

PM

**Estudo e Projeto de uma Rede Sem Fios  
para a Universidade da Madeira**

PROJETO DE MESTRADO

**Élvio Joseph Afonso Vieira**

MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA-TELECOMUNICAÇÕES



UNIVERSIDADE da MADEIRA

*A Nossa Universidade*

[www.uma.pt](http://www.uma.pt)

fevereiro | 2018



# **Estudo e Projeto de uma Rede Sem Fios para a Universidade da Madeira**

PROJETO DE MESTRADO

**Élvio Joseph Afonso Vieira**

MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA-TELECOMUNICAÇÕES

ORIENTADORA

Lina Maria Pestana Leão de Brito

CO-ORIENTADOR

Eduardo Miguel Dias Marques



## Resumo

A importância da internet nos nossos dias cada vez menos é uma questão de debate, pois a resposta óbvia é de que o ser humano já não sabe viver sem esse fenómeno tecnológico. O acesso à internet é hoje uma questão central e complexa que envolve diversos fatores, tais como tecnológicos, económicos e sociais. O Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) surge como rosto principal das redes sem fios, com o intuito de garantir o acesso à internet em qualquer lugar, de tal forma que o sucesso desta tecnologia foi um dos principais impulsionadores para o desenvolvimento dos dispositivos móveis e de toda a indústria tecnológica.

Devido às alterações do paradigma de utilização da internet causado por uma maior diversidade e quantidade de dispositivos móveis e pelo aumento do número de acessos, houve a necessidade da própria tecnologia Wi-Fi se atualizar com o propósito de melhorar a sua qualidade de serviço.

Com este projeto de mestrado, pretende-se explorar os aspetos tecnológicos que é necessário considerar para pôr em prática esta mudança de paradigma. Aplicando esta nova realidade ao estudo/identificação dos problemas da rede *wireless* existente na Universidade da Madeira (UMa), assim como à realização de um projeto de planeamento para uma nova rede Wi-Fi que venha a ultrapassar os problemas existentes e que vá de encontro às necessidades atuais e futuras dos utilizadores.

A abordagem inicial do trabalho consistiu no estudo da fundamentação teórica acerca das redes sem fios, em que são abordados modelos e mecanismos utilizados neste tipo de redes e a evolução da norma IEEE 802.11 (Wi-Fi).

A continuação do trabalho consistiu na caracterização do problema, nas redes Wi-Fi da UMa, em que se inclui a rede do edifício da Penteada, da Reitoria e da Residência Universitária tendo sido abordado os seus principais problemas. De seguida, procedeu-se com a proposta de uma arquitetura de uma solução para a rede, cruzando fatores identificados no *survey*, com fatores indispensáveis numa rede atual, com o intuito de tornar o planeamento de uma nova rede o mais eficiente e robusta possível. Devido a restrições económicas, são também sugeridos vários cenários possíveis de soluções a curto-médio prazo para a rede da Penteada.

Este trabalho oferece à UMa soluções viáveis para a reestruturação das suas redes Wi-Fi, com base na tecnologia atual, preparando-a da melhor forma garantindo assim uma rede de futuro para toda a comunidade académica.

**Palavras-chave:** Rede Wi-Fi, *Access Point*, *Survey*, Planeamento, Universidade da Madeira, *Ekahau*.



# Abstract

The importance of the internet in our days is no longer a matter of debate, because the obvious answer is that the human being no longer knows how to live without this technological phenomenon. The internet access today is a central and complex issue that involves many factors, such as technological, economic and social. The Wi-Fi technology emerges as the main face of wireless networks in order to ensure the internet access, so the success of this technology was a major driver for the development of mobile devices and the entire technological industry.

Due to changes in the paradigm of Internet usage caused by great diversity and quantity of mobile devices and the increase in the number of accesses, there was a need for Wi-Fi technology to update itself with the purpose of improving its quality of service.

With this project, we intend to explore the technological aspects that needs to be considered in order to implement this paradigm change. We want to apply this new reality to the study/identification of wireless network problems at the University of Madeira (UMa) as well as create a planning project for a new Wi-Fi network that will overcome existing problems and to make sure if that meets the current user's needs.

The initial work approach consisted in the study of theoretical basis for wireless networks, in which models and mechanisms are used in this type of networks and the evolution of the IEEE 802.11 (Wi-Fi) standard.

The continuation of the work consisted in the characterization of the problem, in UMa Wi-Fi networks, which includes the network of the Penteadá building, the Rectory and the University Residence addressing their main problems. Then we proposed a solution architecture for the network, crossing factors identified in the survey with indispensable factors in current networks, in order to make the planning of a new network as efficient and robust as possible. Due to economic problems, it is also suggested a solution in the short to medium term for the Penteadá network.

This work offers the University of Madeira viable solutions for the restructuring of Wi-Fi networks, preparing it in the best way, based on current technology, thus guaranteeing a future network for the academic community.

**Keywords:** Wi-Fi networks, Access Point, Survey, Planning, University of Madeira, *Ekahau*.



## Agradecimentos

A realização deste projeto coincide com o final de mais uma etapa no meu percurso acadêmico. Ao longo destes anos ao nível académico foram vivenciados momentos que jamais esquecerei, fecham-se janelas, mas estou certo que haverá portas que se irão abrir. Deste modo gostaria de agradecer algumas pessoas que foram fundamentais para a realização deste projeto:

À professora Lina Brito, orientadora e ao professor Eduardo Marques, co-orientador por toda a disponibilidade, pelas sugestões pelo incentivo e pelo esforço em garantir as ferramentas necessárias para a realização do trabalho.

Ao Engenheiro João, da MCC Computadores e a todos os funcionários da empresa pela disponibilidade no esclarecimento de dúvidas. Ao Engenheiro Marcos e ao Dr. Gilberto pelo auxílio na rede da Penteada e ao Engenheiro Luciano por toda a disponibilidade e paciência em dar-me a conhecer o edifício da Reitoria e da Residência Universitária.

Um especial agradecimento aos meus pais e à minha irmã, por toda a preocupação, por permitirem que hoje pudesse chegar a este patamar académico, por transmitirem sentimentos de coragem e motivação, especialmente nos momentos menos positivos.

À restante família, amigos e a todos os meus colegas, que me acompanharam durante este percurso académico, a todos muito obrigado por terem sempre uma palavra amiga mesmo nos momentos de maior dificuldade.



# Índice

Resumo .....	i
Abstract .....	iii
Agradecimentos .....	v
Índice .....	vii
Índice De Figuras .....	xi
Índice De Tabelas .....	xvii
Lista de Acrónimos .....	xix
1. Introdução.....	1
1.1 Motivação.....	2
1.2 Objetivos .....	3
1.3 Estrutura Do Documento .....	3
2. Estado Da Arte .....	5
2.1 Introdução e Evolução Histórica .....	5
2.2 Arquitetura Lógica .....	9
2.3 Acesso ao Meio.....	10
2.4 Associação.....	11
2.5 <i>Roaming</i> .....	13
2.6 <i>Multi Cell e Single Cell</i> .....	14
2.6.1 Discussão .....	15
2.7 Transmissão de Dados.....	16
2.8 Novos Desafios das Redes Wi-Fi .....	20
2.9 Conclusão .....	22
3. Caracterização do Problema.....	23
3.1 Universidade da Madeira (UMa) .....	23
3.2 Edifício Campus Universitário da Penteada.....	24
3.2.1 Caracterização da Rede Wi-Fi .....	25
3.3 Reitoria.....	27
3.4 Residência Universitária .....	28
3.5 Conclusão .....	30
4. Desenho e Processo de Planeamento da Rede Sem Fios.....	31
4.1 Estruturação de uma rede Wi-Fi.....	31
4.2 Ferramentas de <i>Site Survey</i> .....	34
4.3 Comparação de Ferramentas.....	36
4.4 Levantamento de Requisitos da Rede da UMa.....	40
4.5 Análise e Proposta para o Edifício da Penteada.....	42

4.5.1	Cenários de Estudo para o Edifício da Penteada .....	42
4.5.2	Cenários de Estudo para o Edifício da Reitoria .....	42
4.5.3	Cenários de Estudo para a Residência Universitária .....	43
4.5.4	Realização de um <i>Site Survey</i> Passivo e Ativo .....	43
4.5.5	Políticas da Rede a Implementar .....	45
4.5.6	Realização de um <i>Survey</i> Preditivo.....	46
4.6	Conclusão .....	51
5.	Implementação das Redes Wi-Fi da UMA.....	53
5.1	Rede do Edifício da Penteada.....	53
5.1.1	<i>Survey</i> Passivo e Ativo da Penteada .....	53
5.1.2	Proposta de Rede Futura para a Penteada.....	58
5.1.3	Proposta de Curto-Médio Prazo para a Rede da Penteada .....	60
5.1.4	Proposta de Gestão de Canais para a Rede da Penteada.....	62
5.2	Rede do Edifício da Reitoria.....	65
5.2.1	<i>Survey</i> Passivo e Ativo do Edifício da Reitoria.....	65
5.2.2	Proposta de Rede para o Edifício da Reitoria .....	66
5.3	Rede do Edifício da Residência Universitária .....	68
5.3.1	<i>Survey</i> Passivo e Ativo .....	68
5.4	Conclusão .....	70
6.	Testes e Resultados .....	71
6.1	Testes Práticos.....	71
6.1.1	Teste da Altura da Antena .....	71
6.1.2	Teste de Atenuação dos Materiais.....	73
6.2	Resultados Obtidos no Edifício da Penteada.....	74
6.2.1	<i>Survey</i> Passivo e Ativo .....	74
6.2.2	Resultados da Nova Rede .....	77
6.2.3	Resultados da Rede Híbrida na Penteada .....	87
6.3	Resultados Obtidos no Edifício da Reitoria.....	89
6.3.1	<i>Survey</i> Passivo e Ativo .....	89
6.3.2	Resultados da Nova Rede .....	92
6.4	Resultados Obtidos na Residência Universitária .....	94
6.4.1	Resultados do <i>Survey</i> antes da Nova Rede.....	94
6.4.2	Resultados do <i>Survey</i> depois da Nova Rede.....	96
6.5	Conclusão .....	98
7.	Conclusões e Trabalhos Futuros .....	99
7.1	Resumo e Avaliação do Trabalho.....	99
7.2	Trabalhos Futuros .....	101

7.3 Considerações Finais .....	101
8. Referências .....	103
Anexo A- Áreas de Utilização .....	107
Anexo B- <i>Survey</i> do Edifício da Penteada .....	111
Anexo C- Resultados da Proposta do Edifício da Penteada .....	129
Anexo D- Resultados da Proposta Híbrida para o Edifício da Penteada....	149
Anexo E- Resultados da Proposta de Gestão de Canais para a Penteada	169
Anexo F- <i>Survey</i> do Edifício da Reitoria .....	175
Anexo G- Resultados da Proposta da Reitoria .....	187
Anexo H- <i>Survey</i> da Residência Universitária antes da Nova Rede .....	193
Anexo I- <i>Survey</i> da Nova Rede na Residência Universitária .....	203
Anexo J- Equipamentos e Orçamento do Edifício da Penteada.....	211



# Índice De Figuras

Figura 2.1- Rede IEEE 802.11, em modo infraestrutura.....	9
Figura 2.2- Rede IEEE 802.11, em <i>Ad Hoc</i> .....	10
Figura 2.3- <i>Extended Set Service</i> (ESS) [7] .....	10
Figura 2.4- <i>Passive Scanning</i> .....	12
Figura 2.5- <i>Active Scanning</i> .....	13
Figura 2.6-Processo de associação de um cliente a uma BSS [2] .....	13
Figura 2.7- <i>Roaming</i> entre duas BSSs.....	14
Figura 2.8- Lista de canais, na banda dos 5GHz [9] .....	16
Figura 2.9- Esquema de blocos utilizado na transmissão DSSS.....	17
Figura 2.10- Transmissão de um sinal utilizando o OFDM .....	18
Figura 2.11- MIMO 3x3:2 [2] .....	19
Figura 2.12- SU-MIMO e MU-MIMO [12].....	20
Figura 2.13- OFDM e OFDMA [13] .....	21
Figura 2.14- Resultados <i>downlink</i> MU-MIMO e OFDMA [14] .....	22
Figura 3.1- Universidade da Madeira-localização .....	23
Figura 3.2-Rede de ligação entre os três edifícios da UMA .....	24
Figura 3.3- Esquema da rede Wi-Fi da Penteada .....	26
Figura 3.4-Backbone Edifício da Penteada .....	26
Figura 3.5- <i>Backbone</i> edifício da Reitoria .....	28
Figura 3.6- <i>Backbone</i> edifício dos serviços centrais dos SASUMA .....	29
Figura 3.7- <i>Backbone</i> edifício da Residência Universitária .....	29
Figura 4.1- Fluxograma das fases de criação de uma rede Wi-Fi .....	32
Figura 4.2- Fluxograma das tarefas a realizar na fase de planeamento .....	33
Figura 4.3- Ilustração dos fatores relativos à cobertura e capacidade [17].....	34
Figura 4.4- Exemplo de um projeto em TamoGraph .....	36
Figura 4.5- Versão gratuita <i>NetSpot</i> .....	37
Figura 4.6- Fortiplanner (versão gratuita).....	37
Figura 4.7- <i>iBWave</i> Wi-Fi.....	38
Figura 4.8- Ferramenta Ekahau .....	39
Figura 4.9- NIC-300, da Ekahau .....	43
Figura 4.10- Esquema de montagem.....	44
Figura 4.11- Fluxograma para a realização de um projeto no <i>Ekahau</i> .....	47
Figura 4.12- Ferramenta 3D do <i>Ekahau</i> .....	48
Figura 4.13- Definição do material na planta.....	49
Figura 4.14-Definição da área da rede, no piso .....	49
Figura 4.15- Configuração de uma área.....	50
Figura 4.16- Ferramenta Auto-Planner .....	51
Figura 5.1- Registo de pontos do piso 0.....	53
Figura 5.2- Potência de sinal do piso 0 .....	54
Figura 5.3- <i>Network Issues</i> do piso 0.....	55
Figura 5.4-Registo de pontos do piso 2 .....	56
Figura 5.5-Potência de sinal do piso 2.....	57
Figura 5.6- <i>Network issues</i> do piso 2.....	57
Figura 5.7-Disposição dos APs no piso -2 .....	58
Figura 5.8- Disposição dos APs no piso 0.....	59
Figura 5.9- Disposição dos APs no piso 2.....	60
Figura 5.10- Distribuição dos APs de norma 802.11n, no piso 2.....	62
Figura 5.11- Técnica de reutilização de canal [2] .....	63
Figura 5.12- Configuração de canais para o piso 0.....	63

Figura 5.13- Configuração de canais para o piso 1 .....	64
Figura 5.14- Configuração de canais para o piso 2.....	64
Figura 5.15- Marcação de pontos no piso 0 da Reitoria .....	65
Figura 5.16- Distribuição dos APs, no piso 0 da Reitoria .....	66
Figura 5.17-Distribuição dos APs pelo piso 1 da Reitoria.....	67
Figura 5.18- Disposição dos APs na sala dos arcos .....	68
Figura 5.19- Survey no piso 1 antes da nova rede.....	68
Figura 5.20- Survey do piso 1 após nova rede.....	69
Figura 6.1-Survey realizado para no teste .....	71
Figura 6.2- Potência de sinal, com a antena ao nível do monitor .....	72
Figura 6.3- Potência de sinal, com a antena ao nível da porta USB.....	72
Figura 6.4- Teste de atenuação — porta aberta.....	73
Figura 6.5- Teste de atenuação — porta fechada .....	73
Figura 6.6- Survey do piso -2.....	74
Figura 6.7- Potência de sinal do piso -2.....	75
Figura 6.8- <i>Network Issues</i> do piso -2.....	75
Figura 6.9- <i>Throughput</i> do piso -2.....	76
Figura 6.10- Potência de sinal do piso -2.....	77
Figura 6.11- Estado da capacidade do piso -2.....	78
Figura 6.12- Percentagem de utilização dos APs do piso -2 .....	78
Figura 6.13- Potência de sinal do piso 0 .....	79
Figura 6.14- <i>Throughput</i> do piso 0.....	80
Figura 6.15- Distribuição de clientes por AP do piso 0.....	80
Figura 6.16- Estado da capacidade do piso 0 .....	81
Figura 6.17- <i>Channel Overlap</i> do piso 0.....	81
Figura 6.18- Área de cobertura dos APs no piso 1.....	82
Figura 6.19- Potência de sinal do piso 1 .....	82
Figura 6.20- Percentagem de utilização dos APs, no piso 1 da Penteada .....	83
Figura 6.21- Potência de sinal do piso 2 .....	84
Figura 6.22- Percentagem de utilização dos APs no piso 2 .....	84
Figura 6.23- <i>Capacity health</i> do piso 2.....	85
Figura 6.24- Disposição dos APs no piso 3.....	86
Figura 6.25- Potência de sinal do piso 3 .....	86
Figura 6.26- Percentagem de utilização dos APs do piso 3 .....	87
Figura 6.27- Potência de sinal, com APs 802.11n no piso 2 .....	88
Figura 6.28- <i>Data Rate</i> com APs 802.11n, do piso 2 .....	88
Figura 6.29- Estado da Capacidade com APs 802.11n, no piso 2.....	89
Figura 6.30- Potência de sinal do piso 0 após survey.....	90
Figura 6.31- Potência de sinal do piso 1 após survey na reitoria .....	90
Figura 6.32- Survey do Auditório .....	91
Figura 6.33- Potência de sinal no auditório .....	91
Figura 6.34- Potência de sinal no piso 0 da reitoria .....	92
Figura 6.35- Percentagem de utilização dos APs no piso 0 da reitoria.....	93
Figura 6.36- Potência de sinal no piso 1 da reitoria .....	93
Figura 6.37- <i>Capacity health</i> do piso 1 da reitoria .....	94
Figura 6.38- Potência de sinal para o piso 1 da Residência.....	94
Figura 6.39- <i>Network Issues</i> do piso 1 da Residência.....	95
Figura 6.40- Potência de sinal para o piso 2 da Residência.....	95
Figura 6.41- Potência de sinal do piso 1 após a nova rede.....	96
Figura 6.42- Problema identificado na rede atual da Residência .....	97
Figura 6.43- <i>Data Rate</i> do piso 1 da Residência, após a nova rede.....	97

Figura 6.44- <i>Network issues</i> do piso 1, da Residência.....	98
Figura B.1- <i>Survey</i> do piso -2, da Penteada .....	111
Figura B.2- Potência de sinal do piso -2, da Penteada.....	111
Figura B.3- <i>Data Rate</i> do piso -2, da Penteada.....	112
Figura B.4- <i>Throughput</i> do piso -2, da Penteada .....	112
Figura B.5- Estado da rede do piso -2, da Penteada.....	113
Figura B.6- Problemas da rede do piso -2, da Penteada.....	113
Figura B.7- <i>Survey</i> do piso -1, da Penteada .....	114
Figura B.8- Potência de sinal do piso -1, da Penteada.....	114
Figura B.9- Sobreposição de canais do piso -1, da Penteada.....	115
Figura B.10- <i>Throughput</i> do piso -1, da Penteada .....	115
Figura B.11- Estado da rede do piso -1, da Penteada.....	116
Figura B.12- Problemas da rede do piso -1, da Penteada.....	116
Figura B.13- <i>Survey</i> do piso 0, da Penteada.....	117
Figura B.14- Potência de sinal do piso 0, da Penteada.....	117
Figura B.15- Sobreposição de canais do piso 0, da Penteada .....	118
Figura B.16- <i>Throughput</i> do piso 0, da Penteada.....	118
Figura B.17- Estado da rede do piso 0, da Penteada.....	119
Figura B.18- Problemas da rede do piso 0, da Penteada .....	119
Figura B.19- <i>Survey</i> do piso 1, da Penteada.....	120
Figura B.20- Potência de sinal do piso 1, da Penteada.....	120
Figura B.21- <i>Throughput</i> do piso 1, da Penteada.....	121
Figura B.22- Estado da rede do piso 1, da Penteada.....	121
Figura B.23- Problemas da rede do piso 1, da Penteada .....	122
Figura B.24- <i>Survey</i> do piso 2, da Penteada.....	123
Figura B.25- Potência de sinal do piso 2, da Penteada.....	123
Figura B.26- <i>Throughput</i> do piso 2, da Penteada.....	124
Figura B.27- Estado da rede do piso 2, da Penteada.....	124
Figura B.28- Problemas da rede do piso 2, da Penteada .....	125
Figura B.29- <i>Survey</i> do piso 3, da Penteada.....	126
Figura B.30- Potência de sinal do piso 3, da Penteada.....	126
Figura B.31- <i>Throughput</i> do piso 3, da Penteada.....	127
Figura B.32- Estado da rede do piso 3, da Penteada.....	127
Figura B.33- Estado da rede do piso 3, da Penteada.....	128
Figura C.1- Localização dos APs do piso -2, da Penteada .....	129
Figura C.2- Potência de sinal do piso -2, da Penteada .....	129
Figura C.3- <i>Data rate</i> do piso -2, da Penteada.....	130
Figura C.4- Estado da rede do piso -2, da Penteada .....	130
Figura C.5- Percentagem de utilização dos APs do piso -2, da Penteada.....	131
Figura C.6- Distribuição do nº de clientes por AP no piso -2, da Penteada .....	131
Figura C.7- Estado da capacidade da rede do piso -2, da Penteada .....	132
Figura C.8- Localização dos APs do piso -1, da Penteada.....	133
Figura C.9- Potência de sinal do piso -1, da Penteada .....	133
Figura C.10- Estado da rede do piso -1, da Penteada .....	134
Figura C.11- Percentagem de utilização dos APs do piso -1, da Penteada.....	134
Figura C.12- Distribuição do nº de clientes por AP no piso -1, da Penteada .....	135
Figura C.13- Estado da capacidade da rede do piso -1, da Penteada .....	135
Figura C.14- Localização dos APs no piso 0, da Penteada.....	136
Figura C.15- Potência de sinal no piso 0, da Penteada.....	136

Figura C.16- Estado da rede do piso 0, da Penteada.....	137
Figura C.17- Percentagem de utilização dos APs no piso 0, da Penteada.....	137
Figura C.18- Distribuição do nº de clientes por AP no piso 0, da Penteada .....	138
Figura C.19- Estado da capacidade da rede no piso 0, da Penteada.....	138
Figura C.20- Localização dos APs no piso 1, da Penteada.....	139
Figura C.21- Potência de sinal no piso 1, da Penteada.....	139
Figura C.22- Estado da rede no piso 1, da Penteada.....	140
Figura C.23- Percentagem de utilização dos APs, no piso 1 da Penteada.....	140
Figura C.24- Localização dos APs no piso 1, da Penteada.....	141
Figura C.25- Estado da capacidade da rede no piso 1 da Penteada.....	141
Figura C.26- Localização dos APs no piso 2, da Penteada.....	142
Figura C.27- Potência de sinal no piso 2, da Penteada.....	142
Figura C.28- Estado da rede no piso 2, da Penteada.....	143
Figura C.29- Percentagem de utilização dos APs, no piso 2 da Penteada.....	143
Figura C.30- Localização dos APs no piso 2, da Penteada.....	144
Figura C.31- Estado da capacidade da rede no piso 2 da Penteada.....	144
Figura C.32- Localização dos APs no piso 3, da Penteada.....	145
Figura C.33- Potência de sinal no piso 3, da Penteada.....	145
Figura C.34- Estado da rede no piso 3, da Penteada.....	146
Figura C.35- Percentagem de utilização dos APs, no piso 3 da Penteada.....	146
Figura C.36- Localização dos APs no piso 3, da Penteada.....	147
Figura C.37- Estado da capacidade da rede no piso 3 da Penteada.....	147
Figura D.1- Localização dos APs no piso -2, na proposta híbrida .....	149
Figura D.2- Potência de sinal no piso -2, na proposta híbrida .....	149
Figura D.3- <i>Data rate</i> do piso -2, na proposta híbrida .....	150
Figura D.4- <i>Throughput</i> do piso -2, na proposta híbrida .....	150
Figura D.5- Estado da rede no piso -2, na proposta híbrida .....	151
Figura D.6- Problemas da rede no piso -2, na proposta híbrida .....	151
Figura D.7- Estado da capacidade da rede no piso -2, na proposta híbrida .....	152
Figura D.8- Localização dos APs no piso -1, na proposta híbrida .....	153
Figura D.9- Potência de sinal do piso -1, na proposta híbrida .....	153
Figura D.10- <i>Data rate</i> do piso -1, na proposta híbrida .....	154
Figura D.11- <i>Throughput</i> do piso -1, na proposta híbrida .....	154
Figura D.12- Estado da rede do piso -1, na proposta híbrida .....	155
Figura D.13- Problemas da rede no piso -1, na proposta híbrida .....	155
Figura D.14- Estado da capacidade no piso -1, na proposta híbrida .....	156
Figura D.15- Localização dos APs no piso 0, na proposta híbrida .....	157
Figura D.16- Potência de sinal do piso 0, na proposta híbrida .....	157
Figura D.17- <i>Throughput</i> do piso 0, na proposta híbrida .....	158
Figura D.18- Estado da rede do piso 0, na proposta híbrida .....	158
Figura D.19- Problemas da rede no piso 0, na proposta híbrida .....	159
Figura D.20- Estado da capacidade no piso 0, na proposta híbrida .....	159
Figura D.21- Localização dos APs no piso 1, na proposta híbrida .....	160
Figura D.22- Potência de sinal do piso 1, na proposta híbrida .....	160
Figura D.23- <i>Throughput</i> do piso 1, na proposta híbrida .....	161
Figura D.24- Estado da rede do piso 1, na proposta híbrida .....	161
Figura D.25- Problemas da rede no piso 1, na proposta híbrida .....	162
Figura D.26- Estado da capacidade no piso 1, na proposta híbrida .....	162
Figura D.27- Localização dos APs no piso 2, na proposta híbrida .....	163
Figura D.28- Potência de sinal do piso 2, na proposta híbrida .....	163
Figura D.29- <i>Throughput</i> do piso 2, na proposta híbrida .....	164

