

# PLANEAMENTO RÁDIO WI-FI

---

## COMUNICAÇÕES MOVÉIS



**Câmara Municipal**

Porto, 26 de Novembro de 2019

Projetado por: Alexandre Amorim [1161497]

Ricardo Magalhães [1150652]

## Sumário Executivo

Este projeto surge no âmbito de solucionar as lacunas tecnológicas existentes na freguesia da Soalheira. O objetivo principal reside na elaboração de uma proposta para conceber uma rede Wi-Fi, contemplando a arquitetura da rede, análises de cobertura e de Fresnel, o mapa de quantidades e o orçamento necessário para implementar este projeto.

A ideia do projeto reflete uma realidade presente na maioria das freguesias portuguesas: a existência de uma rede Wi-Fi, que permite que os seus habitantes (público-alvo) desfrutem das melhores práticas tecnológicas atuais.

Em termos de análises na vertente de transmissão e receção de sinal, verificou-se que a rede proposta permite cobrir pelos menos 95% da população, assegurando uma potência de sinal mínima de -70 dBm nos pontos mais afastados e que é caracterizada por uma elevada redundância de trajetos para encaminhar informação aos diversos utilizadores.

Os custos dos equipamentos foram determinados tendo em consideração os valores praticados por dezenas de fabricantes, tendo-se optado pela fabricante Ubiquiti. Adicionalmente, foram analisadas as operadoras que prestam serviços de telecomunicações, culminando na descoberta que apenas a empresa Vodafone dispõe de serviços por fibra ótica. Deste modo sugere-se o pacote empresarial premium da Vodafone com um custo de 67,90€ mensais, podendo se adquirir mais do que um contrato caso as necessidades da população assim o justifiquem.

A análise económica e financeira realizada para determinar todos os custos inerentes a execução deste projeto convergiram numa soma total de 1.475,75€, o que se traduz em 1,70€ por pessoa. Este valor é bastante acessível, tendo em conta o nível de custo/qualidade proporcionado através deste projeto.

## Índice

Sumário Executivo.....	i
Índice.....	ii
Índice de Figuras.....	iii
Índice de Tabelas .....	iv
Abreviaturas e Símbolos .....	v
I. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Motivação .....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.4 Metodologia.....	3
1.5 Estrutura do Trabalho .....	3
II. Implementação .....	4
1. Contextualização .....	4
2. Arquitetura.....	5
3. Simulação da rede .....	6
3.1 Análise de Fresnel .....	6
3.2 Cobertura .....	7
4 Mapa de Quantidades e Orçamentação .....	8
4.1 Equipamentos.....	8
4.2 Serviço de Internet.....	9
4.3 Análise Financeira .....	10
Conclusão .....	11
Referências Bibliográficas .....	12
Anexos .....	13
A1. Access Points   UAP-AC-M-PRO .....	13
A2. Cabo de Fibra Ótica   SC-SC MONO 10M.....	14
A3. Cabo de rede RJ45 Cat5e   20m .....	15
A4. Fonte de Alimentação   Bateria POE-48-24W-G .....	16
A5. Protetor contra sobretensões Ethernet   ETH-SP-G2.....	17

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Localização da Soalheira em Portugal .....	1
<b>Figura 2</b> Gráfico relativo a evolução temporal da população da Soalheira [1] .....	1
<b>Figura 3</b> Geodesia da região em estudo .....	2
<b>Figura 4</b> Topografia da globalidade da região.....	2
<b>Figura 5</b> Topografia da região habitada .....	2
<b>Figura 6</b> Arquitetura da rede projetada .....	5
<b>Figura 7</b> Cobertura da região habitável da Soalheira.....	7
<b>Figura 8</b> Testes de cobertura a rede projetada .....	7
<b>Figura 9</b> Access Point UAP-AC-M-PRO [7] .....	8
<b>Figura 10</b> Fonte de alimentação POE-48-24W-G [6] .....	8
<b>Figura 11</b> Cabo de conexão por Fibra Ótica [5] .....	8
<b>Figura 12</b> Protetor contra sobretensões Ethernet ETH-SP-G2 [9].....	9
<b>Figura 13</b> Cabo de rede RJ45 Cat5e [8] .....	9
<b>Figura 14</b> Pacote fibra Net/Voz disponível pela Vodafone.....	9

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> Restrições técnicas impostas pela ANACOM .....	4
<b>Tabela 2</b> Potências ponto a ponto entre os APs .....	6
<b>Tabela 3</b> Potências ponto a ponto entre os APs e os dispositivos de testes .....	8
<b>Tabela 4</b> Mapa de Quantidades.....	10

## Abreviaturas e Símbolos

<b>A</b>	Ampere
<b>ANACOM</b>	Autoridade Nacional de Comunicações
<b>AP</b>	Ponto de acesso ( <i>Access Point</i> )
<b>Cat5e</b>	Cabo de categoria 5 que suporta velocidades 1 gigabit por segundo
<b>dBm</b>	Decibel relativos a 1 mili-watt ( <i>Decibels relative to one milliwatt</i> )
<b>E.I.R.P.</b>	<i>Equivalent Isotropically Radiated Power</i>
<b>GHz</b>	Giga Hertz
<b>GNR</b>	Guarda Nacional Republicana
<b>Hz</b>	Hertz
<b>IEEE</b>	Instituto de Engenheiros Eletrotécnicos e Eletrónicos
<b>ISP</b>	Operadora de serviços de Internet ( <i>Internet Service Provider</i> )
<b>km</b>	Quilómetros
<b>Mbps</b>	Megabites por segundo
<b>pF</b>	Pico Faraday
<b>PoE</b>	<i>Power Over Ethernet</i>
<b>V</b>	Volts
<b>W</b>	Watts
<b>WLAN</b>	Rede de área local sem fio ( <i>Wireless local area network</i> )
<b>€</b>	Euro
<b>°C</b>	Grau Célsio

