



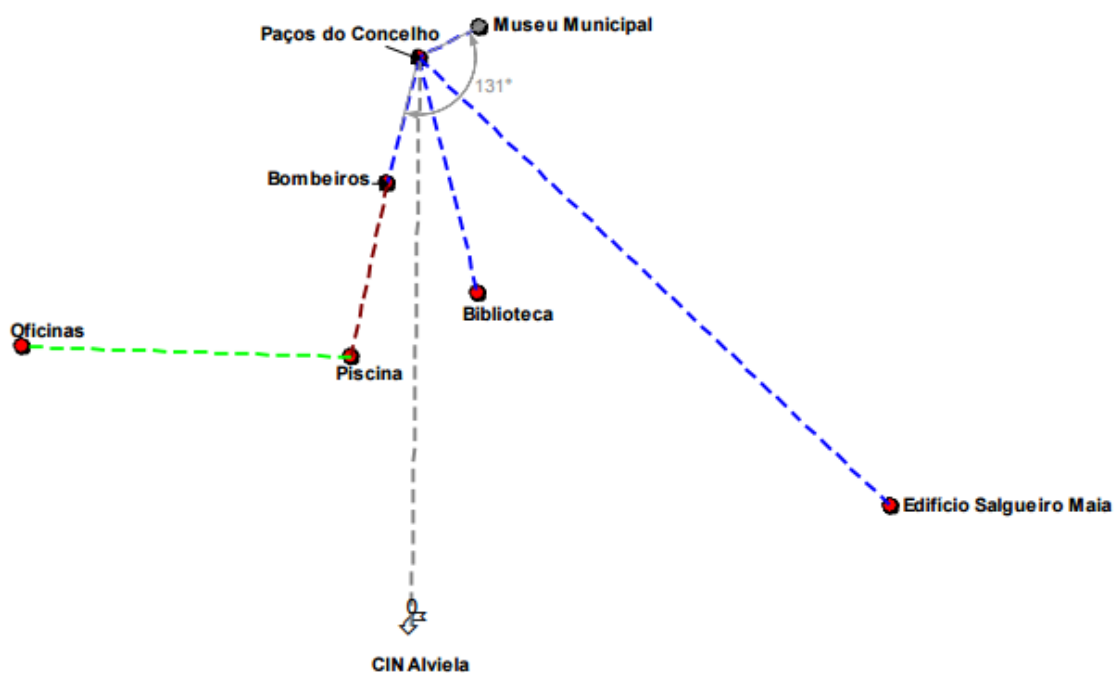
Instituto Politécnico de Tomar

Instituto Politécnico de Tomar  
Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Engenharia Informática

Projeto de Redes – Trabalho Prático Nº 1

2014/2015



Trabalho realizado por:

Dário Mendes                      N° 17337

Ricardo Cruz                        N° 17808

## Índice

1	Introdução .....	3
2	Objetivos .....	4
3	Descrição do Problema .....	5
4	Cálculo da Linha de Vista.....	6
	Paços do Conselho – Bombeiros .....	6
	Bombeiros – Piscinas .....	7
	Piscinas – Oficinas .....	8
	Paços do Conselho – Centro de Interpretação do Alviela .....	9
4.1.1	Paços do Conselho – Monte (Repetidor) .....	10
4.1.2	Monte (Repetidor) – Centro de Interpretação do Alviela .....	11
5	Equipamento Necessário .....	12
6	Desafios .....	14
7	Conclusão .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
8	Bibliografia .....	16

## 1 Introdução

---

Hoje em dia as Redes Wireless são utilizadas abundantemente. Estas podem ser usadas para satisfazer um elevado número de necessidades que dependam de acesso à internet quando não se tem acesso direto (por cabo) a equipamentos que assim o possam fornecer.

Apesar das suas potencialidades, as redes Wireless podem deparar-se com diversos obstáculos sejam estes físicos ou lógicos. Como tal, aquando da criação/gestão de uma rede Wireless é preciso ter em atenção vários fatores, nomeadamente, fatores relacionados com perda de sinal ou possíveis obstruções de sinal.

No que toca às comunicações de rádio, uma Zona Fresnel, nomeada a partir do físico Augustin-Fresnel, é um dos elipsoides concêntricos que definem os volumes do padrão de radiação de abertura circular. Através destas zonas é possível averiguar a eficácia de uma comunicação radio quanto à perda de sinal por obstruções.

Para tirar o maior partido do sinal do recetor é necessário diminuir ao máximo a perda de sinal devido à sua obstrução através da remoção de obstáculos da linha de vista, visto que, os sinais que apresentam maior potência se encontram na linha direta entre o emissor e o recetor.