Figura D.30- Estado da rede do piso 2, na proposta híbrida .....	164
Figura D.31- Problemas da rede no piso 2, na proposta híbrida .....	165
Figura D.32- Estado da capacidade no piso 2, na proposta híbrida .....	165
Figura D.33- Localização dos APs no piso 3, na proposta híbrida .....	166
Figura D.34- Potência de sinal do piso 3, na proposta híbrida .....	166
Figura D.35- <i>Throughput</i> do piso 3, na proposta híbrida .....	167
Figura D.36- Estado da rede do piso 3, na proposta híbrida .....	167
Figura D.37- Problemas da rede no piso 3, na proposta híbrida .....	168
Figura D.38- Estado da capacidade no piso 3, na proposta híbrida .....	168
Figura F.1- <i>Survey</i> do piso 0, da Reitoria.....	175
Figura F.2- Potência de sinal do piso 0, da Reitoria .....	175
Figura F.3- <i>Data rate</i> do piso 0, da Reitoria .....	176
Figura F.4- <i>Throughput</i> do piso 0, da Reitoria.....	176
Figura F.5- Estado da rede do piso 0, da Reitoria.....	177
Figura F.6- Problemas da rede do piso 0, da Reitoria .....	177
Figura F.7- <i>Survey</i> do piso 1, da Reitoria.....	178
Figura F.8- Potência de sinal do piso 1, da Reitoria .....	178
Figura F.9- Estado da rede do piso 1, da Reitoria.....	179
Figura F.10- Problemas da rede do piso 1, da Reitoria .....	179
Figura F.11- <i>Survey</i> do auditório, da Reitoria.....	180
Figura F.12- Potência de sinal do auditório, da Reitoria .....	180
Figura F.13- <i>Data rate</i> do auditório, da Reitoria .....	181
Figura F.14- Estado da rede do auditório da Reitoria.....	181
Figura F.15- Problemas da rede no auditório da Reitoria .....	182
Figura F.16- <i>Survey</i> da sala dos arcos.....	183
Figura F.17- Potência de sinal da sala dos arcos.....	183
Figura F.18- Problemas da rede na sala dos arcos.....	184
Figura F.19- Estado da rede na sala dos arcos.....	184
Figura F.20- <i>Survey</i> das antigas salas de aula, da Reitoria .....	185
Figura F.21- Potência de sinal das antigas salas de aula, da Reitoria .....	185
Figura F.22- Estado da rede nas antigas salas de aula da Reitoria .....	186
Figura F.23- Problemas da rede nas antigas salas de aula da Reitoria .....	186
Figura G.1- Localização dos APs no piso 0, da Reitoria .....	187
Figura G.2- Potência de sinal no piso 0, da Reitoria .....	187
Figura G.3- <i>Throughput</i> do piso 0, da Reitoria .....	188
Figura G.4- Estado da rede no piso 0, da Reitoria .....	188
Figura G.5- Percentagem de utilização dos APs, no piso 0 da Reitoria.....	189
Figura G.6- Estado da capacidade da rede no piso 0, da Reitoria .....	189
Figura G.7- Localização dos APs no piso 1, da Reitoria .....	190
Figura G.8- Potência de sinal no piso 1, da Reitoria .....	190
Figura G.9- <i>Throughput</i> do piso 1, da Reitoria .....	191
Figura G.10- Estado da rede no piso 1, da Reitoria .....	191
Figura G.11- Percentagem de utilização dos APs, no piso 1 da Reitoria.....	192
Figura G.12- Estado da capacidade da rede no piso 1, da Reitoria .....	192
Figura H.1- <i>Survey</i> da antiga rede da residência, piso 0.....	193
Figura H.2- Potência de sinal da antiga rede da residência, piso 0.....	193
Figura H.3- Estado da antiga rede da residência, piso 0.....	194
Figura H.4- Problemas da antiga rede da residência, piso 0.....	194
Figura H.5- <i>Survey</i> da antiga rede da residência, piso 1 .....	195
Figura H.6- Potência de sinal da antiga rede da residência, piso 1 .....	195
Figura H.7- <i>Throughput</i> da antiga rede da residência, piso 1.....	196

Figura H.8- Problemas da antiga rede da residência, piso 1 .....	196
Figura H.9- <i>Survey</i> da antiga rede da residência, piso 2.....	197
Figura H.10- Potência de sinal da antiga rede da residência, piso 2 .....	198
Figura H.11- Problemas da antiga rede da residência, piso 2.....	198
Figura H.12- <i>Survey</i> da antiga rede da residência, piso 3 (zona sul) .....	199
Figura H.13- <i>Survey</i> da antiga rede da residência, piso 3 (zona norte).....	199
Figura H.14- Potência de sinal da antiga rede da residência, piso 3 (zona sul).....	200
Figura H.15- Potência de sinal da antiga rede da residência, piso 3 (zona norte) ....	200
Figura H.16- Problemas da antiga rede da residência, piso 3 (zona sul).....	201
Figura H.17- Problemas da antiga rede da residência, piso 3 (zona sul).....	201
Figura H.18- <i>Survey</i> da antiga rede da residência, piso 4.....	202
Figura H.19- Potência de sinal da antiga rede da residência, piso 4 .....	202
Figura H.20- Problemas da antiga rede da residência, piso 4 .....	202
Figura I.1- <i>Survey</i> da nova rede da residência, piso 0 .....	203
Figura I.2- Potência de sinal da nova rede da residência, piso 0 .....	203
Figura I.3- <i>Data rate</i> da nova rede da residência, piso 0 .....	204
Figura I.4- Problemas da nova rede da residência, piso 0 .....	204
Figura I.5- <i>Survey</i> da nova rede da residência, piso 1 .....	205
Figura I.6- Potência de sinal da nova rede da residência, piso 1 .....	205
Figura I.7- Estado da nova rede da residência, piso 1 .....	206
Figura I.8- Problemas da nova rede da residência, piso 1 .....	206
Figura I.9- <i>Survey</i> da nova rede da residência, piso 2 .....	207
Figura I.10- Potência de sinal da nova rede da residência, piso 2.....	207
Figura I.11- <i>Survey</i> da nova rede da residência, piso 3 .....	208
Figura I.12- Potência de sinal da nova rede da residência, piso 3.....	208
Figura I.13- <i>Survey</i> da nova rede da residência, piso 4 .....	209
Figura I.14- Potência de sinal da nova rede da residência, piso 4.....	209

## Índice De Tabelas

Tabela 2.1- Comparação da norma 802.11ac <i>wave 1</i> , <i>wave 2</i> e 802.11n [4].....	7
Tabela 2.2-Variantes da norma IEEE 802.11 [5].....	8
Tabela 2.3- Comparação dos parâmetros adicionais das normas 802.11 [5].....	8
Tabela 3.1- Número de <i>Access Points</i> por piso .....	25
Tabela 4.1-Tipos de <i>site survey</i> [2].....	35
Tabela 4.2- Comparação das ferramentas de <i>software</i> .....	39
Tabela 4.3- Largura de banda por aplicação [20].....	41
Tabela A.1- Áreas do piso -2 .....	107
Tabela A.2- Áreas do piso -1 .....	107
Tabela A.3- Áreas do piso 0.....	108
Tabela A.4- Áreas do piso 1.....	108
Tabela A.5- Áreas do piso 2.....	109
Tabela A.6- Áreas do piso 3.....	109
Tabela A.7- Áreas do Piso 0 do edifício da Reitoria .....	110
Tabela A.8- Áreas do Piso 1 do edifício da Reitoria .....	110
Tabela E.1- Proposta de canais para os APs do piso -2 .....	169
Tabela E.2- Proposta de canais para os APs do piso -1 .....	170
Tabela E.3- Proposta de canais para os APs do piso 0 .....	171
Tabela E.4- Proposta de canais para os APs do piso 1 .....	172
Tabela E.5- Proposta de canais para os APs do piso 2 .....	173
Tabela E.6- Proposta de canais para os APs do piso 3 .....	174
Tabela J.1- Levantamento de APs existentes no mercado .....	213
Tabela J.2- Orçamento da rede da Penteada .....	214



## Lista de Acrónimos

AP	<i>Access Point</i>
BSS	<i>Basic Service Set</i>
BSSID	<i>Basic Service Set Identifier</i>
CSMA/CA	<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance</i>
CTS	<i>Clear To Send</i>
DCF	<i>Distributed Coordination Function</i>
DSSS	<i>Direct-Sequence Spread Spectrum</i>
ESS	<i>Extended Service Set</i>
FHSS	<i>Frequency-Hopping Spread Spectrum</i>
HCF	<i>Hybrid Coordination Function</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IFS	<i>Interframe Space</i>
ISM	<i>Industrial Scientific and Medical radio bands</i>
IT	<i>Information Technology</i>
OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
OFDMA	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access</i>
OSI	<i>Open System Interconnection</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>
MCA	<i>Multi Channel Architecture</i>
MIMO	<i>Multiple-Input and Multiple-Output</i>
MU-MIMO	<i>Multi-User Multiple-Input and Multiple-Output</i>
PCF	<i>Point Coordination Function</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RSSI	<i>Received Signal Strength Indication</i>
RTS	<i>Request To Send</i>
SASUMA	<i>Serviços de Ação Social da Universidade da Madeira</i>
SCA	<i>Single Channel Architecture</i>
SU-MIMO	<i>Single-User Multiple-Input and Multiple-Output</i>
SNR	<i>Signal-Noise Ratio</i>
SSID	<i>Service Set Identifier</i>
UMa	<i>Universidade da Madeira</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
WLC	<i>Wireless LAN Controller</i>



# 1. Introdução

Explicar aos mais jovens uma era pré-internet é cada vez mais uma tarefa difícil, de tal forma que é quase impossível imaginar uma vida sem internet. Estar conectado à internet permite-nos alterar as rotinas de uma sociedade, como por exemplo uma ida aos correios, substituído pelo envio de um e-mail ou por uma ida à biblioteca, substituída por um *download* de um livro num *tablet*. É com este tipo de exemplos que se percebe o impacto de uma tecnologia não só na nossa vida pessoal, mas também nos outros sectores de atividade.

Numa era pós-internet a forma como as pessoas escolhem comunicar tem sido um dos aspectos mais relevantes, possibilitando a criação de amizades internacionais, ultrapassando barreiras por vezes étnicas e sociais, passando pela criação de conteúdo multimédia, como vídeo, imagem ou até mesmo através de sites que são muitas vezes um instrumento de partilha de gostos e interesses.

Um dos fenómenos mais importantes é o aumento da quantidade de pessoas que acedem à internet inclusive pessoas de todas as faixas etárias, este facto deveu-se essencialmente ao aparecimento de tecnologias que permitiram essa maior facilidade no acesso à internet. O Wi-Fi surge como necessidade de tornar a internet mais acessível deitando por terra o mito de que o típico “computador de secretária” com acesso à internet por cabo era a única solução viável, no ramo da informática. Hoje em dia, o acesso à internet sem fios permitiu melhorar em alguns aspectos as relações humanas entre as pessoas, pois algo que tecnologias como Wi-Fi vieram realçar foi a importância da partilha e isso é verificado através da criação de pontos de acesso em que várias pessoas acedem à internet através do mesmo AP utilizando inclusive mais do que um dispositivo por pessoa, algo que constitui uma variável de estudo importante. Há uma quantidade de estudos com o intuito de extrair todas as potencialidades das redes sem fios e aplicá-los nas mais diversas áreas desde a área criminal ao jornalismo até à criação das *smart cities* [1].

Contudo a criação de uma rede *wireless* é um processo complexo e que deverá ser planeado, com o propósito de garantir um bom funcionamento prevenindo eventuais gastos desnecessários na implementação. Quando é proposto a um engenheiro de redes a criação de uma rede *wireless* é importante perceber qual o tipo de meio a que a proposta se refere, se *indoor* ou *outdoor*, ou se existe a possibilidade da rede envolver ambos os meios. Conhecer os hábitos dos clientes, tais como os *sites* e aplicações mais utilizadas ou a que tarefas a rede de internet se destina são informações úteis que servem como ponto de partida na criação da rede. Estas mesmas informações influenciam a topologia que deve ser adotada para a rede, pois o facto de haver maior necessidade de débito num determinado espaço, faz com que muitas vezes seja necessário alterar a rede no sentido de reforçar esse mesmo espaço.

Um engenheiro de redes deverá conhecer minimamente as características teóricas de uma tecnologia *wireless*, como o Wi-Fi, desde o processo de associação entre o dispositivo do cliente e o dispositivo rádio responsável pela emissão do sinal, passando pelo conhecimento das bandas de frequência, etc.. Numa rede de grande dimensão em que, para realizar uma cobertura de sinal efetiva, são necessários vários *access points*, sendo que é importante para o técnico compreender as implicações que os vários dispositivos rádio podem causar no funcionamento da rede e que soluções deverão ser tomadas para contornar tais problemas.

As características do edifício, tais como a constituição e dimensão das paredes, das portas, das janelas e de outros elementos, deverão ser conhecidas, nomeadamente a atenuação provocada, pois têm uma influência considerável nos resultados obtidos. Por fim, o orçamento, embora seja uma questão económica, é crucial para o projeto de uma rede, pois com base no orçamento disponível o engenheiro tratará de planear a rede da melhor forma possível.

As redes Wi-Fi estão hoje em todo o lado, contudo muitas não estão otimizadas e estão planeadas apenas para um número restrito de clientes, sem existência de monitorização, o que em caso de falha pode causar enormes prejuízos numa determinada área de serviço, empresa ou instituição governamental.

## 1.1 Motivação

Hoje em dia, as redes *wireless* são cada vez mais requisitadas, enfrentando um crescimento acentuado quer no número de utilizadores quer na quantidade de dispositivos móveis.

A rede Wi-Fi da Universidade da Madeira (UMa) é sujeita, diariamente, a milhares de pedidos de acesso à rede, efetuados pelos clientes que constituem a comunidade académica. Essa mesma rede data de 2005 e encontra-se desatualizada, não estando assim preparada para suportar tão elevado crescimento, o que tem suscitado diversas reclamações por parte dos seus utilizadores, essencialmente pela lentidão da mesma.

Verificou-se que existe nos serviços técnicos da UMa um desconhecimento das possíveis causas que possam estar a afetar a rede, contudo os técnicos têm a consciência que os *access points* (AP) encontram-se ultrapassados e que uma renovação da rede seria uma mais-valia para todos.

A falta de cobertura Wi-Fi das salas de aula é um problema que afeta, por vezes, o bom funcionamento da mesma, isto porque muitos docentes disponibilizam aos alunos material de estudo e de trabalho para as respetivas aulas, através de uma plataforma digital, causando na maior parte das vezes um congestionamento da rede no momento do *download* desse mesmo material.

As falhas de cobertura no edifício da reitoria, obrigam a que seja necessária a criação de uma nova rede *wireless*. Por ser um edifício também de cariz turístico, também é frequente a necessidade de criação de uma rede *wireless* temporária

para servirem as necessidades dos clientes, aquando da realização de alguns eventos.

Embora a rede da residência universitária tenha sido instalada há poucos anos (2013) houve claramente uma falha no seu planeamento, pois existem várias reclamações dos moradores, principalmente pelo facto de haver vários quartos com pouca cobertura. Devido ao facto de estar planeada uma nova rede para este edifício, será interessante abordar a rede da residência universitária.

Por conseguinte e visto que o acesso à internet é um objetivo comum, a necessidade de apresentar uma proposta para uma nova rede quer para o edifício da Penteada, quer para a reitoria, foi manifestada pelos técnicos da rede como também alunos e docentes.

## 1.2 Objetivos

O aumento da necessidade de acesso à internet conjugado com um maior número de dispositivos *wireless* por pessoa e associado à evolução da tecnologia Wi-Fi obriga a uma atualização da rede da UMa, com o intuito de satisfazer as necessidades dos clientes.

Assim sendo, para este projeto estão definidos os seguintes objetivos:

- Estudo da tecnologia IEEE 802.11;
- Estudo e identificação de problemas existentes nas rede Wi-Fi da UMa (Penteada, Reitoria e Residência Universitária);
- Realização de um *site survey* nos vários edifícios;
- Projeto das redes wireless com base na densidade de equipamentos e área a cobrir, propondo uma solução que tenha em conta a evolução da rede;
- Proposta de implementação de uma rede para o edifício da Penteada, faseada (a curto-médio prazo), isto pelo facto de haver a possibilidade de aquisição, por parte da UMa, de um número limitado de APs dentro de pouco tempo. Sabendo que a Penteada é o edifício que reúne um maior número de clientes e havendo a necessidade de cobrir algumas zonas críticas, como as salas de aula, será interessante estudar uma proposta para implementar esses mesmos APs.

## 1.3 Estrutura Do Documento

Este documento encontra-se organizado em seis capítulos, apresentando a seguinte estrutura:

- Capítulo 1: **Introdução** - Neste capítulo é realizada uma introdução ao tema das redes sem fios, acompanhado pela motivação, pela descrição dos objetivos do trabalho e pela estrutura do documento deste trabalho.
- Capítulo 2: **Estado da arte das redes sem fios** - Neste capítulo pretende-se, de forma resumida, abordar os principais conceitos teóricos que uma rede Wi-Fi envolve.

- Capítulo 3: **Caracterização do problema** - Com este capítulo é realizada a caracterização da rede da UMA. É também realizada a identificação dos principais problemas da rede e as suas condicionantes.
- Capítulo 4: **Desenho e processo de planeamento da rede sem fios** - Este capítulo dedica-se ao planeamento, que deve ser efetuado numa rede Wi-Fi e numa abordagem às variáveis envolvidas nesse mesmo planeamento. Ainda neste capítulo são enunciados os cenários de estudo que serão abordados.
- Capítulo 5: **Implementação das redes Wi-Fi da UMA** - Nesta fase do trabalho discute-se cada um dos cenários de estudo, onde são apresentadas propostas, no sentido de implementar uma nova rede Wi-Fi para a universidade.
- Capítulo 6: **Testes e Resultados da implementação** - A apresentação dos testes e resultados serão englobados neste capítulo.
- Capítulo 7: **Conclusão e trabalhos futuros** - Uma retrospectiva final do trabalho realizado, destacando as principais conclusões realizadas, culminando com a sugestão de trabalhos futuros, são os principais tópicos deste capítulo.

O fim do documento culmina com as **Referências** e **Anexos**. Nos anexos serão apresentados tabelas com dados que ajudam a complementar o trabalho desenvolvido, a restante apresentação de resultados e a elaboração de um pequeno orçamento.

## 2. Estado Da Arte

Neste capítulo serão abordadas as principais características da norma IEEE 802.11, em que se baseia o Wi-Fi, como forma de preparar da melhor forma o planeamento de uma rede com esta tecnologia.

### 2.1 Introdução e Evolução Histórica

O Wi-Fi é uma tecnologia de redes locais sem fios (WLAN), baseada no padrão IEEE 802.11. Esta norma refere-se às redes sem fios, tendo sido aprovada num comité em 1997, sendo que a primeira designação da norma foi conhecida como 802.11.1997. Na aprovação desta norma foi definido que a gama de frequências a utilizar estivesse dentro do intervalo dos 2.4GHz aos 2.4835GHz, cujo intervalo faz parte das bandas livres (ISM). A norma apresentada define diferentes padrões de comunicação para as redes sem fios, nomeadamente o DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*), permitindo a utilização de técnicas de transmissão através de canais dentro de uma frequência, outra técnica referida é o salto em frequência, FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*). Esta técnica faz com que haja uma diminuição da velocidade de transmissão, pelo facto de enviar parte da informação numa frequência e a restante informação numa outra frequência, no entanto esta técnica garante uma maior imunidade às interferências. A velocidade de transmissão com a norma original era de 1 Mbps a 2Mbps. Contudo, não houve grande entusiasmo em torno desta tecnologia, pois na altura já existiam outro tipo de sistemas com velocidades na ordem dos 10Mbps.

Já em 1999 surgem, após aprovação, as seguintes normas:

- IEEE 802.11b: Surgiu com o objetivo de disponibilizar uma maior velocidade de transmissão nomeadamente até aos 11Mbps. Esta atualização da norma utiliza a gama de frequências 2.4GHz, permitindo transmissões até 50 metros, em espaços *indoor*, e para espaços *outdoor* até 400 metros, sendo estas distâncias teóricas. Esta especificação da norma foi utilizada em larga escala, sendo o seu baixo custo e a disponibilização para venda antecipada os principais fatores responsáveis pelo sucesso da tecnologia Wi-Fi. A técnica de transmissão utilizada era o DSSS, pois era a única que cumpria os parâmetros exigidos pela FCC.
- IEEE 802.11a: Esta norma permite atingir os 54 Mbps de transmissão de dados, utiliza como modulação o OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) que consiste em transmitir o sinal por diversos canais, a diferentes frequências. Esta especificação utiliza como frequência de operação os 5GHz, com o intuito de contornar a utilização massiva da frequência 2.4GHz, contudo a utilização dos 5GHz faz com que o alcance seja menor e a capacidade de atravessar obstáculos seja igualmente afetada.

Em 2003 surge uma nova versão da norma, IEEE 802.11g, que permitia taxas de transmissão de 54Mbps, operando na banda dos 2.4GHz, possibilitando um

suporte a um maior número de utilizadores. A grande desvantagem desta norma foi o facto de ser, na altura, significativamente mais cara que o 802.11b. Por outro lado, trouxe uma maior versatilidade, na medida em que a norma 802.11g foi projetada com o intuito de se compatibilizar com a norma 802.11b. Um exemplo prático desta versatilidade foi a necessidade de estabelecer um mecanismo de proteção, nas redes em que havia dispositivos de norma 802.11b e 802.11g, onde os métodos de transmissão considerados era o DSSS e o OFDM, respetivamente. Esse mesmo mecanismo tinha como princípio, garantir que um dispositivo 802.11g enviava sinais, nomeadamente um RTS (*Request To Send*) e um CTS (*Clear To Send*), segundo a forma DSSS, de modo a informar aos dispositivos 802.11b que iria iniciar a sua transmissão de dados em OFDM [2].

Em 2009, a norma IEEE 802.11n permitiu aumentar a velocidade de transmissão até aos 300Mb/s, não considerando a agregação de canais, operando nas frequências 2.4GHz e 5GHz. A principal característica da atualização da norma consistiu na implementação da tecnologia MIMO (*Multiple Input Multiple Output*), que resumidamente implica utilizar várias antenas na emissão e na receção, com o intuito de utilizar diversas vias de transmissão possibilitando assim, um conseqüente aumento da velocidade de transmissão. Esta norma apresenta, pela primeira vez a possibilidade de aumentar a largura de banda do canal, nomeadamente dos 20MHz para os 40MHz, proporcionando assim a duplicação das taxas de transmissão [3].

O padrão 802.11ac foi lançado oficialmente em 2014, sendo a variante da norma IEEE 802.11 mais utilizada atualmente. Com esta variante, a única banda de frequências utilizada é os 5GHz, que é naturalmente uma banda menos ocupada por outros dispositivos rádio, permitindo uma conexão mais estável. O 802.11ac oferece a possibilidade de uso de canais de 80MHz, correspondendo à primeira geração desta norma (802.11ac wave 1) e de 160MHz, que corresponde à segunda geração (802.11ac wave 2).

Essencialmente, na versão 802.11ac de primeira geração (802.11ac wave 1), para além da utilização de canais com largura de banda até 80 MHz, eram considerados apenas três fluxos de transmissão, que por outras palavras correspondem a três canais de transmissão independentes, no sistema MIMO. Comparativamente à norma 802.11n houve um melhoramento da modulação, com a utilização do 256 QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) implicando uma maior codificação de bits permitindo aumentar significativamente a performance desta norma, atingindo velocidades de 433Mb/s, por antena. Se multiplicarmos pelas três antenas do sistema MIMO, é possível atingir velocidades na ordem dos 1.3Gb/s.

Em 2016, foi sugerida uma atualização da norma 802.11ac de segunda geração, também designada por 802.11ac wave 2. As principais alterações consistiram na introdução da técnica designada de *Multi-User* MIMO (MU-MIMO) que, basicamente, consiste em enviar/receber sinais de vários terminais de forma colaborativa na mesma frequência, ou seja, consiste em enviar diferentes blocos de informação para diferentes utilizadores, ao mesmo tempo e na mesma gama

de frequências. Uma das inovações desta norma é o aumento da largura de canal para os 160MHz, assim como a possibilidade de utilizar quatro fluxos espaciais, permitindo obter taxas de transmissão de 866,7 Mbps por antena. Considerando 3-4 fluxos espaciais, é possível atingir velocidades de transmissão no intervalo entre 2,34 Gbps e 3,47 Gbps, apesar da norma original permitir considerar oito antenas, atingindo uma surpreendente velocidade de 6,93 Gbps. A tabela 2.1 resume as principais características das diferentes versões da norma 802.11ac e também da norma 802.11n [4].

Tabela 2.1- Comparação da norma 802.11ac wave 1, wave 2 e 802.11n [4]

	<b>802.11n (versão comercial)</b>	<b>802.11n (versão IEEE)</b>	<b>802.11ac Wave 1</b>	<b>802.11ac Wave 2</b>	<b>802.11ac (Versão IEEE)</b>
<b>Banda de Frequência</b>	2.4GHz e 5GHz	2.4GHz e 5GHz	5GHz	5GHz	5GHz
<b>MIMO</b>	<i>Single User (SU)</i>	<i>Single User (SU)</i>	<i>Single User (SU)</i>	<i>Multi User (MU)</i>	<i>Multi User (MU)</i>
<b>Taxa de Transmissão</b>	450 Mbps	600 Mbps	1.3 Gbps	2.34 Gbps- 3.47 Gbps	6.9 Gbps
<b>Largura do Canal</b>	20 MHz ou 40 MHz	20 MHz ou 40 MHz	20, 40, 80 MHz	20, 40, 80, 160 MHz	20, 40, 80, 160 MHz
<b>Modulação</b>	64 QAM	64 QAM	256 QAM	256 QAM	256 QAM
<b>Fluxos espaciais</b>	3	4	3	3-4	8

Na tabela 2.1, a versão IEEE corresponde à proposta original apresentada por este organismo, por outro lado a versão comercial corresponde à proposta real aplicada nos dispositivos e a consequente comercialização dos mesmos.

Com o intuito de resumir as principais características das normas IEEE 802.11 anteriormente apresentadas e para obter uma maior noção da evolução da tecnologia Wi-Fi é apresentada a tabela 2.2. Com base na mesma é possível retirar algumas conclusões, nomeadamente na técnica de transmissão. Neste aspecto e comparando a norma 802.11a com a norma 802.11b, verifica-se que com a técnica OFDM é possível alcançar taxas de transmissão mais elevadas. Outra evolução importante foi na largura de banda do canal, uma vez que com a introdução dos 40MHz na norma 802.11n é possível ultrapassar os 100Mbit/s. Foi também nesta norma que o sistema MIMO foi introduzido, possibilitando assim o aumento da taxa de transmissão, utilizando várias antenas em que é possível multiplicar a velocidade de transmissão por antena, pelo número de fluxos espaciais. Do ponto de vista comercial a norma 802.11ac considera 3 a 4 antenas. Por fim, a norma 802.11ac foi das mais aceites no mercado, atualmente em utilização, opera apenas na gama dos 5GHz, mais concretamente entre os 5.0 e os 5.8GHz, reduzindo o número de interferências existentes na gama dos 2.4GHz, pois esta última é onde operam a maioria dos rádios.

Tabela 2.2-Variantes da norma IEEE 802.11 [5]

Norma 802.11	Data de Lançamento	Frequência (GHz)	Largura de Banda (MHz)	Taxa de Transmissão Máx p/antena (Mbps)	Nº Antenas	Técnica de Transmissão
802.11	Junho 1997	2.4	22	2	1	DSSS, FHSS
a	Setembro 1999	5	20	54	1	OFDM (SISO)
b	Setembro 1999	2.4	22	11	1	DSSS (SISO)
g	Junho 2003	2.4	20	54	1	OFDM, DSSS (SISO)
n	Outubro 2009	2.4/5	20	72.2	4	OFDM (MIMO)
			40	150		
ac	Dezembro 2013	5	20	96.3	8	OFDM (MU-MIMO)
			40	200		
			80	433.3		
			160	866.7		

Relativamente às normas 802.11 é possível compará-las entre si, com base em características qualitativas como: i) o *beamforming*, que consiste na capacidade de transmitir ou receber numa dada direção ii) a cobertura e a capacidade; assim como iii) a interferência. A tabela 2.3 apresenta os dados desses mesmos parâmetros.

Tabela 2.3- Comparação dos parâmetros adicionais das normas 802.11 [5]

Parâmetro	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac
<b>Beamforming</b>	Não	Não	Não	Sim	Sim
<b>Cobertura</b>	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Alta
<b>Capacidade</b>	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Alta
<b>Interferência</b>	Baixa	Significativa	Significativa	Mais nos 2.4GHz Menos nos 5GHz	Baixa

## 2.2 Arquitetura Lógica

Numa rede Wi-Fi, o elemento básico de estudo é o BSS (*Basic Service Set*) que não é nada mais do que um conjunto de estações a se comunicarem entre si, numa área designada de *Basic Service Area*. Normalmente, uma BSS é constituída por uma ou mais estações terminais, como computadores ou *smartphones*, e uma estação base também conhecida como *access point* (AP). Numa rede com mais do que uma BSS, utiliza-se dispositivos de ligação tais como *routers*. Atualmente, nas redes domésticas, na maioria dos casos, é instalado um equipamento que funciona simultaneamente como AP e como *router*, que permite conectar a nossa BSS com a Internet.

