



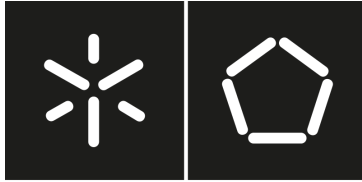
Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Catarina Pereira
Inês Neves
Denis Antonescu
Leonardo Martins

IoT Cloud

Catarina da Cunha Malheiro da Silva Pereira
Denis-Alexandru Antonescu
Inês Cabral Neves
Leonardo Dias Martins

IoT Cloud



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Catarina da Cunha Malheiro da Silva Pereira

Denis-Alexandru Antonescu

Inês Cabral Neves

Leonardo Dias Martins

IoT Cloud

Relatório de Especificação da Fase B

Emulação e Simulação de Redes de

Telecomunicações

Mestrado em Engenharia

Telecomunicações e Informática

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professor Doutor Fábio Raul Costa Gonçalves




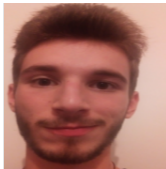
Professor Doutor Bruno Daniel Mestre Viana Ribeiro

e de

Professor Doutor José Augusto Afonso

Identificação do Grupo

O Grupo 01 é composto pelos seguintes membros, todos pertencentes ao 1º ano do *Mestrado em Engenharia de Telecomunicações e Informática* (METI):

Imagem	Nome / Número Mecanográfico / E-mail institucional
	Catarina da Cunha Malheiro da Silva Pereira PG53733 pg537336@alunos.uminho.pt
	Denis-Alexandru Antonescu EE11021 e11021@alunos.uminho.pt
	Inês Cabral Neves PG53864 pg53864@alunos.uminho.pt
	Leonardo Dias Martins PG53996 pg53996@alunos.uminho.pt

Índice

Identificação do Grupo	ii
Índice de Figuras	iv
Índice de Tabelas	v
Lista de Acrónimos	vi
Acrónimos	vi
1 Introdução	1
2 Recursos e Instrumentos Utilizados	2
2.1 <i>Software</i>	2
2.2 <i>Hardware</i>	2
3 Síntese de conceitos	3
4 Metodologia	5
4.1 Lista de Tarefas do Sistema	5
4.2 Especificação da Fase B	6
4.3 Arquitetura do Sistema	7
5 Tipos de Requisitos	9
5.1 Requisitos Funcionais	9
5.2 Requisitos Não Funcionais	9
6 Aprimoramentos em Comparação à Fase Anterior	11
7 Plano de Atividades	12
7.1 Atividades	12
7.2 Lista de Riscos	13
8 Conclusão	15
Referências Bibliográficas	15
Referências Bibliográficas	16
Anexo I - Diagrama de Gantt	16

Índice de Figuras

1	Arquitetura da Fase B.	7
2	Arquitetura Específica da Fase B.	8
3	Router 3 (R3).	11

Índice de Tabelas

Tabela 1: Requisitos Funcionais do projeto	9
Tabela 2: Requisitos Não Funcionais do projeto	9
Tabela 2.1: Requisitos Não Funcionais do projeto	10
Tabela 8: Plano de Atividades	12
Tabela 8.1: Plano de Atividades	13
Tabela 9: Riscos inerentes ao desenvolvimento do projeto	13
Tabela 9.1: Riscos inerentes ao desenvolvimento do projeto	14

Acrónimos

BIND	<i>Berkeley Internet Name Domain</i>
DNS	<i>Domain Name System</i>
DNSSEC	<i>Domain Name System Security Extensions</i>
GNS3	<i>Graphical Network Simulator-3</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
LoRa	<i>Long Range</i>
LoRaWAN	<i>Long Range Wide Area Network</i>
LSAs	<i>Link State Advertisements</i>
METI	<i>Mestrado em Engenharia de Telecomunicações e Informática</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
OSPF	<i>Open Shortest Path First Protocol</i>
RF	<i>Requisitos Funcionais</i>
RIP	<i>Routing Information Protocol</i>
RNF	<i>Requisitos Não Funcionais</i>
SC	<i>smart city</i>
UC	<i>Unidade Curricular</i>

1 Introdução

Este relatório faz parte da *Unidade Curricular* (UC) Emulação e Simulação de Redes de Telecomunicações, do 1º semestre do 1º ano do Mestrado em Engenharia de Telecomunicações e Informática. Este projeto foi desenvolvido como resposta a um problema apresentado pelos docentes.

O projeto descrito é uma iniciativa que visa criar um sistema completo de *Internet of Things* (IoT) com o objetivo de interconectar o mundo físico ao mundo digital. Esta interconexão é possibilitada por meio de sensores, que recolhem informações do ambiente e podem executar ações com base nessas informações. O projeto é dividido em várias fases, cada uma com os seus próprios objetivos e tarefas específicas.

O desenvolvimento do projeto foi repartido em três fases distintas:

- **Fase A - Infraestrutura de Rede (Já realizado):**

Nesta fase, o foco está na criação da infraestrutura de rede que suportará a comunicação entre os dispositivos IoT e a plataforma na nuvem. O software *Graphical Network Simulator-3* (GNS3) é usado para simular a rede, permitindo a configuração de *routers*, *switches* e servidores *Domain Name System* (DNS). O objetivo principal é garantir a conectividade dos dispositivos com a plataforma na nuvem e a Internet.

- **Fase B - Rede de Sensores:**

Aqui, o projeto concentra-se na implementação da rede de sensores IoT. Os sensores são dispositivos capazes de recolher dados do ambiente, como temperatura, humidade, pressão, entre outros. O CupCarbon é usado para simular essa rede, ajudando a definir a área de aplicação, a escolha dos sensores, a tecnologia de comunicação sem fios e o protocolo de comunicação. Além disso, os dispositivos devem ser capazes de se autenticar e, opcionalmente, receber comandos de configuração e atuação.