## I. Introdução

### 1.1 Enquadramento

A Soalheira é uma freguesia portuguesa do concelho do Fundão, com  $12,42 \text{ km}^2$  de área e 867 habitantes (2016), resultando numa densidade populacional de  $69,48 \text{ km}^2/\text{hab}$  [1].

Em termos de património, existem diversos imóveis classificados como imóveis de interesse municipais, enumerados de seguida:

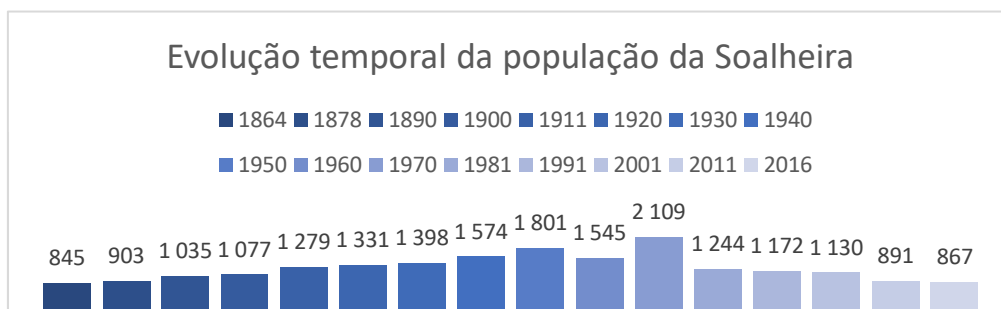
- Capela da S. Sebastião;
- Capela da Santo António;
- Capela e Imagem de Nossa Senhora das Necessidades;
- Chafariz da Praça;
- Chafariz de S. João;
- Cruzeiro da Independência;
- Fonte da Saúde;
- Fonte do Goducho ou Fonte do Mergulho;
- Fonte Pateira;
- Igreja Matriz de S. Lourenço.

Outro aspeto relevante inerente a esta vila são os equipamentos sociais que dispõe: Polidesportivo, escola básica, biblioteca, posto de GNR, Espaço Internet, posto de combustível, entre outros.

Uma das características a considerar no momento de projetar uma rede Wi-Fi é a quantidade de utilizadores. Ora como se pode visualizar através da **Figura 2**, a população da freguesia da Soalheira tem decrescido ao longo das últimas décadas, deste modo a rede foi projetada para satisfazer as condições atuais, não contemplando reservas consideráveis.



**Figura 1** Localização da Soalheira em Portugal



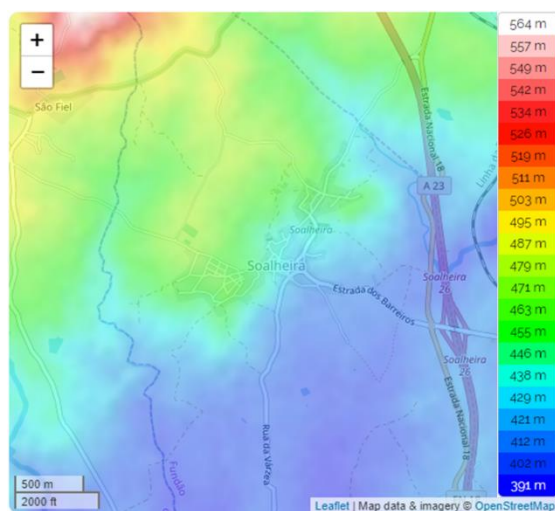
**Figura 2** Gráfico relativo a evolução temporal da população da Soalheira [1]

Em termos de vegetação, esta região não é caracterizada por uma elevada densidade vegetativa, deste modo não é necessário construir plataformas ou colocar os dispositivos de transmissão e receção de sinal a alturas elevadas (como se pode constatar através da **Figura 3**).

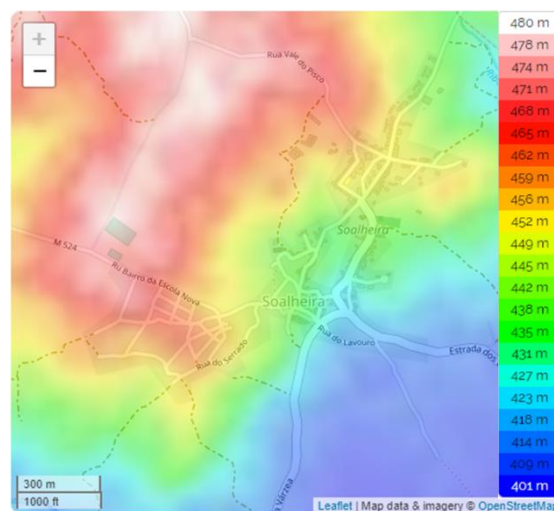


**Figura 3** Geodesia da região em estudo

Adicionalmente, é necessário contemplar no planeamento da rede à topografia da vila em estudo, sendo que não se encontram disparidades muito significativas em termos de altitudes (**Figura 4**). Restringindo a visualização da topografia para a zona com maior densidade populacional, pode-se verificar reduções nos desvios de altitude e da não existência de regiões com altitudes expressivas (**Figura 5**).