Uma BSS pode assumir duas topologias distintas, o modo infraestrutura e o modo *ad-hoc*. No modo infraestrutura é utilizado um AP que funciona como elemento central da rede, pois interliga a rede sem fios à rede cablada e é um elemento obrigatório na comunicação entre os dispositivos. Este modo caracteriza-se pelo facto de todos os terminais serem obrigados a localizarem-se dentro da área de cobertura do AP, pois essa mesma área de cobertura delimita o BSS, mas não há restrições de distância entre terminais. A questão da gestão de energia é um dos aspetos que este modo fornece, pois o AP é um dispositivo que tem a capacidade de perceber quando o terminal está em modo energia guardando assim as tramas num *buffer* para posterior entrega aos terminais. Na rede infraestruturada as estações têm de se associar ao AP de modo a estarem ligadas à rede. No entanto, é o AP que decide se o terminal tem o direito de acesso à rede. A figura 2.1 ilustra uma rede com BSS em modo infraestrutura.

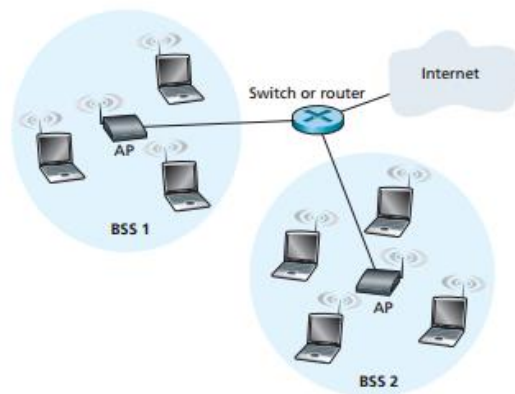
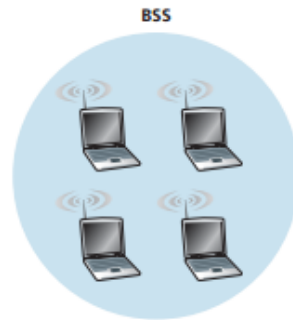
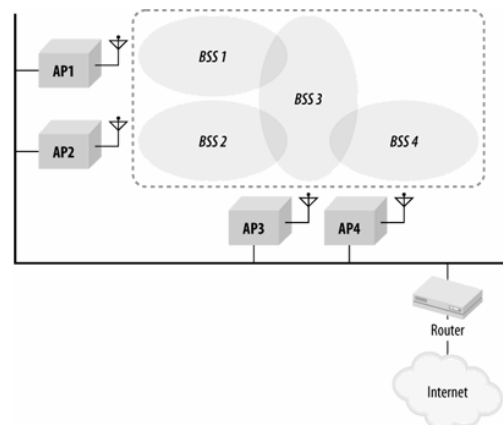


Figura 2.1- Rede IEEE 802.11, em modo infraestrutura

No modo *ad-hoc* a comunicação entre terminais ocorre diretamente, sem a utilização de um AP, sendo que por vezes o AP pode ser utilizado como repetidor para aumentar o alcance da rede. Esta topologia de rede é utilizada para eventos provisórios e/ou temporários, como por exemplo conferências, viagens de comboio, entre outros. Com a evolução dos *smartphones*, este tipo de topologia tem sido muito utilizada. A figura 2.2 ilustra uma rede com topologia *ad hoc*.

Figura 2.2- Rede IEEE 802.11, em *Ad Hoc*

Normalmente em redes com uma BSS apenas, a capacidade de cobertura não é muito vasta, cobrindo na maioria alguns escritórios. Assim sendo, a tecnologia Wi-Fi permite agrupar várias BSS, de forma a realizar uma extensão da área coberta, formando assim uma ESS (*Extended Service Set*). Devido ao facto de haver vários APs numa ESS, é necessário efetuar uma configuração de forma uniforme, ou seja, é atribuído um SSID (*Service Set Identifier*) que tem de ser comum a todos os APs. A figura 2.3 mostra uma ESS, com o agrupamento de quatro BSSs [6].

Figura 2.3- *Extended Set Service* (ESS) [7]

## 2.3 Acesso ao Meio

No estudo da tecnologia Wi-Fi um dos pontos importantes é o acesso ao meio, ou seja, o estudo de processos e protocolos que podem ocorrer ao nível da camada MAC (*Medium Access Control*) do modelo OSI.

A norma IEEE 802.11 apresenta duas funções de coordenação, a *Distributed Coordination Function* (DCF) e o *Point Coordination Function* (PCF), embora exista ainda uma terceira função, HCF (*Hybrid Coordination Function*) que consiste numa solução híbrida com base nas funções anteriormente referidas, sendo que a principal inovação nesta função é a utilização de filas prioritárias, com intuito de escalonar o tráfego com maior importância.

O mecanismo DCF é baseado no protocolo CSMA/CA, que será abordado de seguida, permitindo transferência de dados do tipo *best-effort*. O seu modo de funcionamento consiste em verificar se o canal de transmissão está livre. Se tal

for verificado, envia o pacote, caso contrário espera até estar livre. Após o envio do pacote recebe o *acknowledge*, de maneira a poder enviar o próximo pacote. Caso o *acknowledge* não seja recebido é esperado um certo tempo até voltar a reenviar. Basicamente, este mecanismo utiliza mensagens do tipo RTS e CTS.

O mecanismo PCF é um mecanismo baseado na interrogação de *polling* e na atribuição de prioridades de acesso ao meio. Usando este mecanismo, numa rede, o AP (*Access Point*) assume o papel de mestre, ou seja, é o coordenador principal questionando aos terminais quem pretende comunicar com o AP, tendo também a responsabilidade de disponibilizar o canal ao nó terminal para a comunicação. Basicamente, este mecanismo fornece um serviço de acesso livre de contenções, em que durante um período de tempo, uma estação acede ao meio sem competir com outras estações [8].

Realizada a abordagem dos diferentes mecanismos é de realçar que o protocolo utilizado no controlo de acesso ao meio é o CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*). Este protocolo é igualmente utilizado na tecnologia Ethernet mas com a notação de CSMA/CD, ou seja, nesta última é realizada a deteção de colisão (*Collision Detect*) enquanto nas redes sem fios é utilizado a versão CSMA/CA que tem como principal função, evitar colisões (*Collision Avoidance*). O objetivo deste protocolo é controlar as transmissões de forma a não ocorrerem colisões de pacotes. A variante CSMA/CA tem um modo de funcionamento muito próprio na medida em que as estações utilizam um mecanismo de contenção, baseado no algoritmo *Binary Exponential back-off*. Este mecanismo tem o objetivo de garantir que não ocorrem colisões no momento em que o canal fica imediatamente livre e para isso utiliza um temporizador para contar um tempo suplementar após o término da transmissão. Durante esse tempo a estação está em modo de contenção. Os períodos de tempo de contenção, designado de *interframe Space* (IFS) são atribuídos consoante a sua prioridade. Acabando a contagem, a estação envia uma trama ao canal ficando à espera do *acknowledge*, se tal se verificar a trama foi entregue com sucesso. Por outro lado, caso não se verifique a receção do *ack* é assumido que a trama perdeu-se e a mesma trama é reenviada novamente. De realçar que normalmente o número de reenvios é limitado. Uma vantagem deste mecanismo verifica-se nos casos em que há uma estação B que inicia a transmissão, acedendo ao canal antes de expirar o temporizador de contenção da estação A; Assim sendo, uma medida deste mecanismo é inibir a estação A, enquanto a estação B não termina a transmissão, sendo depois reposta a contagem no ponto em que foi interrompido o temporizador da estação A, evitando assim a ocorrência de colisões [2].

## 2.4 Associação

O termo Wi-Fi *jungle* é utilizado para designar um local com forte sinal Wi-Fi, proveniente de dois ou mais APs, por exemplo numa avenida com muitas esplanadas e apartamentos. Esses APs encontram-se em sub-redes distintas, operando assim de forma individual. Desta forma, se pretendermos aceder à rede *wireless* com o computador portátil, teremos de aceder precisamente a uma

dessas sub-redes com a consequente associação a um dos APs correspondentes.

O mecanismo de associação é um dos serviços da norma 802.11 que consiste, basicamente, em criar uma ligação virtual entre a estação terminal e o AP, de forma a criarem um canal bidirecional de transferência de dados. No entanto, o serviço de associação consiste num mecanismo complexo, pois é necessário perceber de que forma o portátil se associa ao AP e de que forma o portátil sabe a qual AP é que se deve interligar.

Segundo a norma IEEE 802.11, o AP deve enviar algumas tramas periódicas, denominadas *beacon frames* em que constam alguns dados, tais como a identificação do AP, o SSID e o MAC *address*, para que a estação terminal consiga perceber quais os APs que pertencem à *Wi-Fi jungle* e quais os que estão fora dela. Após a receção das várias tramas provenientes dos diferentes APs, a estação terminal escolhe um AP para se associar. Segundo a norma em estudo, não há nenhum algoritmo específico para escolher o AP a se associar [6]. Contudo a estação terminal, tipicamente, escolhe o AP cuja trama foi recebida com maior potência de sinal, garantindo, teoricamente, uma ligação com maior qualidade e fiabilidade. Como referido anteriormente, a questão da força de sinal é teoricamente a característica mais importante. No entanto, na prática, tal pode não se vir a verificar, pois um AP que garanta um bom nível de cobertura de sinal, pode estar sobrecarregado com muitos terminais, ocupando assim toda a largura de banda disponível desse dispositivo, enquanto os APs com sinal mais fraco poderão estar livres e, por vezes, igualmente capazes de responder como os APs que se encontram sobrecarregados.

A pesquisa dos APs, usado no serviço de associação, tem dois processos, o *passive scanning* que consiste no processo anteriormente apresentado, em que os APs, por iniciativa própria, enviam tramas periódicas às estações terminais, como ilustra a figura 2.4.

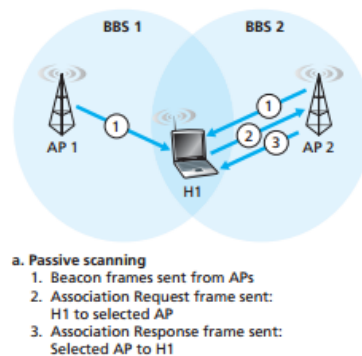
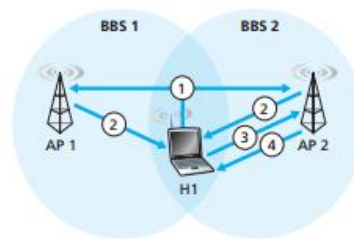


Figura 2.4- *Passive Scanning*

O outro processo, ilustrado na figura 2.5 [6], designa-se por *active scanning*, em que a própria estação terminal envia uma trama do tipo *broadcast*, designada por *probe*, a todos os APs, com o intuito de informá-los que pretende-se conectar à rede. A estação terminal pode incluir um SSID específico no pedido de associação; desta forma, os APs respondem especificamente (*unicast*) à

estação cliente com um *probe* afirmando que a estação se pode associar. Ao receber os diferentes *probes*, a estação escolhe qual dos APs se pretende conectar.



- a. Active scanning
1. Probe Request frame broadcast from H1
  2. Probes Response frame sent from APs
  3. Association Request frame sent: H1 to selected AP
  4. Association Response frame sent: Selected AP to H1

Figura 2.5- Active Scanning

Num cenário em que a estação cliente já escolheu o AP a se associar, é realizado um pedido de autenticação, de baixo nível; desta forma, o cliente encontra-se autenticado, mas não associado. Num cenário com muitos APs é possível ocorrer o caso do cliente encontrar-se autenticado em vários APs, contudo só é possível associar-se a um de cada vez. Após o pedido de autenticação efetuado pelo cliente, este receberá a resposta proveniente do AP, através de um *authentication response*. De seguida, o cliente poderá proceder ao pedido de associação através de um diálogo *request/response*. A figura 2.6 ilustra o cenário descrito.

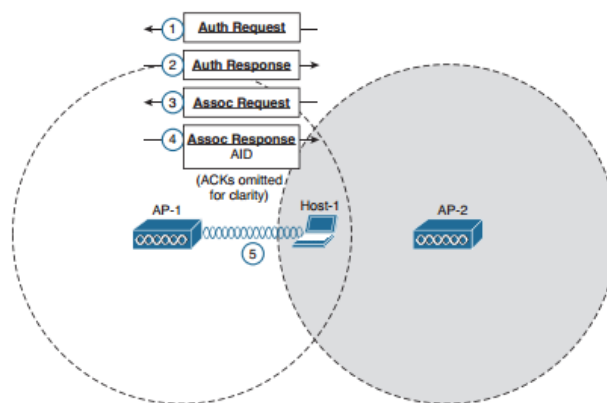


Figura 2.6-Processo de associação de um cliente a uma BSS [2]

## 2.5 Roaming

O *roaming* consiste na mobilização de um cliente, que se encontra numa BSS, para uma outra zona que corresponde a uma outra BSS. Este fenómeno em concreto não é muito distinto do que ocorre na associação, contudo no *roaming* é necessário o cliente reconhecer que está a se aproximar da fronteira da BSS atual e que necessita de encontrar uma outra célula ou AP antes de perder completamente o sinal. A figura 2.7 ilustra um exemplo de *roaming*.

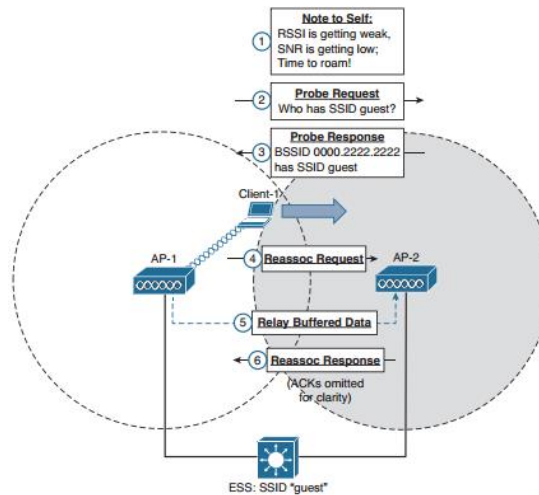


Figura 2.7-Roaming entre duas BSSs

Com base na figura anterior, verifica-se que o cliente se encontra atualmente associado ao AP1, contudo encontra-se a se deslocar em direção à BSS do AP2 e que as duas BSS fazem parte de uma ESS com SSID "guest". No primeiro passo, o cliente apercebe-se que o sinal proveniente do AP1 se encontra cada vez mais fraco; esta conclusão pode ser baseada, por exemplo no *received signal strength indicator* (RSSI) e na *signal noise ratio* (SNR), com base nos quais o cliente necessitará de realizar o *roaming*. Com o intuito do cliente encontrar uma BSS alternativa, este envia *probe request* tentando primeiro encontrar algum AP com um SSID "guest". O próximo passo consistirá em receber uma trama *probe response* de uma BSS com um determinado BSSID que possui um SSID "guest"; possivelmente, poderá receber mais do que uma resposta proveniente de outros APs, que porventura receberam o *probe request*. Assim sendo, cabe ao cliente decidir qual o melhor AP através das *probe responses* recebidas. Efetuada a decisão, é efetuado um pedido de reassociação, através da trama *reassociation request*, como mostra o exemplo da figura 2.7. Esse pedido será efetuado ao AP2, pedindo para efetuar a transferência do AP1 para o próprio AP2. Deste modo, o AP2 comunica ao AP1, através da rede cablada, para proceder a dissociação do cliente 1. Todas as tramas destinadas ao cliente serão armazenadas num *buffer* do AP1 e retransmitidas ao AP2 que, por sua vez, as transmitirá ao cliente. Por fim, a reassociação ao AP2 é aceite, sendo o cliente informado através da recepção de uma trama *reassociation response*.

## 2.6 Multi Cell e Single Cell

No estudo e planeamento das redes Wi-Fi existem dois conceitos que devem ser abordados antes da realização de qualquer projeto Wi-Fi. Tais conceitos são designados de *Single-Channel Architecture* (SCA) e de *Multi-Channel Architecture* (MCA), mas por vezes também são referidos como *single cell* e *multi cell*. Estes dois conceitos diferenciam-se entre si na medida em que, numa rede *multi cell*, os APs operam em diferentes canais. Por exemplo, na gama dos 2.4GHz os APs podem utilizar os canais 1, 6 e 11 que são, regra geral, os mais indicados, uma vez que não se sobrepõem. No *single cell* os APs operam num

único canal, no entanto os APs têm de ser controlados, por uma *Wireless Lan Controller* (WLC) que terá o papel de controlar os APs com o intuito de coordenar as transmissões. Segundo esta arquitetura, apenas um AP pode transmitir num determinado *time-slot* fazendo com que os restantes APs esperem até que o canal esteja livre. Como já referido, a controladora terá o papel de impedir que dois ou mais APs acedam ao canal em simultâneo [9].

Os dois conceitos abordados anteriormente estão diretamente relacionados com a questão do *roaming*, sendo que, inicialmente, quando surgiu o Wi-Fi, a única opção que fazia sentido era o *multi cell*. No entanto, esta solução apresentou vários problemas, nomeadamente em relação à sua implementação pois era necessário configurar manualmente os APs relativamente aos canais e à potência. Isto tinha como consequência que fosse necessário a realização de diversos *sites surveys*, o que para aquela altura era um processo muito dispendioso. A questão do *roaming* na norma 802.11 standard não era uma questão central, logo a questão do *multi cell* ainda não se encontrava otimizada. Outro dos problemas encontrados foi relativamente à limitação da gama de frequências, especialmente no que respeita aos canais disponíveis. Nos 2.4GHz existem três canais de um total de treze em que não há sobreposição de canal (1, 6 e 11), enquanto nos 5GHz existem dezanove canais disponíveis. Contudo os dispositivos habilitados a operar na gama de frequências dos 5GHz apenas foram introduzidos em maior número, a partir de 2009, juntamente com a norma 802.11n.

Com o tempo, a proposta apresentada pela arquitetura *single cell* surge com o propósito de tentar resolver os problemas apresentados no *multi cell* a sua implementação é mais simples, pois basta ligar os APs à rede. Relativamente ao *roaming*, os APs da rede surgem no *Single Cell* como um único AP, pois todos se encontram no mesmo canal, com o mesmo BSSID. Desta forma, no *Single Cell* quem decide a realização do *roaming* é o controlador, pois do ponto de vista do cliente o dispositivo encontra-se ligado a um grande AP. Relativamente à limitação da gama de frequências no *Single Cell* essa questão não se coloca, pois considera-se toda a rede a operar num único canal. Por vezes, em edifícios de maior dimensão, pode ser aconselhável a utilização de mais do que um canal [9].

### 2.6.1 Discussão

Devido ao surgimento de novas investigações relativamente a esta questão foram adotadas medidas para melhorar o *Multi Cell*, pois alguns especialistas consideravam o *Single Cell* algo limitado. Ao longo do tempo, houve uma maior exigência por parte dos clientes para que a rede Wi-Fi crescesse. Dessa forma, um dos objetivos do Wi-Fi era inquestionavelmente aumentar a taxa de transmissão., Desta feita, a teoria do *Single Cell* esbarra nesta questão, porque para aumentar a taxa de transmissão é necessário ter canais com mais largura de banda. Na gama dos 5GHz existem 19 canais disponíveis (20MHz), na Europa, e 24 canais na América do Norte, sem que haja a ocorrência de overlapping. Pelo contrário na banda dos 2.4GHz existem 13 canais, na Europa,

em que apenas 3 deles (1, 6 e 11) não estão sujeitos a sobreposição de canal. Para conseguir aumentar a banda do canal são então combinados canais de 20MHz até formar canais de 40, 80 ou de 160MHz, como mostra a figura 2.8.

2.4 GHz spectrum														
Europe	EIRP	100 mW												
USA / Canada	EIRP	125 mW												
Channel		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Channelwidth	[MHz]	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Frequency	[MHz]	2					2				2		2	
		4					4				4		4	
		0					3				5		7	
		7					2				7		2	

5 GHz spectrum																								
Europe	Primary User																							
	Requirements	ATC																						
	In-/Outdoor	only Indoor										Indoor / Outdoor												
	EIRP	max 200 mW										max 1000 mW												
USA / Canada	Primary User	TWDR / ATC																						
	Requirements	only allowed with DFS																						
	In-/Outdoor	Indoor / Outdoor																						
	EIRP	max 200 mW										max 1000 mW												
Channel		UNII-1						UNII-2						UNII-2 extended										
Channelwidth	[MHz]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Frequency	[MHz]	5					5	5					5				5					5		5
		1					2	3					5				7					7		8
		8					6	4					0				2					2		4
		0					0	0					0				5					5		5

Figura 2.8- Lista de canais, na banda dos 5GHz [10]

Como podemos verificar na figura anterior, com o agrupamento de canais é possível formar 9 canais de 40MHz, 4 canais de 80MHz e 2 canais de 160MHz, considerando o modelo europeu, ou seja, no *multi cell* é permitido realizar este tipo de combinações. No *single cell* embora todos os APs formem um único AP, a verdade é que na hora de transmitir apenas um AP é que o vai fazer, ou seja, se a rede tem 10 APs em que cada um tem a capacidade de transmitir a 1Gbps, significa que a rede é capaz de transmitir 10Gbps, no entanto como no *single cell* só transmite um AP de cada vez, significa que ele irá transmitir a 1Gbps e não a 10Gbps.

Em conclusão, verifica-se que o *single cell* trouxe uma maior variedade de soluções e apresentou-se como uma alternativa credível relativamente ao *multi cell*. No entanto, com o passar do tempo as vantagens do *single cell* foram-se desvanecendo. Contudo, há ideias de implementação de canais *layer*, ou seja, é possível utilizar por exemplo três APs no canal 36 e três APs no canal 40, fazendo parecer um misto das duas arquiteturas, ou até mesmo uma variante do *multi cell*; no entanto, este tipo de solução é muito dispendioso. Atualmente, o *multi cell* apresenta uma maior flexibilidade e um maior desempenho, isto se for bem implementado.

## 2.7 Transmissão de Dados

A camada física da tecnologia 802.11 sofreu diversas alterações, nomeadamente no que respeita à tecnologia de transmissão. Nas primeiras versões da norma 802.11, a tecnologia utilizada era o FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) e o DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*). No entanto, estas duas técnicas apresentavam dificuldades em operar com elevados débitos, o que com o passar do tempo era insustentável devido às exigências dos clientes. É assim que, desta forma, surge o OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), globalmente reconhecida por ser uma técnica que garante

elevadas taxas de transmissão. Percebe-se que uma tecnologia que requer a transmissão de um elevado número de dados, como o Wi-Fi, deverá utilizar técnicas que se baseiem na utilização do espalhamento espectral (*spread spectrum*).

Serão abordados, de seguida, os principais métodos de transmissão:

- FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*)

Esta técnica baseia-se no espalhamento espectral que, por sua vez, consiste em utilizar uma maior quantidade de bits do que a necessária para transmitir a informação, de forma a espalhar esse sinal no espectro. No espalhamento espectral recorre-se a um código de espalhamento que, ao multiplicar com o sinal a transmitir, permite camuflar o sinal pretendido, permitindo uma maior imunidade a ruídos e interferências. É desta forma que o FHSS surge, com a particularidade de que esta técnica baseia-se no salto em frequência pois no processo de transmissão são consideradas várias frequências, sendo que para cada frequência é transmitido o sinal num intervalo de tempo muito curto antes de saltar para a próxima frequência. Os saltos devem ocorrer em intervalos regulares, sendo determinados por um gerador pseudoaleatório instalado nas estações do sistema. Para questões de bom funcionamento, é importante garantir que o transmissor e o recetor estejam sincronizados e que utilizem a mesma sequência pseudoaleatória. A desvantagem desta técnica deve-se ao facto da largura do canal ser muito estreita, tipicamente 1MHz, obtendo-se assim taxa de transmissão de 1 a 2 Mbps e devido ao facto de múltiplos transmissores poderem colidir, no mesmo canal. Assim sendo, foi necessário optar por uma técnica mais robusta e com melhor performance.

- DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*)

Contrariamente ao FHSS, o DSSS não utiliza várias frequências para transmitir o sinal; no entanto, utiliza a multiplicação de um código pseudoaleatório pelo sinal a transmitir, de forma a realizar o espelhamento do sinal. A largura do canal é suficientemente larga (22MHz) capaz de suportar esquemas de modulação complexos, possibilitando atingir novas taxas de transmissão. A figura 2.9 mostra um esquema de blocos típico utilizado num transmissor, utilizando a técnica DSSS.

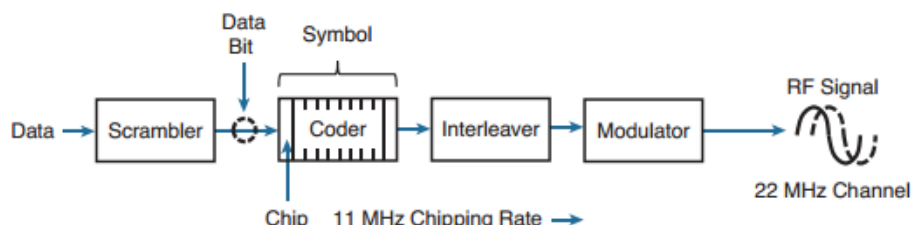


Figura 2.9- Esquema de blocos utilizado na transmissão DSSS

Com base na figura apresentada anteriormente, verifica-se que os dados são baralhados, evitando sequências longas de bits '0' e '1', através de um bloco designado *scrambler*. De seguida, cada bit de informação é convertido em

múltiplos bits de informação, com padrões específicos que podem ser uma mais-valia contra erros provenientes do ruído ou da interferência. Esses mesmos bits codificados são designados de *chip* que, ao constituírem um grupo, se designam por símbolos. O bloco *interleaver* consiste em espalhar os símbolos codificados em blocos devidamente separados, com o intuito de prevenir erros em rajada. Por fim, os bits de cada símbolo são usados para modular a fase da portadora com o intuito de permitir o transporte dos bits e consequente informação [11].

Resumidamente, o FHSS garante uma maior fidelidade na transmissão, minimizando as interferências, devido à sua dinâmica na transição de frequências, no entanto, os valores das taxas de transmissão são menores. Pelo contrário, o DSSS apresenta-se com taxas de transmissão superiores, mas sujeito a um maior número de interferências. As duas técnicas anteriormente apresentadas foram abordadas em diversas aplicações, como o Wi-Fi, no entanto, com a necessidade de aumentar o *throughput*, foi preciso explorar outras alternativas, como o OFDM.

- OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*)

O OFDM consiste em utilizar várias sub-portadoras ortogonais para transmitir o sinal. O espaçamento entre as diferentes portadoras é projetado cuidadosamente com intuito das portadoras se cruzarem em pontos do espectro específicos. A figura 2.10 ilustra o processo de transmissão OFDM, onde se verifica a modulação dos dados, num canal de 20MHz com 48 sub-portadoras e transmitido através do canal 6, da banda dos 2.4GHz.