- **Fase C - Plataforma IoT:**

Esta fase é central para o projeto, pois envolve a criação da plataforma de IoT na nuvem. A plataforma é responsável por receber, armazenar e processar os dados dos sensores, bem como pela gestão de utilizadores, autenticação e visualização dos dados. É aqui que ocorre a replicação da plataforma para garantir redundância e escalabilidade.

Em resumo, o projeto aborda uma ampla gama de conceitos e tecnologias, desde redes de computadores e simulação de redes até sensores IoT, bancos de dados, segurança e serviços em nuvem. Este projeto oferece a oportunidade de adquirir conhecimentos e habilidades em várias áreas da tecnologia da informação e comunicação, preparando-os para lidar com desafios do mundo real relacionados à IoT e à gestão de sistemas distribuídos.

2 Recursos e Instrumentos Utilizados

Neste capítulo explora-se em detalhe os elementos que desempenham um papel fundamental na condução deste projeto, com um foco predominante em ferramentas de software. O conjunto de ferramentas e recursos utilizados abrange uma ampla variedade de aplicações, cada uma desempenhando um papel específico e vital no desenvolvimento do projeto.

2.1 Software

As ferramentas e recursos utilizados são:

- **Smartsheet:** Emprega-se o programa Smartsheet para o planeamento temporal das tarefas do grupo, garantindo uma gestão eficaz do cronograma de trabalho.
- **Miro:** Utiliza-se a plataforma Miro para criar diagramas de blocos e fluxogramas, facilitando a visualização e a comunicação de conceitos complexos.
- **GNS3:** O software GNS3 desempenha um papel crucial na simulação de redes, permitindo testar cenários e configurações antes da implementação prática.
- **CupCarbon:** CupCarbon é uma plataforma para projetar e simular redes de sensores sem fios dedicadas a aplicações de cidades inteligentes e IoT [1].
- **Plataformas de Comunicação:** Para facilitar a comunicação, colaboração e organização do código desenvolvido pelo grupo, utiliza-se as plataformas Discord e WhatsApp.
- **Overleaf:** Para a elaboração de relatórios em formato \LaTeX , utiliza-se a plataforma OverLeaf, que simplifica a formatação e a colaboração em documentos técnicos.

Estas ferramentas e recursos desempenham um papel essencial para o estudo e a pesquisa sobre o projeto.

2.2 Hardware

Para as ferramentas de *hardware* utilizar-se-á um sensor de temperatura e humidade e um sensor de movimento para o projeto. Ambos os sensores serão simulados pelo CupCarbon.

O sensor de temperatura e humidade DHT22 (*Digital Humidity and Temperature*) é utilizado para medir a temperatura nas escalas de -40 a $+80^{\circ}\text{C}$ (graus Celsius) e a humidade do ar nas faixas de 0% a 100%, contando com uma precisão que varia de 2% a 5% [2]. Como o nome do sensor indica este é digital.

Este sensor é essencial para monitorizar e controlar a temperatura e a humidade em diferentes áreas da cidade.

Em relação ao sensores de movimento, este sensor é útil para a monitorização de tráfego em áreas específicas com mais tráfego da cidade. O tipo de sensor a ser utilizado ainda não foi definido.

3 Síntese de Conceitos

A evolução da Internet é um tema de extrema relevância, intrinsecamente ligado ao contexto deste projeto. Ao longo das décadas, a Internet passou por transformações profundas, evoluindo desde os seus primórdios como uma rede militar restrita até se tornar uma infraestrutura global que conecta bilhões de pessoas em todo o mundo [3]. Compreender essa evolução é fundamental para contextualizar as tecnologias e sistemas, como o *Domain Name System* (DNS) e o *Berkeley Internet Name Domain* (BIND), que desempenham um papel vital neste projeto.

O DNS, ou Sistema de Nomes de Domínio, é um conceito central neste projeto. Trata-se de um sistema de nomenclatura hierárquico que desempenha um papel fundamental em redes de computadores e na Internet [4]. A principal função é traduzir nomes de domínio legíveis por humanos em endereços *Internet Protocol* (IP) numéricos, tornando a navegação na web mais acessível e conveniente para os utilizadores. Esta introdução à literatura estabelece a base para a compreensão do DNS e a importância no contexto deste projeto.

O BIND, por sua vez, é um software amplamente utilizado para serviços DNS na Internet e em redes privadas [5]. As principais finalidades englobam:

- **Resolução de nomes de domínio:** traduz nomes de domínio legíveis por humanos em endereços IP e vice-versa.
- **Servidor DNS autoritativo:** o BIND pode hospedar registos DNS para domínios específicos, permitindo que as organizações gerenciem as suas informações DNS.
- **Cache do servidor DNS:** armazena registos DNS acedidos com frequência para melhorar os tempos de resposta das consultas.
- **Suporte Domain Name System Security Extensions (DNSSEC):** O BIND aprimora a segurança do DNS por meio do DNSSEC, protegendo contra ataques relacionados ao DNS.
- **Atualizações dinâmicas:** suporta atualizações dinâmicas para registos DNS que mudam com frequência.
- **Balanceamento de carga:** o BIND pode distribuir consultas DNS em vários servidores para balanceamento de carga.
- **Registo e monitoramento:** fornece recursos de registo e monitoramento para atividades de DNS.
- **Personalização:** o BIND é altamente configurável para atender a requisitos e políticas específicas.

Em essência, o BIND é essencial para traduzir nomes de domínio em endereços IP, hospedar registos DNS, aumentar a segurança e dar suporte a diversas tarefas relacionadas ao DNS na Internet e nas redes.