**Figura 4** Topografia da globalidade da região



**Figura 5** Topografia da região habitada

## 1.2 Motivação

Num mundo em constante transformação, surgem constantemente novas necessidades económicas e novas condições de mercado, sendo que deste modo é essencial que qualquer município esteja continuamente a desenvolver-se de forma a atrair mais população e turistas para prosperar. Assim sendo, torna-se impensável, não refletir sobre a possibilidade de usufruir de uma rede local com Wi-Fi (Wireless Local Area Network (WLAN)), permitindo assim que os habitantes possam ter acesso a *Internet*.



De modo a seguir as melhores práticas do mercado, o protocolo base do projeto será o IEEE 802.11, tecnologia alvo de inúmeros testes e consecutivamente de alta fiabilidade.

Neste contexto, realizou-se uma proposta que visa solucionar a lacuna tecnológica existente na freguesia da Soalheira, contemplando uma breve caracterização da região, um sumário do desenho da arquitetura, os resultados obtidos através de simulações, um mapa de quantidades dos equipamentos necessários, uma comparação dos ISPs disponíveis e por fim a análise financeira intrínseca ao projeto em estudo.

### 1.3 Objetivos

Este projeto tem como objetivo desenvolver uma solução que providencie uma rede de Wi-Fi a população da Soalheira, tendo de ser flexível, de forma a poder se adaptar a novos problemas e atualizações tecnológicas.

Em síntese, os principais objetivos deste projeto são:

- Assegurar uma potência de sinal mínima de -70 dBm nos pontos mais afastados;
- Conceber uma arquitetura de rede que permita cobrir as zonas com maior densidade populacional, tendo no mínimo uma potência de sinal de -70dBm para os terminais mais afastados;
- Simular a rede da área alvo;
- Realizar análises de Fresnel para os links ponto a ponto e de cobertura;
- Apresentar um mapa de quantidades, assim como o seu respetivo orçamento.

### 1.4 Metodologia

O projeto realizado segue uma abordagem tradicional de um sistema de engenharia, dispondo de uma estrutura robusta para mitigar possíveis problemas inerentes as redes Wi-Fi . Podem ser identificadas diversas etapas dentro desta metodologia, tais como as que se encontram de acordo da seguinte ordem:

- Análise da região em estudo;
- Implementação e integração de um sistema Wi-Fi, com a sua devida simulação através do *software* Radio Mobile;
- Testes, validações e avaliações das soluções desenvolvidas;
- Documentação da solução proposta e das conclusões relativas a proposta efetuada.

### 1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho encontra-se essencialmente dividido em quatro capítulos. O capítulo 1 contém um breve enquadramento da região em estudo assim como uma descrição da motivação e dos objetivos do trabalho. O capítulo 2 descreve todas as vertentes da implementação, como a arquitetura da rede, as análises de cobertura e de Fresnel, os mapas de quantidades e a orçamentação. Por sua vez, no capítulo 3, encontram-se descritas as principais conclusões deste projeto. Ulteriormente, encontram-se as referências bibliográficas e os anexos com as especificações técnicas.

## II. Implementação

### 1. Contextualização

Como referido anteriormente existem diversos objetivos relativamente a conceção da rede a implementar, sendo novamente enumerados de seguida:

- Assegurar uma potência de sinal mínima de -70 dBm nos pontos mais afastados;
- Conectar os pontos de acesso (*Access Point* (AP)) à respetiva *gateway* através de sinais *via* rádio;
- Disponibilizar uma cobertura de rede mínima correspondente a 95% da área populacional;
- Interligar a rede Wi-Fi à rede do fornecedor de serviços de Internet (Internet Service Provider (ISP)), por meio de uma *gateway*;
- Selecionar os respetivos equipamentos, de modo a viabilizar a execução do projeto em estudo.

Contudo, é necessário ressaltar que exigem normas a serem cumpridas, tais como as estipuladas pela Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM) no âmbito das transmissões de sinais rádio.

Os contingentes mais relevantes para o projeto em estudo, encontram-se na **Tabela 1**:

**Tabela 1** Restrições técnicas impostas pela ANACOM [2]

Banda de Frequência	Largura de Banda	Média máxima admissível de E.I.R.P
2,4 GHz	2400-2470 MHz	0,1 W
5 GHz	5150-5350 MHz	0,2 W
	5470-5725 MHz	1 W

Adicionalmente, é necessário garantir as exigências em relação as antenas, sendo que as de maior destaque se encontram enumeradas abaixo [2]:

- O equipamento pode ser utilizado em ambientes fechados ou ao ar livre;
- O equipamento pode ter antena integrada (antena permanentemente fixa projetada como uma parte indispensável do equipamento) ou apenas antena dedicada (antena removível e sempre com referência ao limite máximo estabelecido de pIRE, conforme indicado pelo fabricante);
- Antenas externas (antena não projetada especificamente para um tipo específico de equipamento) são proibidas;