Neste Trabalho Prático será realizado o cálculo do link budget entre vários locais, tendo em conta diversos fatores tais como a linha de vista, a determinação do EIRP (Equivalent Isotropically Radiated Power) e das perdas de sinal em espaço aberto e a diferença entre a potência recebida e a sensibilidade do recetor.

## 2 Objetivos

---

Analisar soluções tecnológicas para a implementação de redes wireless.

Projetar redes wireless de acordo com as tecnologias consideradas adequadas para os requisitos operacionais e para as condicionantes identificadas no terreno.

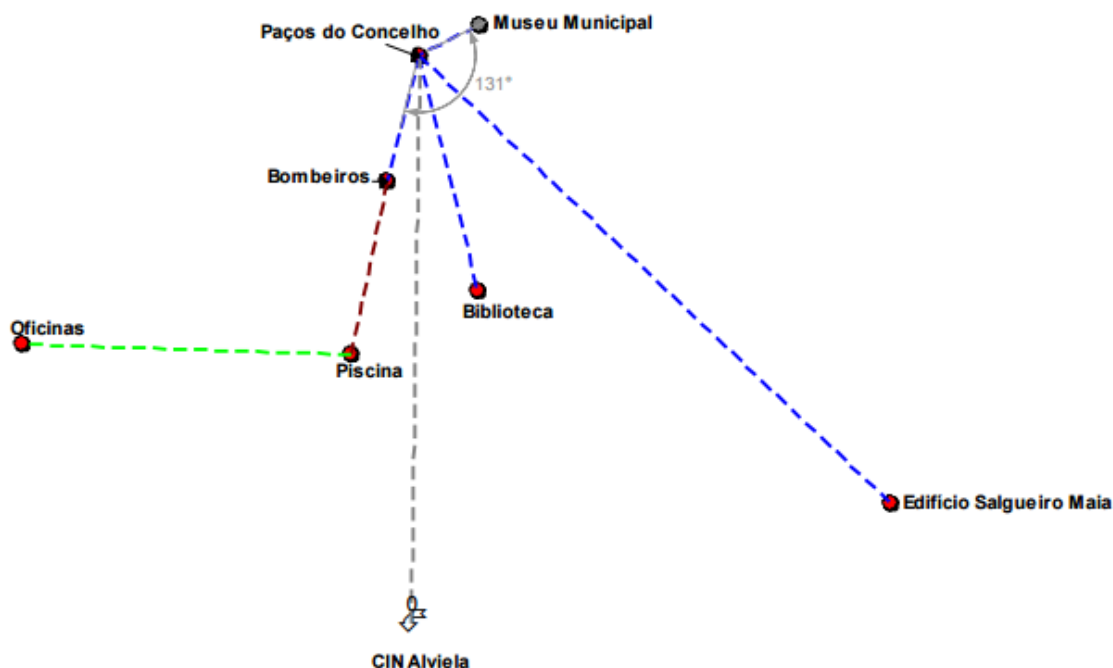
### 3 Descrição do Problema

Este trabalho prático tem como objetivo a elaboração de uma rede wireless entre vários edifícios localizados em sítios diferentes tendo em conta as suas necessidades de largura de banda.

#### Edifícios:

- Paços do Concelho
- Bombeiros
- Piscinas
- Oficinas
- Centro de Interpretação do Alviela

#### Diagrama da Rede

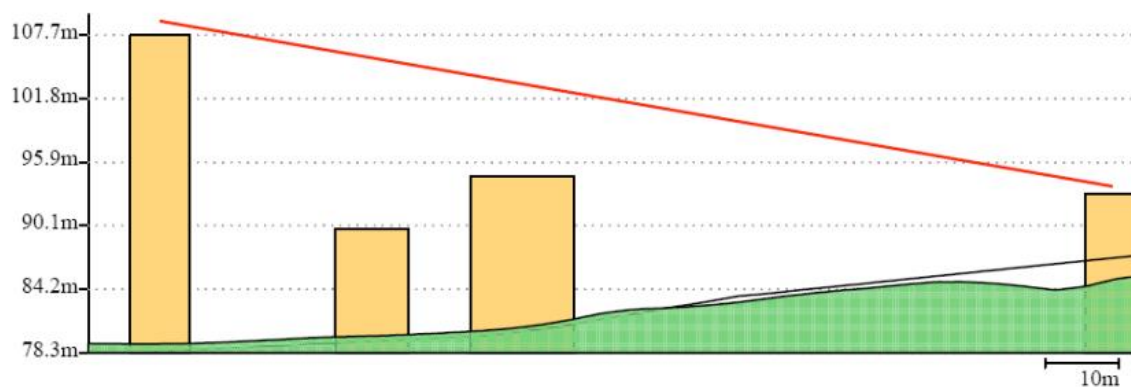


#### Necessidades de Largura de Banda

Edifício(Local)	Largura de Banda (Rede)	Largura de Banda (Rádio)
Bombeiros	25Mbps	50Mbps
Piscinas	15Mbps	30Mbps
Oficinas	5Mbps	10Mbps
CIN Alviela	6Mbps	12Mbps

