-mail que consta na base de dados (tem de ser de uma conta *Gmail*), e tem o formato que é possível observar na Figura IV.10.

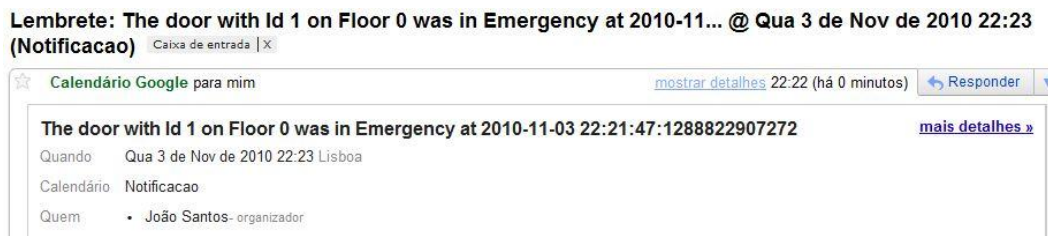


Figura IV.10 – Exemplo de e-mail enviado pelo sistema de notificação.

IV.2.2.2. Envio de SMS

Para que o utilizador receba notificações via SMS, é necessário configurar tal opção na conta de e-mail do utilizador. Tal configuração é muito simples. Basta introduzir o número de telefone no qual quer receber as notificações no campo assinalado, de seguida irá receber um código de confirmação no telemóvel que terá que digitar no campo “Código de verificação:”. A partir desse momento o utilizador está habilitado a receber as notificações via SMS. É de referir que pode ser alterado o número a qualquer instante (Figura IV.11).

Estado:	✓ Número de telefone validado com êxito. Introduza um novo número de telemóvel e operador para alterar o destino das suas notificações por ical.	
País:	Portugal	
Telefone:	+35196xxxxxxxx	
Operador:	Enviar código de verificação	
Código de verificação:	723383	Concluir configuração

Figura IV.11 – Configuração de telemóvel para recebimento de notificações.

No SMS recebido pelo utilizador terá explicitado qual o sensor que apresenta valores anómalos, bem como, o local onde se encontra e a hora que ocorreu (Figura IV.12).

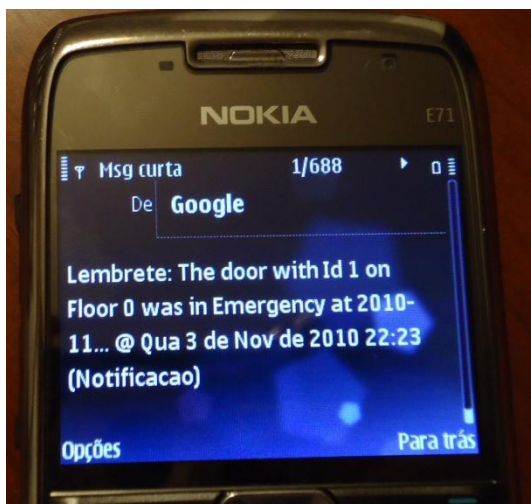


Figura IV.12 – Exemplo de SMS enviado pelo sistema de notificação.

Na sequência desta explanação acerca da extensão da Plataforma de Monitorização e da criação do sistema de notificação, será abordada seguidamente a implementação da Plataforma de Visualização.

IV.3. PLATAFORMA DE VISUALIZAÇÃO

A Plataforma de Visualização Web WISE-MUSE é uma das contribuições deste projecto de mestrado. A plataforma foi desenvolvida utilizando a linguagem PHP, e permite a visualização e monitorização remota via internet, de todos os sensores ambientais e das portas de emergência instalados no museu da baleia. Além disso, a plataforma possibilita a obtenção de um histórico, quer dos sensores quer das portas, permite a exportação, para *Word* e *Excel*, deste mesmo histórico e permite a geração de gráficos dinâmicos com os dados obtidos dos sensores de monitorização ambiental.

É de salientar que toda esta plataforma foi desenvolvida de raiz, uma vez que a plataforma desenvolvida pela Dália, no seu projecto de Mestrado, não respeitava os requisitos necessários à monitorização das portas de emergência, assim como não permitia a sua extensão pois não estava estruturada para tal e possuía diversos erros.

A linguagem PHP tem crescido ao ponto de ser a plataforma Web mais utilizada no mundo, estando operacional em mais de 1/3 dos servidores existentes actualmente. O PHP tem crescido em quantidade e qualidade. Enquanto a complexidade tem se mantido bastante baixa, as novas funcionalidades permitem ao desenvolvedores de software desenvolver aplicações cada vez mais complexas. O revisto sistema orientado a objectos permite o desenvolvimento de projectos de grande escala de uma maneira muito eficiente (Gutmans, 2004).

Na Figura IV.13 é possível observar o mapa de navegação da plataforma, sendo muito fácil ter uma visão geral de como foi implementada a plataforma.

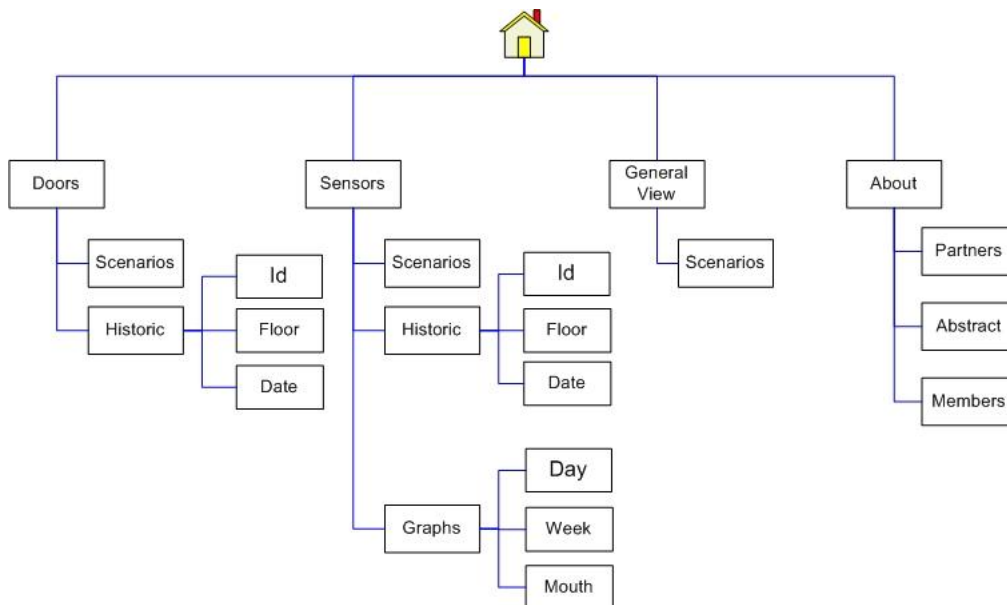


Figura IV.13 – Mapa de navegação da plataforma Web.

A plataforma pode ser acessada através de qualquer *Web Browser*, tal como o *Firefox* ou o *Internet Explorer*. Uma vez que a plataforma possui o acesso restrito a somente algumas pessoas, é realizado um controlo de acesso na página de entrada (Figura IV.14).