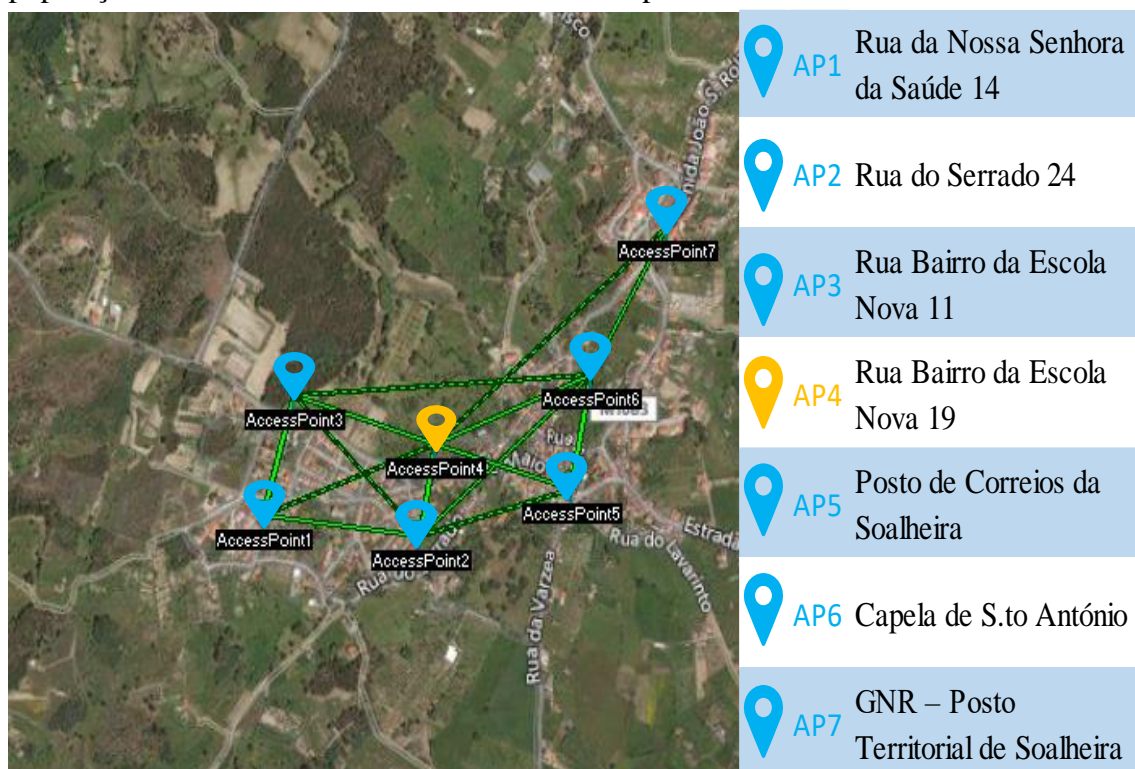
Ulteriormente, a freguesia da Soalheira possui cobertura por fibra [3], bastando solicitar a uma operadora o fornecimento de serviços que satisfaçam as necessidades da população em estudo.

## 2. Arquitetura

A vila em estudo, não possui infraestruturas na vertente de telecomunicações, ora desta forma optou-se por prosseguir com uma topologia de rede mesh, sendo que se pode observar a disposição geográfica dos APs através da **Figura 6**. A topologia mesh, permite que na eventualidade de um dos APs se encontrar fora de serviço, redirecionar o tráfego da rede para outro AP tornando a rede mais robusta (redundância). Adicionalmente, é caracterizada pela sua fácil escalabilidade, sendo que mesmo que a população da Soalheira aumente, esta topologia permite aumentar o número de equipamentos da rede sem perturbar o seu bom funcionamento e num curto intervalo de tempo. Por fim, outra das principais vantagens decorrentes da implementação da topologia de rede mesh é a facilidade de diagnosticar falhas de rede, possibilitando uma recuperação mais célere dos serviços em causa.

Em termos de antenas, foram implementados neste projeto antenas do tipo omnidirecional, por serem mais adequadas para a topologia de rede mesh. A sua grande vantagem é a possibilidade de receber e transmitir sinal com uma cobertura de 360°, ou seja, aumenta-se significativamente a redundância da rede. Na verdade, também poderia ser considerada uma desvantagem, pois em zonas de elevada densidade de tráfego leva a aumentos significativos de interferências. Contudo, dada a quantidade de utilizadores no local em estudo, não será um problema de risco elevado.

Como se poderá observar através da análise de Fresnel, o AP4 encontra-se conectado a todos os APs, sendo deste modo o escolhido para estar ligado ao ISP (gateway e estação base). No entanto, é possível adquirir mais do que um contrato, caso os interesses da população e das entidades administrativas municipais se encontrem alinhados.



**Figura 4** Arquitetura da rede projetada

### 3. Simulação da rede

#### 3.1 Análise de Fresnel

A simulação da rede foi realizada através do *software* Radio Mobile, ferramenta que foi parametrizada para as bandas de frequência de 2.4GHz (cobertura dos clientes) e 5GHz (conexões dos links ponto a ponto), e incluindo as especificações técnicas disponíveis nos *datasheets* dos equipamentos escolhidos.