O *Routing Information Protocol* (RIP) baseia-se no algoritmo de “vetor de distância” e faz uso de contagem de saltos como a métrica, foi projetado para redes de pequena dimensão e topologia simples [6]. É amplamente utilizado como protocolo de encaminhamento interno.

O *Open Shortest Path First Protocol* (OSPF) é um protocolo de router usado para redes maiores além de usar RIP [6]. Este protocolo é baseado no algoritmo de ‘estado de ligação’, em que cada router divulga informações sobre o estado de suas próprias conexões. Isto é feito por meio de *Link State Advertisements* (LSAs).

O protocolo *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) é preferido na maioria das aplicações atuais de IoT e máquina a máquina (M2M), pois é leve, oferece grande flexibilidade e é muito útil em conexões com locais remotos. O MQTT define dois tipos diferentes de entidades de rede: um corretor e um ou vários clientes. O corretor é um servidor MQTT que recebe todas as mensagens dos clientes e depois envia mensagens de volta de acordo com uma certa configuração. Um cliente MQTT pode ser qualquer dispositivo conectado ao corretor numa rede [7].

O termo "cidade inteligente" é relativamente novo, tendo popularizado quando Singapura se destacou como uma "Cidade Inteligente" [8]. Devido à diversidade de países com distintas necessidades e contextos, como nações desenvolvidas e em desenvolvimento, é desafiador encontrar definições e tendências que se apliquem universalmente a todas as cidades inteligentes.

Existe um consenso sobre três elementos fundamentais ao definir a inteligência de uma cidade [9, 10]:

1. **Eficácia:** capacidade de uma cidade fornecer serviços públicos e privados de forma eficiente, para cidadãos (estudantes, trabalhadores e idosos), empresas ou organizações não privadas. Por outras palavras, uma *smart city* (SC) não é, por si só, inteligente, mas pelo valor público que cria para as pessoas;
2. **Benefícios ambientais:** melhoria da qualidade do meio ambiente nas grandes cidades. Um dos principais pilares da SC é evitar a degradação ambiental. De modo a preservar a qualidade ambiental, uma SC, deve-se concentrar no consumo de energia, poluição e tráfego;
3. **Inovação:** uma SC deve aplicar tecnologias avançadas para melhorar a qualidade de seus principais componentes, para que melhores serviços sejam prestados. A tecnologia é, portanto, um aspecto central da inteligência de uma cidade.

O *Long Range* (LoRa) é uma tecnologia de comunicação sem fios projetada para comunicação de longo alcance com baixo consumo de energia em aplicações de IoT e M2M. O LoRa é uma das tecnologias-chave usadas no padrão *Long Range Wide Area Network* (LoRaWAN) [11, 12]. Algumas características e recursos-chave do protocolo LoRa:

- **Longo Alcance:** O LoRa é especificamente projetado para fornecer comunicação de longo alcance, tornando-o adequado para aplicações que requerem conectividade por vários quilómetros. A faixa real pode variar dependendo dos fatores ambientais, mas pode se estender uns três quilómetros em áreas urbanas a 10 quilómetros em ambientes rurais [13].
- **Baixo Consumo de Energia:** Os dispositivos LoRa são projetados para operar com um consumo muito baixo de energia. Isto é crucial para dispositivos IoT alimentados por bateria, pois permite que eles tenham uma longa vida útil da bateria.
- **Baixas Taxas de Dados:** O LoRa é adequado para aplicações que não exigem altas taxas de dados. Este é projetado para transmitir pequenas quantidades de dados de maneira eficiente, sendo ideal para vários casos de uso de IoT, como leituras de sensores.

A tecnologia LoRa é amplamente usada em várias aplicações de IoT, incluindo cidades inteligentes, agricultura, monitorização ambiental e muito mais. Esta tecnologia fornece uma solução económica e eficiente para conectar uma ampla variedade de dispositivos em cenários de longo alcance e baixo consumo de energia.

4 Metodologia

Nesta secção vai ser dividida em três subsecções: na primeira apresenta-se lista de tarefas a realizar nesta fase, na segunda, a especificação da Fase B e na terceira, a Arquitetura Geral da Fase B.

4.1 Lista de Tarefas do Sistema

A lista de tarefas a executar na Fase B é:

1. **Definição da Área de Aplicação** Escolher a área de aplicação específica para o sistema IoT (por exemplo, automação industrial, domótica, idades inteligentes, agricultura/pecuária inteligente, smart grids, cuidados de saúde, redes veiculares, etc.);
2. **Definição dos Parâmetros a Monitorizar/Controlar e Sensores/Atuadores:**
 - Identificar os parâmetros ou variáveis que precisam ser monitorizados ou controlados na área de aplicação escolhida.
 - Selecionar os sensores apropriados para receber dados relacionados a esses parâmetros.
 - Especificar os atuadores necessários para controlar dispositivos ou sistemas com base nos dados coletados.
3. **Definição da Área de Cobertura e Distribuição dos Dispositivos Sensores:**
 - Determinar a área geográfica que o sistema IoT deve abranger.
 - Planear o número e a distribuição dos dispositivos sensores dentro dessa área para garantir uma cobertura eficaz.
4. **Proposta de Tecnologia de Redes Sem Fios:**
 - Avaliar as tecnologias de redes sem fio disponíveis e escolher a mais adequada para a implementação física da rede de sensores.
 - Considerar fatores como distância entre os dispositivos, topologia de rede, consumo de energia dos dispositivos e taxa de transferência de dados necessária pelos sensores.
5. **Definição de Protocolo de Comunicação e Formatos de Mensagens:**
 - Especificar o protocolo de comunicação que os dispositivos sensores utilizarão para trocar informações.
 - Definir os formatos das mensagens, incluindo dados, configurações e outros tipos de mensagens que serão enviados (uplink) e recebidos (downlink) pelos dispositivos sensores.
6. **Instalação e Simulação da Rede de Sensores com CupCarbon:**
 - Utilizar a ferramenta CupCarbon para projetar, simular e otimizar a rede de sensores.