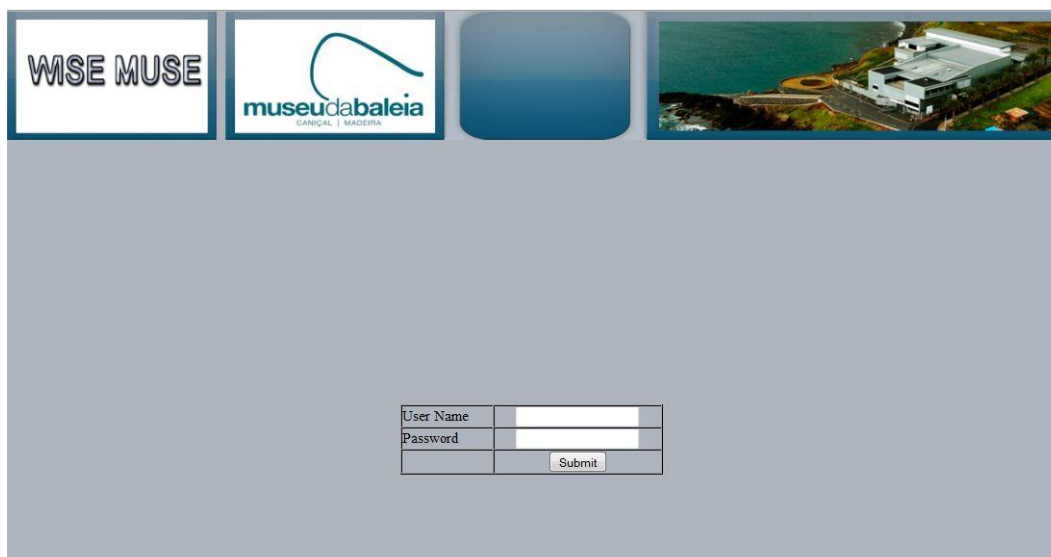


Figura IV.14 – Página de entrada (*Login*).

Após a verificação das credenciais do utilizador, este é encaminhado para a página central, onde é fornecido um sumário de todos os sensores e de todas as portas de emergência (Figura IV.15). Nesta página o utilizador terá à sua disposição uma barra de navegação que permite aceder às diversas áreas do site.

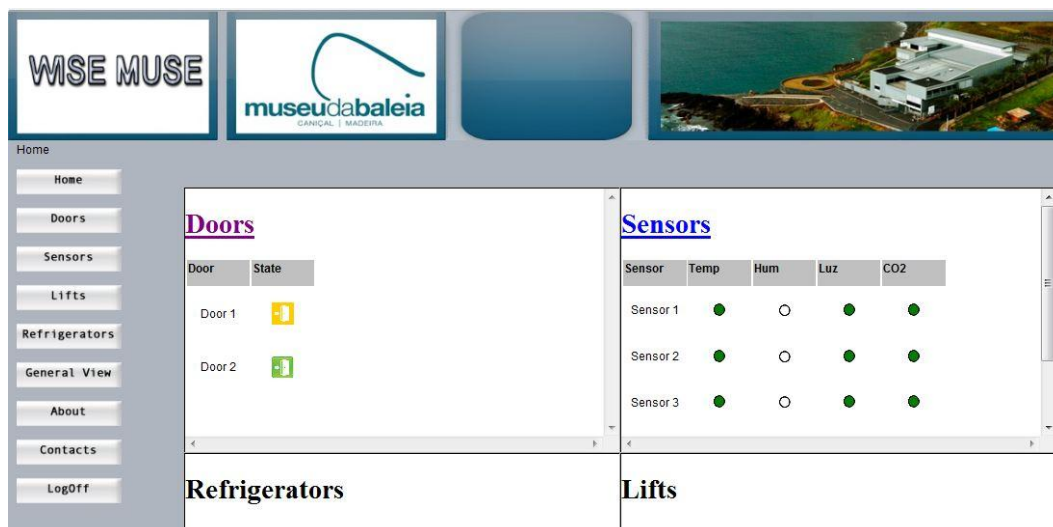


Figura IV.15 – Página inicial de resumo.

Na área das portas de emergência, é possível observar, cenário a cenário (piso), o estado de todas as portas em cada um dos pisos (Figura IV.16).



Figura IV.16 – Página das portas de emergência.

É de salientar que as portas tem três estados diferentes e a cada um corresponde uma cor diferente. Assim sendo, temos que o verde corresponde ao estado "Fechado", o vermelho ao estado "Aberto" e o amarelo ao estado "Emergência". Este ultimo estado significa que houve activação do sistema de emergência do museu ou que a porta foi aberta indevidamente (Figura IV.17).

Implementação



Figura IV.17 – Estados possíveis das portas.

Nesta página também é possível consultar o histórico das portas, assim como, aceder a informações detalhadas sobre cada uma das portas (Figura IV.18).

The screenshot displays the WISE MUSE web application interface. At the top, there are logos for 'WISE MUSE' and 'museudabaleia CANICAL | MADEIRA', along with an aerial view of the museum building. Below the logos is a navigation menu with buttons for 'Home', 'Doors', 'Sensors', 'Lifts', 'Refrigerators', 'General View', 'About', 'Contacts', and 'LogOff'. A secondary menu shows floor selection: 'Floor 0', 'Floor 1', 'Floor 2', 'Floor -1', and 'Historic'. The main content area is titled 'Door Information' and displays the following details:

- Door Id: 1
- MacAddress: 191620644824207
- Floor: Floor 0
- Actual State: Emergency
- Last Change: 2010-11-03 22:21:47:1288822907272

Figura IV.18 – Informações detalhadas dos sensores.

Outra das funcionalidades existentes na plataforma é a visualização do histórico. Na Figura IV.19 é possível observar a página na qual é possível consultar o histórico. Este histórico pode ser consultado de três formas distintas: pelo *Id.* da porta ou sensor, por piso e por data. Pode ser feita, de igual modo, a exportação dos resultados.

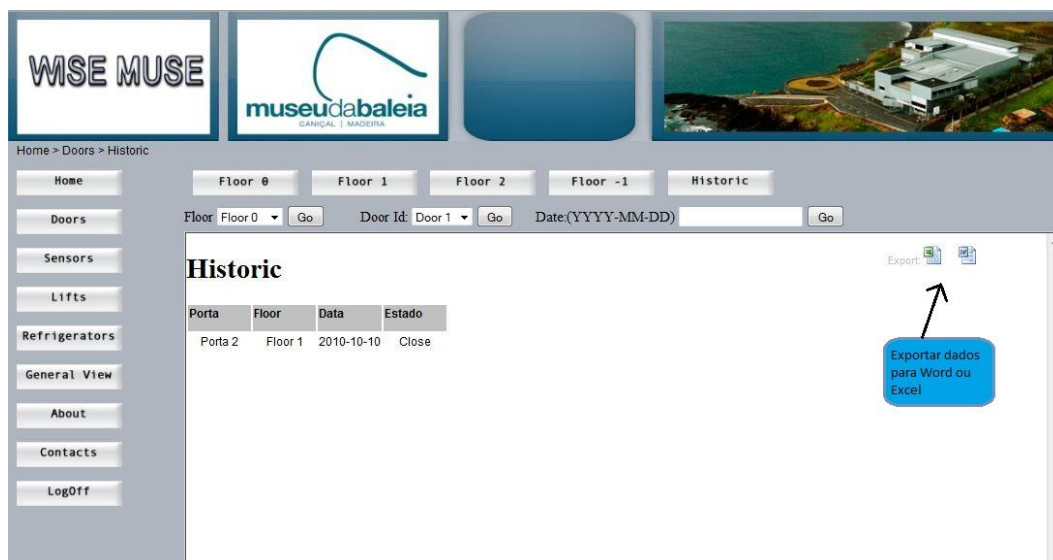
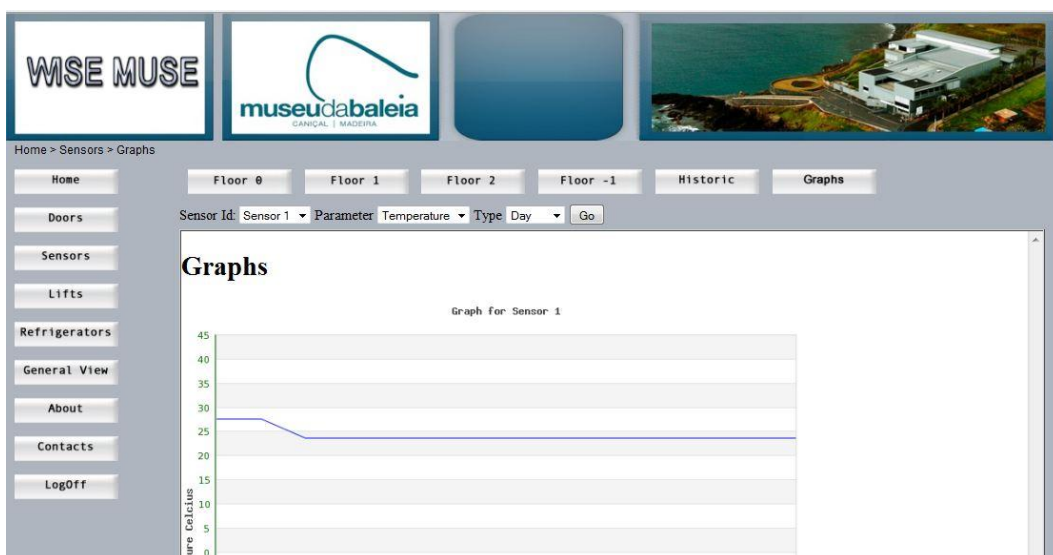


Figura IV.19 – Página do histórico.