## 4 Cálculo da Linha de Vista

### Paços do Conselho – Bombeiros



- Distância – 154m
- Determinar linha de vista

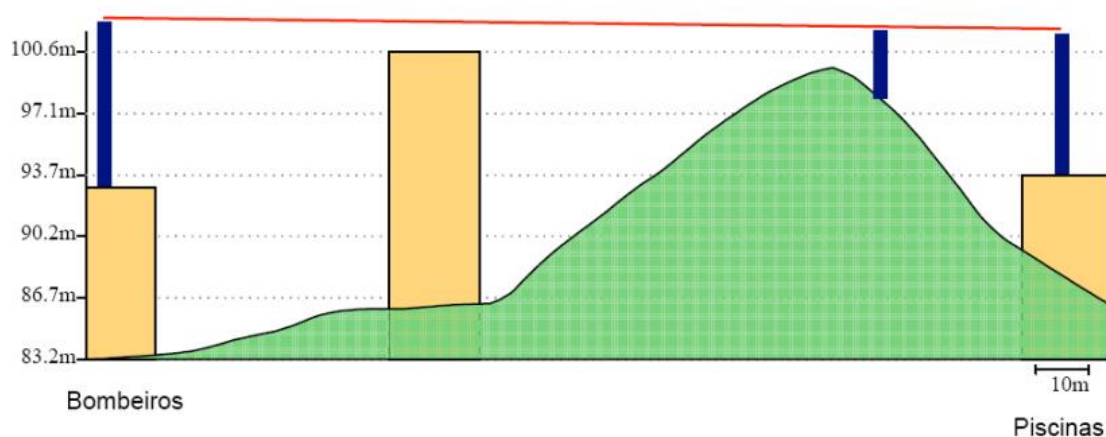
### Zona Fresnel

$$r = 17.32 * \sqrt{0.154 / (4 * 2.4)} = 2.2m$$

Distancia	Altura Edifício	Altura Obstáculo	Frequencia	Zona Fresnel	Zona Fresnel (80%)	Linha de Vista
154m	107.7m	~94.5m	2.4Ghz	2.2m	1.76m	Existe



### Bombeiros – Piscinas



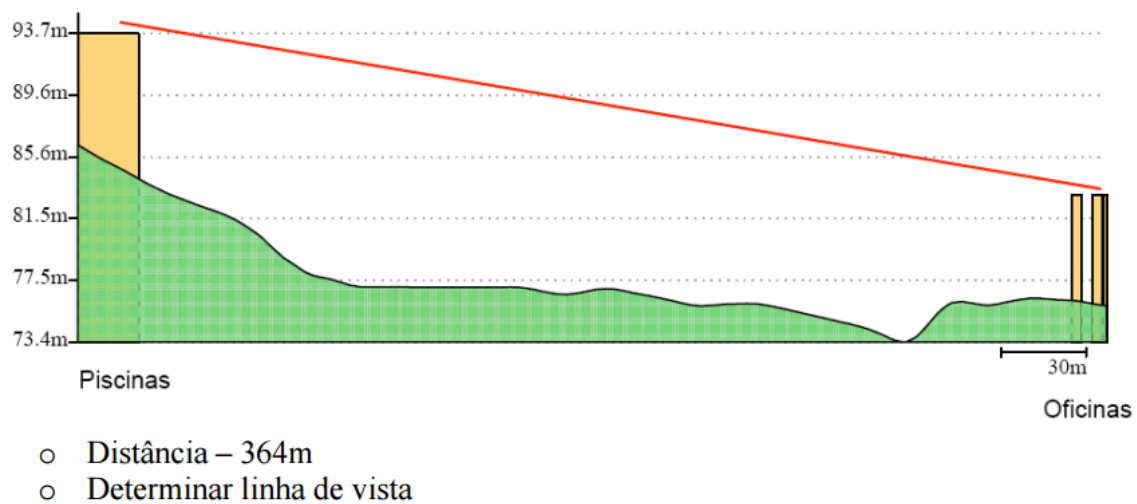
- Distância – 195m
- Determinar linha de vista

### Zona Fresnel

$$r = 17.32 * \sqrt{0.195 / (4 * 2.4)} = 2.5m$$

Distancia	Altura Edifício	Altura Obstáculo	Frequencia	Zona Fresnel	Zona Fresnel (80%)	Linha de Vista
195m	~102m (edificio + antena)	100.6m	2.4Ghz	2.46m	1.98m	Existe