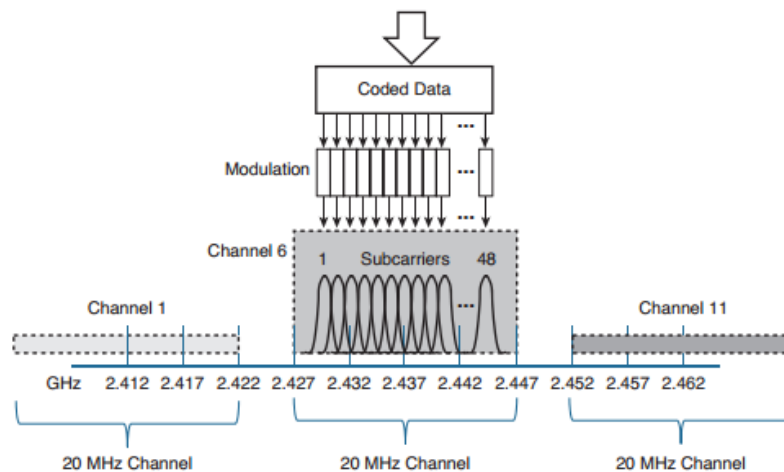


Figura 2.10- Transmissão de um sinal utilizando o OFDM

O OFDM é igualmente sujeito às mesmas funções apresentadas na figura 2.9, contudo embora cada sub-portadora apresente taxa de transmissão baixa, a soma dessas mesmas sub-portadoras permite atingir taxas de transmissão significativas.

A modulação é um fator cada vez mais determinante na transmissão, sendo que hoje em dia as normas 802.11 mais recentes utilizam a técnica de modulação QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). Devido à necessidade de aumentar a taxa de transmissão tem-se verificado um aumento do número de bits por

símbolo, por exemplo a norma 802.11n com a utilização do 64-QAM possibilita um débito, por antena, de 72.2 Mbps, enquanto a norma 802.11ac permite atingir valores até 96.3 Mbps, com o 256-QAM [12].

- OFDM (MIMO) - Com a introdução da norma IEEE 802.11n surgiu a implementação da tecnologia MIMO (*Multiple Input Multiple Output*), que corresponde à utilização de múltiplas antenas na transmissão e na recepção. Do ponto de vista das normas até agora aprovadas, é possível considerar MIMO 8x8, com 8 antenas quer na transmissão, quer na recepção. Contudo, do ponto de vista do *hardware* existente atualmente, são apenas comercializados dispositivos com um máximo de 4 antenas na transmissão e 4 na recepção (MIMO 4x4). O MIMO permite realizar agregação de canais, formando canais com maior largura, por exemplo 40MHz através da agregação de dois canais de 20MHz. Com a evolução da tecnologia MIMO é possível, hoje em dia, formar canais com largura até 160MHz.

Outro aspeto importante que o MIMO introduziu foi o conceito de multiplexagem espacial que permite aumentar ainda mais a taxa de transmissão. Até ao momento o sistema consistia em enviar os dados, por entre meio de apenas uma antena, o que implicava a que as restantes antenas ficassem em modo espera para transmitir. Assim sendo houve a necessidade de otimizar o sistema, através da multiplexagem espacial em que os dados são multiplexados de forma a serem transmitidas pelas diferentes antenas. Embora os dados sejam distribuídos pelas antenas, a transmissão ocorre segundo o mesmo canal, o que origina porém, a necessidade de garantir que não ocorre interferência de dados. Dessa forma a multiplexagem espacial surge como uma solução credível, na medida em que as antenas devem se encontrar, quer na transmissão, quer na recepção, devidamente espaçadas (diversidade espacial) com o intuito de isolar os sinais. Na recepção deverá ocorrer a interpretação dos sinais, proveniente das diferentes antenas e reconstruir o sinal originalmente transmitido, vulgarmente designado como fluxo espacial. A figura 2.11 mostra um exemplo de um sistema MIMO 3x3 com dois fluxos espaciais.

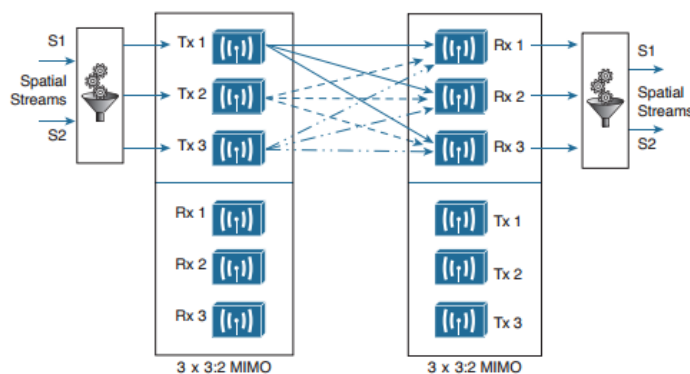


Figura 2.11- MIMO 3x3:2 [2]

O número de fluxos espaciais depende da capacidade de processamento e não do número de antenas, contudo é importante que o cliente possua um dispositivo capaz de desmultiplexar esses mesmos fluxos, algo que constitui, atualmente, um dos principais problemas [2].

MU-MIMO (*MultiUser-MIMO*) - Com o passar dos anos o MIMO sofreu alterações, tendo a mais relevante ocorrido em 2016 com o aparecimento do MU-MIMO, que garante fluxos de dados dedicados para diversos clientes conectados à rede simultaneamente, como mostra a figura 2.12.

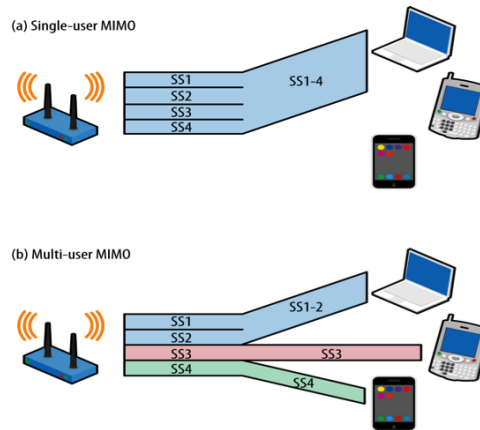


Figura 2.12- SU-MIMO e MU-MIMO [13]

A figura anterior mostra a diferença entre o MIMO convencional, designado *Single User MIMO* (SU-MIMO), em que os diferentes fluxos são entregues a um único cliente, e o MU-MIMO que consiste na transmissão de diversos fluxos a diferentes clientes.

## 2.8 Novos Desafios das Redes Wi-Fi

A tecnologia Wi-Fi continua a ter uma grande expressão no âmbito das redes de dados, deste modo é necessário garantir que a tecnologia se mantém em constante evolução.

Um dos principais objetivos da tecnologia Wi-Fi é apresentar uma nova norma IEEE 802.11 que venha acrescentar melhorias. Atualmente a última atualização da norma corresponde à IEEE 802.11ac *wave2*, lançada em 2016, no entanto ao longo destes últimos anos houveram estudos no sentido de ser apresentado uma nova norma. Em 2019 será muito provável ouvirmos do lançamento da norma IEEE 802.11ax, entretanto algumas empresas têm-se movimentado de forma a lançar os seus primeiros protótipos, embora a norma esteja atualmente sob um processo de certificação pela IEEE.

A norma 802.11ax surge com alguns objetivos definidos, nomeadamente o facto de considerar as duas bandas de operação (2.4 e 5GHz), ao contrário da norma 802.11ac que apenas considerava os 5GHz. Aumentar o nível de *throughput*, considerar cenários de rede *indoor* e *outdoor*, assim como melhorar a gestão de energia das estações constituem outros objetivos.

Do ponto de vista das melhorias técnicas, esta norma introduz o conceito OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) que consiste na partilha do tempo de cada símbolo por vários utilizadores. Por outro lado, no OFDM as subportadoras são utilizadas para transmitir dados, na medida em que por cada símbolo transmitido, apenas um utilizador pode ser servido. A figura 2.13 ilustra estas duas técnicas, em que se verifica que no OFDMA ocorre uma divisão das subportadoras pelos diferentes utilizadores, possibilitando uma maior eficiência na utilização dos recursos de transmissão.

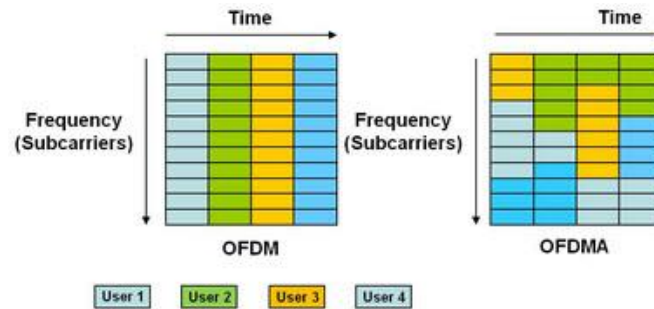


Figura 2.13- OFDM e OFDMA [14]

A técnica OFDMA não garante obrigatoriamente, à norma 802.11ax, um aumento da taxa de transmissão, mas sim um aumento na eficiência nos processos de transmissão nomeadamente de *downlink* (DL) e *uplink* (UL).

O MU-MIMO foi revisto para esta nova norma e apresenta-se com melhorias significativas relativamente à 802.11ac. O processo de consistiu em introduzir o *uplink* MU-MIMO (UL MU-MIMO) algo que não foi incluído na 802.11ac pelo facto de na altura não estarem reunidas algumas condições, como a sincronização do tempo, o alinhamento da frequência e a normalização da potência entre todos os clientes considerados na transmissão MU-MIMO [15]. Sendo assim, a principal melhoria da norma 802.11ax relativamente a esta matéria consiste em aumentar o número de utilizadores de 2 para 8 clientes com DL/UL MU-MIMO [16].

Tendo a recente norma duas técnicas de transmissão distintas, como o OFDMA e o MU-MIMO é necessário haver algum controlo no que respeita à operação de cada uma dessas técnicas. Desta forma, o conceito a ser implementado visa garantir a utilização de cada uma dessas técnicas consoante o tamanho do pacote. Deste modo encontra-se decidido, com base em estudos da figura 2.14, que o MU-MIMO é mais eficiente na transmissão de pacotes maiores e o OFDMA na transmissão de pacotes mais pequenos.

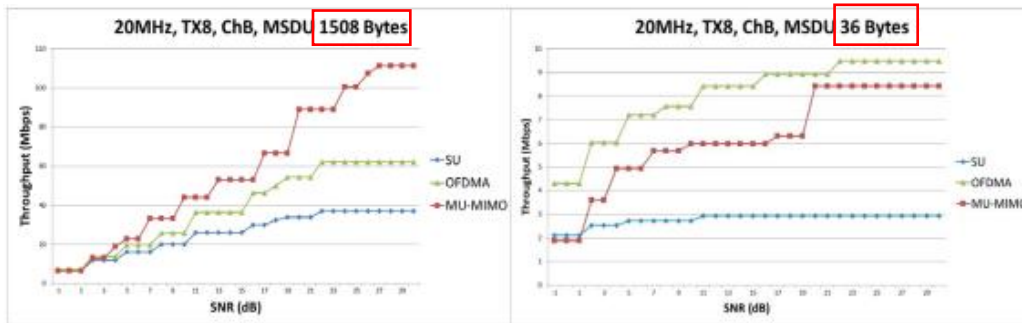


Figura 2.14- Resultados *downlink* MU-MIMO e OFDMA [15]

Outras das melhorias da norma 802.11ax é na modulação através do 1024 QAM em que são considerados 10 bits por símbolo, possibilitando um *data rate* teórico máximo na ordem dos 9.6 Gbps, considerando 160MHz e um sistema MIMO 8x8 [15].

## 2.9 Conclusão

Neste capítulo foram abordados alguns dos principais pontos de estudo que caracterizam a tecnologia Wi-Fi. Sendo assim iniciou-se com uma pequena análise à evolução da norma IEEE 802.11 em que se verificou que a introdução quer do OFDMA, quer do sistema MIMO possibilitou atingir taxas de transmissão de dados muito superiores aos obtidos até à data. Outro detalhe importante foi aumentar a largura do canal de transmissão como forma de também possibilitar um aumento no *data rate*. Esta técnica foi introduzida pela primeira vez na norma 802.11n, com o canal de 40MHz, no entanto essa hipótese foi cada vez mais alvo de estudo, possibilitando hoje a escolha de canais com largura até 160 MHz.

Foram também alvos de estudo algumas características essenciais de uma rede Wi-Fi atual, nomeadamente a questão do *roaming* de forma a permitir a mobilidade no espaço sem perder a ligação à rede. A questão do *multi cell* que possibilita considerar cada AP a um canal individual criando uma rede mais equilibrada potenciando os diversos canais disponíveis na banda de frequências.

Após o estudo teórico realizado ao longo deste capítulo é possível afirmar que estão reunidas as condições para avançar com a identificação do problema das redes Wi-Fi e eventual solução.

### 3. Caracterização do Problema

Este capítulo pretende realizar uma apresentação do problema a que se refere o trabalho, através de uma análise à Universidade da Madeira e à sua rede sem fios. Desta forma será considerado a rede do edifício da Penteada, da Reitoria e da Residência Universitária. Na análise à UMA serão abordados aspectos relacionados com as características gerais dos edifícios, com os utilizadores e com a própria rede.

#### 3.1 Universidade da Madeira (UMa)

A Universidade da Madeira (UMa) é uma instituição de ensino superior público, inaugurada a 13 de setembro de 1988. É património da Universidade o Edifício da Penteada, o edifício da Reitoria, o edifício dos Serviços de Ação Social (SASUMA), a Residência Universitária de Santa Maria e a Quinta de São Roque. Os edifícios referenciados encontram-se localizados na cidade do Funchal, em zonas geograficamente distintas, como mostra a figura 3.1.

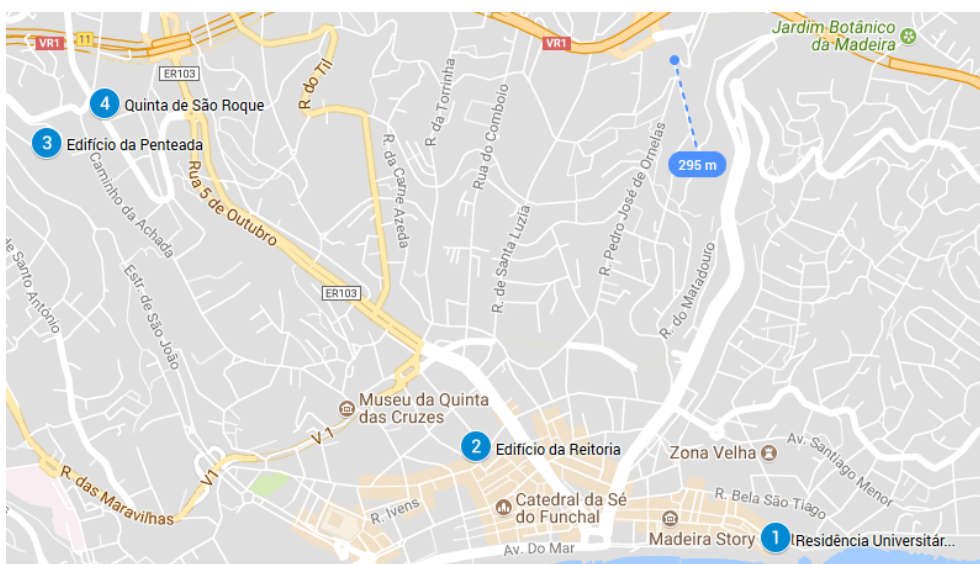


Figura 3.1- Universidade da Madeira-localização

Todos os edifícios excetuando a Quinta de São Roque possuem cobertura Wi-Fi. A rede, de forma geral, tem uma estrutura muito simples, uma vez que a rede internet contratada chega ao edifício da Penteada através de fibra ótica, ligando-se a um *switch* igualmente de fibra. De referir que toda a comunicação para o exterior é filtrada por uma *firewall* e passa por um *router* de acesso ao exterior. A conexão entre o edifício da Penteada e da Reitoria é efetuada por meio de uma fibra multimodo de 1 Gbps. A rede da Residência provém do edifício da Penteada através de uma fibra, sendo que a largura de banda atual está em 100Mbps, a figura 3.2 mostra a rede descrita.

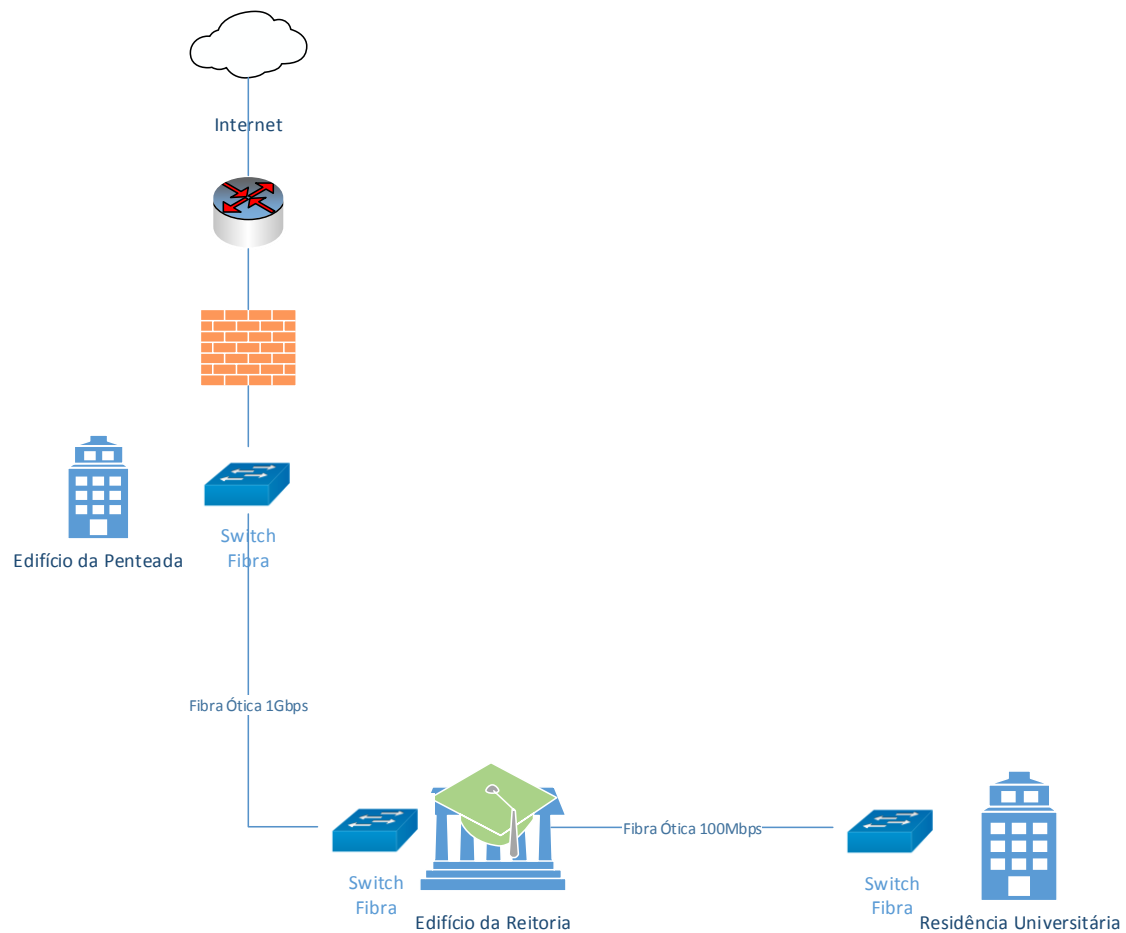


Figura 3.2-Rede de ligação entre os três edifícios da UMA

### 3.2 Edifício Campus Universitário da Penteadada

Este edifício tem um papel importante no que concerne às dinâmicas da comunidade académica, pois é neste edifício, que todos os dias, se concentram alunos e docentes para o leccionamento das aulas, assim como funcionários. Neste edifício existem cinco faculdades, de Artes e Humanidades, de Ciências Exatas e da Engenharia, de Ciências Sociais, de Ciências da Vida e da Tecnologia da Saúde.

O edifício Campus Universitário da Penteadada, é constituído por:

- 7 Pisos;
- 31 Salas de aula (1254 lugares);
- 4 Anfiteatros de 120 lugares;
- 6 Anfiteatros de 56 lugares;
- Sala do Senado de 320 lugares;

- 70 Espaços laboratoriais de ensino;
- 4 Salas de estudo com 710 lugares de estudo;
- Biblioteca com 400 lugares de estudo;
- 160 Gabinetes;
- 5 Salas de reuniões;
- Bar
- Cantina e Restaurante Académico;

Segundo os dados de 2016/2017, a comunidade académica é constituída por 2809 alunos, 151 docentes e 128 funcionários [17].

### 3.2.1 Caracterização da Rede Wi-Fi

No edifício principal, existe cobertura de rede Wi-Fi em todos os pisos, excetuando o piso -3, isto porque neste piso estão localizadas as salas de máquinas incluindo um posto de transformação elétrico daí não haver uma real necessidade de acesso Wi-Fi. Visto que existem vários grupos de utilizadores e de serviços, a rede universitária, de forma geral, encontra-se dividida por diferentes VLANs. Contudo, para este projeto, a VLAN em causa é a VLAN6, uma vez que corresponde à rede Wi-Fi do edifício.

A rede Wi-Fi principal foi instalada em 2005, contudo devido à necessidade de cobrir determinados laboratórios, de departamentos específicos foram adicionados access points (APs) distintos da rede principal e com diferentes SSIDs, assim sendo, neste projeto abordaremos em especial a rede principal.

A rede Wi-Fi tem como principal SSID “*eduroam*”, esta rede permite o acesso à comunidade universitária, desde que possuam as devidas credenciais de autenticação. Os APs estão distribuídos pelos diferentes pisos. Os dispositivos atualmente instalados são do modelo AP1100, da Cisco, a operar segundo a norma IEEE 802.11g. Estes mesmos dispositivos encontram-se ligados aos *switches*, instalados nos bastidores de piso. A tabela 3.1 resume o número de *access points* distribuídos por piso.

Tabela 3.1- Número de *Access Points* por piso

Piso	Nº de <i>Access Points</i>
3	10
2	24
1	23
0	19
-1	15
-2	10
<b>Total</b>	101

Com base na tabela anterior, verifica-se que existem 101 APs no edifício com o SSID *eduroam*. O esquema da rede Wi-Fi pode ser verificado na figura 3.3.

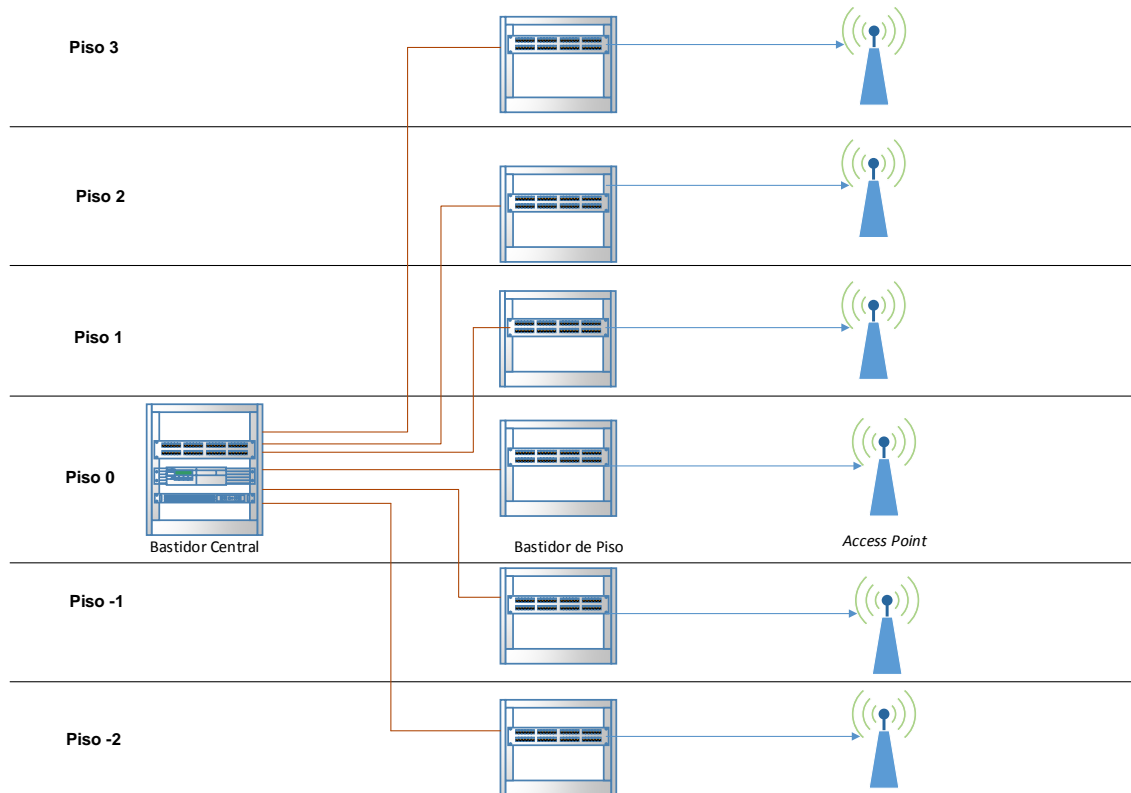


Figura 3.3- Esquema da rede Wi-Fi da Penteadá

Como mostra a figura 3.3 os *access points* encontram-se ligados a *switches* dos bastidores de piso que, por sua vez, estão ligados ao *backbone* edifício, localizado no piso 0. A distribuição dos bastidores encontra-se mais especificada, na figura 3.4.

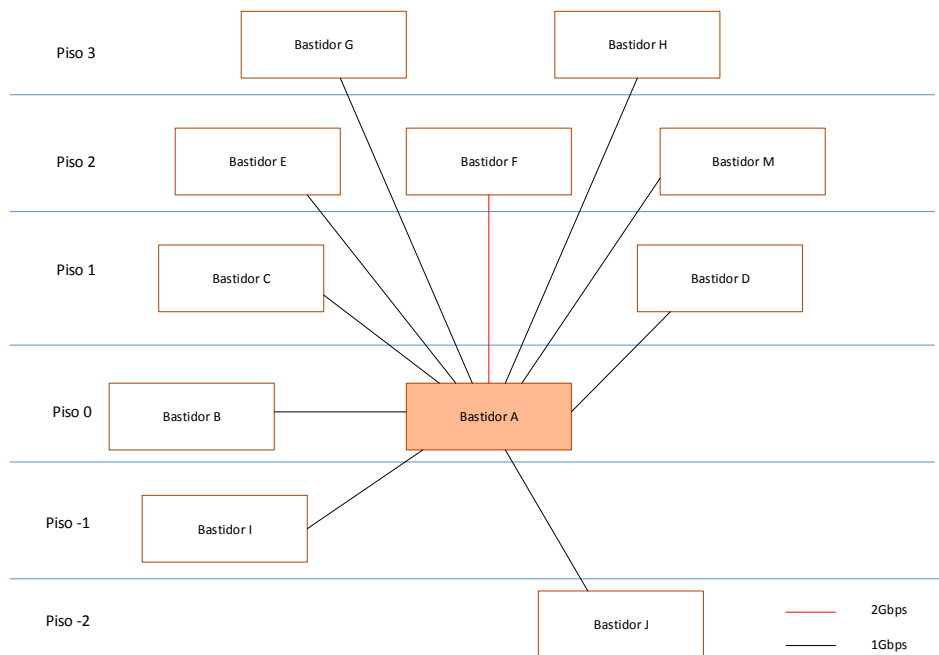


Figura 3.4-Backbone Edifício da Penteadá

De forma resumida não há nenhum bastidor exclusivo para os APs, ou seja, a estes bastidores ligam-se APs e também tomadas de rede. A ligação entre o bastidor central e os bastidores de piso é realizado por fibra ótica, sendo na sua maioria com a largura de 1Gbps, excetuando o bastidor F, situado no piso 2, que se encontra ligado com a largura de 2Gbps.