Relativamente aos sensores de monitorização ambiental, as funcionalidades existentes são idênticas às funcionalidades encontradas nas portas de emergência, sendo que adicionalmente, foi introduzida a geração dinâmica de gráficos.

Esta nova funcionalidades (Figura IV.20) permite a criação de gráficos para uma melhor monitorização dos factores ambientais e podem ser obtidos gráficos de todos os



parâmetros, que podem ser diários, semanais ou mensais.

Figura IV.20 – Página da geração de gráficos.

Em resumo, estamos perante uma aplicação que pode ser acedida através de qualquer sistema operativo e qualquer *Web Browser*, que permite a visualização e exportação de dados filtrados por parâmetros, por *Id.* e por data, possibilita a geração de gráficos de

Implementação

forma dinâmica por sensor e por intervalo de tempo e que possui uma base de dados única e centralizada, evitando assim redundância e inconsistência dos dados.

IV.4. TRABALHOS RELACIONADOS

Em comparação com as ferramentas existentes para a monitorização de redes de sensores sem fios apresentadas no capítulo do Estado da Arte, podemos afirmar que a plataforma WISE-MUSE possui as características visíveis na Tabela IV.2.

Tabela IV.3 – Resumo comparativo das ferramentas existentes.

<i>Características</i>	<i>WISE-MUSE</i>	<i>WiSense</i>	<i>SNA</i>	<i>SensoNet</i>	<i>WebSensys</i>
Geração e Exportação de Histórico	✓	✗	✗	✗	✓
Geração de Gráficos	✓	✓	✗	✓	✓
Notificação via E-mail	✓	✓	✗	✓	✓
Notificação via SMS	✓	✓	✗	✓	✗
Open Source	✓	✗	✗	✗	✓
Planta do Local	✓	✓	✓	✓	✓
Independente da Plataforma (S.O.)	✓	✗	✗	✗	✓
Apresentação dos Dados em Tempo Real	✓	✓	✓	✓	✓

Como podemos constatar, a plataforma WISE-MUSE apresenta-se como a mais completa em relação as funcionalidades oferecidas para utilizadores em contextos museológicos.

É de salientar que não existe actualmente nenhuma plataforma centralizada que permita uma eficiente monitorização das portas de emergência. As aplicações existentes são todas baseadas em hardware.

IV.5. CONCLUSÃO

No decorrer deste projecto, a fase de implementação foi a mais morosa, uma vez que como já existia uma base previamente implementada que necessitava de melhoramentos, foi necessário proceder ao estudo e à compreensão da mesma para, posteriormente, projectar uma intervenção.

Toda a plataforma de monitorização foi implementada utilizando a linguagem *Java* 1.6.0_21 e a plataforma *Eclipse* 3.6.1. Por sua vez, para o sistema de notificação foram utilizadas as bibliotecas disponibilizadas pela Google, as *gdata*, que possibilitaram o desenvolvimento de um sistema eficaz que permite a notificação via SMS e E-mail de forma gratuita.

No que concerne a plataforma de visualização, foi utilizada a linguagem PHP 5.3.1, que permite a criação de plataformas evoluídas de uma forma simples e infalível. Por sua vez, para a implementação da geração dinâmica de gráficos recorremos às bibliotecas *jpggraph* e *javascrip*.

Em suma, com o desenvolvimento deste projecto foi possível criar uma aplicação robusta e eficaz com diferentes potencialidades, tais como: geração e exportação de histórico, geração de gráficos, envio de notificações via SMS e e-mail, aplicação open source, que apresenta a planta do local onde estão instalados os sensores, independente do sistema operativo e apresenta os dados em tempo real, e que possibilita uma monitorização e visualização simplificada quer dos sensores ambientais quer das portas de emergência.

V. TESTES E RESULTADOS

V.1. INTRODUÇÃO

A fase de testes e validação decorre, muitas vezes, em paralelo com a própria implementação da solução. Sempre que é implementado um novo componente, este é testado e validado para, posteriormente, podermos avançar para o desenvolvimento de um novo. No caso do presente projecto, foram realizados diversos testes no final da execução da plataforma, por forma verificar a operacionalidade de todos os componentes afectos à mesma. Nesse sentido, serve o presente capítulo para apresentar os resultados dos testes efectuados a todos os componentes desenvolvidos no âmbito deste projecto de mestrado.

Nos testes realizados, foi verificado o comportamento do sistema na recepção dos dados provenientes de uma rede de sensores sem fios operacional, na sua interpretação e no seu armazenamento. Além disso, também foi verificada a capacidade de disponibilização e apresentação dos dados em tempo real devendo esta, para o efeito, possibilitar a visualização da informação na plataforma Web proposta, sob várias formas, incluindo gráficos e tabelas.

Por fim, foi testado o sistema de notificação de modo a verificar a sua real utilidade e funcionalidade.

V.2. AMBIENTE DE TESTES

Os testes efectuados foram desenvolvidos no laboratório Electrónica e Telecomunicações da Universidade da Madeira. Estes testes incidiram, maioritariamente, sobre o processo de comunicação das portas de emergência e dos sensores de monitorização com a plataforma. Foram realizados, de igual modo, testes exaustivos ao sistema de notificações, bem como à plataforma de visualização, no que diz respeito à sua capacidade de reter os valores em tempo real e geração de gráficos.

Para a efectivação dos testes, foi utilizado um computador no qual foi instalada a plataforma de monitorização e os servidores necessários para a utilização do sistema de visualização. Por sua vez, foram reunidos os componentes necessários para a implementação de uma WSN operacional, entre os quais um módulo *Xbee* (Figura V.1), que serviu de coordenador, ligado a um PC; um router para encaminhamento das mensagens; alguns sensores de monitorização; e um modelo de uma porta de emergência (Figura V.2), desenvolvido pelo Carlos Francisco e pelo Carlos Sousa nos seus projectos de final de curso (Francisco, 2010).



Figura V.1 - Módulo *Xbee* coordenador.



Figura V.2 - Modelo da porta de emergência.

V.3. TESTES

V.3.1. Portas de Emergência e Sistema de Notificação

Os testes realizados às portas de emergência incidiram, principalmente, na comunicação realizada entre estas e a plataforma. Entre os principais focos do teste, destacam-se a verificação da capacidade da plataforma em receber, interpretar e armazenar de forma correcta as mensagens que eram enviadas pelas portas de emergência. Além disso, houve uma atenção redobrada ao facto de as portas poderem enviar duas mensagens consecutivas e o sistema ter dificuldades a interpretá-las.

Sendo assim, neste teste foi usada a comunicação entre a porta de emergência e o coordenador, através de um router de encaminhamento (Figura V.3).