### Piscinas – Oficinas



### Zona Fresnel

$$r = 17.32 * \sqrt{(0.364 / (4 * 2.4))} = 3.37\text{m}$$

Distancia	Altura Edifício	Altura Obstáculo	Frequencia	Zona Fresnel	Zona Fresnel (80%)	Linha de Vista
364m	93.7m	~83m	2.4Ghz	3.37m	2.7m	Existe



## Paços do Conselho – Centro de Interpretação do Alviela



### Zona Fresnel

$$r = 17.32 * \sqrt{3.974 / (4 * 2.4)} = 11.14m$$

Distancia	Altura Edifício	Altura Obstáculo	Frequencia	Zona Fresnel	Zona Fresnel (80%)	Linha de Vista
3974m	107.7m	~95m	2.4Ghz	11.14m	8.9m	Não Existe

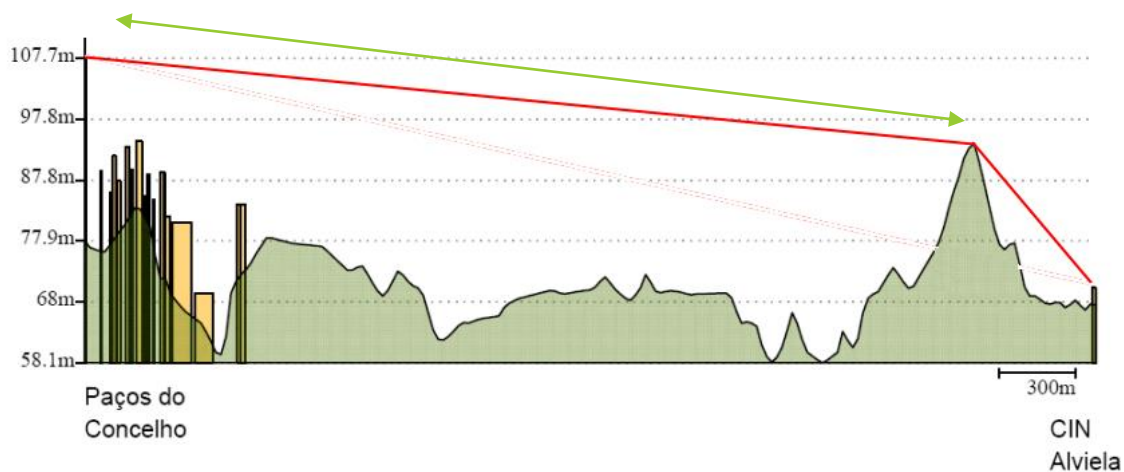
Através da observação do gráfico e da elaboração dos cálculos da Zona de Fresnel conclui-se que a ligação wireless entre o ponto Paços do Conselho e o ponto Centro de Interpretação do Alviela não é possível ser efetuada devido ao obstáculo (Monte) que se apresenta a aproximadamente 450 metros do recetor do CIN do Alviela.

Apresentamo-nos perante duas possíveis soluções.

1. Colocar uma antena mais alta no ponto CIN Alviela
2. Colocar um repetidor no cume do Monte

Visto que para a primeira solução teríamos de usar uma antena com uma altura superior a 10m, decidiu-se que esta opção não seria viável devido a instabilidade que a antena iria presenciar em condições atmosféricas menos propícias. Acabando-se assim por se optar pela instalação de um repetidor.

#### 4.1 Paços do Conselho – Monte (Repetidor)



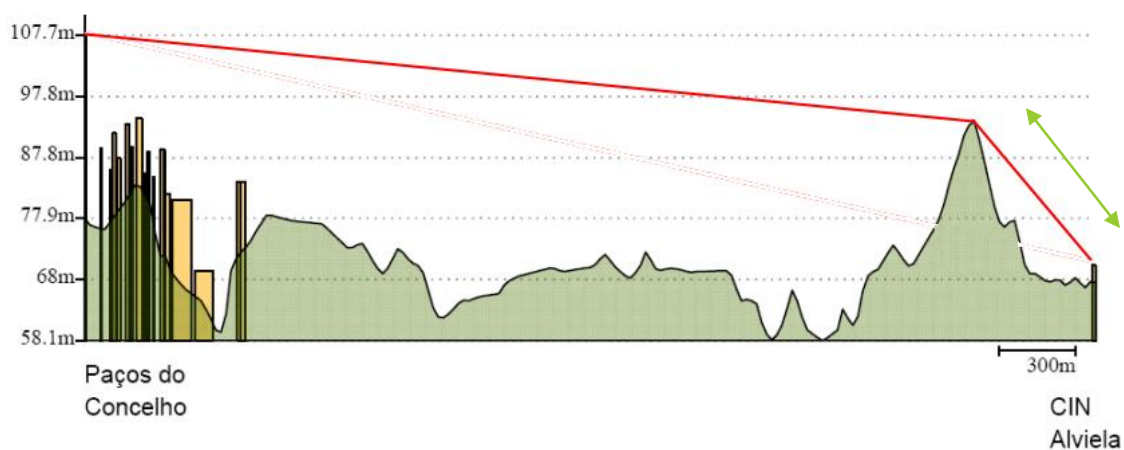
- Distancia – 3524
- Determinar Linha de Vista