Do ponto de vista dos utilizadores que acedem à rede, na sua maioria são alunos, o principal serviço utilizado é o acesso *web*, em que se inclui envio/receção de *e-mails*, pesquisa e acesso a conteúdo de vídeo e imagem, quer através de redes sociais ou *youtube*. As principais reclamações da comunidade, consiste essencialmente em falhas de cobertura, principalmente no interior das salas e o baixo valor de *throughput* que é destinado a cada cliente, ou seja a velocidade de ligação. Existem diversas causas para que a rede apresente algumas debilidades, de forma geral, os principais problemas devem-se à norma utilizada, IEEE 802.11g que garante apenas 54Mbps de *throughput* máximo e também por ser atualmente uma norma descontinuada. O baixo valor de *throughput* deve-se à saturação do *access point*, essencialmente nas zonas em que se concentram um maior número de clientes, como ocorre nas salas de estudo.

Atualmente, a UMa não tem possibilidade económica para instalar uma rede completamente nova, deste modo a instituição está flexível em adquirir alguns APs mais recentes e reforçar as zonas em que a rede apresenta mais debilidades.

### 3.3 Reitoria

A reitoria da Universidade da Madeira insere-se num edifício emblemático que é património histórico da cidade do Funchal, o Colégio dos Jesuítas. Neste edifício encontram-se os gabinetes do reitor (elemento máximo da hierarquia académica), dos vice-reitores e dos pró-reitores que têm a responsabilidade de garantir o funcionamento e monitorizar todos os serviços em torno da Universidade. Na reitoria existem também outros serviços, como serviços administrativos, gabinete de recursos humanos e o gabinete de aplicações informáticas. Em tempos, o edifício da reitoria serviu para a leção de aulas, daí a existência de salas de aula; no entanto, hoje em dia essas mesmas servem para ações de formação. Outro aspeto importante no edifício é o auditório em que ocorrem diversas palestras, anualmente, esse mesmo auditório tem capacidade para 184 lugares sentados.

Do ponto de vista das características físicas do edifício é importante salientar que existem efetivamente dois pisos (piso 0 e piso 1) embora haja uma sala onde são realizadas exposições, designada sala dos arcos ou antiga cooperativa que se situa abaixo do piso 0, podendo ser considerado como piso -1. Sendo o edifício construído há mais de 400 anos, este possui paredes de rocha que são naturalmente mais largas do que um edifício mais recente e em que os tetos são muito altos. Estes fatores influenciam posteriormente o planeamento da rede, pois será necessário ter atenção à propagação do sinal que poderá seriamente afetada devido à atenuação das paredes e devido ao facto dos tetos serem muito

altos existe uma clara dificuldade, referido pelos próprios técnicos em passar/substituir a cablagem.

A maioria dos funcionários da reitoria possuem ligação cablada ao computador, no entanto e visto que o edifício é também utilizado para fins turísticos, é importante garantir rede Wi-Fi. Muitas das reclamações apontam no sentido do fraco sinal Wi-Fi detetado pelos dispositivos, assim como da saturação da rede, na zona do auditório. Deste modo, será importante verificar o estado da cobertura da rede, assim como de possível saturação da rede.

A estrutura da rede na reitoria consiste na chegada da fibra proveniente do edifício da Penteada ao bastidor central, localizado no piso 0. A partir do bastidor central ligam-se os restantes bastidores distribuídos pelo edifício, dessas ligações é de realçar duas ligações em fibra, uma para a Unidade de Aprvisionamento e Património (UAP), localizado no piso 0 e outra para o bastidor localizado nas salas de aula. As restantes ligações entre o bastidor central e os demais bastidores é efetuado por cabo do tipo *Unshielded Twisted Pair* (UTP). A figura 3.5 mostra o *backbone* edifício da Reitoria.

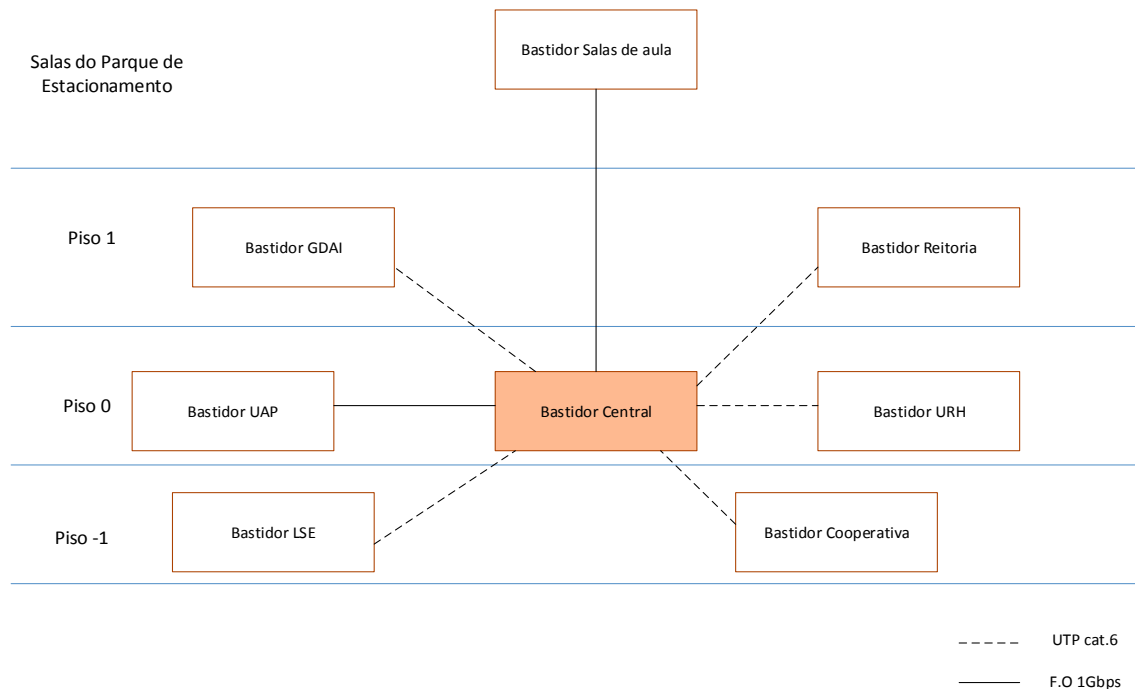


Figura 3.5-Backbone edifício da Reitoria

### 3.4 Residência Universitária

A Residência Universitária inaugurada em 2009 foi projetada com intuito de alojar alunos bolsheiros que se encontram deslocados da sua residência e alunos que estejam inscritos em programas de mobilidade, provenientes essencialmente de outros países. Este edifício é constituído por 4 pisos totalizando 82 quartos em que, desse total, 37 são quartos duplos e 45 triplos, sendo também relevante referir que em para cada quarto existe uma casa de banho. Cada piso contém ainda uma cozinha, uma sala de convívio e uma casa de banho. Os pisos diferenciam-se entre si excetuando os pisos 1 e 2 que são exatamente iguais, o

piso 4 encontra-se reservado para serviços hoteleiros, ou seja, a prioridade é para eventuais turistas, contudo caso os restantes pisos encontrem-se lotados o piso 4 poderá servir para alojar estudantes. Sendo a residência um edifício recente, as paredes são de tijolo com máximo de 15 cm de largura, resumidamente o edifício possui um formato regular quer nas paredes, portas e janelas. No entanto é de referir a passagem de colunas, que ajudam a segurar o edifício, entre a parede do corredor e da casa de banho, do interior dos quartos.

A rede da Residência Universitária provém do edifício da Reitoria, por uma fibra de 100Mbps, que chega ao bastidor central, localizado no edifício dos Serviços da Ação Social da Universidade da Madeira (SASUMa). Desse mesmo bastidor sai dois cabos UTP, um para uma sala de informática, localizado nos SASUMa e outro para a Residência. Os esquemas de ligação entre os bastidores dos diferentes edifícios encontram-se representados na figura 3.6.

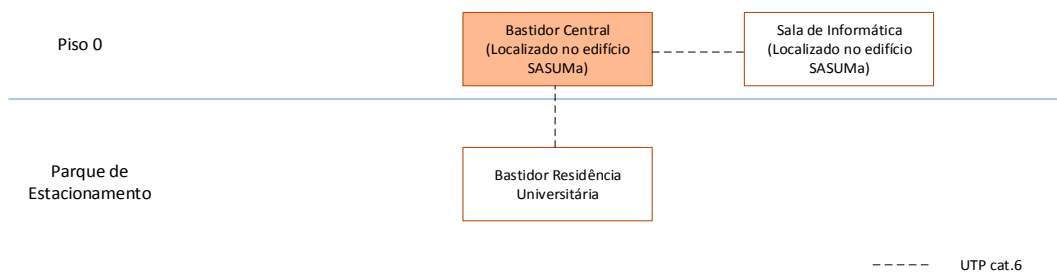


Figura 3.6- Backbone edifício dos serviços centrais dos SASUMa

O cabo para a residência atravessa parte do parque de estacionamento interior terminando numa sala aí localizada onde se encontra um bastidor, que por sua vez distribui para todo o edifício da residência, onde se encontra localizados os APs. Como mostra o esquema da figura 3.7.

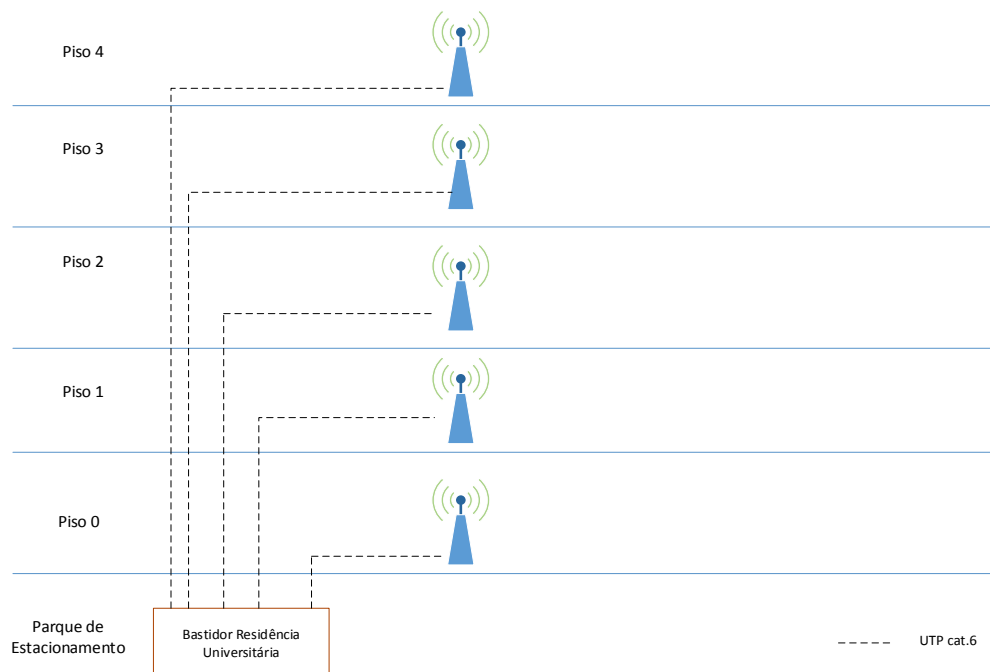


Figura 3.7- Backbone edifício da Residência Universitária

### 3.5 Conclusão

Este capítulo serviu essencialmente para identificar e contextualizar o problema ao longo do trabalho. Foram apresentados os diferentes edifícios que serão alvos de estudo, nomeadamente à rede Wi-Fi implementada. A rede do edifício da Penteadá é a rede de maior dimensão com bastidores distribuídos por 6 pisos, nos quais se conectam 101 APs.

Os próprios APs quer no edifício da Penteadá, quer na Reitoria operam segundo a norma 802.11g e encontram-se ligados aos bastidores distribuídos pelos diferentes pisos por entre meio de cabo UTP de categoria 5. Os mesmos encontram-se configurados sob um SSID principal designado *eduroam*, sendo que este facto estende-se também à rede da Residência Universitária.

A morfologia dos diferentes edifícios também foi discutida, sendo digno de realce para o facto do edifício da Reitoria possuir mais de 400 anos e ter como principal material constituinte das paredes a rocha basáltica da ilha e pelo facto dessas mesmas paredes apresentarem-se mais largas.

Tendo sido apresentadas, ao longo deste capítulo, a estrutura das redes dos edifícios em estudo, de forma a contextualizar o problema alvo deste trabalho, próximo passo constituirá no desenho e no estudo do planeamento para a rede da UMa.

## 4. Desenho e Processo de Planeamento da Rede Sem Fios

Nesta fase do trabalho abordaremos a importância do planeamento numa rede Wi-Fi e os principais passos que devem ser tomados antes da implementação física da rede. Ao longo de um processo de implementação de uma rede podemos considerar a fase de planeamento, como uma fase intermédia, na medida em que precede do estudo teórico da tecnologia e antecede uma eventual implementação prática sendo que para complementar esta fase recorre-se muitas vezes às ferramentas de simulação.

### 4.1 Estruturação de uma rede Wi-Fi

Existem muitas redes Wi-Fi em centros comerciais, em escolas e outros espaços públicos em que não há qualquer preocupação em como os dispositivos rádio (APs) estão dispostos geograficamente e configurados. Muitas vezes, as fragilidades de uma rede surgem pelo facto de muitas das empresas responsáveis pela montagem de redes Wi-Fi assumirem que o valor do sinal de cobertura é o único fator de confiança de bom funcionamento da rede, o que naturalmente é um erro como verificaremos ao longo deste trabalho.

A fase de planeamento de uma rede Wi-Fi é muito importante na construção de uma rede *wireless*, sendo certo que muitas das vezes é a fase em que exige mais tempo de trabalho. Isto porque em muitos dos casos não é linear, do ponto de vista do técnico, a realização da transcrição teórica da tecnologia, neste caso Wi-Fi para um contexto de problema real, por exemplo a rede de uma universidade. Existe a vantagem de planear, por exemplo, uma rede nova em que é enunciado que tipos de equipamentos serão utilizados, segundo uma norma teoricamente estabelecida. Em que também são definidos os locais a implementar os APs, com base no conhecimento do edifício e nas atividades dos utilizadores, faz com que a fase de implementação prática da rede seja mais simples permitindo até que em muitos casos seja a etapa que demore menos tempo a ser realizada. Na medida em que para a implementação prática fique reservada essencialmente as tarefas da passagem de cabos e a instalação dos próprios APs nos locais previamente planeados, reconhecendo também que existem outras tarefas na fase da implementação tais como a configuração dos APs e a construção do bastidor.

Uma das primeiras medidas a tomar num planeamento da rede *wireless* é identificar as principais necessidades das pessoas que irão usufruir da rede, ou seja, será importante perceber a que atividades se destina a rede em estudo, assim como do número de utilizadores por área. Considerando que hoje em dia, cada um dos utilizadores utiliza mais do que um dispositivo Wi-Fi, será também interessante considerar o número de dispositivos, em função dos utilizadores. Obtendo essa mesma informação pode-se avançar para o plano de uma rede que satisfaça os requisitos da mesma.

Com o objetivo de esquematizar e auxiliar a compreensão das diferentes fases da criação de uma rede, foi criado o fluxograma da figura 4.1.

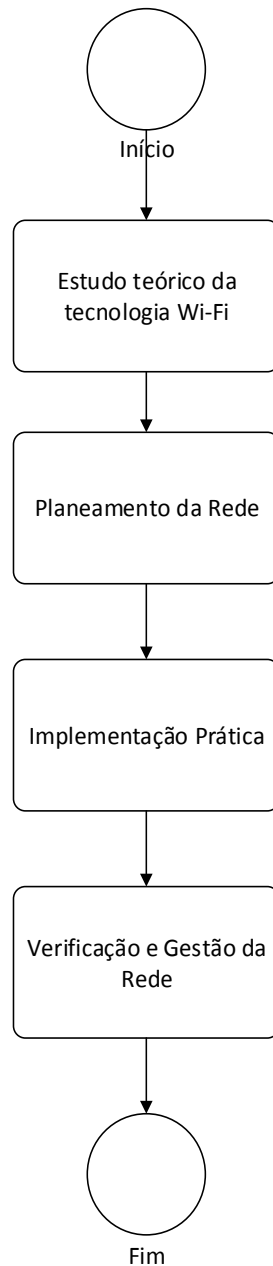


Figura 4.1- Fluxograma das fases de criação de uma rede Wi-Fi

Com base nesse mesmo fluxograma, é possível aplicar a mesma filosofia de pensamento neste trabalho, com o intuito de apresentar uma solução para a rede da Universidade da Madeira. No entanto é de referir que este trabalho terá uma maior preocupação nas duas primeiras fases, nomeadamente no estudo teórico e no planeamento da rede, isto porque a implementação prática da rede, depende de vários fatores alheios a este trabalho.

Deste modo, quando partimos para a fase de planeamento de uma rede nova ou para a substituição de uma já existente é necessário ter em conta duas fases, o estudo e o projeto. Para cada uma destas fases existem algumas tarefas que deverão ser cumpridas:

- Levantamento de requisitos (fase de estudo);
- Avaliação (ou análise) da cobertura e capacidade (fase de estudo);
- Criação de um modelo preditivo, através de uma ferramenta de *planning survey* que calcule quantos APs serão necessários e em que locais, de modo a que satisfaçam os objetivos da rede (fase de projeto);
- Realização de um *site survey* capaz de verificar a veracidade do modelo e que permita realizar alterações (fase de projeto);

O fluxograma da figura 4.2 resume as tarefas das diferentes fases do planejamento da rede.

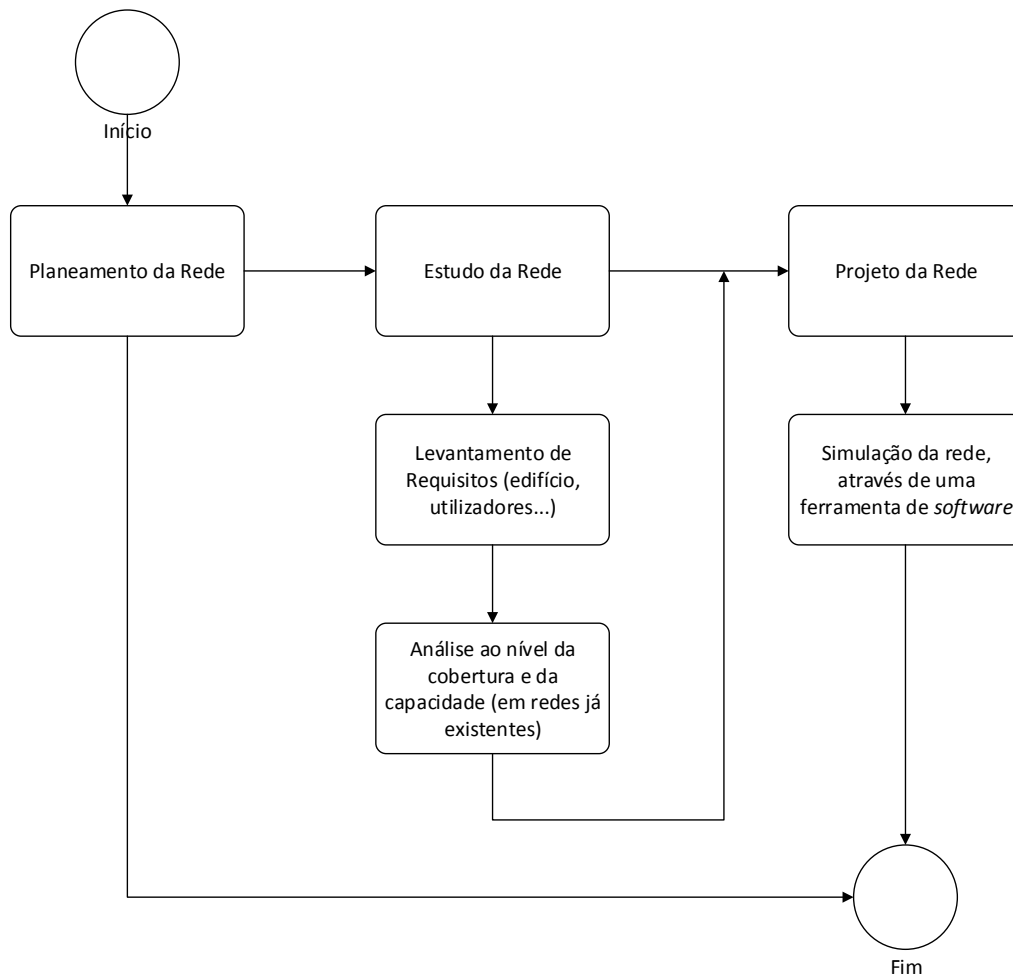


Figura 4.2- Fluxograma das tarefas a realizar na fase de planejamento

Relativamente à tarefa de levantamento de requisitos é importante salientar alguns fatores que ajudam a determinar o número de APs a implementar:

- 1- O número máximo de dispositivos que simultaneamente irão estar a operar no mesmo SSID;
- 2- Que capacidade têm esses mesmos dispositivos, por exemplo que norma IEEE 802.11 suportam;

3- Que tipos de aplicações serão usadas, por exemplo correio eletrónico, conteúdo de vídeo, redes sociais, entre outras;

4- A questão da mobilidade dos utilizadores na rede deverá ser discutida, com o intuito de verificar se é garantida cobertura em toda a extensão da rede e qual a política de escolha relativamente ao *roaming*;

5- O nível mínimo de *throughput* que a rede necessita para satisfazer os requisitos.

A figura seguinte ilustra respetivamente cada um dos tópicos descritos anteriormente:



Figura 4.3- Ilustração dos fatores relativos à cobertura e capacidade [18]

A informação pode ser obtida através de uma entrevista, ou questionário às pessoas que têm ou terão um papel ativo na rede. Com base nesses dados o técnico responsável pelo planeamento tem uma ideia mais clara relativo à implementação da rede.

## 4.2 Ferramentas de *Site Survey*

A criação de um *site survey* permite realizar uma simulação da rede, com o auxílio das plantas do edifício. A simulação é realizada através de um *software* que possibilita trabalhar à escala, permitindo consequentemente colocar os APs consoante as variáveis de estudo, tais como a área a cobrir ou a capacidade, que está diretamente relacionado com o número de dispositivos Wi-Fi num determinado local.

Atualmente existem várias ferramentas de planeamento Wi-Fi e *survey*. Nesta secção vão ser abordadas algumas ferramentas mais conhecidas e algumas características das mesmas, com base na utilização de versões *trial*.

Antes de apresentar as ferramentas é importante abordar que tipos de *site survey* existem e em que consistem. Assim sendo, existem três tipos de *survey*:

- *Survey* Passivo;
- *Survey* Ativo;
- *Survey* Preditivo;

O modo **passivo** consiste em escutar os diferentes APs através da receção de tramas, como *beacons* e *probes*, obtendo medições acerca do ambiente RF, tais

como força do sinal (RSSI), relação sinal-ruído (SNR), SSID e consequente localização do AP instalado.

O modo **ativo** assume o papel enquanto adaptador Wi-Fi, na medida em que se associa uma rede, medindo em tempo real parâmetros como a taxa de transmissão, *jitter*, entre outros. Poderá assumir dois modos relativos à escala de operação: 1) BSSID, em que os dados obtidos são essencialmente relativos a uma célula, neste caso AP; ou 2) ao nível do SSID, em que são concebidos nos testes vários APs de um mesmo SSID, possibilitando a obtenção de dados relativos ao estado do *roaming* na rede.

Por fim, o modo **preditivo**, igualmente designado como *planning survey*, consiste basicamente numa simulação em que é criado um ambiente virtual, criado pelo utilizador em que podem ser consideradas atenuações devido aos materiais de construção, permitindo ainda manipular a localização dos APs com intuito de obter uma rede que cumpra os requisitos. A tabela 4.1 resume algumas diferenças entre estes modos [2].

Tabela 4.1-Tipos de *site survey* [2]

	<b>Modo Passivo</b>	<b>Modo Ativo</b>	<b>Modo Preditivo</b>
<b>Quando utilizar?</b>	Recomendado na maior parte do tempo, recolhe as características mais importantes da rede;	Este modo é opcional, utilizado para testar a rede em tempo real; Poderá ser utilizado o método BSSID ou SSID;	Modo opcional, utilizado para simular a rede antes de implementá-la;
<b>Hardware necessário</b>	Adaptador <i>Wireless</i>	Adaptador <i>Wireless</i>	Processador <i>multi-core</i>
<b>Informação recolhida da rede</b>	Escuta os pacotes sem ligar-se à WLAN	Adaptador liga-se à rede medindo taxas de transmissão e outros parâmetros	Não recolhe informação, a única informação obtida provém da simulação virtual
<b>Parâmetros de leitura</b>	Nível de sinal; Nº de AP's; Relação Sinal-Ruído.	RSSI; <i>Data Rate</i> , <i>Throughput</i> ; SNR; <i>Jitter</i> ; Perdas de Pacotes.	RSSI; SNR; <i>Data rate</i> ; <i>Throughput</i> ; Sobreposição de canais.

Resumindo os modos de *survey*, conclui-se que o modo passivo e ativo estão muito mais associados ao levantamento dos parâmetros da rede, essencialmente utilizado como forma de estudo de redes já implementadas, relacionando-se assim com o conceito de *site survey*. Por outro lado, o modo preditivo está mais relacionado com a tarefa de projeto de novas redes (*Planning Survey*).

As ferramentas de *survey* podem ainda ser agrupadas em três categorias, com base na sua instalação:

- *Standalone*- Ferramenta instalada num típico portátil ou *smartphone*, permitindo a recolha de pontos;
- *Server-based*- Aplicações instaladas em servidores, essencialmente integradas em ferramentas de gestão de redes;
- *Cloud-based*- Ferramenta de *survey* utilizada para o planeamento de redes, sem a receção de dados RF.

### 4.3 Comparação de Ferramentas

Neste ponto serão abordadas algumas ferramentas, do tipo *standalone*, existentes no mercado, isto porque, quer as aplicações *server-based*, quer *cloud-based* não são apropriadas para a realização de estudos que consistem na recolha de pontos no espaço. Assim sendo a escolha das ferramentas foi baseada na expressão mediática em fóruns de discussão na internet e de funcionários, de empresas multinacionais, que sugeriram, para este trabalho, algumas ferramentas. É de referir, novamente, que a análise se baseou na instalação de versões *trial*.

- **TamoGraph**- É uma ferramenta muito completa permitindo a deteção e análise de redes 802.11 a/b/g/n/ac. Esta ferramenta permite efetuar uma análise do espetro, utilizar o GPS como ferramenta de auxílio em projetos *outdoor* e permite operar nos três modos apresentados anteriormente. No entanto, as suas ferramentas de trabalho são um pouco limitadas para projetos de grande dimensão. As versões gratuitas não permitem a realização de projeto, apenas a deteção de APs, a norma utilizada e o respetivo SSID [19].