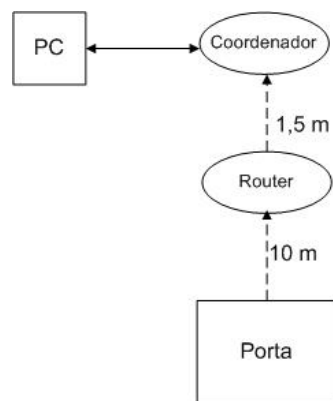


Figura V.3 – Esquema do teste as portas de emergência.

Hardware utilizado:

1. Computador pessoal;
2. Modulo *Xbee*, que funcionará como coordenador de rede;
3. *Router* para encaminhamento
4. Porta de emergência;

Software utilizado:

1. Servidor *Apache* 2.2.14;
2. PHP 5.3.1;
3. SGBD *MySQL* 5.1.41;
4. Cliente para gestão de base de dados PHP *MyAdmin* 3.2.4;
5. Navegador da internet *Mozilla Firefox* 3.6.12;
6. Plataforma de monitorização;
7. Plataforma de visualização.

Descrição:

Este teste foi realizado no dia 28 de Outubro de 2010, no laboratório de Engenharia de Telecomunicações na Universidade da Madeira.

Depois de montado o esquema a testar, com o *SerialConnection*, com o servidor Web e com o SGBD a executar, foi estabelecida a comunicação com a porta USB que, com um driver instalado, aparece disponível como porta série COM 5.

Durante cerca de 5 minutos, o modelo da porta foi sendo colocado nos diversos estados possíveis, aberto, fechado e em emergência, no sentido de constatar a sua fiabilidade e funcionalidade.

Os resultados destes testes foram totalmente satisfatórios, uma vez que o sistema interpretou e armazenou de forma correcta todos as mensagens enviadas pela porta emergência. Neste sentido, sempre que o estado da porta era em "Emergência", foram enviadas as respectivas notificações para o E-mail e para o dispositivo móvel. Na Figura V.4 é possível constatar o armazenamento efectuado na base de dados.

Testes e Resultados

			2010-10-28 18:26:58:1288286818273	1	191620644824164	Close
			2010-10-28 18:26:54:1288286814570	1	191620644824164	Open
			2010-10-28 18:26:37:1288286797048	1	191620644824164	Close
			2010-10-28 18:26:28:1288286788809	1	191620644824164	Open
			2010-10-28 18:26:08:1288286768216	1	191620644824164	Emergency
			2010-10-28 18:26:08:1288286768005	1	191620644824164	Open
			2010-10-28 18:26:00:1288286760722	1	191620644824164	Close
			2010-10-28 18:25:47:1288286747687	1	191620644824164	Open
			2010-10-28 18:25:34:1288286734268	1	191620644824164	Close
			2010-10-28 18:23:03:1288286583026	1	191620644824164	Open
			2010-10-28 18:23:00:1288286580118	1	191620644824164	Emergency
			2010-10-28 18:22:30:1288286550785	1	191620644824164	Open
			2010-10-28 18:22:10:1288286530653	1	191620644824164	Emergency
			2010-10-28 18:21:54:1288286514443	1	191620644824164	Open
			2010-10-28 18:21:38:1288286498094	1	191620644824164	Close

Figura V.4 – Resultados armazenados na base de dados.

Como podemos facilmente averiguar, no espaço de 5 minutos o estado da porta foi alterado 15 vezes, sendo que não ocorreu nenhum erro de comunicação nem de armazenamento.

Nas Figuras V.5 e V.6 é possível visualizar o aspecto dos bloqueadores das portas quando estas estão fechadas e abertas.



Figura V.5 – Porta aberta.



Figura V.6 – Porta aberta.

V.3.2. Sensores Ambientais e Plataforma de Visualização

No seguimento dos testes efectuados às portas de emergência foi, de igual modo, testada a comunicação dos sensores de monitorização ambiental com a plataforma de monitorização. Tal como no teste anterior, o foco principal centrou-se na capacidade da plataforma em colectar, interpretar e armazenar de forma correcta todos os dados enviados pelos sensores.

Este teste serviu também para verificar o funcionamento da plataforma de visualização. Assim, aproveitou-se os dados recolhidos pelos sensores para testar a visualização dos valores recolhidos na plataforma Web, bem como a funcionalidade da geração de gráficos.

Desse modo, foi montado o esquema visível na Figura V.7.

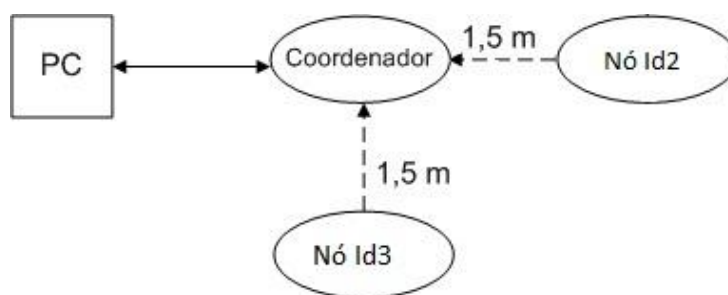


Figura V.7 – Esquema do teste aos sensores de monitorização.

Hardware utilizado:

1. Computador pessoal;
2. Modulo *Xbee*, que funcionará como coordenador de rede;
3. Dois sensores de temperatura, humidade e luminosidade;

Software utilizado:

1. Servidor *Apache* 2.2.14;
2. PHP 5.3.1;
3. SGBD *MySQL* 5.1.41;
4. Cliente para gestão de base de dados PHP *MyAdmin* 3.2.4;
5. Navegador da internet *Mozilla Firefox* 3.6.12;

Testes e Resultados

6. Plataforma de monitorização;
7. Plataforma de visualização.

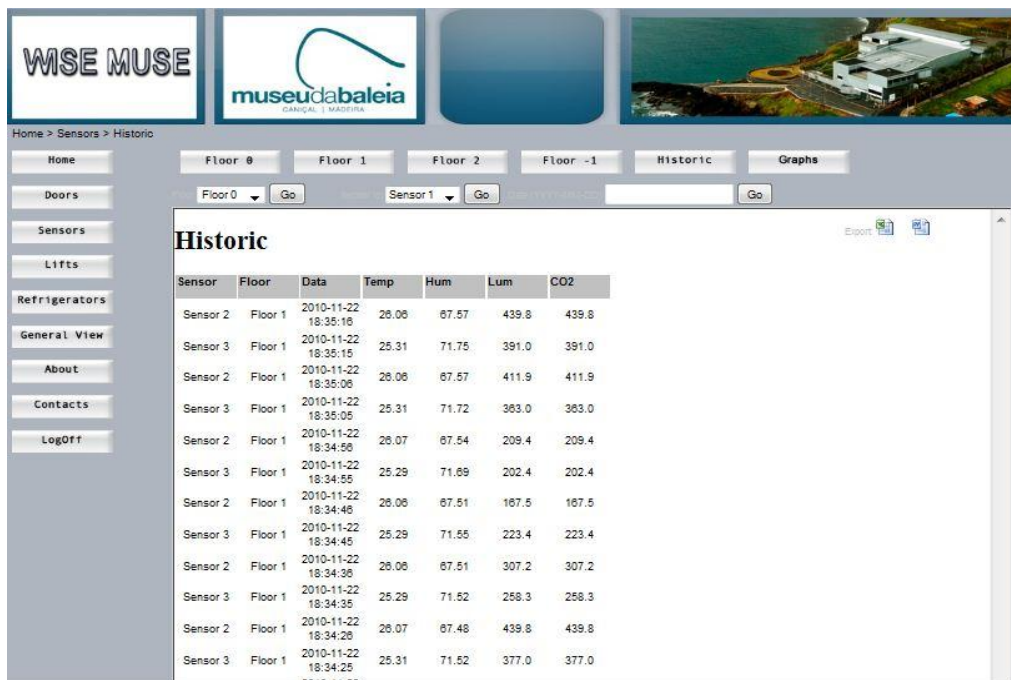
Descrição:

Este teste foi realizado no laboratório de Engenharia de Telecomunicações na Universidade da Madeira no dia 22 de Novembro de 2010 e foram usados os sensores com o Id. 2 e Id. 3 (Figura V.8).