#### Zona Fresnel

$$r = 17.32 * \sqrt{3.524 / (4 * 2.4)} = 10.5m$$

Distancia	Altura Edifício	Altura Monte	Frequencia	Zona Fresnel	Zona Fresnel (80%)	Linha de Vista
3524m	107.7m	~95m	2.4Ghz	10.5m	8.4m	Existe

#### 4.2 Monte (Repetidor) – Centro de Interpretação do Alviela



- Distancia – 3524
- Determinar Linha de Vista

#### Zona Fresnel

$$r = 17.32 * \sqrt{0.450 / (4 * 2.4)} = 3.75\text{m}$$

Distancia	Altura Monte	Altura Edifício	Frequencia	Zona Fresnel	Zona Fresnel (80%)	Linha de Vista
450m	~95m	~70m	2.4Ghz	3.75m	3m	Existe

## 5 Equipamento Necessário

Devido ao fato de existirem 5 Links deparamo-nos com a necessidade de obtenção de 10 Antenas e 10 APs (Access Points). Como tal, e de acordo com as necessidades da rede, decidiu-se optar pelos seguintes equipamentos

Equipamento	Modelo	Características	Quantidade
Antena	Cisco AIR-ANT2465P-R <sup>[1]</sup>	Ganho: 6.5Bi Banda de Frequência: 2.4Ghz – 2.5Ghz	10
Access Point	Cisco Aironet 1530E <sup>[2]</sup>	Sensibilidade 802.11g: -93 dBm @ 6 Mbps -90 dBm @ 9 Mbps -88 dBm @ 12 Mbps -85 dBm @ 18 Mbps -82 dBm @ 24 Mbps -82 dBm @ 36 Mbps -76 dBm @ 48 Mbps -73 dBm @ 54 Mbps	10

## 6 Link Budget

Foram realizados os cálculos necessários para o preenchimento da tabela relativa ao Link Budget que se encontra mais a baixo.

Na tabela seguinte encontram-se as larguras de banda necessárias a cada Local tendo em conta as velocidades que podem ser fornecidas pelo Access Point

Local	Largura de Banda Necessária		Largura de Banda Suportada (Radio)
	Rede	Radio	
Bombeiros	25Mbps	50 Mbps	54 Mbps
Piscinas	15 Mbps	30 Mbps	36 Mbps
Oficinas	5 Mbps	10 Mbps	12 Mbps
CIN Alviela	6 Mbps	12 Mbps	12 Mbps
Monte	6 Mbps	12 Mbps	12 Mbps

Seguidamente vem a tabela do Link Budget

Estação Emissora (A)	Potencia Transmitida	Ganho da Antena Emissora	Comp. do Cabo	EIRP	Estação Recetora (B)	Ganho da antena Recetora	Comp. do Cabo	LFS	Potencia Recebida	Ligação Wireless		
										Distancia	Modo	Margem
P. Concelho	15.7dB	6.5dBi	10m	20dBm	Bombeiros	6.5dBi	20m	83.8	-61.8dBm	0.154km	54Mbps	11.2dB
Bombeiros	17.9dB	6.5dBi	20m	20dBm	Piscinas	6.5dBi	6m	85.9	-60.72dBm	0.195km	36Mbps	21.28dB
Piscinas	14.8dB	6.5dBi	6m	20dBm	Oficinas	6.5dBi	1m	91.3	-65.02dBm	0.364km	12Mbps	22.98dB
P. Concelho	15.7dB	6.5dBi	10m	20dBm	Monte	6.5dBi	10m	111.0	-86.7dBm	3.524km	12Mbps	1.3dB
Monte	15.7dB	6.5dBi	10m	20dBm	CIN Alviela	6.5dBi	20m	93.1	-71.0dBm	0.450km	12Mbps	17dB

Os cálculos efetuados encontram-se nos Anexos.

## 7 Desafios

---

- 1. As normas IEEE 802.11n e IEEE 802.11ac são neste momento as normas usadas em redes sem fios por rádio frequência em ambientes indoor. Compare o princípio de funcionamento destas normas com as normas IEEE 802.11 a/b/g**

A norma 802.11b foi publicada em Setembro de 1999. Esta norma foi idealizada para ser usada tanto em ambientes indoor como ambientes outdoor abrangendo alcances de 35m e 140m respetivamente com uma frequência de 2.4GHz. Esta norma, apesar das suas outras características, apresenta elevadas taxas de interferências tanto na emissão como na receção. No entanto, esta norma aparenta ser a mais barata em termos de dispositivos usados e a mais acessível a nível mundial.