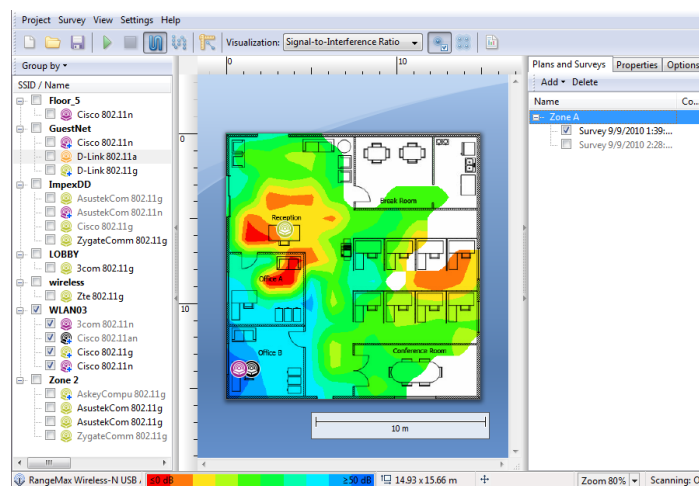


Figura 4.4- Exemplo de um projeto em TamoGraph

- **NetSpot**- Esta ferramenta tem um *feedback* positivo, devido à sua simplicidade de utilização, no entanto não é uma ferramenta tão completa como o *TamoGraph*. Inicialmente, esta ferramenta foi criada para o sistema operativo *MAC OS*, mas já existe a versão para *Windows*. A especialidade desta ferramenta direciona-se mais para os especialistas em segurança e gestão de redes, pois permite eliminar APs não

autorizados, evitar interferências entre canais, para além de detetar redes e medir parâmetros tais como a força do sinal. Disponibiliza a opção de realizar planeamento Wi-Fi, no entanto esta funcionalidade é um pouco limitada quando comparada com outras ferramentas. Existe uma versão gratuita, no entanto para a realização de *survey* é aconselhado uma versão paga, a versão PRO custa 122€. No entanto, a versão PRO permite definir apenas 50 zonas por projeto, entre outras limitações [20].

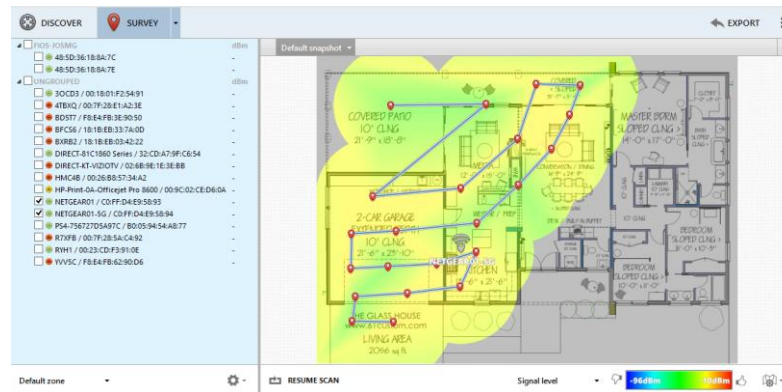


Figura 4.5- Versão gratuita NetSpot

- Fortiplanner-** Ferramenta direcionada para a criação de *site survey*, do tipo preditivo em que permite especificar o material das paredes, que tem uma influência significativa em todo o processo de transmissão, nomeadamente no sinal detetado pelo recetor. Contudo, após introduzir os APs no projeto, a variável de trabalho é sobretudo o RSSI quer em valor numérico quer em escala de cores, fazendo com que o *software* seja um pouco limitativo por não possibilitar ter em consideração o número de dispositivos por divisão, ou por zona. No entanto, para projetos pequenos em que não seja necessário considerar diversas variáveis de trabalho, este *software* revela ser prático. Existem versões pagas com mais funcionalidades, contudo em relação à análise de espectro e em espaços *outdoor* este programa é limitado.

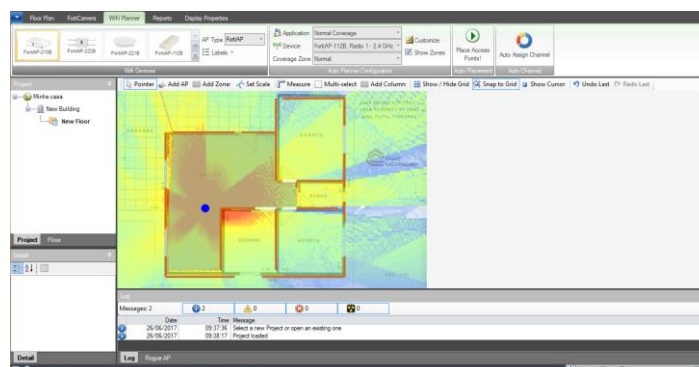


Figura 4.6- Fortiplanner (versão gratuita)

- iBWave Wi-Fi-** Ferramenta muito completa, projetada para trabalhar em projetos de grandes dimensões. Basicamente, este *software* permite-nos simular quer na banda dos 2.5GHz, quer nos 5GHz. Permite-nos definir

zonas e especificar a quantidade de dispositivos Wi-Fi num determinado local, assim como o tipo de dispositivo (*smartphone, laptop...*) e o material das paredes. Desta feita, podem ser colocados os APs e verificar a potência do sinal, com base também no número de dispositivos especificado anteriormente. Esta ferramenta dá a possibilidade de visualizar a rede em 3D, fornecendo ao utilizador a capacidade de trabalhar ao pormenor no planeamento da rede. Em suma, esta ferramenta é muito completa fornecendo imensas informações acerca da rede e gerando relatórios acerca dos parâmetros de medição. No entanto, para projetos *outdoor* não fornece a possibilidade de utilizar o GPS como ferramenta de auxílio.

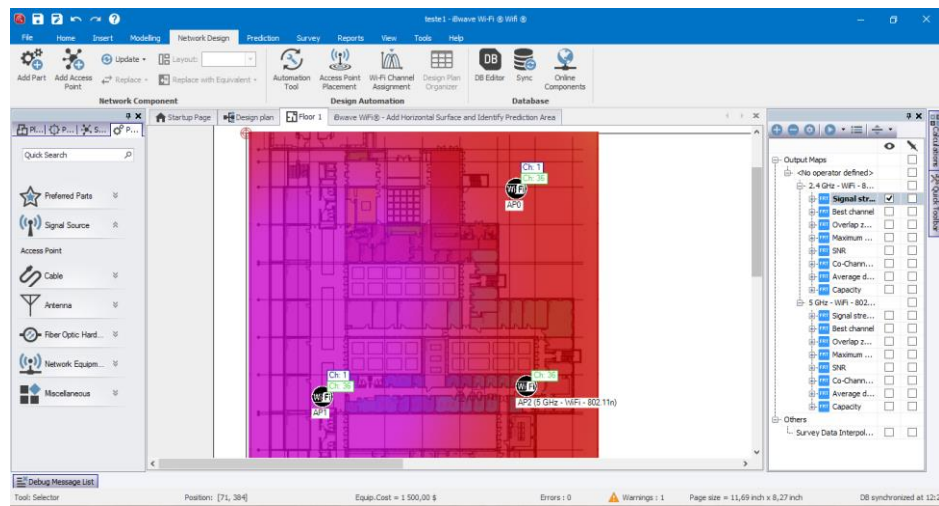


Figura 4.7- iBWave Wi-Fi

Na figura 4.7 encontra-se apenas uma simples simulação na banda dos 2.4GHz, em que dos três AP's representados apenas um está definido para essa mesma banda, os restantes operam na banda dos 5GHz, a cor roxa representa maior intensidade do sinal.

- **Ekahau Site Survey-** Atualmente, é a ferramenta líder mundial de *design* de redes Wi-Fi. Este *software*, para além de permitir colocar e configurar os pontos de acesso, permite realizar simulações quer da cobertura quer da capacidade da rede. Possibilita a realização dos três tipos de *surveys*, quer ativo quer passivo e preditivo através da utilização da ferramenta de *planning*. Fornece dados acerca de diferentes parâmetros, por exemplo o parâmetro *Network Issues* em que realiza um sumário da rede Wi-Fi e identifica o local e a razão da existência de falha na rede. Outra ferramenta útil disponível na versão pro é o *Channel Planner* que otimiza a distribuição de canais dos APs na rede. Outra vantagem deste *software* é a geração de relatórios acerca do projeto criado no *Ekahau* em que é apresentado, os mapas de cobertura com os respetivos valores entre outras informações, com intuito de sintetizar todas as informações acerca do projeto num único relatório.

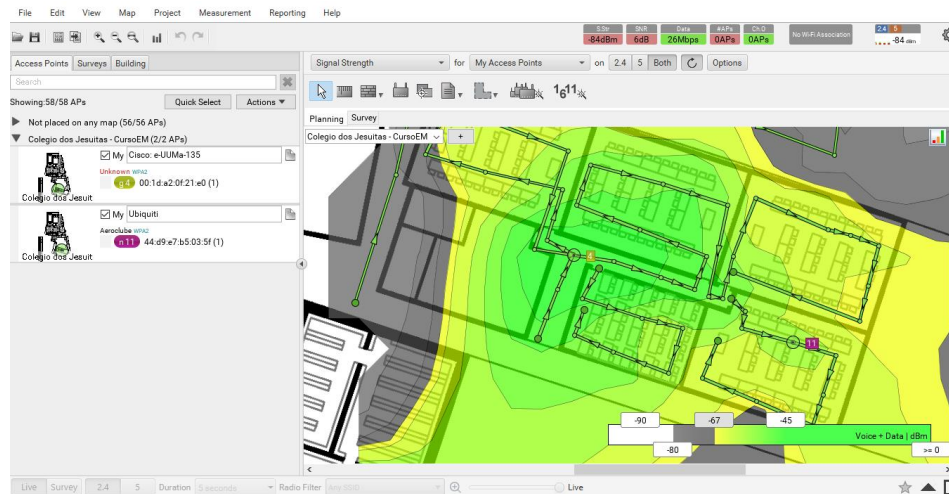


Figura 4.8- Ferramenta Ekahau

Com o intuito de resumir as diversas características dos programas anteriormente abordados é apresentada a tabela 4.2. Nessa mesma tabela são considerados parâmetros comparativos, tais como a capacidade dessas mesmas ferramentas realizarem os três tipos de *site survey*, algo que era fundamental para a realização de um trabalho completo. Outro dos parâmetros considerados é a possibilidade de utilizar a variável da capacidade na simulação, função disponível no *survey* do tipo preditivo, fazendo com que a fase de projeto e consequente planejamento da rede seja o mais completa e robusta possível, por fim teve-se em conta a função de gerar relatórios que é uma ferramenta de análise muito útil para o utilizador. Embora sabendo da importância de todos estes parâmetros comparativos, é fundamental ter como parâmetro de controlo o preço das ferramentas, pois a escolha da ferramenta estará, inevitavelmente, relacionada com o custo da mesma.

Tabela 4.2- Comparação das ferramentas de software

Software	Preço (versão Standard)	Survey Passivo	Survey Ativo	Survey Preditivo	Simulação da capacidade	Geração de relatórios
<b>TamoGraph</b>	819€	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>NetSpot</b>	43€	Sim	Sim (versão Pro)	Não	Não	Sim
<b>Fortiplanner</b>	1827.15€	Não	Não	Sim	Não	Sim
<b>iBWave Wi-Fi</b>	3730€	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Ekahau</b>	2053€ >5000€ (versão Pro)	Sim	Sim	Sim (Versão PRO)	Sim	Sim

Como mostra a tabela 4.2, verifica-se que o *TamoGraph* reúne todos os parâmetros comparativos utilizados. No entanto, apesar de possuir todos esses parâmetros não é tão eficaz e completo como o *iBWave* e o *Ekahau*, isto porque as suas ferramentas de trabalho são mais limitadas não permitindo pormenorizar

a rede ao nível do Ekahau, por exemplo. Contudo, para redes de média e pequena dimensão é com certeza uma mais valia tendo em conta o seu preço. Relativamente ao *NetSpot*, esta ferramenta é útil para verificar o estado da rede e identificar eventuais problemas, contudo não é aconselhado para projetar redes novas de Wi-Fi, pelo facto de impossibilitar o *survey* preditivo. O *Fortiplanner* consiste no oposto, na medida em que é vocacionado para o projeto e simulação de APs em redes, no entanto não possibilita planear ao nível da capacidade e do número de dispositivos por área. Por fim, os programas que reúnem as melhores características no âmbito deste trabalho é o iBWave e o *Ekahau*. Estes dois programas são muito completos, embora o Ekahau apenas tenha disponível o *survey* preditivo na versão Pro, que custa pelo menos 5000€. Assim sendo, à primeira vista a melhor opção seria o iBWave, pois cumpre todos os requisitos ao contrário da versão *standard* do *Ekahau*, no entanto o iBWave é uma ferramenta recente sem muita expressão no mercado e em que não há um aval total, por parte das empresas na utilização desta ferramenta. Pesando todos os pontos na balança, considerou-se que a melhor opção seria, optar por uma ferramenta com mais mercado em que houvesse uma maior fiabilidade, suportada por grandes empresas, como a Cisco e a Aruba. Deste modo e após algumas reuniões com a empresa, MCC Computadores, a escolha consistiu na compra do *Ekahau* versão PRO. Com esta licença será possível analisar as redes existentes na UMA e projetar novas soluções.

#### 4.4 Levantamento de Requisitos da Rede da UMA

Realizada a escolha da ferramenta de *software*, *Ekahau*, com a qual abordaremos as redes dos diferentes edifícios da UMA, o próximo passo consistiu em realizar um levantamento de requisitos, dando início à tarefa de planeamento. Neste subcapítulo relativo ao levantamento de requisitos da rede teve-se em consideração as tarefas referenciadas na secção 4.1. Assim sendo e aproveitando a mesma numeração considero que uma nova rede da UMA deverá ter em conta os seguintes pontos:

1- A dificuldade existente para um gestor ou alguém responsável pela rede em controlar as ações dos clientes que acedem à rede. Deste modo não é possível determinar um valor máximo para o nº de dispositivos associados, no entanto a rede da UMA poderá continuar com a ideia de utilizar apenas um SSID, designado *eduroam*. A solução será implementar APs que suportem um maior nº de dispositivos e planear um novo mapa de APs de tal forma que evite a saturação dos mesmos.

2- A rede deverá estar preparada não só para as necessidades atuais, mas também para o que poderá surgir na próxima década. Devido à melhoria significativa nos *smartphones*, nos últimos anos, transformando um simples telemóvel, num autêntico computador de bolso faz com que a rede tenha a necessidade de se manter atualizada. Hoje em dia qualquer pequeno dispositivo possui um recetor Wi-Fi de alta performance, com suporte para as últimas atualizações da norma 802.11. Com isto é necessário que a rede seja planeada com base nessas mesmas atualizações, consistindo numa aposta em APs com

suporte à norma 802.11n e 802.11ac perspetivando também o lançamento da norma 802.11ax.

3- A rede se destina a atividades do foro pedagógico e lúdico, tais como pesquisas envios de *e-mail*, visualização de algum conteúdo de vídeo e imagem, tais como videoconferências. A tabela 4.3 resume a quantidade de largura de banda necessária por aplicação.

Tabela 4.3- Largura de banda por aplicação [21]

Aplicação	Largura de Banda Típica
Acesso Web	500Kbps-1Mbps
Conteúdo Áudio	100Kbps-1Mbps
Streaming Vídeo	1-4 Mbps
Partilha de Ficheiros	1-2 Mbps

Porém é inevitável não reconhecer que grande parte da comunidade académica, particularmente alunos, recorre às redes sociais. Cujas empresas têm apostado ultimamente, em conteúdo vídeo atividade na qual exige um maior esforço no que respeita à largura de banda, desta forma será importante considerar esta variável quer no planeamento da rede, quer na escolha dos equipamentos para a rede.

4- Um dos requisitos para a rede da UMa é garantir cobertura de sinal em toda a sua extensão, pelos diferentes edifícios. O *roaming* da rede atual, do ponto de vista geral, funciona bem na medida em que utiliza apenas um SSID, como abordado no ponto 1. Outro ponto importante é que a autenticação encontra-se uniformizada isto permite que um aluno, com as devidas credenciais, se possa movimentar na universidade e manter-se conectado à rede.

5- Como abordado no capítulo 3, atualmente o edifício da Penteada tem uma largura contratada de 2Gbps, o edifício da Reitoria 1Gbps e a Residência Universitária 100Mbps. Uma nova rede deverá ter em consideração equipamentos que possibilitem que a velocidade real recebida (*throughput*) seja o mais próximo da velocidade contratada. Contudo um dos aspetos mais importantes consiste na substituição da cablagem quer da Penteada, quer da Reitoria, isto porque a rede encontra-se limitada a 100Mbps, devido ao facto da cablagem instalada ser de categoria 5. Devido às restrições económicas, o mínimo aconselhável seria a passagem de cablagem de categoria 6 que garante 1Gbps por 100 metros.

Um dos requisitos necessários é a aquisição das plantas, pois é através das mesmas que é permitido estudar as diversas soluções a implementar. Continuando no âmbito do levantamento de requisitos caracterizou-se algumas zonas no que respeita ao número de dispositivos e ao tipo de largura de banda necessária. Por outras palavras este tipo de planeamento consiste em projetar a rede ao nível da capacidade, o que permite perceber se a rede encontra-se

preparada para suportar um determinado número de dispositivos. No anexo A encontra-se apresentadas as tabelas informativas de cada área definida no *Eka hau*, contudo este tipo de planeamento será abordado com mais detalhe nos capítulos seguintes.

## **4.5 Análise e Proposta para o Edifício da Penteada**

Neste tópico pretende-se apresentar os diferentes cenários estudados para cada um dos edifícios. Essas mesmas propostas, de um modo geral, consistem na realização das tarefas já referidas no fluxograma da figura 4.2. Nomeadamente na análise da cobertura da rede, entre outros parâmetros através da realização de um *survey* do tipo passivo e ativo e por fim com a tarefa de projeto da rede, através de um *survey* do tipo preditivo.

### **4.5.1 Cenários de Estudo para o Edifício da Penteada**

Os cenários de estudo estavam previamente definidos antes do início do trabalho, em que basicamente seria necessário estudar o estado da rede atual e depois avançar com uma proposta de uma rede totalmente nova, para o edifício da Penteada. O termo rede nova consistiria em propor uma solução baseada na norma mais recente, 802.11ac, com equipamentos de última geração. No entanto foram surgindo vários cenários de estudo que seriam interessantes de abordar no âmbito deste trabalho.

Para o edifício da Penteada, como já referido anteriormente estava definido propor uma solução para a rede considerando a tecnologia mais recente e em técnicas utilizadas pelas grandes empresas do ramo. Consistindo num cenário de uma rede na qual se espera que sejam dadas garantias num espaço de médio-longo prazo. Após algumas reuniões com os técnicos responsáveis pela rede foram propostas alguns cenários de estudo alternativos, motivados pelo facto da universidade, de momento, não possuir a disponibilidade financeira de modo avançar com uma rede totalmente nova e com equipamentos de última geração. No entanto os responsáveis pela rede anunciaram a oportunidade de adquirir um número limitado de APs (inferior a 30) de norma 802.11n, com o intuito de reforçar algumas das zonas críticas da Penteada. Outro dos cenários de estudo surgiu após a realização do *survey* passivo e ativo aos diferentes pisos. Em que foi verificado que os canais, no qual operam os APs não estavam de acordo com as recomendações teóricas, anteriormente abordadas no ponto 2.7 em que na banda dos 2.4GHz é recomendado a utilização dos canais 1, 6 e 11. Foi desta forma que foi transmitido a ideia, aos técnicos, de que deveria haver uma nova configuração para os canais, algo que já foi realizado. Contudo será apresentado igualmente uma proposta para a configuração dos canais, com o intuito de minimizar o fenómeno de *channel overlap*.

### **4.5.2 Cenários de Estudo para o Edifício da Reitoria**

Entretanto surgiu interesse pelos responsáveis da universidade em que houvesse igualmente um estudo na Reitoria, pois existem algumas falhas na rede Wi-Fi. Sendo esta rede menos utilizada, quando comparado com a da Penteada, foi decidido de que seria apenas necessário um estudo para uma rede

futura, baseada na norma recente (802.11ac), ou seja uma solução médio-longo prazo, tal como na Penteadá e não soluções temporárias a implementar a breve prazo.

#### 4.5.3 Cenários de Estudo para a Residência Universitária

Por fim, a Residência Universitária, desde a sua criação, tem sido alvo de várias reclamações no que respeita à rede Wi-Fi. Contudo a universidade tem realizado um esforço financeiro para resolver esses mesmos problemas, sem êxito, embora a reestruturação da rede em 2013 não fosse suficientemente competente para atenuar grande parte das reclamações. Assim sendo no mês de Fevereiro foi anunciado que iria haver uma nova reestruturação da rede, o que permitiu planear um novo cenário de estudo. Esse cenário consistiu em realizar um *survey* passivo e ativo antes da reestruturação e um outro *survey* após a instalação da nova rede, com objetivo de estudar as diferenças assim como de verificar o estado da rede atual.

#### 4.5.4 Realização de um *Site Survey* Passivo e Ativo

Antes de apresentar uma proposta final de uma rede, idealmente é aconselhável perceber o estado da rede atual e que problemas existem, com o objetivo de ajudar na prevenção de erros que possam ser cometidos no planeamento da rede. Como já abordado nos pontos 4.1 e 4.2, a realização de um *site survey*, especialmente passivo e ativo, permite-nos fazer um levantamento de dados na rede, com o intuito de obter a localização dos APs, que normas IEEE 802.11 são utilizadas, eventuais falhas de cobertura entre outros dados.

Com a aquisição da ferramenta *EkaHau* procedeu-se à realização de um *survey* quer em modo passivo quer em modo ativo, associado ao SSID “*eduroam*”. O procedimento consiste na realização de alguns passos:

1. Utilizar a antena fornecida *NIC-300*, fornecida pelo fabricante do *EkaHau*, figura 4.9;



Figura 4.9- NIC-300, da EkaHau

2. A antena fornecida deverá ser colocada em posição favorável para a captação de sinais, é recomendável colocar à altura do monitor do computador portátil, como mostra a figura 4.10;



Figura 4.10- Esquema de montagem

3. Importação da planta, o *Ekahau* é compatível com vários formatos desde imagem (jpg, png), formato pdf e formato CAD. Na ferramenta é necessário atribuir uma escala através de uma medida real, por exemplo, largura da porta de uma sala 0,80m, independentemente do formato utilizado. É importante distinguir a importação em formato CAD dos restantes, pois em CAD permite que para além da planta, os elementos da mesma, nomeadamente os tipos de materiais definidos, também sejam importados. Em que posteriormente é atribuído uma atenuação, relativo à propagação do sinal, no *Ekahau*;
4. Início da obtenção de pontos, transportando o portátil, e ir marcando um ponto na planta, através do botão esquerdo do rato, correspondente à localização atual do utilizador;
5. É recomendável marcar o ponto seguinte, cerca de 2 segundos após a chegada à nova localização, com o intuito do *software* ter o tempo suficiente para atualizar os dados recebidos. O recomendado pelo fabricante é que em zonas de linha reta e em que a velocidade, na qual transportamos o portátil, é constante, não seja necessário marcar muitos pontos. Desta forma teve-se a preocupação redobrada em zonas de curva e em zonas em que há nítida alteração dos materiais constituintes do edifício, tal como a passagem por uma parede de tijolo para uma zona com vidraça;
6. Após a marcação dos pontos terminar o *survey*, clicando no botão direito do rato.

Realizou-se os passos anteriores, de uma forma geral, para todos os edifícios, sendo que houve especial preocupação em realizar em algumas zonas que podemos considerar como prioritárias. No edifício da Penteadá teve-se especial atenção realizar o *survey* no interior das salas de aula e anfiteatros, pois são zonas em que os clientes acedem com maior frequência. Na Reitoria era

importante verificar o estado de cobertura do auditório e no corredor que dá acesso ao gabinete do reitor. Relativamente à Residência Universitária teve-se especial preocupação em entrar em todos os quartos, com o intuito de verificar realmente quais são os níveis de cobertura daquela zona. Após a realização do *survey* é importante interpretar os resultados obtidos, sendo que desta forma é importante verificar o RSSI, sendo recomendável um valor superior a -67dBm [22].

A sobreposição de canais é um fenómeno que afeta a *performance* da rede devido a eventuais interferências. É de referir que a banda dos 2.4GHz é mais sujeita à sobreposição de canais, pelo facto de possuir menos canais isentos de sobreposição que os 5GHz, facto abordado no ponto 2.7. A taxa de transmissão (*data rate*) que corresponde à capacidade de transmissão do AP está consequentemente dependente da norma IEEE 802.11 utilizada e, invariavelmente, da força de sinal assim como da relação sinal-ruído, pois um utilizador próximo de um AP tem maior possibilidade de obter taxas de transmissão mais elevadas.

#### **4.5.5 Políticas da Rede a Implementar**

Após a realização de um *site survey* com base nos modos passivo e ativo, o próximo passo consiste em estudar um modelo preditivo, ou seja planear um projeto para a rede. Tendo em conta os pontos anteriores relativos aos diferentes cenários de estudo podemos aproveitar desde já, para definir as principais ideias a ter em conta no modelo preditivo. Considerando o cenário de planeamento de uma rede a médio-longo prazo, quer para a Penteada, quer para a Reitoria implica que a implementação seja baseada na norma IEEE 802.11 mais recente, que corresponde à 802.11ac. Deste modo a ideia base passa por substituir a rede 2.4GHz por uma que opera nos 5GHz, possibilitando um espectro menos obstruído, obtenção de maiores taxas de transmissão e uma melhor qualidade de serviço. Devido ao facto dos edifícios possuírem vários espaços para cobrir, implicando a implementação de vários APs, o recomendável será considerar um ambiente *multi cell* em que cada AP corresponde a um canal. Na caracterização do canal a melhor solução será a utilização de canais de 20MHz em detrimento dos canais de 40MHz e 80MHz. Isto deve-se ao facto de estarmos perante uma rede grande, com um número considerável de APs, especialmente na Penteada, no qual é necessário realizar uma boa gestão de canais, com o intuito de evitar a ocorrência de sobreposição dos mesmos. Contudo a principal desvantagem de optar por canais mais estreitos é a obtenção de taxas de transmissão menores.

Outro ponto a considerar no planeamento é qual o critério a utilizar na colocação dos APs. Deste modo, a solução proposta terá de privilegiar as zonas com mais clientes. Por exemplo no edifício Penteada a sugestão passa por colocar APs no interior das salas de aulas e anfiteatros. Zonas como os gabinetes dos docentes em que há menor necessidade de débito, não justifica colocar um AP por gabinete, daí que para esta zona é mais rentável a colocação de APs no corredor. Este tipo de critério é utilizado nos vários edifícios.

Relativamente à política do planeamento da capacidade teve-se em consideração o tipo de dispositivos dos clientes e como estes operam. Devido ao facto do número de dispositivos, capazes de operar nos 5GHz, ser ainda reduzido faz com que o desejável numa rede Wi-Fi, consista em considerar uma rede *dual-band*. Uma rede deste tipo tem por base a capacidade dos APs em emitir sinais rádio em duas frequências distintas (2.4GHz e 5GHz). Este facto permite que caso um *smartphone* se desconecte da rede 5GHz, por ocorrência de falha, seja ainda capaz de se ligar à rede 2.4GHz evitando a perda total do sinal Wi-Fi. Assim sendo, uma rede a operar nos 2.4GHz permite corrigir eventuais pontos de falha, possibilitando uma maior redundância. O planeamento de uma rede *dual-band* deverá ter como principal regra, privilegiar a transmissão da rede 5GHz, considerando um valor de potência a transmitir superior em relação à potência de transmissão do rádio de 2.4GHz. Com base neste princípio, garante-se que o dispositivo do cliente recebe um sinal mais forte, forçando-o a se conectar na banda dos 5GHz [23].

É também importante deixar algumas recomendações, relativas à implementação prática. Na configuração de APs *dual-band* recomenda-se que potência de transmissão do rádio 2.4GHz seja inferior 6dB à potência de transmissão do rádio 5GHz [24]. Alguns dos valores de referência utilizados é os 14dBm para os 5GHz e os 8dBm para os 2.4GHz. A outra sugestão prática, vai ao encontro das recomendações de instalação, efetuadas pelos fabricantes de APs, no sentido dos APs serem instalados na posição horizontal, com o intuito de ser obtido um melhor diagrama de radiação. Assim sendo aconselha-se que os APs sejam instalados, nas paredes, por entre meio de um suporte.