Figura V.8 – Sensores usados nos testes.

Depois de montado o esquema a testar, foram recebidos durante 20 minutos os dados provenientes da WSN, sendo que os nós sensores estavam configurados para enviar os dados em intervalos de 10 segundos. Assim sendo, foram recolhidos cerca de 120 registos por cada nó sensor o que dá um total de 240 (180 x 3 sensores) registos armazenados na base de dados nesse espaço de tempo (Figura V.9).



Sensor	Floor	Data	Temp	Hum	Lum	CO2
Sensor 2	Floor 1	2010-11-22 18:35:10	26.06	67.57	439.8	439.8
Sensor 3	Floor 1	2010-11-22 18:35:15	25.31	71.75	391.0	391.0
Sensor 2	Floor 1	2010-11-22 18:35:06	26.06	67.57	411.9	411.9
Sensor 3	Floor 1	2010-11-22 18:35:05	25.31	71.72	363.0	363.0
Sensor 2	Floor 1	2010-11-22 18:34:56	26.07	67.54	209.4	209.4
Sensor 3	Floor 1	2010-11-22 18:34:55	25.29	71.69	202.4	202.4
Sensor 2	Floor 1	2010-11-22 18:34:46	26.06	67.51	167.5	167.5
Sensor 3	Floor 1	2010-11-22 18:34:45	25.29	71.55	223.4	223.4
Sensor 2	Floor 1	2010-11-22 18:34:36	26.06	67.51	307.2	307.2
Sensor 3	Floor 1	2010-11-22 18:34:35	25.29	71.52	258.3	258.3
Sensor 2	Floor 1	2010-11-22 18:34:26	26.07	67.48	439.8	439.8
Sensor 3	Floor 1	2010-11-22 18:34:25	25.31	71.52	377.0	377.0

Figura V.9 – Alguns dos dados recolhidos pelos sensores.

É de salientar que cada registo ocupa em memória 372 bytes. Assim em 20 minutos de teste com somente 2 sensores tivemos uma ocupação de 0,09 Mb, o que significa que, durante 1 ano de funcionamento (24 horas por dia), cada sensor irá armazenar dados que ocuparam aproximadamente 1 Gb. Este espaço ocupado pelos dados pode ser diminuído se reduzirmos a frequência com que os sensores recolhem os dados.

Durante o tempo em que foi realizado o teste, não foi detectado nenhum erro na comunicação entre os sensores e a plataforma.

Aproveitando os dados recolhidos pelos sensores, foram obtidos gráficos de temperatura e humidade dos diversos nós sensores através da plataforma Web de visualização. Constatou-se que os gráficos demoravam cerca de 0,05 segundos a serem gerados (Figura V.10 e Figura V.11).

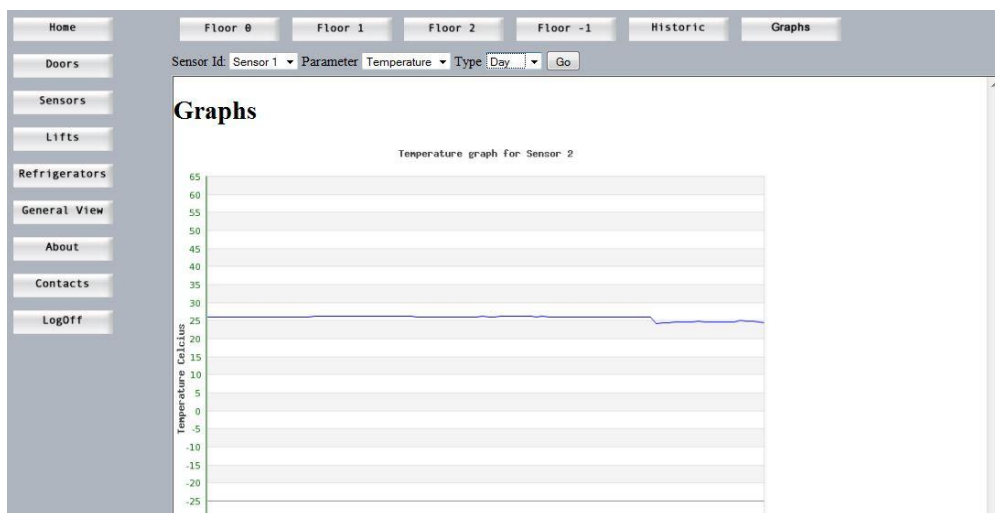


Figura V.10 – Exemplo do gráfico obtido para a temperatura.

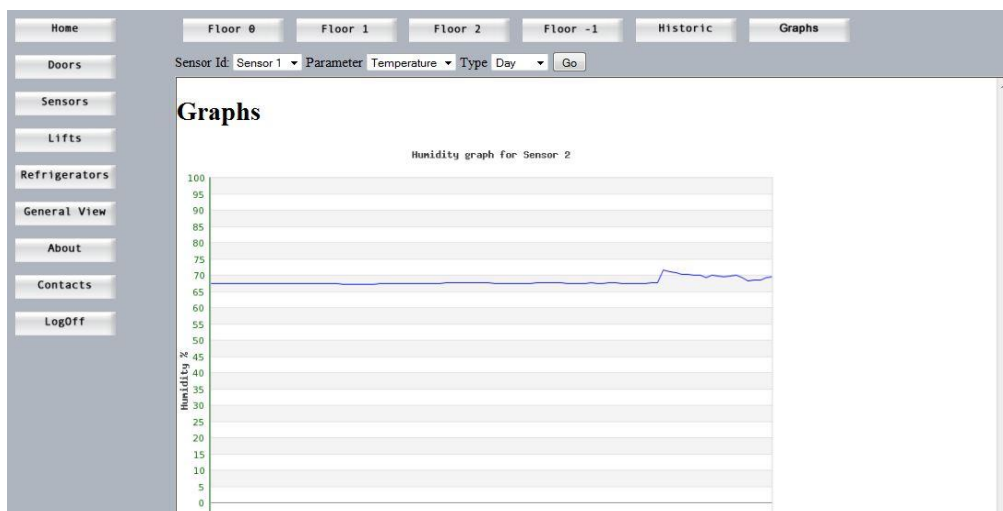


Figura V.11 – Exemplo do gráfico obtido para a humidade.

V.3.3. Demonstração ao responsável do museu da Baleia

No sentido de efectuar uma demonstração ao responsável do museu da Baleia foi realizado um teste final à plataforma. Neste teste, centrou-se a nossa atenção no funcionamento conjunto das portas de emergência com os sensores de monitorização, assim como, na usabilidade e funcionalidades da plataforma. No seguimento deste teste foi realizado um inquérito que pode ser consultado no Anexo B.

Desse modo, foi montado o esquema visível na Figura V.12.

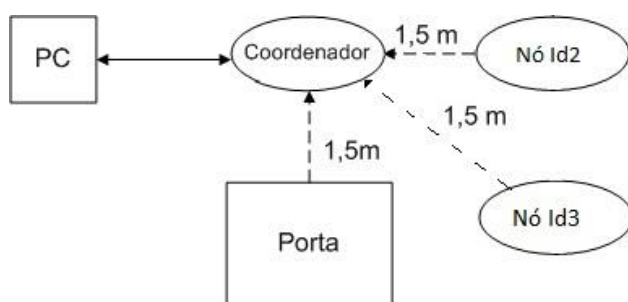


Figura V.12 - Esquema de montagem do teste final.

Hardware utilizado:

1. Computador pessoal;
2. Modulo *Xbee*, que funcionará como coordenador de rede;
3. Dois sensores de temperatura, humidade e luminosidade;
4. Modelo da porta de emergência.

Software utilizado:

1. Servidor *Apache 2.2.14*;
2. *PHP 5.3.1*;
3. SGBD *MySQL 5.1.41*;
4. Cliente para gestão de base de dados *PHP MyAdmin 3.2.4*;
5. Navegador da internet *Mozilla Firefox 3.6.12*;
6. Plataforma de monitorização;
7. Plataforma de visualização.