A análise de Fresnel permite analisar possíveis interferências, por obstáculos, próximos ao caminho de um feixe de rádio. Por conseguinte, elaborou-se uma tabela que sintetiza as análises Fresnel efetuadas, e que permite averiguar quais os pontos de acesso que se encontram interligados e as suas respetivas potências em dBm, na **Tabela 2**.

**Tabela 2** Potências ponto a ponto entre os APs

Origem/Destino	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	AP7
AP1		-66,7dBm	-63,2dBm	-69,1dBm	-83,6dBm	-77,5dBm	-80,0dBm
AP2	-66,7dBm		-69,6dBm	-61,5dBm	-67,5dBm	-66,6dBm	-84,7dBm
AP3	-63,2dBm	-69,6dBm		-67,4dBm	-73,1dBm	-68,7dBm	-76,5dBm
AP4	-69,1dBm	-61,5dBm	-67,4dBm		-66,0dBm	-66,6dBm	-69,9dBm
AP5	-83,6dBm	-67,5dBm	-73,1dBm	-66,0dBm		-62,6dBm	-71,3dBm
AP6	-77,5dBm	-66,6dBm	-68,7dBm	-66,6dBm	-62,6dBm		-66,3dBm
AP7	-80,0dBm	-84,7dBm	-76,5dBm	-69,9dBm	-71,3dBm	-66,3dBm	

A posteriori da visualização da tabela, conclui-se que existe redundância na rede, isto é, existe mais do que uma ligação a conectar dois pontos de acesso, aumentando os níveis de segurança contra possíveis falhas de telecomunicações. Ademais, é possível verificar-se que diversos links respeitam o valor mínimo de potência de sinal (-70dBm), o que representa uma boa qualidade do sinal transmitido e recebido, além de menor presença de ruído nas transmissões.

O aumento da qualidade de transmissão conduz a um aumento no orçamento do projeto, contudo a relação qualidade/preço aumenta substancialmente, em que para além de aumentarmos os parâmetros das transmissões é realizado com custos bastante acessíveis.



## 3.2 Cobertura

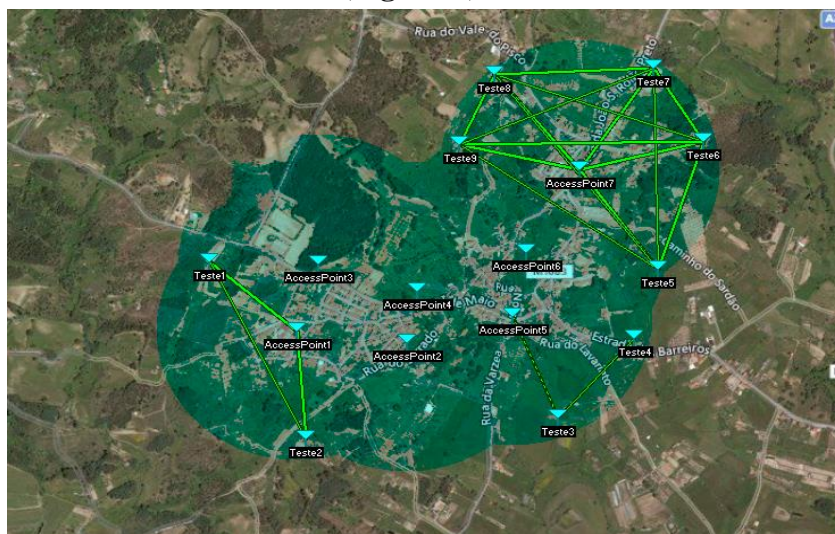
Existe outra análise complementar a análise de Fresnel, que é a análise de cobertura. Esta análise diz respeito à expansão da cobertura de rede por toda a área habitável da aldeia, de forma a obter um alcance máximo de cada equipamento para a sensibilidade de pelo menos -70 dBm. Cada AP é fixado numa determinada zona, tornando-se responsável pela cobertura da rede dessa área, no entanto é necessário salvaguardar que não interfira com a transmissão de um outro AP numa área adjacente (colisões).

De forma a que o escalonamento de canais seja realizado automaticamente, recorre-se o protocolo 802.11n, pois além de ser dual band, cobre distâncias significativas com uma velocidade máxima de taxa de transferência de 600 Mbits.



**Figura 5** Cobertura da região habitável da Soalheira

Como se pode verificar através da **Figura 7**, o objetivo de cobrir pelos menos 95% da população da vila em estudo foi cumprido com sucesso. Contudo, de forma a confirmar a veracidade da cobertura para a sensibilidade exigida, realizou-se diversos testes em pontos proeminentes a falhas de rede (**Figura 8**).



**Figura 6** Testes de cobertura a rede projetada

Tal como realizado na análise de Fresnel, elaborou-se uma tabela que permite averiguar as potências ponto a ponto entre os APs e os dispositivos de testes.

Tabela 3 Potências ponto a ponto entre os APs e os dispositivos de testes

Origem/Destino	AP1	AP5	AP7
Teste1	-68,2dBm		
Teste2	-65,9dBm		
Teste3		-67,7dBm	
Teste4		-65,2dBm	
Teste5			-68,5dBm
Teste6			-69,1dBm
Teste7			-69,7dBm
Teste8			-66,8dBm
Teste9			-66,1dBm

Posteriormente, a análise da Tabela 3, verifica-se que a cobertura se encontra validada e com um elevado grau de eficácia.