Do ponto de vista da cablagem que liga os APs aos switches, o ideal seria a utilização de cabos UTP de categoria 6a ou 7, nem tanto para cobrir as necessidades atuais, mas já antecipando aquilo que pode ser as tecnologias das próximas décadas [22]. De momento a ligação entre *switches* é de cat.6, contudo entre o *switch* e o AP a ligação é realizada com cablagem cat.5. Contudo, devido ao tamanho do edifício, substituir toda a cablagem seria um processo muito dispendioso. Neste caso, embora não seja o desejável, a UMa irá manter a cablagem atual (Categoria 5) que permite débitos até 100Mbps.

Em suma pretende-se uma rede para vários anos, que esteja preparada para eventuais exigências futuras, daí a preocupação de se considerar várias políticas. Contudo é necessário realçar que a passagem da fase de planeamento para a implementação prática efetiva nem sempre é linear e que é necessário contornar os obstáculos, que são muitas vezes vislumbrados apenas no terreno, em que estamos perante o domínio prático.

Na próxima secção abordaremos o procedimento para a realização do projecto de uma nova rede (survey preditivo), através da ferramenta *Ekahau*.

#### **4.5.6 Realização de um Survey Preditivo**

Neste ponto será apresentada a ferramenta de *Planning* do *Ekahau*, em que serão enumerados os principais passos para criar um projeto para uma nova

rede Wi-Fi. O fluxograma da figura 4.11 resume as tarefas descritas nos pontos anteriores.

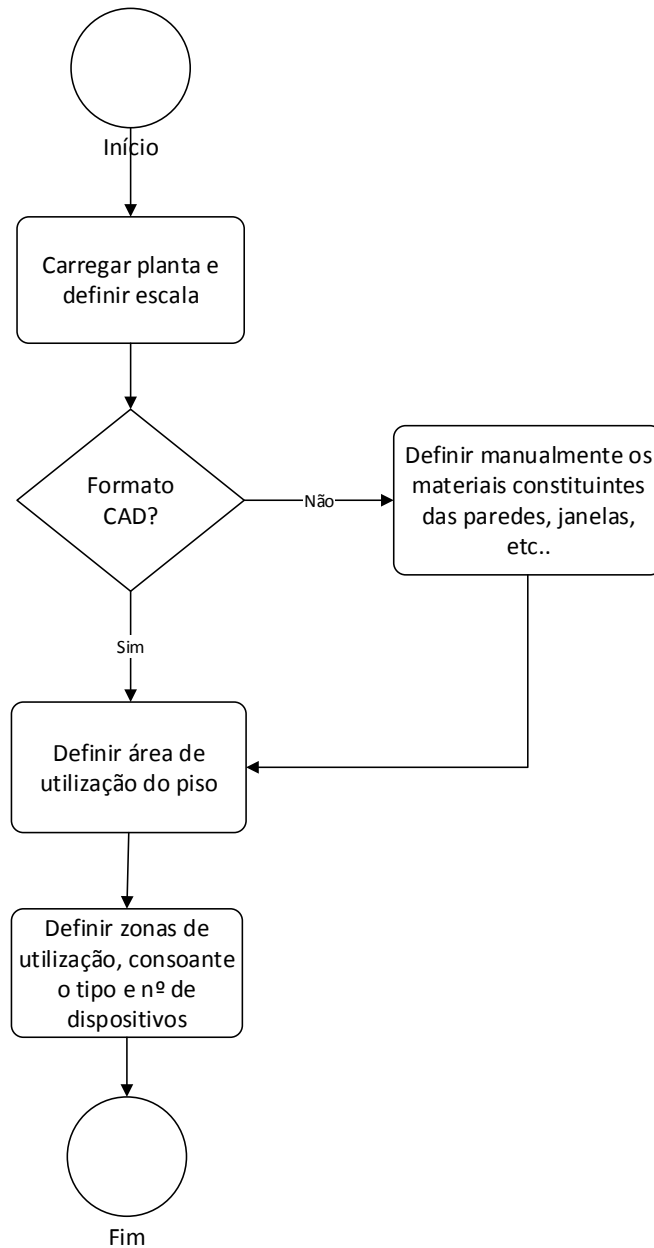


Figura 4.11- Fluxograma para a realização de um projeto no *Ekahau*

1. O primeiro passo consiste, tal como na ferramenta de *survey*, carregar a planta para o *software*.
2. Efetuado o carregamento da planta, é necessário introduzir uma escala à planta, por exemplo medir o comprimento de uma parede e introduzir esse valor na ferramenta de *software*. Existe a opção 3D em que poderão ser adicionadas várias plantas de diferentes pisos, com o intuito de considerar um edifício, num único projeto.
3. Caso não tenha realizado o *upload* da planta em formato CAD será necessário introduzir manualmente os constituintes das paredes, desde paredes, janelas e portas. A ferramenta oferece uma lista de materiais

que podem ser escolhidos pelo utilizador, com diferentes atenuações, é possível também a criação de materiais com atenuação desejada e editar os mesmos.

4. Tendo a planta e os materiais de construção que a compõem, o próximo passo deverá passar pela definição da área de utilização, ou seja, deverá ser selecionada toda a área útil representada na planta, existe também a ferramenta de exclusão que permite selecionar a zona que deve ser ignorada.
5. Deverão ser criadas novas áreas consoante o número de clientes específicos por zona, havendo a possibilidade de especificar o número de clientes por tipo de dispositivos e a sua aplicação.

Após a descrição dos principais passos para realizar um projeto, será importante detalhar como realizar alguns desses passos na ferramenta *Ekahau*.

No ponto 2 é referido a possibilidade de importar várias plantas com o intuito de considerarmos o projeto como um edifício de vários pisos. Este tipo de solução é interessante, pois definindo a altura do piso e o material da laje que separa ambos os pisos permite nos obter resultados que fazem perceber a influência do AP no outro piso. Por outro lado esta opção exige alinhamento dos pisos, através da marcação de três pontos, de forma a haver a sobreposição correta dos mesmos. A figura 4.12 mostra o esquema da ferramenta 3D do *Ekahau* e consequente exemplo de um edifício com dois pisos.

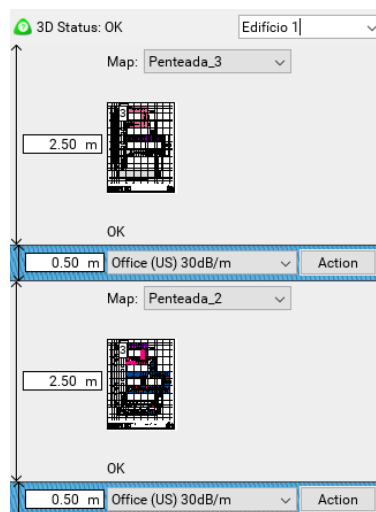


Figura 4.12- Ferramenta 3D do *Ekahau*

O ponto 3 faz referência à necessidade de definir os materiais constituintes dos diversos elementos do edifício. A realização deste passo é muito importante pois caso contrário a ferramenta de *software* assume que não há qualquer atenuação do meio, provocando um desfasamento nos resultados. Caso seja escolhido a opção de importar as plantas em formato CAD, é útil definir corretamente as *layers* de modo a facilitar a atribuição dos respetivos materiais, no *Ekahau*. Por outro lado a definição manual dos materiais é realizada através da opção *wall* e consiste em contornar a planta com um material que corresponde a uma

determinada atenuação. Tal pode ser verificado no exemplo da figura 4.13 em que se definiu um material para as paredes com 2dB de atenuação. Embora o *Ekahau* possua uma lista de materiais, por vezes o valor da atenuação atribuído pode não corresponder à atenuação real, deste modo é aconselhável realizar um teste para verificar atenuação real provocada pelo material, que será abordado no próximo capítulo.

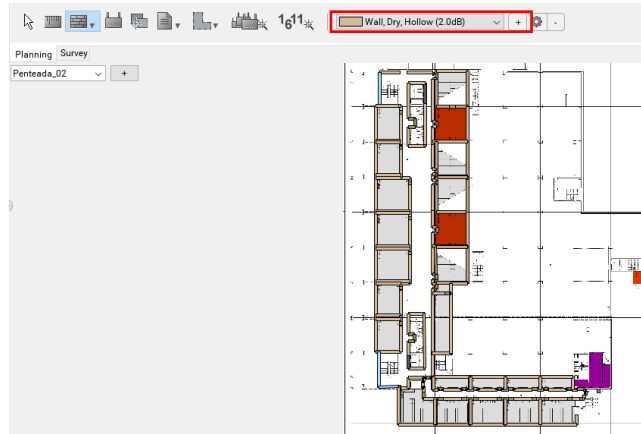


Figura 4.13- Definição do material na planta

O ponto 4 faz menção à definição da área do piso em que a rede se encontra instalada. Esta tarefa é efetuada através da ferramenta *area tool*, que corresponde, na figura 4.14, a área azul, enquanto a área a ignorar corresponde à cor vermelha.

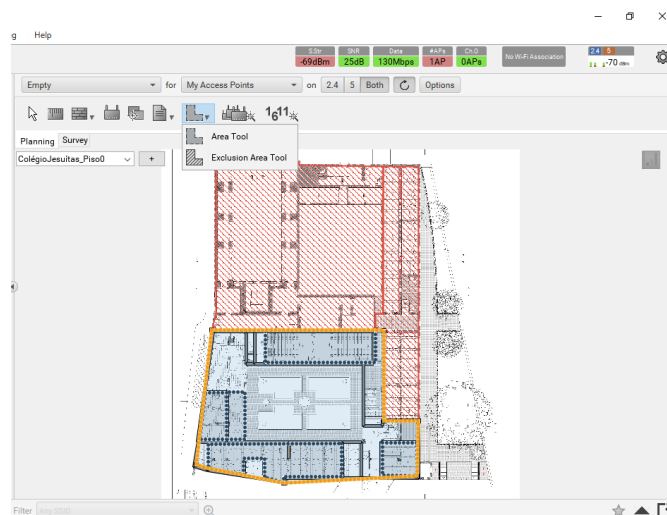


Figura 4.14-Definição da área da rede, no piso

O ponto 5 faz referência à definição de uma área de utilização, que permite planear uma rede ao nível da capacidade. A figura 4.15 mostra o menu de configuração de uma área de utilização.

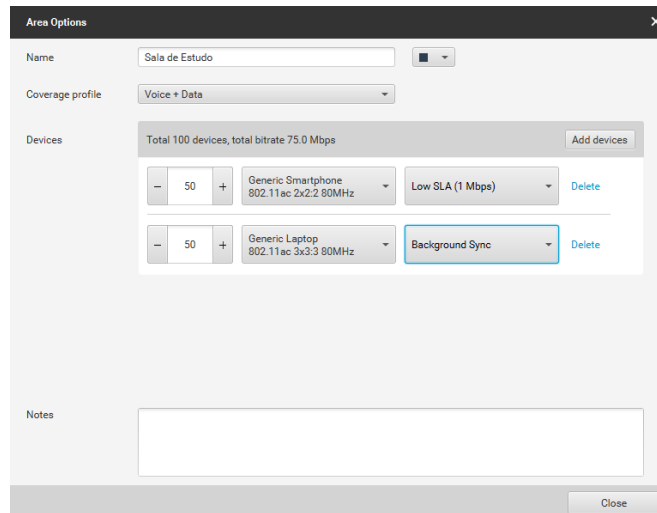


Figura 4.15- Configuração de uma área

Com base na figura anterior verifica-se que para configurar uma área específica, é necessário definir o nome da área que estamos a considerar, o tipo de rede que estamos a trabalhar, para este trabalho considerou-se voz+dados e os dispositivos. Na definição dos dispositivos são apresentadas algumas opções tais como o tipo de aparelho (*smartphone*, computador portátil, nº de antenas do dispositivo...); outro dos parâmetros de escolha é a atividade a que estes dispositivos se destinam. Por exemplo em áreas em que não há necessidade, por parte dos clientes, de uso intensivo da internet, a atividade designada *Background Synchronization* poderá ser suficiente para responder às necessidades desses mesmos clientes. Por fim o último parâmetro é o número de dispositivos considerados, assim sendo o *Ekahau* calcula a capacidade da rede em cobrir aquela determinada área, consoante a quantidade de dados, que um determinado tipo de dispositivo necessita.

Definidas as áreas, é altura de introduzir os *access point* (APs). A sua colocação poderá ser realizada manualmente ou através da ferramenta de *auto-planner*. A ferramenta automática poderá ser uma grande ajuda para uma rede de grandes dimensões, no entanto após a colocação dos APs é importante analisar toda a rede e realizar as alterações necessárias, caso necessário. O Auto-Planner, como mostra a figura 4.16, considera as áreas definidas no projeto e os respetivos dispositivos definidos, pois estas serão as principais variáveis no cálculo da capacidade da rede. Esta ferramenta permite também ao utilizador escolher um access point de uma lista de dispositivos disponíveis, ou considerar um AP genérico e editar as suas características, como o valor da potência transmitida.

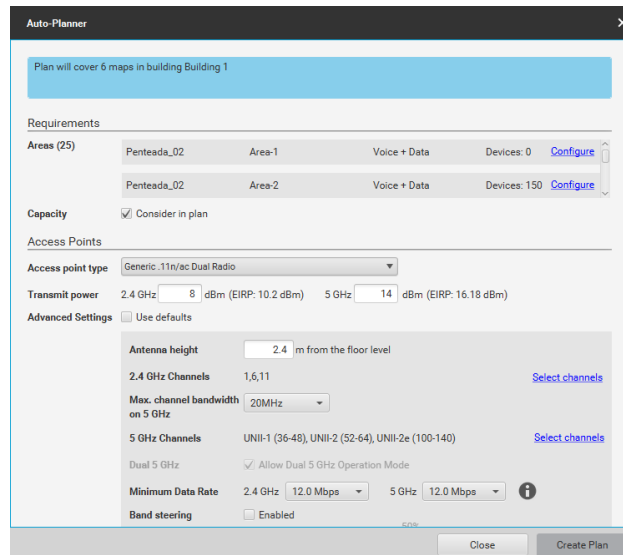


Figura 4.16- Ferramenta Auto-Planner

Após a colocação dos APs é necessário analisar os resultados nos diferentes parâmetros e adaptar o projeto, conforme os objetivos para a rede. Desses parâmetros é importante verificar o nível da potência de sinal, a ocorrência da sobreposição de canais, a capacidade da rede em responder às necessidades das áreas de utilização, abordadas no ponto 5. Por fim, com o intuito de resumir todos os resultados, a geração de um relatório é uma ferramenta útil.

## 4.6 Conclusão

Neste capítulo teve-se a preocupação geral de abordar os principais aspectos que ajudam a preparar uma rede, antes de ser implementada. Desta forma definiu-se que o planeamento da rede iria ser constituído por duas etapas fundamentais. A primeira teria a ver com o estudo das redes atualmente implementadas em que seriam identificados os seus principais problemas e a segunda etapa seria acerca da criação de uma rede nova.

Para a realização das etapas referidas teríamos como auxílio uma ferramenta de *software* para a criação de um *site survey*. Após a análise de várias ferramentas optou-se pela escolha do *EKahau*, pelo facto de possibilitar a realização de ambas as tarefas destacadas anteriormente, por ter mais documentação disponível e ser recomendada pelas principais marcas.

Os últimos pontos deste capítulo foram no sentido de apresentar os cenários de estudo para as restantes redes e abordar o procedimento prático a ser realizado para cumprimento do planeamento da rede.

Tendo sido identificadas as ferramentas e os procedimentos a serem realizados, o próximo passo será a apresentação das propostas, consoante os cenários de estudo.



## 5. Implementação das Redes Wi-Fi da UMA

Neste capítulo serão abordados os trabalhos realizados, que foram anteriormente referidos nos cenários de estudo e destacar as principais políticas de implementação consideradas.

### 5.1 Rede do Edifício da Penteada

Para a rede da Penteada, iniciou-se o estudo através da realização do *survey* passivo e ativo, com o intuito de perceber o estado da rede atual. Com base nesse estudo realizou-se uma proposta a implementar para a rede, num contexto de modelo preditivo. A partir dessa proposta surgem, por motivos financeiros, outras duas propostas que poderão ser implementadas a curto prazo e que vão mais de encontro à disponibilidade financeira atual da UMA.

#### 5.1.1 *Survey* Passivo e Ativo da Penteada

Deste modo o procedimento consistiu em marcar pontos em todos os pisos da universidade. O estudo não se resumiu apenas às zonas dos corredores mas também, à zona dos gabinetes dos docentes e mais importante ao interior das salas de aula. É importante esclarecer também que o fator principal que distingue o *survey* passivo do *survey* ativo é o facto deste último exigir conexão à rede Wi-Fi.

De seguida serão apresentados alguns dos pisos que se consideraram serem mais importantes, pelo facto de serem frequentados por um maior número de clientes e por possuírem zonas sujeitas a um nível de tráfego superior.

- **Piso 0**

A marcação dos pontos no piso 0 foi realizada, como se verifica na figura 5.1.

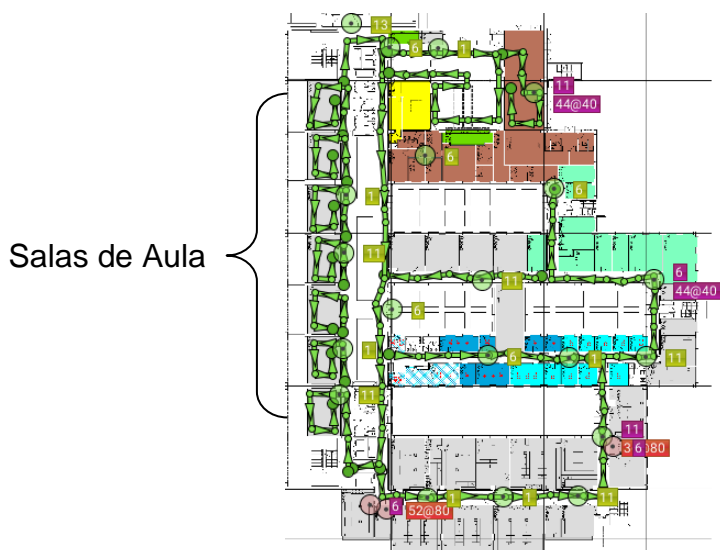


Figura 5.1- Registo de pontos do piso 0

Por norma o *EKahau* utiliza a antena USB para efetuar o *survey* passivo, registando parâmetros como a potência do sinal e a sobreposição de canais. Por outro lado a mesma ferramenta utiliza as antenas Wi-Fi do portátil para realizar

o *survey* ativo recebendo dados de parâmetros tais como o *data rate*, *throughput* ou o tempo que os pacotes TCP/IP demorem a percorrer o trajeto desde o servidor ao dispositivo do cliente, parâmetro designado como *round trip time*.

Conforme é efetuado o registo dos pontos, a ferramenta desenha um mapa, muitas vezes designado como *heatmap*, relativo a um determinado parâmetro. Para além dos pontos registados, a figura 5.1 mostra também a disposição dos *access points* (APs), desta forma é possível verificar, de uma forma geral, que a cobertura da rede consiste na colocação dos APs, representados por círculos verdes, na zona dos corredores. De forma mais particular são dispostos 4 APs, no corredor de acesso às salas de aula, algo que é transversal a todos os pisos. Para as restantes zonas não há um padrão na disposição dos APs, contudo é muito frequente nos restantes pisos utilizar-se 3 APs para cobrir a região dos laboratórios.

Este piso, em particular, reúne um grande número de clientes devido ao facto de aqui se localizar o bar dos alunos e docentes, que corresponde à zona castanha da figura anterior. O reforço desta zona é efetuado com um AP em cada bar. De um modo geral os APs instalados são de norma 802.11g que garantem uma taxa de transmissão de dados máxima de 54Mbps, porém a UMA tem optado por substituir os APs danificados por uns mais recentes (802.11n/ac). O *heatmap* relativo à potência do sinal do piso 0 encontra-se na figura 5.2.

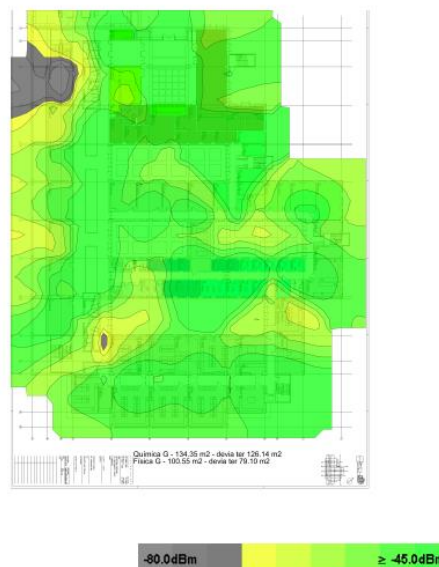


Figura 5.2- Potência de sinal do piso 0

Como se verifica na figura anterior, o piso encontra-se de um modo geral com boa cobertura, especialmente na zona dos corredores, já no interior das salas o sinal não é tão forte, entre os -65dBm e -70dBm. Este facto é importante pois caso os clientes não possuam um dispositivo com bom recetor Wi-Fi e a sala de aula possua um número relevante de alunos (> 15) a qualidade de serviço pode ser fortemente afetada. Esta informação foi obtida em contexto real após estar associado a um AP.

Outro dos parâmetros que merece ser destacado é a *network issues* que resume os principais problemas da rede, figura 5.3.



Figura 5.3- *Network Issues* do piso 0

Como se verifica na figura anterior o principal problema da rede consiste na sobreposição de canais (região a roxo) algo que numa rede de 2.4GHz, de média dimensão, é muito comum, devido à quantidade de APs que se “escutam”. Outro dos problemas identificados é a potência de sinal (região vermelha) especialmente numa das salas, algo que já tinha sido identificado na figura 5.2. A região amarela significa que naquela região seria aconselhado a colocação de um AP, essa mesma região refere-se ao interior da sala. De referir que neste mapa não são considerados parâmetros relativos à variável da capacidade, como o nível de saturação do AP.

- **Piso 2**

Este piso é igualmente um dos mais frequentados devido ao facto de possuir uma zona de estudo de grande dimensão, conhecida pela comunidade como núcleo, em que se reúnem diariamente um número considerável de alunos e três salas de informática. Esses espaços em concreto são alvo de um grande nível de tráfego de dados, especialmente através de Wi-Fi. A figura 5.4 mostra a disposição dos APs neste piso.

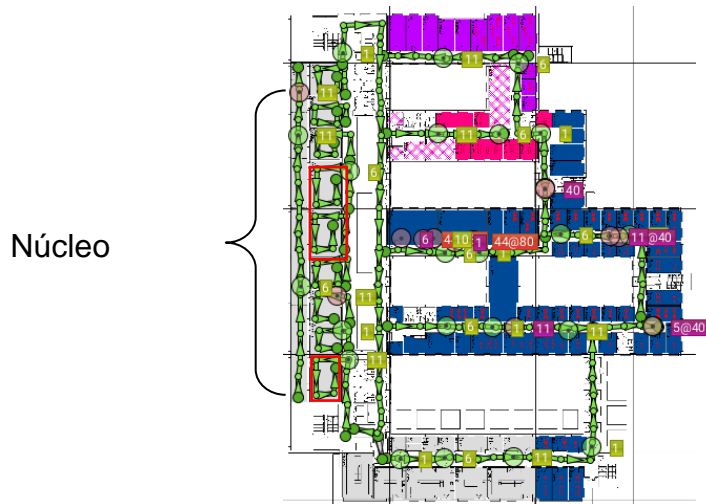


Figura 5.4-Registo de pontos do piso 2

A região do núcleo é problemática, pois existem apenas 2 APs (círculos verdes) para reforçar uma zona em que facilmente se reúnem 100 clientes, este facto deve-se à desativação das tomadas de rede, aí instaladas, há sensivelmente 4 anos. Por outro lado as salas de informática consistem num aspeto mais complexo que envolve não só os recursos da rede, mas também aos hábitos dos clientes, aspeto abordado no subcapítulo 4.1. As salas de informática encontram-se equipadas com computadores, tipicamente *desktop*, ligados por cabo às tomadas de rede, no entanto a maioria dos clientes optam por levar o seu computador pessoal (portátil, *tablet*...) e ligar-se à rede Wi-Fi. Deste modo em situações em que as salas se encontram lotadas (30 alunos) é extremamente difícil ter acesso ao serviço *web*. É com base neste exemplo que o planeamento de uma rede futura deverá ter em conta. A rede apresenta-se muito semelhante em todos os pisos, com resultados igualmente semelhantes. Como se verifica na figura na figura 5.5 a cobertura de sinal, de um modo geral é satisfatório em que o sinal varia maioritariamente entre os -45 e -50dBm, tal como verificado no piso 0. No entanto este trabalho pretende alertar que ter um bom nível de sinal, não significa obrigatoriamente que a rede irá funcionar sem problemas.



Figura 5.5-Potência de sinal do piso 2

O *heatmap* relativo aos problemas da rede do piso 2 encontra-se na figura 5.6. No piso 2, o problema relativo à sobreposição dos canais mantém-se, outro dos problemas identificados é o *Round Trip Time* (RTT) que tem muito a ver com o nível de tráfego neste piso, fazendo com que os pacotes de dados, provenientes do servidor demorem mais tempo a chegarem ao cliente final.



Figura 5.6-Network issues do piso 2

De forma resumida os pisos do edifício da Penteada possuem uma boa cobertura de sinal, no entanto devido ao facto de recorrer a uma norma Wi-Fi, que hoje em dia encontra-se desatualizada, como é o caso da norma 802.11g o que faz com que a rede tenha baixo de nível de *throughput*. Embora a sobreposição do canal seja o principal problema detetado no *Ekahau*, do ponto vista prático considero que o principal problema tem a ver, com a dificuldade do AP de responder a um

determinado número de pedidos, proveniente dos clientes provocando a sua consequente saturação.

### 5.1.2 Proposta de Rede Futura para a Penteada

Neste ponto abordaremos uma proposta para a rede da Penteada, num contexto de *survey* preditivo, na medida em que possibilita a realização de tarefas tais como manipular a localização dos APs, definir as características dos mesmos e simular a rede ao nível da capacidade.

Esta proposta iniciou-se com a realização do procedimento descrito no ponto 4.4.3 em que para a definição dos materiais, de uma forma geral, considerou-se uma atenuação de 3dB para as paredes, assim como para as vidraças de vidro duplo e 2dB para as portas. De seguida foram definidas as áreas de utilização baseadas no número e tipo de dispositivo utilizado, assim como da aplicação a que se destina. Essas áreas foram definidas com base nas tabelas do anexo A.

Será discutida de seguida a proposta de colocação dos APs para os diferentes pisos, dando maior ênfase aos pisos com zonas que requerem atenção especial, nomeadamente em zonas em que se verifica uma maior dinâmica por parte dos clientes da rede. Os resultados dos principais parâmetros serão posteriormente abordados com maior destaque no capítulo 6.

- **Piso -2**

Este piso possui algumas zonas dignas de atenção, na medida em que se destaca o facto de aí se localizar as entradas para quatro anfiteatros com capacidade para 120 lugares. A figura 5.7 mostra a disposição dos APs para o piso -2.