A norma 802.11a foi definida após os padrões 802.11 e 802.11b em 1999. Esta norma opera na frequência de 5.4GHz sendo as suas principais vantagens a sua velocidade, a gratuitidade da sua frequência e a ausência de interferências. No entanto esta norma não é compatível com padrões respeitantes a Access Points 802.11b e g.

Mais tarde, em 2003, foi publicada a norma 802.11g que veio facilitar a escolha dos fabricantes visto ser uma norma que se baseia na compatibilidade com a norma 802.11b operando a uma frequência de 2.4GHz. Tem como vantagens a sua velocidade, a utilização de autenticações WEP estativas já aceitando alguns tipos de autenticação WPA com criptografia AES. No entanto, esta norma torna-se por vezes difícil de configurar como Home Gateway e apresenta algumas interferências tal como a norma 802.11b.

A norma 802.11ac é uma norma que opera nas frequências de 5GHz, obtendo assim significativamente menos interferências que as restantes normas. Esta opera com taxas nominais superiores que utilizam velocidades de até 1Gbps, padronizando em 1300Mbps tal como a norma 802.11n. No entanto ao contrário da norma 802.11n, ainda não foi padronizada. Uma das grandes vantagens desta norma é o facto de esta conseguir comunicar simultaneamente com diversos dispositivos conectados ao router sem qualquer interrupção ao contrário da norma 802.11n que só conseguia comunicar com um dispositivo de cada vez.



## 2. Quais os cuidados a ter durante o projeto quando se pretende usar as normas IEEE 802.11n e ac ?

As normas IEEE 802.11n e 802.11ac são normas que suportam frequências de bandas entre os 2.4Ghz e os 5Ghz. Apesar da sua velocidade superior, estas normas não são permitidas em todos os países, sendo que o primeiro cuidado que se deve de ter é o país em que se pretende instalar a rede indoor de modo a garantir a sua legalidade.