Descrição:

Este teste foi realizado no laboratório de Engenharia de Telecomunicações na Universidade da Madeira no dia 25 de Novembro de 2010 e foram usados os sensores com o Id. 2 e Id. 3 e o modelo da porta de emergência.

De forma a permitir uma melhor visualização dos dados, foi simulado que, quer os sensores quer a porta, encontravam-se no piso 1 (Figura V.13).

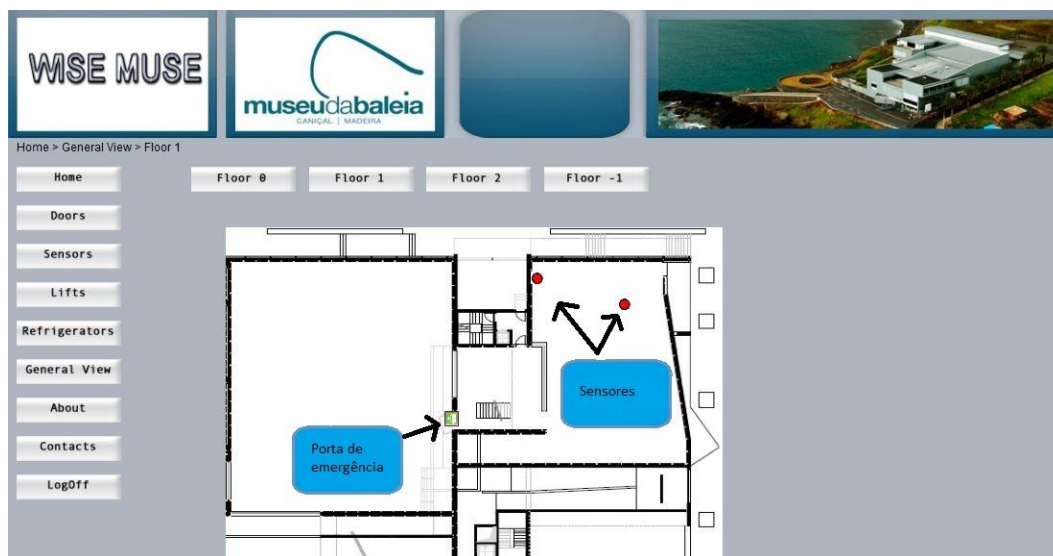


Figura V.13 - Localização dos sensores.

Para este teste, foram deixados os sensores a transmitir durante 10 minutos e foram efectuadas algumas mudanças de estado na porta de emergência. Os dados foram todos recebidos de forma correcta (Figura V.14 e Figura V.15).

Testes e Resultados

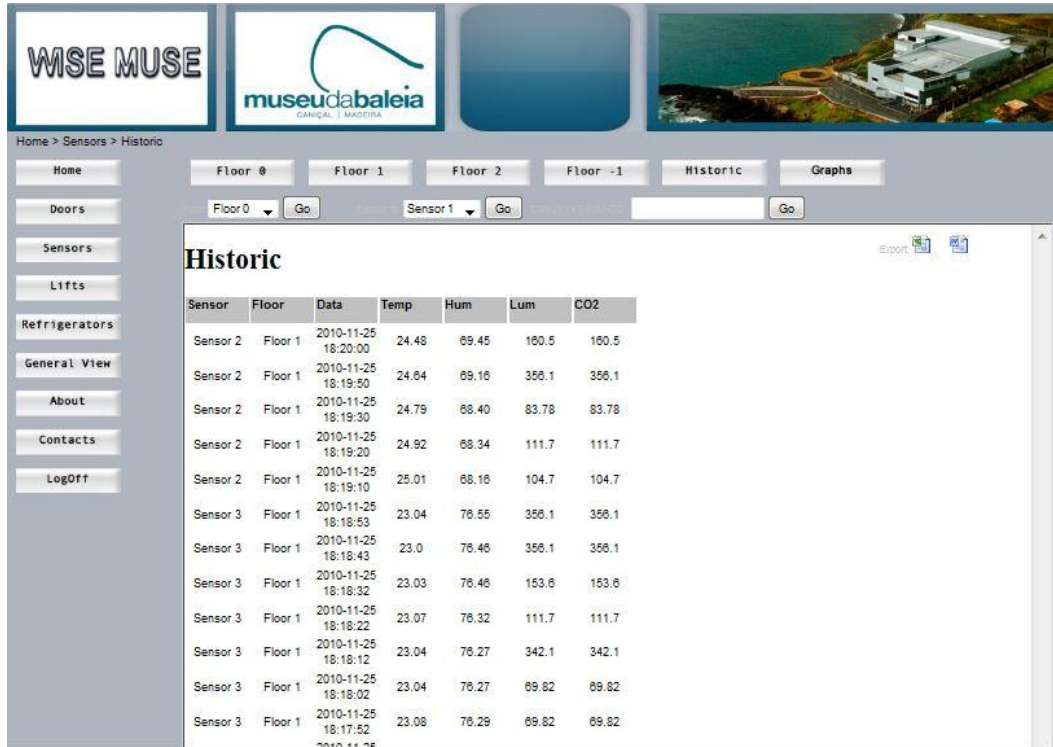


Figura V.14 – Dados recolhidos pelos sensores.

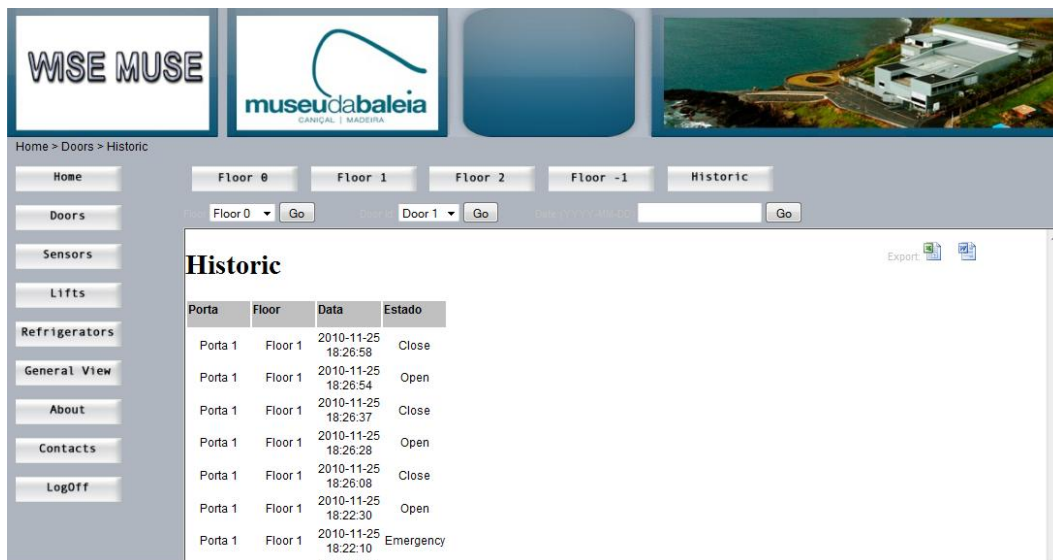


Figura V.15 – Dados da porta.

V.4. CONCLUSÃO

Após a realização dos testes considerados necessários, foi possível constatar que toda a comunicação das portas de emergência e dos sensores com a plataforma de monitorização foi realizada correctamente e que todos os dados foram interpretados e armazenados na base de dados tal como o esperado.

Foi possível constatar, de igual modo, que será necessário, no servidor do Museu da Baleia, algum espaço disponível em disco de forma a poder armazenar todos os dados enviados pela WSN, sendo que anualmente terá que ser realizada alguma limpeza dos mesmos.

Por outro lado, o sistema de notificação respondeu sempre dentro dos parâmetros considerados, isto é, sempre que a porta era colocada em estado de emergência foi enviada uma notificação para o telemóvel e outra para o E-mail.