4.2. ESPECIFICAÇÃO DA FASE B

- Avaliar o desempenho da rede em termos de cobertura, latência, consumo de energia, etc.

7. Integração com a Infraestrutura de Rede usando GNS3:

- Integrar a rede de sensores com a infraestrutura de rede global usando a plataforma GNS3.
- Garantir que os dispositivos sensores possam se comunicar efetivamente com outros sistemas ou servidores dentro da infraestrutura de rede.

A Fase B apresenta também a seguinte lista de tarefas extra:

- **Configuração dos dispositivos:** Definição e implementação de mensagens downlink para configuração remota dos parâmetros dos dispositivos;
- **Atuação:** Definição e implementação de mensagens/comandos downlink para atuação remota de atuadores nos dispositivos.
- Definição/implementação de um protocolo MAC na rede de sensores que permita aos dispositivos da rede entrarem em modo sleep nos períodos de inatividade para economizar energia. Caso sejam implementadas mensagens downlink, este protocolo também deve garantir que o seu envio seja feito quando o dispositivo está no modo ativo, pois os dispositivos não são capazes de comunicar quando estão em modo sleep.
- Integrar um dispositivo sensor real na simulação utilizando a plataforma de desenvolvimento ESP32.

Estas tarefas representam os elementos-chave da arquitetura da Fase B e são fundamentais para o bom funcionamento desta fase do projeto.

4.2 Especificação da Fase B

O sistema IoT a ser desenvolvido terá como área de aplicação focada em "Cidades Inteligentes". Isto implica que o objetivo é melhorar a qualidade de vida dos habitantes urbanos, tornando as cidades mais eficientes e sustentáveis através da recolha e análise de dados em tempo real.

Dentro desta área de aplicação, identificamos diversos parâmetros que são críticos para o funcionamento de uma cidade inteligente. Estes incluem:

1. **Monitorização de tráfego:** sensores de tráfego para recolher informações sobre o fluxo de veículos, identificar congestionamentos e otimizar a gestão do tráfego.
2. **Qualidade do ar:** sensores para medir a qualidade do ar, detetando poluentes como partículas finas e gases nocivos, auxiliando na saúde pública.
3. **Controlo da temperatura:** Monitorizar e controlar a temperatura em diferentes áreas da cidade para o controlo do Aquecimento Global, aumentar as áreas verdes da cidade, entre outros.
4. **Monitorização de possíveis Incêndios:** Detetar potenciais focos de incêndio e responder a eles de maneira eficiente para proteger vidas e propriedades.

Para uma cobertura eficaz da cidade, planeou-se a distribuição dos dispositivos sensores em locais estratégicos como rotundas, grandes avenidas e pontos de entrada e saída da cidade de Braga, como apresentado na Figura 2. A quantidade e a distribuição dos dispositivos poderá ser alterada com base nas

4.3. ARQUITETURA DO SISTEMA

necessidades específicas de cada parâmetro a ser monitorizado.

No que diz respeito à tecnologia de redes sem fios, propôs-se a utilização da tecnologia LoRa. Esta tecnologia de rede apresenta uma maior área de cobertura, com baixa potência.

A topologia da rede ainda não está definida dado que ainda não se concretizou uma recolha de informação suficiente para que a topologia seja feita de forma eficaz e otimizada, como ainda não determinados quantos dispositivos irá se conectar.

Para a comunicação entre os dispositivos sensores e o resto da estrutura, deseja-se um protocolo de comunicação eficiente que permita o envio de dados em diferentes formatos, incluindo dados brutos, informações de configuração e comandos de controlo. Estas mensagens serão enviadas do sensor para a estação base (*uplink*) e da estação base para o sensor (*downlink*), permitindo a monitorização e controlo em tempo real. O protocolo de comunicação ainda está ser estudado para haver uma comunicação eficiente e eficaz

Com o sistema IoT em funcionamento, acredita-se que se pode contribuir significativamente para a criação de uma cidade mais inteligente, sustentável e eficiente, melhorando a qualidade de vida dos habitantes urbanos e auxiliando na gestão de recursos e serviços urbanos de forma mais eficaz.

Todos os objetivos que não foram detalhados neste relatório de especificação serão revelados no relatório seguinte. Os objetivos que se conseguiu definir da Secção 4.1 foram o 1., 2., 3. e 4. (parcialmente).

4.3 Arquitetura do Sistema

A arquitetura da Fase B, apresenta-se uma visão geral esquemática na Figura 1, que ilustra a estrutura fundamental desta fase, bem como a configuração dos sensores/atuadores. Na Figura 2 apresenta uma visão mais especificada sobre a ligação dos sensores/atuadores e a sua ligação com o resto da arquitetura.