4 Mapa de Quantidades e Orçamentação

4.1 Equipamentos

Os equipamentos selecionados para satisfazer as exigências deste projeto são a fonte de alimentação (power unit) POE-48-24W-G (Figura 9) e o ponto de acesso (Access Point) UAP-AC-M-PRO (Figura 10), ambos fabricados pela Ubiquiti. Na verdade, o comerciante escolhido já incluía a power unit, contudo a grande maioria dos comerciantes não inclui este dispositivo (12,31€). Sendo deste modo necessário comprar separadamente.

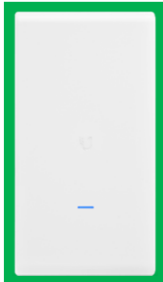


Figura 7 Access Point UAP-AC-M-PRO [4]



Figura 10 Fonte de alimentação POE-48-24W-G [5]

Em termos de cablagem, a operadora também contempla este requisito, contudo na eventualidade de não ser incluído, sugeria-se optar por cabos de fibra ótica monomodo, devido a possuírem uma velocidade superior aos cabos de fibra ótica multimodo, maior alcance de sinal e menor taxa de perda. Exemplifica-se na Figura 11 um cabo monomodo de 10 metros com custo de 5,92€.



Figura 11 Cabo de conexão por Fibra Ótica [6]

Por fim, é sugerido mais um equipamento, que apesar de não ser crucial para o projeto, tem uma relevância acrescida para situações de calamidades (como por exemplo descargas atmosféricas) que é o protetor contra sobretensões Ethernet ETH-SP-G2 (**Figura 12**). Este protetor é uma solução econômica para proteger dispositivos Ethernet externos contra descargas eletrostáticas e sobretensões danosas, descarregando-os mesmos com segurança no solo, para que os dispositivos de rede sejam protegidos.

Ora, para conectar o ETH-SP-G2 aos APs é necessário cabos de rede RJ45 Cat5e (**Figura 13**), tal como se pode comprovar pelo seu *datasheet*.



**Figura 12** Protetor contra sobretensões Ethernet ETH-SP-G2 [7]



**Figura 13** Cabo de rede RJ45 Cat5e [8]

## 4.2 Serviço de Internet

Existem três operadoras que fornecem serviços na região da Soalheira, que são a MEO, a NOS e a Vodafone. Todavia, apenas a Vodafone (considerada a melhor operadora de Internet em 2019 [9]) possui cobertura por fibra, deste modo sugere-se o pacote ilustrado na **Figura 14**, que já inclui *router*.

Posteriormente é necessário averiguar as velocidades médias de Internet móvel a nível nacional, de forma a que população tenha condições tecnológicas a par dos padrões médios nacionais. Após uma breve investigação, conclui-se que a velocidade média de download a nível nacional é de 26,5 Mbps [10], logo poderá se optar por realizar mais do que um contrato. No caso mínimo deverá se conectar o ISP ao AP4, pois tem o maior número de conexões.

**Premium**  
€67,90/mês  
Durante 24 meses

Ofertas novas adesões

- 1 mensalidade

Aderir

**Internet Fixa**

1 Gbps/200 Mbps

**Voz Fixa**

3000 min Rede Fixa Nacional  
1000 min Internacionais 24H

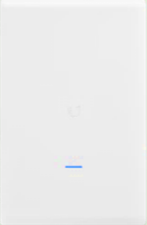


**Aditivos para empresas**

E-Fax  
Alojamento  
Dominio  
IP Fixo

**Figura 8** Pacote fibra Net/Voz disponível pela Vodafone [11]

## 4.3 Análise Financeira

Tabela 4 Mapa de Quantidades

Equipamento	Fotografia	Número de unidades	Preço Unitário	Custo Total
Access Point UAP-AC-M-PRO		7	156,04 €	1 092,28 €
Protetor contra sobretensões Ethernet ETH-SP-G2		7	9,86 €	69,02 €
Cabo de rede RJ45 Cat5e		7	5,50 €	38,50 €
			Com IVA (23%)	1 475,75 €



## Conclusão

Este projeto centrou-se na investigação, no desenvolvimento e na validação de metodologias e técnicas para dar resposta aos problemas tecnológicos da Soalheira. O projeto desenvolvido satisfaz todos os requisitos mínimos, além dos limites estipulados pela ANACOM, como se pode comprovar ao longo deste relatório.

A sugestão de uma arquitetura de tipologia mesh, demonstrou satisfazer diversos parâmetros tais como potência de transmissão, cobertura, robustez, escalabilidade, entre outros. Ademais, foram sintetizados os principais equipamentos para levar a cabo a implementação deste projeto, sendo esta escolha bastante refletida e tendo tido em conta o menor preço possível para a melhor qualidade possível. No caso de a população aumentar, recomenda-se optar por equipamentos com maior qualidade, tais como os fabricados pela empresa Cisco.

Outra vertente analisada foi o ISP ou a operadora que fornece serviços de *Internet*, tendo-se concluído que o melhor pacote para a zona em estudo ser o pacote empresarial premium da empresa Vodafone com um custo de 67,90€ mensais durante 24 meses. De referir, que na realidade seria necessário mais do que um pacote empresarial para que os habitantes tivessem uma qualidade de serviço bastante satisfatória, contudo esta decisão recai na população e nas entidades administrativas municipais.