Na tabela seguinte encontram-se os países que permitem/não permitem estas normas

Channel #	Frequency (MHz)	United States & Canada	Europe	Switzerland <sup>(1),(2),(3)</sup>	Japan	Singapore	China	Israel	Korea	Turkey	Australia	South Africa	Brazil	Taiwan	New Zealand
		40/20 MHz <sup>(1)</sup>	40/20 MHz <sup>(1)</sup>	Unknown MHz <sup>(1)</sup>	40/20 MHz <sup>(1)</sup>	40/20 MHz <sup>(1)</sup>	40/20 MHz <sup>(1)</sup>	20 MHz <sup>(1)</sup>	20 MHz <sup>(1)</sup>	40/20 MHz <sup>(1)</sup>	40/20 MHz <sup>(1)</sup>	40/20 MHz <sup>(1)</sup>	40/20 MHz <sup>(1)</sup>	40/20 MHz <sup>(1)</sup>	40/20 MHz <sup>(1)</sup>
7	5035	No	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No
8	5040	No	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No
9	5045	No	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No
11	5055	No	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No
12	5060	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
16	5080	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
34	5170	No	No	Indoor	Client only (interference needed)	No	Yes	No	Yes	Yes	Indoor	No	Indoor	Indoor	No
36	5180	Yes <sup>(1)</sup>	Yes	Indoor	Indoor	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Indoor	Yes	Indoor	Indoor	No
38	5190	No	No	Indoor	Client only	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Indoor	No	Indoor	Indoor	No
40	5200	Yes	Yes	Indoor	Indoor	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Indoor	Yes	Indoor	Indoor	No
42	5210	No	No	Indoor	Client only	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Indoor	No	Indoor	Indoor	No
44	5220	Yes	Yes	Indoor	Indoor	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Indoor	Yes	Indoor	Indoor	No
46	5230	No	No	Indoor	Client only	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Indoor	No	Indoor	Indoor	No
48	5240	Yes	Yes	Indoor	Indoor	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Indoor	Yes	Indoor	Indoor	No
82	5280	DFS	Indoor/DFS/TPC	Indoor/DFS/TPC (otherwise limited to 100mW instead of 200mW)	Indoor/DFS/TPC	No	Indoor/DFS/TPC	DFS/TPC	Yes	Yes	Indoor	DFS/TPC	Indoor	Indoor	No
86	5280	DFS	Indoor/DFS/TPC	Indoor/DFS/TPC (otherwise limited to 100mW instead of 200mW)	Indoor/DFS/TPC	No	Indoor/DFS/TPC	DFS/TPC	Yes	Yes	Indoor	DFS/TPC	Indoor	Indoor	Yes
60	5300	DFS	Indoor/DFS/TPC	Indoor/DFS/TPC (otherwise limited to 100mW instead of 200mW)	Indoor/DFS/TPC	No	Indoor/DFS/TPC	DFS/TPC	Yes	Yes	Indoor	DFS/TPC	Indoor	Indoor	Yes
64	5320	DFS	Indoor/DFS/TPC	Indoor/DFS/TPC (otherwise limited to 100mW instead of 200mW)	Indoor/DFS/TPC	No	Indoor/DFS/TPC	DFS/TPC	Yes	Yes	Indoor	DFS/TPC	Indoor	Indoor	Yes
100	5800	DFS <sup>(1)</sup>	DFS/TPC	DFS/TPC (otherwise limited to 800mW instead of 1W)	DFS/TPC	No	No	No	No	Yes	DFS/TPC	DFS/TPC	Yes	DFS	Yes
104	5820	DFS <sup>(1)</sup>	DFS/TPC	DFS/TPC (otherwise limited to 800mW instead of 1W)	DFS/TPC	No	No	No	Yes	DFS/TPC	DFS/TPC	Yes	DFS	Yes	Yes
108	5840	DFS <sup>(1)</sup>	DFS/TPC	DFS/TPC (otherwise limited to 800mW instead of 1W)	DFS/TPC	No	No	No	Yes	DFS/TPC	DFS/TPC	Yes	DFS	Yes	Yes
112	5860	DFS <sup>(1)</sup>	DFS/TPC	DFS/TPC (otherwise limited to 800mW instead of 1W)	DFS/TPC	No	No	No	Yes	DFS/TPC	DFS/TPC	Yes	DFS	Yes	Yes
116	5880	DFS <sup>(1)</sup>	DFS/TPC	DFS/TPC (otherwise limited to 800mW instead of 1W)	DFS/TPC	No	No	No	Yes	DFS/TPC	DFS/TPC	Yes	DFS	Yes	Yes
120	5900	DFS <sup>(1)</sup>	DFS/TPC	DFS/TPC (otherwise limited to 800mW instead of 1W)	DFS/TPC	No	No	No	Yes	DFS/TPC	No	Yes	DFS	Yes	Yes
124	5920	DFS <sup>(1)</sup>	DFS/TPC	DFS/TPC (otherwise limited to 800mW instead of 1W)	DFS/TPC	No	No	No	Yes	DFS/TPC	No	Yes	DFS	Yes	Yes
128	5940	DFS <sup>(1)</sup>	DFS/TPC	DFS/TPC (otherwise limited to 800mW instead of 1W)	DFS/TPC	No	No	No	Yes	DFS/TPC	No	Yes	DFS	Yes	Yes
132	5960	DFS <sup>(1)</sup>	DFS/TPC	DFS/TPC (otherwise limited to 800mW instead of 1W)	DFS/TPC	No	No	No	No	DFS/TPC	DFS/TPC	Yes	DFS	Yes	Yes
136	5980	DFS <sup>(1)</sup>	DFS/TPC	DFS/TPC (otherwise limited to 800mW instead of 1W)	DFS/TPC	No	No	No	No	DFS/TPC	DFS/TPC	Yes	DFS	Yes	Yes
140	5700	DFS <sup>(1)</sup>	DFS/TPC	DFS/TPC (otherwise limited to 800mW instead of 1W)	DFS/TPC	No	No	No	No	DFS/TPC	DFS/TPC	Yes	DFS	Yes	Yes
148	5745	Yes	In study, SRD 25 mW <sup>(4)</sup>	No	No	No	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes
153	5755	Yes	In study, SRD 25 mW <sup>(4)</sup>	No	No	No	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes
157	5765	Yes	In study, SRD 25 mW <sup>(4)</sup>	No	No	No	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes
161	5805	Yes	In study, SRD 25 mW <sup>(4)</sup>	No	No	No	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes
166	5825	Yes	In study, SRD 25 mW <sup>(4)</sup>	No	No	No	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes
183	4915	No	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No
184	4920	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
189	4925	No	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No
187	4935	No	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No
188	4940	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
189	4945	No	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No
192	4960	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
196	4980	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No

Para além disso também se deve ter em conta os equipamentos a serem usados que se encontrem ligados a Access Points. Estes equipamentos devem respeitar certos parâmetros em termos de largura de banda de modo a não haver desperdícios da mesma.