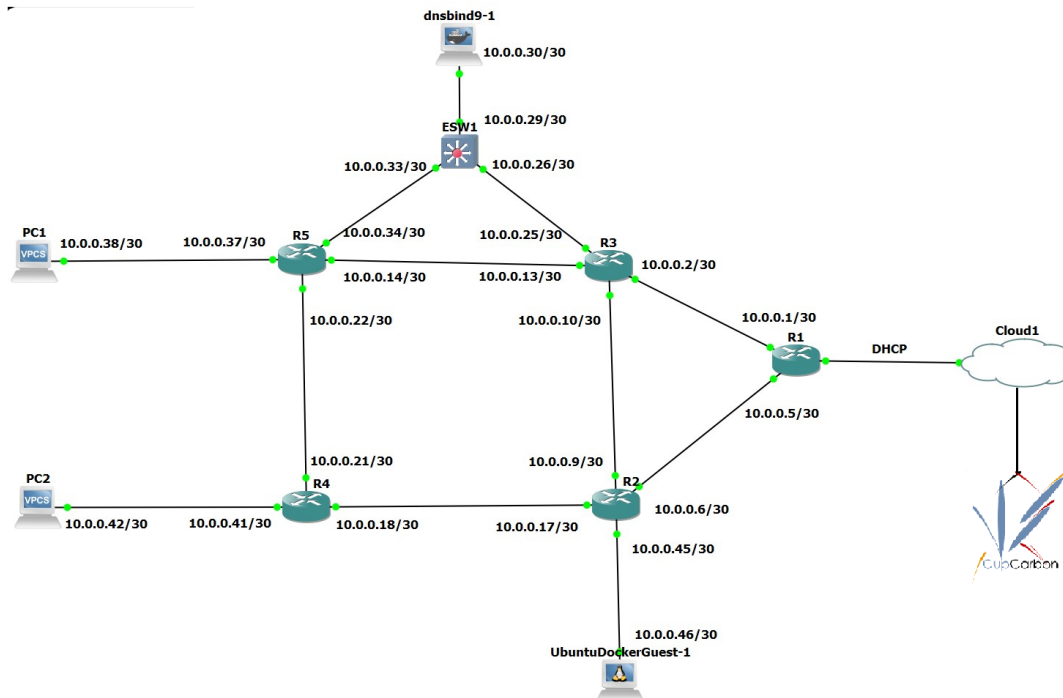


Figura 1: Arquitetura da Fase B.

4.3. ARQUITETURA DO SISTEMA

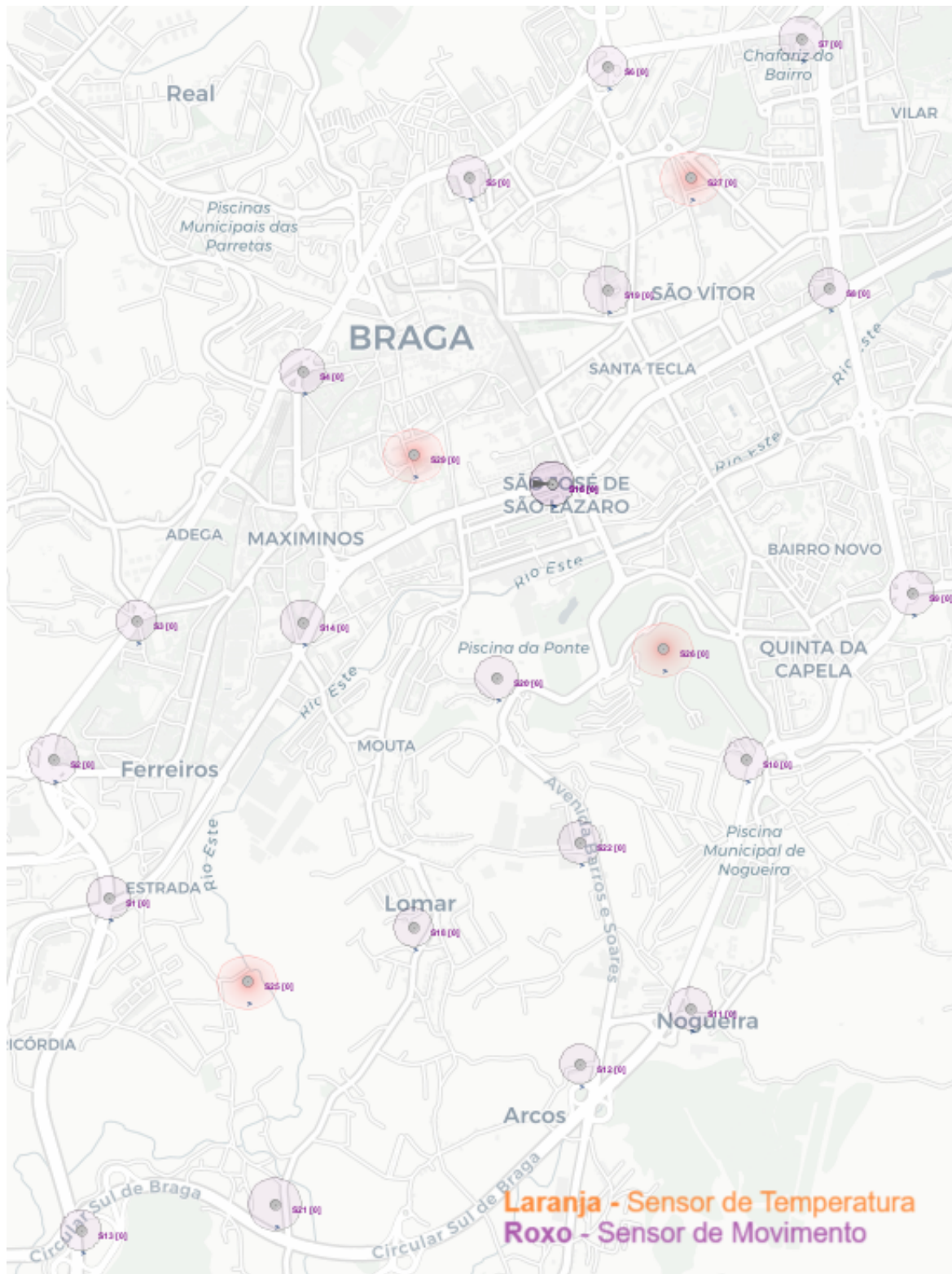


Figura 2: Arquitetura Específica da Fase B.