Ulteriormente, foi realizada uma análise financeira do projeto, tendo-se obtido um valor total, incluindo uma taxa de IVA à 23% de 1.475,75€. Este valor pode ser facilmente considerado acessível, tendo em conta que fornece uma boa qualidade Wi-Fi a população da Soalheira, perfazendo um valor final de 1,70€ por habitante.

Em síntese, após a simulação da rede projetada, averiguou-se que este projeto teria sucesso com um custo bastante convidativo, mas necessitando de se realizar testes no terreno para verificar que os valores obtidos na simulação correspondem aos valores reais.

Em relação, a trabalhos futuros, sugere-se os seguintes tópicos mencionados abaixo:

- Realizar projetos nas vertentes empresariais, com possivelmente diversas empresas;
- Desenvolver upgrades de redes infraestruturadas, de forma a entender as melhores práticas a nível de telecomunicações em zonas de elevada densidade de tráfego de dados;
- Conceber redes para zonas com maior disponibilidade financeira, não havendo limitações de orçamento e assim focando-se na melhor qualidade de rede possível.

## Referências Bibliográficas

- [1] Soalheira. Retirado a 4 de Dezembro 2019, em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Soalheira>
- [2] Use of wireless broadband systems (WAS/RLANs) in the 5 GHz band (5150-5350 MHz and 5470-5725 MHz). Retirado dia 3 de Dezembro 2019, de <https://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=1150906>
- [3] Fibra ótica vai chegar à cidade e às freguesias - Jornal o Interior. (2016). Retirado 4 de Dezembro de 2019, em <https://www.ointerior.pt/arquivo/fibra-otica-vai-chegar-a-cidade-e-as-freguesias/>
- [4] Ubiquiti UniFi 802.11ac Mesh Pro Outdoor 2.4/5GHz AP US. (2019). Retirado 4 Dezembro 2019, em <https://www.balticnetworks.com/ubiquiti-unifi-802-11ac-mesh-pro-outdoor-2-4-5ghz-ap.html>
- [5] (2019). Retirado 4 Dezembro 2019, em <https://www.amazon.com/Ubiquiti-Networks-0-5A-GigEthernet-POE-48-24W-G/dp/B00HXT8MNI>
- [6] Cabo Conexao Fibra Otica Dados SC-SC Mono 10m. Retirado 5 Dezembro 2019, em [https://www.minfo.pt/catalogo/detalhes\\_produto.php?id=1343892](https://www.minfo.pt/catalogo/detalhes_produto.php?id=1343892)
- [7] Ubiquiti Ethernet Surge Protector Gen 2. Retirado 6 Dezembro 2019, em <https://www.balticnetworks.com/ubiquiti-ethernet-surge-protector-gen-2.html>
- [8] Cabo de Rede c/ Fichas RJ45 - 20 Metros Online | Loja Chiptec. Retirado 6 Dezembro 2019, em <https://www.chiptec.net/networking/redes-com-fios/cablagem/cabo-de-rede-c-fichas-rj45-20-metros.html>
- [9] Pinto, P. (2019). Portugal: Estes são os distritos onde a internet móvel é mais rápida. Retirado 6 Dezembro 2019, em <https://pplware.sapo.pt/internet/portugal-estes-sao-os-distritos-onde-a-internet-movel-e-mais-rapida/>
- [10] Ferreira, R. (2018). Velocidade média das redes Wi-Fi em Portugal é de 26,5 Mbps. Retirado 6 Dezembro 2019, em <https://insider.dn.pt/em-rede/velocidade-wi-fi-portugal-26-mbps/9326/>
- [11] Vodafone Portugal - Telemóveis, Internet, Televisão. (2019). Retirado 6 Dezembro 2019, em <https://www.vodafone.pt/business/comunicacoes/pacotes-empresas.html?activeTab=net-voz&id=tabs-pacotes#net-voz>

## Anexos

## A1. Access Points | UAP-AC-M-PRO

UAP-AC-M-PRO	
Dimensions	343.2 x 181.2 x 60.2 mm (13.51 x 7.13 x 2.37")
Weight	633 g (1.40 lb)
Networking Interface	(2) 10/100/1000 Ethernet Ports
Buttons	Reset
Power Method	802.3af PoE (Supported Voltage Range: 44 to 57VDC)
Power Supply	48V, 0.5A PoE Gigabit Adapter*
Power Save	Supported
Maximum Power Consumption	9W
Maximum TX Power 2.4 GHz 5 GHz	22 dBm 22 dBm
Antennas	(3) Internal Dual-Band Antennas 8 dBi
Wi-Fi Standards	802.11 a/b/g/n/r/k/v/ac
Wireless Security	WEP, WPA-PSK, WPA-Enterprise (WPA/WPA2, TKIP/AES)
BSSID	Up to 8 per Radio
Mounting	Wall/Pole (Pole Kit Included)
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Certifications	CE, FCC, IC

\* Only the single-pack of the UAP-AC-M-PRO includes a PoE adapter

Advanced Traffic Management	
VLAN	802.1Q
Advanced QoS	Per-User Rate Limiting
Guest Traffic Isolation	Supported
WMM	Voice, Video, Best Effort, and Background
Concurrent Clients	250+