No que concerne à plataforma Web de visualização, verificamos que a geração de gráficos é realizada de forma quase instantânea e possibilita uma visão muito eficaz dos valores recolhidos pela WSN.

VI. CONCLUSÕES FINAIS

VI.1. INTRODUÇÃO

Neste relatório de projecto, pretendeu-se explicar todo o trabalho realizado ao longo dos últimos meses no desenvolvimento de uma aplicação capaz de suprir os requisitos exigidos pelo museu da Baleia e que fosse, determinadamente, capaz de efectuar uma monitorização eficaz do ambiente circundante.

Desse modo, o presente capítulo apresenta as principais contribuições deste projecto de Mestrado para a área de monitorização de espaços museológicos, assim como são apresentados os desenvolvimentos futuros que visam uma complementação do mesmo. Além disso, é feito um balanço final de todo o trabalho desenvolvido.

VI.2. PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

O desenvolvimento deste projecto de Mestrado serviu de complemento ao Projecto WISE-MUSE e trouxe diversas contribuições que ajudaram ao melhoramento e extensão de funcionalidades do mesmo. Assim, as principais contribuições deste projecto de Mestrado foram:

- (i) A implementação de um sistema integrado que permite a monitorização remota dos parâmetros ambientais e do estado das portas de emergência de um edifício;
- (ii) O desenvolvimento de uma plataforma Web que permite uma visualização da informação recolhida pela WSN de uma forma fácil, útil e em tempo real;
- (iii) A criação de um sistema de notificação e alarmes, que permite aos utilizadores uma resposta mais atempada aos acontecimentos, sem custos adicionais;
- (iv) O desenvolvimento de um Sistema *Open Source* que permite constantes alterações e extensões para novas funcionalidades e serviços;
- (v) O desenvolvimento de um serviço a ser instalado no Museu da Baleia e que irá suprir todas as necessidades deste espaço no que se refere à monitorização dos parâmetros ambientais e às portas de emergência;
- (vi) Elaboração de relatórios internos para o projecto WISE-MUSE; e
- (vii) Submissão de um artigo científico.

VI.3. TRABALHO FUTURO

Existem algumas melhorias que poderão ser consideradas numa perspectiva de continuação deste trabalho de Mestrado, entre as quais:

- A validação em situações reais, uma vez que por falta de disponibilidade de equipamento não foi possível instalar a aplicação no museu da Baleia antes do término deste projecto. Nesse sentido, um dos próximos trabalhos de futuro poderá incluir a validação da plataforma num ambiente real.
- O desenvolvimento de uma plataforma que permita a monitorização remota através de um *smarthphone*, fazendo uso das características do mesmo no sentido de tornar a monitorização mais cómoda e acessível em qualquer parte.
- A implementação de um sistema que permita recolher a localização automática dos sensores via GPS (*Global Position System*). Desse modo, facilitaria muito mais qualquer alteração da posição dos sensores.
- A criação de um sistema de encriptação dos dados trocados entre a base de dados e a plataforma.

VI.4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento de um projecto na área das redes de sensores sem fios é, incontornavelmente, positivo tanto ao nível académico e profissional, como ao nível pessoal. Isto porque, ao mesmo tempo que eram construídos e adquiridos novos conhecimentos e aprendizagens académicas, acrescia o sentimento de capacidade e responsabilidade pessoal.

De facto, a oportunidade de participar num grandioso projecto como o WISE-MUSE permitiu o acesso a mais conhecimentos no que concerne ao desenvolvimento de redes de sensores sem fios, bem como contribuiu para o aperfeiçoamento do mesmo a múltiplos níveis. Assim, o presente projecto de mestrado trouxe como principais contributos para o projecto WISE-MUSE: a possibilidade de monitorização das portas de emergência; a criação de um sistema de notificação via SMS e e-mail; e a implementação de uma plataforma Web que permite a visualização e a monitorização remota, tanto das portas de emergência, como dos sensores de monitorização ambiental dos museus.

No entanto, embora este projecto de mestrado tenha acarretado múltiplos desenvolvimentos para o projecto WISE-MUSE, de futuro deverão e poderão ser levados a cabo outros desenvolvimentos com o intuito do seu aperfeiçoamento, uma vez que “a curiosidade do espírito na busca de princípios certos, é o primeiro passo na conquista da sabedoria” (Sócrates).

REFERÊNCIAS

3GPP (2007), "Technical realization of the Short Message Service (SMS)", Release 7, 3GPP TS23.040 V7.0.1;

ADC Telecommunications (1999), "Short Message Service Tutorial", NewNet;

Bluetooth (2006), "Bluetooth SIG Selects Wimedia Alliance Ultra-Wideband Technology for high speed Bluetooth applications.", SIG Press Releases;

Brito, L. (2006), "Wireless Sensor Networks", Universidade da Madeira;

Carvalho, J. , "Apache, MySQL e PHP", <http://paginas.fe.up.pt/~jfbcs/i2/>, Acedido em: Agosto 2010;

Constantine, L. (2003), "Canonical Abstract Prototypes for Abstract Visual and Interaction Design", Constantine & Lockwood Ltd, University of Technology, Sydney (Australia);

Craig, W. (2004), "Zigbee: Wireless Control That Simply Works.", Program Manager Wireless Communications, ZMD America, Inc.;

CultuRede, "Museu da Baleia", Direcção Regional de Arte e Cultura da Madeira, <http://www.culturede.com/MainGeneric.aspx?idCat=521&idMasterCat=21&idLang=1>, Acedido em: Agosto de 2010;

Daintree Networks, Inc. (2008), "Sensor Network Analyzer datasheet";

Deacon, J. (2009), "Model View Control (MVC) Architecture", John Deacon Computer Systems Development, Consulting & Training;

Ema, F. (2007), "Relatório da Qualidade do Ar Interior", Museu da Baleia;

- Ergen, S. (2004), "ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary", University of California, Berkeley;
- Francisco, C., Sousa, C. (2010), "Sistemas de Monitorização de portas de emergência aplicado ao Museu da Baleia", Tese de Licenciatura em Electrónica e Telecomunicações, Universidade da Madeira;
- Gonçalves, C. (2009), "WebSketch", Tese de Mestrado em Engenharia Informática, Universidade da Madeira, Novembro de 2009;
- Google code, "Data API Developer's Guide: Java", Google Calendar APIs and Tools, http://code.google.com/intl/pt-PT/apis/calendar/data/2.0/developers_guide_java.html, Acedido em: Maio 2010;
- Gutmans, A., et al. (2004), "PHP 5 Power Programming", John Wait, Phoenix, Maryland, 2004;
- IEEE (1999), "IEEE Std. 802.11-1999, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications", 1999 edition IEEE;
- IEEE (2002), "IEEE Std 802.15.1, Part 15.1: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs)", New York: IEEE Press, 2002.
- IEEE (2003), "IEEE Std. 802.15.4-2003, Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)", New York: IEEE Press;
- Le Bodic (2005), G., "Mobile Messaging Technologies and Services - SMS, EMS and MMS", John Wiley & Sons, 2nd ed.;
- Lewis, F. L. (2004), "Wireless Sensor Networks", New York;
- Loureiro, A., et al. (2004), "Arquiteturas para Redes de Sensores Sem Fio", Brasil;
- Loureiro, A., et al. (2006), "Redes de Sensores Sem Fio", Universidade Federal de Minas Gerais;
- Maxstream (2008), "XBee®/XBee-PRO® OEM RF Modules Product Manual v1.xCx - 802.15.4 Protocol", Digi International Inc.;
- National Heritage Board (2001), "Factors of deterioration affecting works of art", Heritage Conservation Centre;

Referências

Nunes, M., O'Neill, H. (2004), "Fundamental de UML 6ª Edição", FCA - Editora de informática, Lisboa, ISBN: 978-972-722-481-4;