5 Tipos de Requisitos

Neste capítulo, são apresentados dois tipos de requisitos os *Requisitos Funcionais* (RF) e *Requisitos Não Funcionais* (RNF), estas duas categorias essenciais de especificações que direcionam o desenvolvimento do sistema de software e hardware em questão.

5.1 Requisitos Funcionais

Os Requisitos Funcionais, Tabela 1, delineiam o que o sistema deve realizar (RF).

ID	Requisitos Funcionais	Justificação
RF1	Comunicação de Dados	O sistema deve permitir que os dispositivos sensores enviem dados para a plataforma IoT na nuvem
RF2	Replicação da Plataforma	O sistema deve ser capaz de replicar a plataforma em diferentes locais da rede para garantir disponibilidade e redundância
RF3	Comunicação entre Dispositivos	Deve ser possível enviar comandos dos utilizadores para os dispositivos sensores, como alterar a taxa de amostragem dos sensores
RF4	Otimização das Rotas	Deve ser possível que haja uma rota otimizada e eficiente para que não haja grande custo, como por exemplo o tempo de espera
RF5	Integração de Sensores Reais (Extra)	O sistema deve ser capaz de integrar um dispositivo sensor real na simulação usando a plataforma de desenvolvimento ESP32

Tabela 1: Requisitos Funcionais do projeto.

5.2 Requisitos Não Funcionais

Os Requisitos Não Funcionais, Tabela 2 e Tabela 2.1, delineiam as condições nas quais deve operar (RNF).

ID	Requisitos Não Funcionais	Justificação
RNF1	Desempenho	O sistema deve ser capaz de lidar com um grande volume de dados gerados pelos sensores e garantir baixa latência na entrega dos dados
RNF2	Escalabilidade	O sistema deve ser escalável para acomodar um aumento no número de dispositivos sensores
RNF3	Disponibilidade	A plataforma de IoT deve estar disponível 24/7, com um tempo de inatividade mínimo
RNF4	Eficiência Energética (Extra)	Os dispositivos sensores devem ser eficientes em termos de consumo de energia, especialmente se forem usados em ambientes com recursos limitados
RNF5	Tolerância a Falhas	O sistema deve ser tolerante a falhas, com capacidade de recuperação automática em caso de problemas
RNF6	Integração com Tecnologias de Rede	O sistema deve ser compatível e integrável com várias tecnologias de rede, como Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth, entre outros

Tabela 2: Requisitos Não Funcionais do projeto

5.2. REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

ID	Requisitos Não Funcionais	Justificação
RNF7	Configuração da obtenção dos valores das amostras	Deve ser estabelecida uma metodologia clara para a obtenção dos valores dos sensores, garantindo que a recolha de dados seja consistente e confiável.
RNF8	Configuração dos parâmetros da comunicação entre os computadores e os dispositivos sensores	Deve haver documentação completa do sistema, incluindo manuais de utilizador, guias de configuração e documentação técnica
RNF9	Veracidade dos dados recolhidos pelos sensores	A veracidade dos dados recolhidos pelos sensores deve ser rigorosamente garantida, assegurando que o utilizador possa confiar plenamente nas informações fornecidas pelos sensores.

Tabela 2.1: Requisitos Não Funcionais do projeto

6 Aprimoramentos em Comparação à Fase Anterior

Ao avaliar a evolução em relação à Fase A, observa-se um progresso significativo. Os principais pontos que foram aprimorados incluem:

- **Implementação de rotas automáticas:** Uma das melhorias foi a transição das rotas manuais para um sistema de rotas automáticas. Esta mudança foi realizada através da adoção do protocolo OSPF. **Anteriormente (exemplo de um dos router):**

```
config route 'default'
    option interface 'eth2'
    option target '0.0.0.0'
    option netmask '0.0.0.0'
    option gateway '10.0.0.1'

config route 'rota2'
    option interface 'eth2'
    option target '10.0.0.0'
    option netmask '255.255.255.248'
    option gateway '10.0.0.1'

config route 'rota3'
    option interface 'eth3'
    option target '10.0.0.16'
    option netmask '255.255.255.252'
    option gateway '10.0.0.9'

config route 'rota4'
    option interface 'eth3'
    option target '10.0.0.20'
    option netmask '255.255.255.252'

config route 'rota5'
    option interface 'eth1'
    option target '10.0.0.24'
    option netmask '255.255.255.248'
    option gateway '10.0.0.26'

config route 'rota6'
    option interface 'eth4'
    option target '10.0.0.28'
    option netmask '255.255.255.240'
    option gateway '10.0.0.14'
```

(a) Configuração das Rotas Manuais do Router 3 (R3).

```
root@OpenWrt:/etc/config# cat network
config interface 'loopback'
    option device 'lo'
    option proto 'static'
    option ipaddr '127.0.0.1'
    option netmask '255.0.0.0'

config globals 'globals'
    option ula_prefix 'fd66:7d6e:45f0::/48'

config device
    option name 'br-lan'
    option type 'bridge'
    list ports 'eth0'

config interface 'lan'
    option device 'br-lan'
    option proto 'static'
    option ipaddr '192.168.2.1'
    option netmask '255.255.255.0'
    option ip6assign '60'

config interface 'eth1'
    option proto 'static'
    option device 'eth1'
    option ipaddr '10.0.0.25'
    option netmask '255.255.255.252'

config interface 'eth2'
    option proto 'static'
    option device 'eth2'
    option ipaddr '10.0.0.2'
    option netmask '255.255.255.252'

config interface 'eth3'
    option proto 'static'
    option device 'eth3'
    option ipaddr '10.0.0.10'
    option netmask '255.255.255.252'

config interface 'eth4'
    option proto 'static'
    option device 'eth4'
    option ipaddr '10.0.0.13'
    option netmask '255.255.255.252'
```

(b) Configuração das Interfaces do Router 3 (R3).