Supported Data Rates (Mbps)	
Standard	Data Rates
802.11ac	6.5 Mbps to 1300 Mbps (MCS0 - MCS9 NSS1/2/3, VHT 20/40/80)
802.11n	6.5 Mbps to 450 Mbps (MCS0 - MCS23, HT 20/40)
802.11a	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
802.11g	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
802.11b	1, 2, 5.5, 11 Mbps

## A2. Cabo de Fibra Ótica | SC-SC MONO 10M

Cor	Amarela, conectores verdes
Conexão	Fibra ótica para dados SC-SC
Comprimento de cabo	10.0m
Modo	Mono Simples 9/125 Simplex, sem halogênio

A3. Cabo de rede RJ45 Cat5e 20m

Features	
Comprimento do cabo	20 m
RoHS compliance	✓
Cable standard	Cat5e
Conector 1	RJ-45
Conector 2	RJ-45
Features	
Tipo de género	Male/Male
Tecnologia de cablagem	10/100/1000Base-T(X)
Cor da caixa	Cinzento
Embalagem	
Quantidade por pack	1

## A4. Fonte de Alimentação | Bateria POE-48-24W-G

Model	POE-48-24W-WH	POE-48-24W-G-WH	POE-50-60W, POE-50-60W-WH
Dimensions	93 x 59 x 33 mm (3.66 x 2.32 x 1.30")	96 x 62 x 35 mm (3.78 x 2.44 x 1.38")	101 x 60 x 33 mm (3.98 x 2.36 x 1.30")
Weight	145 g (5.12 oz)	166 g (5.86 oz)	192 g (6.77 oz)
Output Voltage	48VDC @ 0.5A	48VDC @ 0.5A	50VDC @ 1.2A
LAN Activity Indicator	No	No	No
Gigabit LAN Port	No	Yes	Yes
Remote Reset Capability	No	No	No
Reset Button	No	No	No
Rated Voltage	100-240VAC @ 50/60Hz	100-240VAC @ 50/60Hz	100-240VAC @ 50/60Hz
Input Current	0.6A @ 120VAC, 0.4A @ 240VAC	0.6A @ 120VAC, 0.4A @ 240VAC	1.3A @ 120VAC, 0.75A @ 230VAC
Inrush Current	<60A Peak @ 120VAC, <120A Peak @ 230VAC	<65A Peak @ 120VAC, <130A Peak @ 230VAC	<100A Peak @ 120VAC, <200A Peak @ 230VAC
Efficiency	80+%	80+%	85+%
Output Ripple	1% Max.	1% Max.	1% Max.
Switching Frequency	65 kHz	65 kHz	65 kHz
Line Regulation	≤ 3%	≤ 3%	≤ 3%
Load Regulation	≤ 5%	≤ 5%	≤ 5%
2-Pair Powering	Pins 4, 5 (+) and Pins 7, 8 (-)	Pins 4, 5 (+) and Pins 7, 8 (-)	-
4-Pair Powering	-	-	Pins 1, 2, 4, 5 (+) and Pins 3, 6, 7, 8 (-)
Operating Temperature	0 to 40°C (32 to 104°F)	0 to 40°C (32 to 104°F)	0 to 40°C (32 to 104°F)
Storage Temperature	-30 to 70°C (-22 to 158°F)	-30 to 70°C (-22 to 158°F)	-30 to 70°C (-22 to 158°F)
Operating Humidity	5 to 90% Noncondensing	35 to 95% Noncondensing	35 to 95% Noncondensing
AC Connector	IEC-320 C6	IEC-320 C6	IEC-320 C6
Data IN / POE	RJ45 Shielded Socket	RJ45 Shielded Socket	RJ45 Shielded Socket
Surge Protection	Difference and Common Mode	Difference and Common Mode	Difference and Common Mode
Clamping Protection	11V Data, 60V Power	11V Data, 60V Power	11V Data, 60V Power
Max. Surge Discharge	1500A (8/20 μs) Power	1500A (8/20 μs) Power	1500A (8/20 μs) Power
Peak Pulse Current	36A (10/1000 μs) Data	36A (10/1000 μs) Data	36A (10/1000 μs) Data
Shunt Capacitance	<5 pF data	<5 pF data	<5 pF data
Response Time	<1 ns	<1 ns	<1 ns
Certifications	CE, FCC, IC, UL	CE, FCC, IC, UL	CE, FCC, IC, UL

A5. Protetor contra sobretensões Ethernet | ETH-SP-G2

ETH-SP-G2	
Dimensions	91 x 61 x 32.5 mm (3.58 x 2.4 x 1.28")
Weight	80 g (2.82 oz)
Interface Connections	(2) RJ45 Female Connectors
ESD/EMP Protection	Absorbing Transient Current with Response to Surge Voltage from 100V/s to 1kV/μs
DC Spark-Over Voltage	90V @ 100V/s
Maximum Impulse Spark-Over Voltage	700V @ 1kV/μs
Discharge Current	10kA+
Maximum Insulation Resistance	1G ohm @ 50V
Maximum Capacitance	1.0 pF @ 1 MHz
Data Line Protection	RJ45 10/100/1000 Ethernet
IEEE 802.3af PoE Support	Yes
Shock and Vibration Certification	ETSI300-019-1.4 Standard
Operating Temperature	-30 to 65° C (-22 to 149° F)
Operating Humidity	10 to 90% Noncondensing