Santos, S. (2007), "REDES DE SENSORES SEM FIO EM MONITORAMENTO E CONTROLE", Universidade Federal do Rio de Janeiro;

Silva, A. (2007), "Módulos de Comunicação Wireless para Sensores", Universidade do Porto;

Sousa, D. (2009), "Plataforma Web para a Visualização de Dados de uma Rede de Sensores Sem Fios em Tempo Real", Tese de Mestrado em Engenharia Informática, Universidade da Madeira;

Teixeira, G. (2007), "SENTINELA, Sistema de segurança de imóveis e notificação por telemóvel", Teses de Mestrado em Engenharia Informática, Universidade da Madeira;

TELFAX (2010), "Sononet - Sistema de Conservação Preventiva em Museus";

Townsend, C., Arms, S. (2004), "Wireless Sensor Networks: Principles and Applications";

Valade, J., et al. (2008), "PHP & MySQL Web Development All-In-One Desk Reference for Dummies", Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana;

Wisense, "System Overview",

http://ewisense.com/index.php?option=com_content&task=view&id=107&Itemid=159,

Acedido em: Outubro 2010;

Wisensys, "WebSensys: WiSensys web interface",

<http://www.wisensys.com/index.php?mc=171&d=WebSensys&i=English&cat=&subcat=>,

Acedido em: Outubro 2010;

ZigBee Alliance (2006), "ZigBee Specification.", ZigBee Document 053474r06, Version 1.0;

ANEXOS

ANEXO A – PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO DA PLATAFORMA DE MONITORIZAÇÃO E DA PLATAFORMA WEB WISE-MUSE

A instalação deve processar-se em duas fases distintas, mais concretamente a instalação da plataforma de monitorização para comunicação com a WSN e a instalação da plataforma Web WISE-MUSE para aceder aos dados capturados.

Plataforma de monitorização

Para o correcto funcionamento da plataforma de monitorização, é necessário possuir uma ligação à internet, assim como, instalar o *Java* e o servidor SGBD *MySQL*. O servidor o SGBD é instalado através do pacote *Xampp*.

1. Disponibilizar uma porta USB para comunicar com o módulo *XBee* que irá funcionar como estação base;
2. Possuir o *Java 1.6.0_23* instalado;
3. Iniciar o servidor SGBD *MySQL*;
3. Copiar o ficheiro *WiseMuse.jar* para o directório pretendido, para a sua execução;
4. Conectar o módulo *Xbee* à porta USB, é necessário a instalação do driver para comunicação com o módulo *Xbee*, que é disponibilizado pelo fabricante dos módulos *Xbee*.
5. Seguir os passos e indicar o directório onde está a driver, segundo a notificação para instalar um dispositivo novo pelo sistema operativo, que é dada após conectar o módulo *Xbee* à porta USB.
6. Clicar no *WiseMuse.jar* para correr o programa.

Assim, a partir da instalação efectuada fica disponível a plataforma de monitorização para comunicar com a WSN e para tal basta o módulo *Xbee* estar conectado e correr o *WiseMuse.jar*.

Plataforma Web WISE-MUSE

A instalação da Plataforma Web WISE-MUSE resume-se a duas etapas, sendo a primeira a instalação do servidor Web e colocação do directório contendo o código fonte neste servidor e a

segunda etapa a instalação do SGBD (Sistema Gestor de Base de Dados) e a criação da base de dados.

O servidor Web e o SGBD são instalados através do pacote *Xampp*, que contém o servidor *Apache*, o SGBD *MySQL*, o PHP e uma ferramenta cliente para o SGBD.

Para a instalação da plataforma Web WISE-MUSE são necessários os seguintes passos:

1. Descompactar o pacote com a distribuição Apache o *Xampp* no directório pretendido, como por exemplo, C:\Xampp\;
2. Colocar o directório com o código fonte "wisemuse" no directório "htdocs" do *Xampp*, por exemplo, C:\Xampp\htdocs\wisemuse;
3. Abrir a ferramenta cliente do MySQL e correr o script com o código SQL, para criação da base de dados;
4. Iniciar o servidor *Apache* e o SGBD *MySQL*, através do painel de controlo do *Xampp*;
5. Aceder à plataforma Web, por exemplo, localmente através do navegador de internet digitando o endereço <http://localhost/wisemuse>

Com esta instalação concluída, a Plataforma Web WISE-MUSE fica disponível para utilização possibilitando, desta forma, a monitorização dos factores ambientais de risco e das portas de emergência, através de um simples navegador WEB.

ANEXO B – QUESTIONÁRIO E RESPOSTAS SOBRE A EXPERIENCIA DE UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA WEB WISE-MUSE

No sentido de obter algum feedback por parte dos responsáveis do Museu da Baleia sobre o funcionamento da plataforma Web WISE-MUSE, foi efectuada uma demonstração da mesma ao Engenheiro Milton Aguiar do Museu da Baleia. Após essa demonstração, foi ministrado um questionário onde se pretendia obter a opinião do Engenheiro Milton em relação à plataforma, questionário esse que é apresentado em seguida.

Questionário sobre a experiência de utilização da plataforma Web WISE-MUSE

Por favor responda às seguintes questões, baseando-se na sua experiência de utilização da plataforma Web WISE-MUSE.

1. No geral, considera a plataforma Web WISE-MUSE fácil de usar (selecione uma opção).

- Discordo completamente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo completamente

2. A interface da plataforma é fácil de navegar, onde consegue facilmente monitorizar os factores ambientais de risco e as portas de emergência (selecione uma opção).

- Discordo completamente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo completamente

3. A aplicação permite, identificar facilmente a localização dos sensores dentro do edifício.

- Discordo completamente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo completamente

4. A geração de históricos e gráficos possibilita um acompanhamento eficiente de todos os sensores e portas de emergência.

- Discordo completamente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo completamente

5. Considera que a plataforma deveria ser estendida para mais funcionalidades?

Talvez adicionar informação textual quando clicando sobre o sensor. Por exemplo: sensor da vitrine "x" da sala Caca à Bola"

6. Quais os aspectos que considera, particularmente, fáceis de utilizar na plataforma Web WISE-MUSE.

Consulta dos parâmetros ambientais
 Visualização do estado das portas

7. Quais os aspectos que considera, particularmente, difíceis de usar Web WISE-MUSE.

Nada a apontar

8. A terminologia apresentada é clara e precisa (selecione uma opção).

- Discordo completamente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo completamente

9. No geral, considera que a plataforma Web WISE-MUSE cumpre os requisitos pretendidos pelo Museu (selecione uma opção).

- Discordo completamente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo completamente

Anexos

10. Utilizando a seguinte escala, marque com uma cruz, o número mais próximo do termo que mais se aproxima da sua impressão sobre a plataforma Web WISE-MUSE.

Simplex	3	2	1	0	1	2	3	Complexa
Fiável	3	2	1	0	1	2	3	Pouco fiável
Fácil de usar	3	2	1	0	1	2	3	Utilização complexa
Profissional	3	2	1	0	1	2	3	Pouco profissional
Atractiva	3	2	1	0	1	2	3	Desagradável
Segura	3	2	1	0	1	2	3	Insegura
Robusta	3	2	1	0	1	2	3	Frágil
Alta qualidade	3	2	1	0	1	2	3	Baixa qualidade
Amigável	3	2	1	0	1	2	3	Pouco amigável
Gostou	3	2	1	0	1	2	3	Não gostou

11. Deixe os seus comentários e sugestões sobre a plataforma Web WISE-MUSE no espaço abaixo.

Tal como foi falado, seria interessante ter um calendário em que seleccionando uma data eram mostrados os eventos/histórico nesse dia, e depois nesse histórico por data podíamos filtrar por sensor, porta, horário, etc..

Milton Aguiar
25/11/10

Todas as sugestões apresentadas pelo Engenheiro Milton Aguiar para melhorar a plataforma de monitorização, serão consideradas e efectuadas antes de ser entregue ao Museu da Baleia.