Figura 3: Router 3 (R3).

- **Acesso à Internet:** Estabelece-se conectividade com a Internet, permitindo que os dispositivos da rede possam aceder a recursos externos. Por exemplo, agora é possível realizar ping no domínio 'google.pt'.
- **Flexibilidade com Servidores DNS Externos:** A rede criada é capaz de utilizar servidores DNS externos para resolver nomes de domínio desconhecidos ao servidor DNS implementado. Fazendo o encaminhamento de domínios desconhecidos através do DNS da Universidade do Minho e do DNS do 1.1.1.1.

7 Plano de Atividades

Neste capítulo, detalha-se as atividades planeadas, definiu-se prazos necessários. Além disso, abordou-se a sequência lógica das tarefas garantindo uma execução eficiente e coordenada.

A compreensão deste Plano de Atividades é fundamental para a gestão eficaz do projeto, permitindo que todos tenham uma visão clara das etapas a serem seguidas e dos marcos a serem alcançados. Isso assegura que o projeto seja concluído dentro do prazo e com sucesso.

7.1 Atividades

Na Tabela 8 e Tabela 8.1, são apresentadas as atividades planeadas, juntamente com datas de início e conclusão. Além disso, no Anexo I, encontra-se o Diagrama de Gantt que fornece uma representação visual do plano de trabalho.

ID	Atividade	Início	Conclusão
1	Fase B - Rede de sensores	18/10/2023	21/11/2023
1.1	Reunião com o Grupo (quinzenal)	30/09/2023	09/01/2024
1.1.1	Reunião 1	18/10/2023	18/10/2023
1.2	Plano de Trabalhos	18/10/2023	27/10/2023
1.2.1	Definir objetivos e resultados esperados	18/10/2023	20/10/2023
1.2.2	Elaborar plano de trabalhos	19/10/2023	25/10/2023
1.2.3	Entregar Relatório de Especificação da Fase B	27/10/2023	27/10/2023
1.3	Projeto Fase B	18/10/2023	21/11/2023
1.3.1	Definição de Área de Aplicação	18/10/2023	24/10/2023
1.3.1.1	Escolher uma área de aplicação específica para o sistema IoT	18/10/2023	19/10/2023
1.3.1.2	Identificar dos parâmetros a serem monitorizados e controlados	18/10/2023	19/10/2023
1.3.1.3	Determinar os tipos de sensores e atuadores	19/10/2023	20/10/2023
1.3.1.4	Estabelecer os objetivos de desempenho para a rede	20/10/2023	22/10/2023
1.3.1.5	Escolher uma área de aplicação específica para o sistema IoT	22/10/2023	24/10/2023
1.3.2	Design da Rede de Sensores	24/10/2023	31/10/2023
1.3.2.1	Determinar a área de cobertura da rede de sensores	24/10/2023	31/10/2023
1.3.2.2	Planejar a distribuição dos sensores na área	24/10/2023	31/10/2023
1.3.2.3	Especificar os protocolos de comunicação	24/10/2023	31/10/2023
1.3.2.4	Projetar a topologia de rede	24/10/2023	31/10/2023
1.3.3	Configuração e simulação da rede	31/10/2023	21/11/2023
1.3.3.1	Instalar e configurar a ferramenta de simulação CupCarbon	31/10/2023	21/11/2023
1.3.3.2	Implementar a rede virtual dentro do CupCarbon	31/10/2023	21/11/2023
1.3.3.3	Simular o funcionamento da rede	31/10/2023	21/11/2023

Tabela 8: Plano de Atividades

7.2. LISTA DE RISCOS

ID	Atividade	Início	Conclusão
1.3.4	Integração da rede de sensores com a infraestrutura de rede	31/10/2023	21/11/2023
1.3.4.1	Conectar a rede de sensores simulada à infraestrutura de rede	31/10/2023	21/11/2023
1.3.4.2	Estabelecer a comunicação entre os sensores e a infraestrutura de rede	31/10/2023	21/11/2023
1.3.5	Implementação de protocolos de comunicação e mensagens	31/10/2023	21/11/2023
1.3.5.1	Definir o protocolo de comunicação entre os dispositivos	31/10/2023	21/11/2023
1.3.5.2	Implementar mensagens uplink	31/10/2023	21/11/2023
1.3.5.3	Opcional: Implementar mensagens downlink	31/10/2023	21/11/2023
1.3.6	Testes e avaliação	19/11/2023	21/11/2023
1.3.6.1	Realizar testes de comunicação entre os dispositivos sensores - gateway	19/11/2023	21/11/2023
1.3.6.2	Recolher dados de amostra dos sensores	19/11/2023	21/11/2023
1.3.7	Entrega da Fase B	21/11/2023	21/11/2023

Tabela 8.1: Plano de Atividades

7.2 Lista de Riscos

Nesta secção identifica-se e descreve-se os riscos potenciais associados ao projeto, Tabela 9 e Tabela 9.1. Cada risco é avaliado quanto à probabilidade de ocorrência, impacto, seriedade e os seus impactos/efeitos. Também são fornecidas ações de mitigação para lidar com estes riscos e minimizar os seus impactos. A cada um dos itens, para a probabilidade e o impacto, é atribuída uma pontuação numa escala de 1 a 5, em que o 1 corresponde a baixo e 5 corresponde a alto. A seriedade de cada risco obtém-se multiplicando a probabilidade pelo impacto, permitindo enaltecer os riscos que mais impacto poderão causar no projeto caso ocorram, de forma a estar mais atentos a eles.

A gestão dos riscos é uma parte essencial do planeamento do projeto, pois ajuda a prevenir problemas e a manter o projeto no caminho certo. Portanto, a identificação e avaliação destes riscos são cruciais para o sucesso do projeto.