## 8 Bibliografia e Referências

---

- Wikipedia, Zona de Fresnel, [https://pt.wikipedia.org/wiki/Zona\\_de\\_Fresnel](https://pt.wikipedia.org/wiki/Zona_de_Fresnel)
- Referencia [1] <http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/antenna/installation/guide/ant2465.html>
- Referencia [2] [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1530-series/data\\_sheet\\_c78-728356.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1530-series/data_sheet_c78-728356.html)





## 9 Anexos

### P. Concelho – Bombeiros

Dados:

$$C. Cabo_{P. Concelho} = 10 \text{ m}$$

$$G. Antena_{P. Concelho} = 6.5 \text{ dBi}$$

$$C. Cabo_{Bombeiros} = 20 \text{ m}$$

$$G. Antena_{Bombeiros} = 6.5 \text{ dBi}$$

$$EIRP = 20 \text{ dBm}$$

$$Distância = 0,15 \text{ km}$$

calculos:

$$Tx Power_{P. Concelho} = (0,22 \times 10) - 6.5 + 20 = 15,7 \text{ dB}$$

$$LFS = 32,45 + 20 \log(0,15) + 20 \log(2400) = 83,8$$

$$Pot. Recibida = 20 - 83,8 + 6.5 - (0,77 \times 20) = -61,8 \text{ dBm}$$

$$Margem = -61,8 + 73 = 11,2 \text{ dB}$$

### Bombeiros – Pinheiros

$$C. Cabo_{Bombeiros} = 20 \text{ m}$$

$$G. Antena_{Bombeiros} = 6,5 \text{ dBi}$$

$$C. Cabo_{Pinheiros} = 6 \text{ m}$$

$$G. Antena_{Pinheiros} = 6.5 \text{ dBi}$$

$$EIRP = 20 \text{ dBm}$$

$$Distância = 0,195 \text{ km}$$

$$Tx Power = (0,22 \times 20) - 6.5 + 20 = 17,9 \text{ dB}$$

$$LFS = 32,45 + 20 \log(0,195) + 20 \log(2400) = 85,9$$

$$Pot. Recibida = 20 - 85,9 + 6.5 - (0,77 \times 6) = 60,72 \text{ dBm}$$

$$Margem = 60,72 + 82 = 21,28 \text{ dB}$$



Piscinas – Oficinas

$$C. \text{ cabo}_{\text{Pisc}} = 6 \text{ m}$$

$$G. \text{ Antena}_{\text{Piscinas}} = 6.5 \text{ dBi}$$

$$C. \text{ Cabo}_{\text{oficinas}} = 1 \text{ m}$$

$$G. \text{ Antena}_{\text{oficinas}} = 6.5 \text{ dBi}$$

$$\text{EIRP} = 20 \text{ dBm}$$

$$\text{Distância} = 0.364 \text{ km}$$

$$Tx \text{ Power} = (0.22 \times 6) - 6.5 + 20 = 14.8 \text{ dB}$$

$$LFS = 32.45 + 20 \log(0.364) + 20 \log(2400) = 91.3$$

$$Pot. \text{ Recebida} = 20 - 91.3 + 6.5 - (0.22 \times 1) = -65.02 \text{ dBm}$$

$$\text{Margem} = -65.02 + 88 = 22.98 \text{ dB}$$

P. Concelho – Monte

$$C. \text{ Cabo}_{\text{P. Concelho}} = 70 \text{ m}$$

$$G. \text{ Antena}_{\text{P. Concelho}} = 6.5 \text{ dBi}$$

$$C. \text{ Cabo}_{\text{monte}} = 10 \text{ m}$$

$$G. \text{ Antena}_{\text{monte}} = 6.5 \text{ dBi}$$

$$\text{EIRP} = 20 \text{ dBm}$$

$$\text{Distância} = 3.524 \text{ km}$$

$$Tx \text{ Power} = (0.22 \times 70) - 6.5 + 20 = 15.7 \text{ dB}$$

$$LFS = 32.45 + 20 \log(3.524) + 20 \log(2400) = 111.0$$

$$Pot. \text{ Recebida} = 20 - 111 + 6.5 - (0.22 \times 70) = -86.7 \text{ dBm}$$

$$\text{Margem} = -86.7 + 88 = 1.3 \text{ dB}$$



Monte — CIN Alviela

C. Cabo<sub>Monte</sub> = 10m

G. Antena<sub>Monte</sub> = 6,5 dBi

C. Cabo<sub>CIN Alviela</sub> = 20m

G. Antena<sub>CIN Alviela</sub> = 6,5 dBi

EIRP = 20 dBm

Distância = 0,450 Km

$$TxPower = (0,22 \times 10) - 6,5 + 20 = 15,7 \text{ dB}$$

$$LFS = 32,45 + 20 \log(0,450) + 20 \log(2400) = 93,7$$

$$Pot. \text{ recebida} = 20 - 93 + 6,5 - (0,22 \times 20) = -71,0 \text{ dBm}$$

$$Margem = -71,0 + 88 = 17 \text{ dB}$$