ID	Risco	Mitigação	P	I	S
R1	Problemas de compatibilidade de hardware	Realizar uma análise prévia de compatibilidade e escolha dispositivos que sejam suportados pela ferramenta de simulação. Considerar ajustar as especificações dos dispositivos, se necessário	2	5	10
R2	Configuração complexa da rede de sensores	Dividir a configuração em etapas menores e documentar cada passo. Considerar a possibilidade de usar tutoriais ou recursos online para orientação	2	4	8
R3	Desempenho insuficiente da rede de sensores	Realizar testes de desempenho durante a configuração e fazer ajustes conforme necessário. Considerar redes alternativas ou topologias se os resultados não forem satisfatórios.	2	4	8

Tabela 9: Riscos inerentes ao desenvolvimento do projeto

7.2. LISTA DE RISCOS

ID	Risco	Mitigação	P	I	S
R4	Falhas no hardware ou software da plataforma de simulação	Manter atualizado as versões mais recentes da ferramenta. Fazer cópias de segurança regulares do trabalho e documentar qualquer problema encontrado.	2	4	8
R5	Falhas técnicas que comprometam o projeto	Utilização de repositórios para controlo de versões e realização de backups	2	4	8
R6	Restrições de recursos de hardware	Verificar os requisitos de sistema da ferramenta de simulação e certificar de que o hardware atenda aos requisitos	2	3	6
R7	Problemas de comunicação entre dispositivos sensores e gateway	Realizar testes de comunicação detalhados e verificar se os protocolos estão configurados corretamente. Teste diferentes protocolos de comunicação, se necessário.	2	3	6
R8	Falta de disponibilidade entre os membros grupo no projeto, fora das horas de aula	Agendar reuniões com antecedência, preparar bem as mesmas e manter contacto entre os membros do grupo	1	3	3
R9	Falta de documentos em inglês para todos os alunos entenderem	Fornecimento dos documentos em inglês	1	3	3

Tabela 9.1: Riscos inerentes ao desenvolvimento do projeto

8 Conclusão

Este relatório descreve a Fase B tendo como objetivo a criação de um sistema completo de IoT para interconectar o mundo físico ao mundo digital, com o foco na aplicação em cidades inteligentes. A Fase B concentrou-se na implementação da rede de sensores IoT, abrangendo aspetos como a definição da área de aplicação, escolha de sensores, tecnologia de comunicação sem fios e protocolos de comunicação.

O projeto oferece a oportunidade de adquirir conhecimentos e habilidades em diversas áreas da tecnologia da informação e comunicação, preparando os envolvidos para lidar com desafios do mundo real relacionados à IoT e à gestão de sistemas distribuídos.

Referências Bibliográficas

- [1] Ahcene Bounceur et al. "CupCarbon: A new platform for the design, simulation and 2D/3D visualization of radio propagation and interferences in IoT networks". Em: *2018 15th IEEE Annual Consumer Communications Networking Conference (CCNC)*. 2018, pp. 1–4. DOI: 10.1109/CCNC.2018.8319179.
- [2] <https://www.botnroll.com/pt/temperatura/1585-dht22-modulo-sensor-de-temperatura-e-humidade.html>. Acedido em 20 de fevereiro de 2023.
- [3] *A Brief History of the Internet?* https://www.usg.edu/galileo/skills/unit07/internet07_02.phtml. Acedido em 22 de setembro de 2023.
- [4] *What is a DNS server?* <https://www.cloudflare.com/learning/dns/what-is-a-dns-server/>. Acedido em 19 de setembro de 2023.
- [5] Gábor Lencse. "Benchmarking Authoritative DNS Servers". Em: *IEEE Access* 8 (2020), pp. 130224–130238. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3009141.
- [6] Megha Jayakumar, N Ramya Shanthi Rekha e B. Bharathi. "A comparative study on RIP and OSPF protocols". Em: *2015 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS)*. 2015, pp. 1–5. DOI: 10.1109/ICIIECS.2015.7193275.
- [7] Maria Sălăgean e Daniel Zinca. "IoT Applications based on MQTT Protocol". Em: *2020 International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC)*. 2020, pp. 1–4. DOI: 10.1109/ISETC50328.2020.9301055.
- [8] Toh Mun Heng e Linda Low. "The intelligent city: singapore achieving the next lap". Em: *Technology Analysis & Strategic Management* 5.2 (1993), pp. 187–202. DOI: 10.1080/09537329308524129.
- [9] Ben Morris. "The components of the Wired Spanning Forest are recurrent". Em: *Probability Theory and Related Fields* 125.2 (fev. de 2003), pp. 259–265. ISSN: 1432-2064. DOI: 10.1007/s00440-002-0236-0. URL: <https://doi.org/10.1007/s00440-002-0236-0>.
- [10] Raffaele Carli et al. "Measuring and Managing the Smartness of Cities: A Framework for Classifying Performance Indicators". Em: *2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*. 2013, pp. 1288–1293. DOI: 10.1109/SMC.2013.223.
- [11] Jonathan de Carvalho Silva et al. "LoRaWAN — A low power WAN protocol for Internet of Things: A review and opportunities". Em: *2017 2nd International Multidisciplinary Conference on Computer and Energy Science (SpliTech)*. 2017, pp. 1–6.
- [12] Quy Lam Hoang e Hoon Oh. "A Real-Time LoRa Protocol Using Logical Frame Partitioning for Periodic and Aperiodic Data Transmission". Em: *IEEE Internet of Things Journal* 9.16 (2022), pp. 15401–15412. DOI: 10.1109/JIOT.2022.3162019.
- [13] The Things Network. *What are LoRa and LoRaWAN?* <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/>, Acedido em 20 de outubro de 2023.

Anexo I - Diagrama de Gantt