Figura 5.7-Disposição dos APs no piso -2

Com base na figura anterior é possível verificar que foram definidas algumas áreas, nomeadamente os anfiteatros, as salas de aula e os laboratórios. A cobertura dos anfiteatros consistiu na colocação de dois APs em cada anfiteatro, sendo um deles a operar no regime *dual band* e o AP restante a operar apenas

na banda dos 5GHz (802.11ac). O anfiteatro 3 constitui uma exceção pois ambos os APs estão definidos como *single band*, devido ao facto de receberem cobertura provinda do anfiteatro 2. A técnica de utilizar os APs em *dual band* tem muito a ver com o reforço de zonas, em que é expetável um maior número de clientes. Por outro lado esta opção garante uma maior redundância caso haja falhas na conexão, por parte do dispositivo do cliente nos 5GHz, possibilitando uma conexão nos 2.4GHz. Os APs representados na figura anterior possuem setas de cor roxa e laranja que correspondem à norma 802.11n e à 802.11ac respetivamente, assim sendo os APs com ambas as setas encontram-se definidos em *dual band*.

Relativamente à localização optou-se por considerar, para os anfiteatros, um AP no interior do anfiteatro junto à porta de entrada e um outro na zona intermédia do anfiteatro, de realçar com o anfiteatro inicia no piso -2 e termina no piso -1. Com o intuito de reforçar a zona do corredor principal e algumas salas de aula um dos APs do anfiteatro 4 foi colocado junto à porta de entrada do mesmo, mas pelo lado exterior.

- **Piso 0**

A proposta de solução para o piso 0 passa por reforçar a zona do bar dos alunos, através de 2 APs. A cobertura para as salas de aula consistiu em colocar 3 APs para cobrir 7 salas, no entanto esses APs foram colocados estrategicamente no seu interior com o intuito de também garantirem boa cobertura nas restantes salas. A solução de instalar um AP por sala pode constituir uma solução viável, contudo é necessário ter em conta dois aspetos. O primeiro consiste em perceber de que forma a sobreposição de canal pode afetar o desempenho prático da própria rede e o segundo aspeto é que o custo para a implementação da rede será muito superior. A figura 5.8 mostra a disposição do piso 0.



Figura 5.8- Disposição dos APs no piso 0

- **Piso 2**

Tendo conhecimento da rede Wi-Fi e das zonas críticas no piso 2 (tabela A.5) teve-se em consideração alguns pontos fulcrais, tais como manter a mesma

estratégia relativamente à cobertura da zona dos gabinetes dos docentes, garantindo a cobertura básica e reforçar as zonas com maior número de clientes como o núcleo e as salas de informática. Da proposta apresentada destaca-se o reforço da região do núcleo, com a utilização de três APs algo que vai permitir dar uma maior robustez ao funcionamento da rede, face à quantidade de tráfego de dados provocado pelos clientes. As salas de informática foram igualmente reforçadas com AP em cada sala, de forma a contrariar a saturação do AP e garantir uma resposta rápida e eficiente relativamente à atividade dos clientes. A figura 5.9 mostra a distribuição dos APs pelo piso 2.

O processo implementado para os restantes pisos é muito semelhante ao apresentado, no entanto destaca-se a zona da biblioteca, localizada no piso 3, em que se considerou 600 dispositivos no local e em que foi necessário definir vários APs para colmatar uma eventual saturação dos mesmos. Esta proposta vai muito de encontro à identificação das zonas críticas, baseadas no número de clientes e reforçá-las.



Figura 5.9- Disposição dos APs no piso 2

### 5.1.3 Proposta de Curto-Médio Prazo para a Rede da Penteada

Esta proposta surge num contexto alternativo ao apresentado no ponto anterior pela falta de disponibilidade financeira. Porém é dada a informação que há hipótese de aquisição de um determinado número de APs (não superior a 30 APs) de norma 802.11n. Desta forma estudou-se de que forma esses APs poderiam ser acrescentados à rede atual e qual o seu impacto.

O primeiro passo realizado para a conceção deste projeto consistiu em perceber de que forma a introdução dos *access points* de norma 802.11n permitiria melhorar a rede e que implicações poderiam causar na mesma. Num primeiro plano, percebe-se que do ponto de vista teórico, os APs com a norma 802.11n permitem aumentar o nível de *throughput*, o que consiste numa das tarefas primordiais a curto prazo. Contudo, devido ao facto do número de APs 802.11n a instalar ser limitado faz com que a localização dos APs a instalar seja criteriosa, de modo a beneficiar um maior número de clientes.

A cobertura atual nos pisos, como se verificou no *survey* passivo e ativo é muito semelhante, principalmente nas zonas das salas de aula, em que são utilizados, maioritariamente entre 3 a 4 APs para efeitos de cobertura das salas e corredor principal. Com base neste facto e no conhecimento das zonas mais utilizadas pela comunidade procedeu-se à escolha da substituição de alguns APs de norma 802.11g pelos APs 802.11n.

Do ponto de vista geral, os locais de substituição de APs foram:

- Anfiteatros do Piso -2;
- Biblioteca (Piso 3);
- Salas de Estudo (Piso 0, 1 e 3);
- Núcleo de informática (Piso 2);
- Salas de aula/corredor (Piso -1, 0 e 1);

Com base nos locais referenciados uma das preocupações consistiu em isolar ao máximo os APs de norma n dos restantes. Pelo facto dos dispositivos, como os telemóveis, privilegiarem ligações com melhor sinal e sabendo que os APs de norma n possuem um rendimento superior aos de norma g, um dos factos prováveis de ocorrer seria a saturação do AP, algo que não beneficiaria esta nova rede. Embora os locais para colocar os novos APs fossem escolhidos de forma particular, outra solução poderá ser a criação de um SSID de forma a separar a rede, separando a norma 802.11n da norma 802.11g, contudo considero que esta opção seja tomada em situação de recurso. Partindo do pressuposto que a primeira solução foi implementada (separar ao máximo APs de diferentes normas) e que o nível de sinal é o parâmetro de decisão na conectividade entre o dispositivo móvel e o AP, caso um aluno se dirija a um gabinete de um docente (zona maioritariamente 802.11g) e se conectar à rede, a probabilidade de ligação a um AP de norma 802.11n é reduzida, evitando assim o risco de saturação.

- **Piso 2**

Tendo por base os prós e os contras da criação de uma rede híbrida (802.11g e 802.11n) precedeu-se ao planeamento dessa mesma rede, com a ferramenta *EkaHau*. No seguimento da descrição anterior, a figura 5.10 mostra a distribuição dos APs de norma 802.11n, para o piso 2.



Figura 5.10- Distribuição dos APs de norma 802.11n, no piso 2

Verifica-se pela figura que os APs, de norma 802.11n (representados a roxo) cobrem essencialmente as salas de informática e a região do núcleo. Não existe uma imposição do ponto de vista obrigatório, no que respeita os APs de norma g estarem separados geograficamente da norma n, no entanto permite algumas vantagens. Um dos proveitos é do ponto de vista da gestão da rede, na medida em que atenua a hipótese de um AP ficar sobrecarregado de pedidos levando à sua saturação. Isto porque se considerássemos um AP de norma n entre dois APs de norma g num corredor, seria altamente provável o AP receber um maior número de pedidos de conexão. Uma vez que o dispositivo do cliente tem como principal critério o nível de sinal recebido (RSSI). Outro dos aspetos vantajosos é uma certa uniformização do *data rate*, por exemplo na zona do núcleo será de prever que a velocidade de transmissão tenha valores dentro do mesmo padrão. Por outro lado se colocarmos num corredor APs de norma g com norma n verificaremos que o cliente conforme se desloca ao longo do corredor o nível de débito e de largura de banda oscilará de forma relevante.

#### 5.1.4 Proposta de Gestão de Canais para a Rede da Penteada

Esta proposta surge pelo facto de inicialmente terem sido realizados uns *survey* passivo e ativo, ainda que num contexto de teste ao *EKahau* e ter verificado que havia sobreposição de canais, facto que ainda hoje se mantém mas que é característico de uma rede de 2.4GHz. No entanto o facto mais relevante era a inexistência no critério de escolha do canal, ou seja, eram considerados todos os 13 canais disponíveis na banda 2.4GHz. Desta feita os técnicos foram notificados para tal problema, fazendo com que os APs da Penteada fossem novamente configurados.

Contudo foi realizado uma proposta para a gestão de canais como alternativa à configuração atual. Este mesmo trabalho tem como base de fundamento uma técnica designada como reutilização do canal utilizada por grandes empresas deste ramo, ilustrada na figura 5.11.

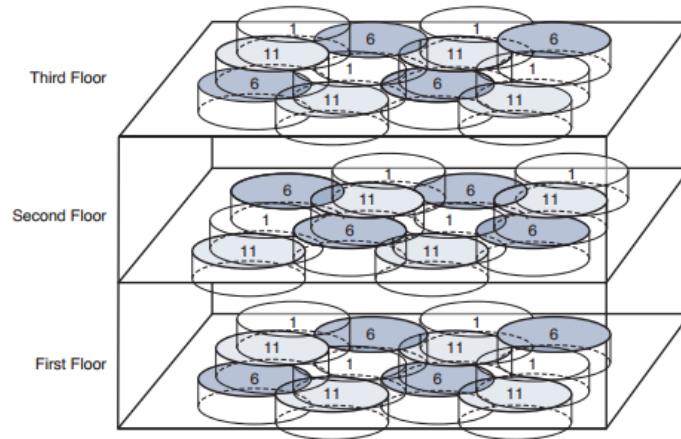


Figura 5.11- Técnica de reutilização de canal [2]

Com base na figura anterior verifica-se que a técnica consiste em criar um *puzzle* com os 3 canais (1,6 e 11). Considerando o primeiro piso percebe-se que são utilizados essencialmente dois canais (6 e 11) em torno de um canal central, neste caso o canal 1. A técnica prossegue com a alternância dos canais para o segundo piso em que para este caso são utilizados os canais 1 e 11 em torno do canal 6, por fim o terceiro piso é uma repetição do padrão do primeiro piso. Este fenómeno é muitas vezes conhecido como *clustering* e possibilita que por exemplo o canal 1, do primeiro piso, não se sobreponha ao canal 1 do segundo piso criando o conceito anteriormente referido de reutilização do canal.

Para a Penteadá tentou-se impor o mesmo tipo de conceito, adaptando às características morfológicas do edifício. Por exemplo para o piso 0 considerou-se como canal principal o canal 6, enquanto para o piso 1 foi assumido o canal 1 repetindo-se novamente o canal 6 no piso 2. Tal encontra-se nas figuras seguintes.

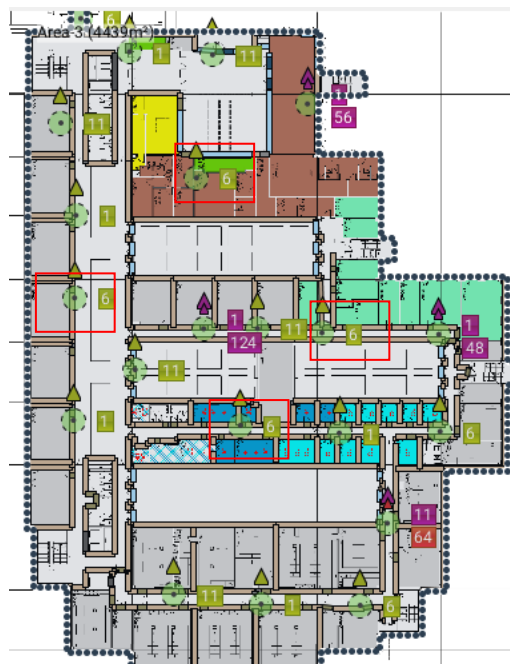


Figura 5.12- Configuração de canais para o piso 0

Como se verifica na figura anterior o canal 6 foi considerado como o canal central. Para o piso 1, figura 5.13 o canal central escolhido é o canal 1.

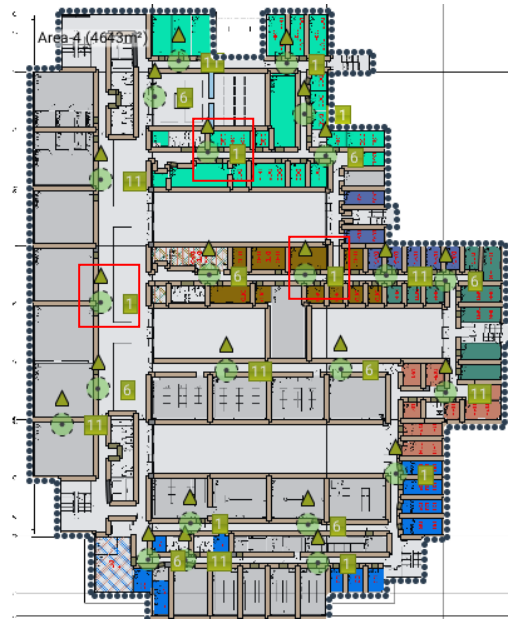


Figura 5.13- Configuração de canais para o piso 1

Seguindo a técnica teoricamente apresentada, o piso 2 foi configurado com base no padrão do piso 0, figura 5.14.

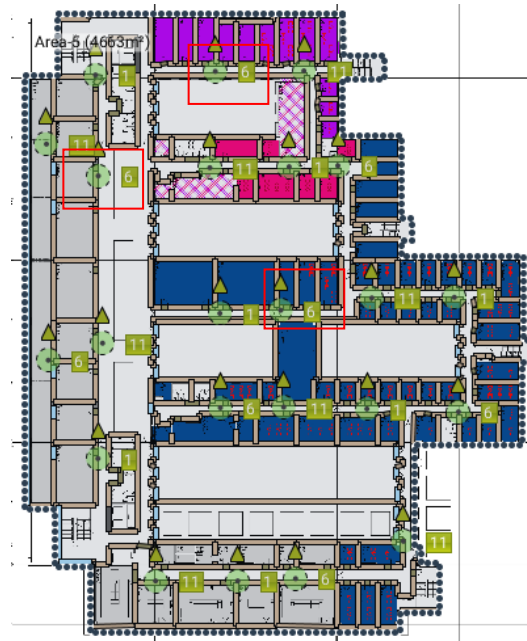


Figura 5.14- Configuração de canais para o piso 2.

Seria lógico comparar o *heatmap* relativo ao parâmetro *network issues*, no seguimento da simulação da figura anterior, com a figura 5.6 obtida através do *survey*, no entanto é importante esclarecer que um dos *heatmaps* foi obtido, através dos dados recolhidos pela antena (figura 5.6) e o outro por entre meio de uma simulação de APs (figura 5.14) o que faz com que seja difícil comparar resultados, pelo facto de serem dois métodos distintos.

No entanto com base na técnica da figura 5.11 registou-se os canais para os diferentes APs numa tabela, que pode ser consultada no anexo F. É importante esclarecer que do ponto de vista prático, uma alteração dos canais não é significativo ao ponto de branquer aquilo que são as debilidades da rede, contudo é uma sugestão útil que pode ser aplicado num curto espaço de tempo e sem custos financeiros.

## 5.2 Rede do Edifício da Reitoria

### 5.2.1 Survey Passivo e Ativo do Edifício da Reitoria

O procedimento prático realizado para o edifício da Reitoria é muito semelhante ao *survey* realizado para a Penteadá. De seguida apenas serão realçados alguns dos resultados mais relevantes, permitindo desta forma refletir aquilo que será uma proposta futura para esta rede.

- **Piso 0**

Este piso coincide com a entrada principal do edifício, nele encontram-se uma loja, uma esplanada e um pátio em que se reúnem muitos dos clientes que utilizam a rede Wi-Fi, constituindo assim umas das zonas mais críticas. Existem também algumas salas de formação com capacidade para um número considerável de clientes (inferior a 50). A figura 5.15 mostra o registo dos pontos no piso 0.

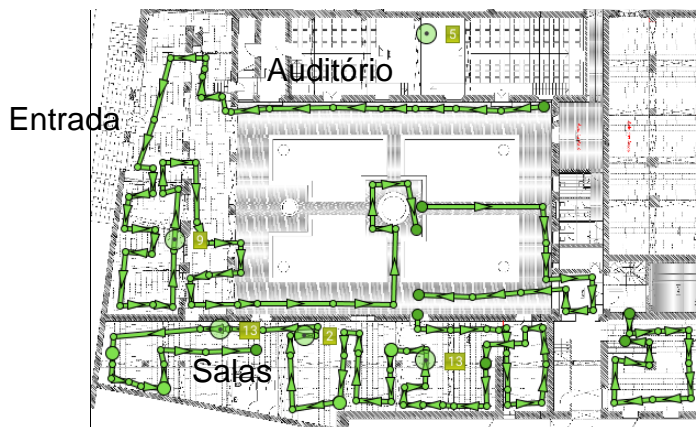


Figura 5.15- Marcação de pontos no piso 0 da Reitoria

A figura anterior permite perceber que no piso 0 existe apenas 1 AP na zona do auditório, no lado esquerdo da figura encontra-se a entrada principal, sendo essa zona acompanhada pela loja e esplanada, onde se localiza apenas um AP, no interior da loja. Nas salas onde ocorrem formações existem três APs. A rede deste piso, assim como de todo o edifício utiliza APs de norma 802.11g. Contudo e como se verifica, na figura, os APs representados não indicam a norma nos quais estão a operar, pois não foi possível por parte da ferramenta de *software* identificar o SSID. Deste modo será efetuado uma notificação aos responsáveis da rede, para verificarem o estado da rede deste piso, com o intuito de perceber qual é o SSID que está a ser anunciado.

### 5.2.2 Proposta de Rede para o Edifício da Reitoria

Tal como foi realizado para a Penteada, também estudou-se um modelo preditivo a implementar na Reitoria. Sendo este edifício muito antigo, a definição dos materiais é ligeiramente diferente, pois as paredes deste edifício são de rocha causando uma maior atenuação. Assim sendo considerou-se para as paredes o material designado *wall* que possui 12dB de atenuação.

O edifício de uma forma geral possui dois pisos, no entanto existem zonas anexas a esses pisos. Os clientes que usufruem da rede Wi-Fi distribuem-se pelo edifício, contudo o piso 0 é onde se reúnem um maior número de clientes.

- **Piso 0**

Para este piso foram definidas algumas áreas de utilização, com base na tabela A.7 em que se especifica o número e tipo de dispositivos utilizados. Do ponto de vista das aplicações a utilizar pelos clientes, a maior parte são para pesquisas no motor de busca e acesso ao *e-mail* excetuando a zona da esplanada em que pode haver acesso ao conteúdo de vídeo e imagem. Num planeamento deste tipo, muitas vezes é melhor planear por excesso, pois permite uma maior flexibilidade caso haja um aumento repentino no nível de tráfego de dados. A figura 5.16 mostra a proposta para o piso 0.



Figura 5.16- Distribuição dos APs, no piso 0 da Reitoria

Uma das zonas críticas neste piso é o auditório, pois este espaço tem apenas um AP para cobrir uma área com capacidade para quase 200 clientes, o que é algo impensável, tendo em consideração que se trata de um AP de norma 802.11g. Atualmente é inevitável a ocorrência de saturação do AP do auditório, desta forma este trabalho propõem a instalação de três APs configurados em *dual band*. É importante recordar que no planeamento para o auditório considerou-se a hipótese de haver cerca de 260 dispositivos ligados. Um AP no interior da loja, em frente à esplanada garante cobertura aos dois espaços, para além de evitar no investimento num AP do tipo *outdoor*. Foram mantidos os três APs na zona das salas, contudo foi acrescentado um AP na receção de entrada do edifício e um junto às casas de banho permitindo uma maior cobertura na zona do pátio.

- **Piso 1**

O piso 1 é onde se localizam os gabinetes dos elementos da Reitoria, inclusive o reitor, os vice-reitores e os pró-reitores, o gabinete de aplicações informáticas, entre outros espaços. A maioria dos clientes deste piso utiliza o computador (*desktop*) ligado à rede cablada, embora muitas vezes seja realizado acesso à rede Wi-Fi. Por entre meio do *survey* realizado foram identificadas algumas falhas na cobertura, motivadas pelo elevado nível de humidade, pois os APs encontram-se instalados numa zona superior ao teto falso, de muito difícil acesso. Desta feita a proposta sugerida vai de encontro a um maior reforço nos corredores da reitoria.

Considerou-se como zona crítica para este piso, a sala de reuniões onde não há atualmente um AP instalado, fazendo com que haja a necessidade de instalar um AP provisório, sempre que ocorrem reuniões. A figura 5.17 mostra a disposição dos APs no piso 1.

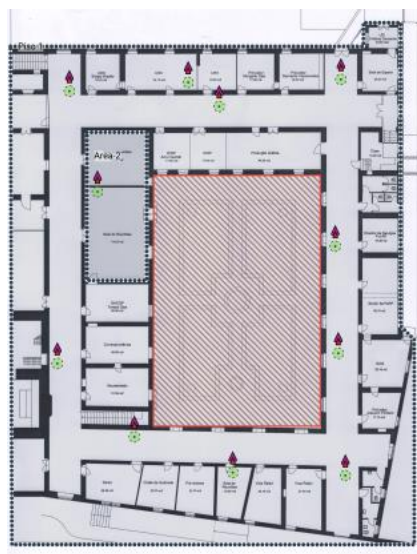


Figura 5.17-Distribuição dos APs pelo piso 1 da Reitoria

Caso não seja reparado o problema relativo à humidade, será aconselhável instalar os APs numa posição abaixo do teto falso junto à parede através de um suporte.

- **Sala dos Arcos**

A sala dos arcos é uma divisão anexa ao piso 0, é um dos espaços mais mediáticos deste edifício uma vez que, anualmente, são realizadas diversas exposições culturais. Com base neste facto é possível prever a passagem de vários clientes neste local e utilizar a rede Wi-Fi para fins de *upload/download* de conteúdo de imagem e vídeo. Desta forma considerou-se uma área com 50 dispositivos e projetou-se a colocação de três APs, como mostra a figura 5.18.



Figura 5.18- Disposição dos APs na sala dos arcos

## 5.3 Rede do Edifício da Residência Universitária

### 5.3.1 Survey Passivo e Ativo

Como já abordado no ponto 4.5.3 numa pequena introdução ao caso da Residência Universitária, no mês de Março surgiu a oportunidade de reestruturar a rede Wi-Fi, rede na qual havia várias reclamações. Essa mesma oportunidade teve maior preponderância após a compra dos APs. Os equipamentos são da norma 802.11n, no entanto possibilitam a opção *dual band*, permitindo assim utilizar a norma quer nos 2.4GHz, quer nos 5GHz.

A reestruturação da nova rede iniciou-se com a realização do *survey* passivo e ativo em todo o edifício, esse processo foi complexo e demorado, pois incluiu a entrada em todos os quartos do edifício. A realização do *survey* e conseqüente localização dos APs no piso 1 encontram-se ilustrados na figura 5.19.

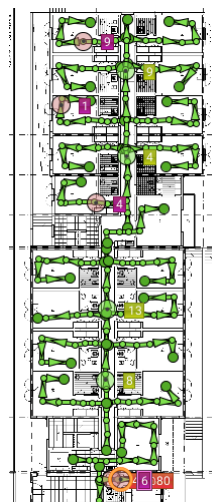


Figura 5.19- Survey no piso 1 antes da nova rede

Através do survey verifica-se que os APs se encontram localizados ao longo do corredor principal. A rede de cada piso consiste em utilizar apenas 2 APs de norma 802.11g por corredor, representados na figura anterior pelos círculos verdes.

Um aspeto importante é que devido ao baixo nível de cobertura, no interior dos quartos, alguns clientes investiram em pequenos repetidores de sinal, comportando-se como um AP virtual. Os repetidores encontram-se representados, na figura anterior, como círculos rosa.

Com a aquisição de novos APs, avançou-se com uma solução que oferecesse mais garantias. Essa solução consistiu em instalar os novos APs no interior dos quartos. Não foi considerado um AP por quarto, facto positivo, pois permite que não haja tanta interferência rádio, desta forma foi encontrado um padrão de instalação que se mostra eficiente, figura 5.20.

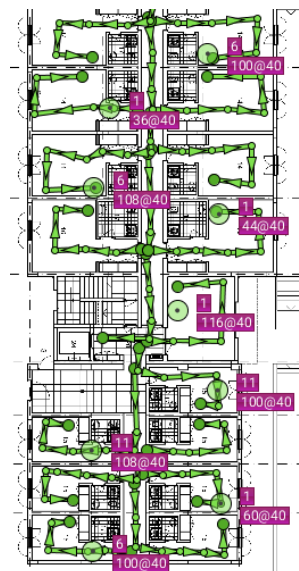


Figura 5.20- Survey do piso 1 após nova rede

Como mostra a figura anterior, a implementação desta nova rede consistiu em colocar os APs de forma intercalada pelos quartos (quarto sim, quarto não). De realçar que a figura 5.20 se refere à realização do survey após a instalação da nova rede, saltando assim a fase de criação do modelo preditivo, tarefa que não foi realizada no âmbito deste trabalho, tendo sido esse modelo criado por um dos técnicos da rede. Contudo utilizou-se a ferramenta *EKahau* como verificação da fiabilidade desse mesmo modelo.

Por fim, durante a última passagem pela Residência verificou-se que os APs não se encontram bem configurados, na medida em que ao fim de 2/3 minutos estes dispositivos reiniciam o seu *firmware*. O que faz com que haja perda de sinal, no entanto tal ocorrência já foi notificada aos técnicos da rede.

## 5.4 Conclusão

Ao longo deste capítulo foram discutidos com detalhe os diversos cenários de estudo e foram apresentados alguns dos resultados mais relevantes, com vista a complementar algumas das análises e propostas realizadas.

Verificou-se quer na Penteadá, quer na Reitoria que embora a rede atual apresente falhas pontuais na cobertura, do ponto de vista geral o nível de sinal é satisfatório. No entanto a taxa de transmissão é limitada ao valor de 54Mbps por força da norma 802.11g e não existe atualmente um planeamento de cobertura ao nível da capacidade, na medida em que nas zonas com um maior número de clientes, facilmente incorrem na saturação do AP. O facto de utilizar a banda 2.4GHz faz com que seja muito difícil minimizar a sobreposição de canais.

As propostas para as redes futuras foram essencialmente numa maior cobertura das zonas em que se reúnem um maior número de clientes como nas salas de estudo e salas de aula. Considerou-se por bem e tendo em vista o que tem sido realizado nas redes Wi-Fi de última geração, a utilização de APs *dual band* privilegiando, no entanto, a banda dos 5GHz. Para a Penteadá estudou-se o cenário da inexistência de verbas financeiras em que se considerou uma solução híbrida constituindo a rede com os APs atuais de norma 802.11g e adicionando alguns APs de norma 802.11n. A solução para esta proposta passou por tentar reforçar as zonas mais críticas, como as salas de aula, biblioteca entre outras através dos APs 802.11n, deixando os APs 802.11g para a cobertura dos restantes espaços.

Face ao contexto do trabalho realizado até ao momento faz sentido considerarmos a realização dos testes práticos e apresentação dos consequentes resultados obtidos.

## 6. Testes e Resultados

Neste capítulo serão abordados alguns testes práticos e apresentar alguns dos principais resultados obtidos, com base nas propostas apresentadas no capítulo anterior.

### 6.1 Testes Práticos

Foram realizados alguns testes complementares com o objetivo de identificar qual o melhor procedimento prático, de forma a obter um bom *survey*. Desta forma realizaram-se dois testes, o primeiro consistiu em compreender a influência da altura da antena na realização do *survey* e o segundo é relativo à medição da atenuação do material.

#### 6.1.1 Teste da Altura da Antena

Em todos os *surveys* realizados, nos diferentes edifícios teve-se o cuidado de garantir que a antena encontrava-se sempre em condições muito semelhantes. Desta forma teve-se a preocupação de manter a antena fixa ao longo de todo o percurso do *survey* e garantir que a mesma se encontrava colocada sempre à mesma altura. A antena era colocada na parte superior do monitor, através de um suporte.

Este teste consiste em colocar a antena em diferentes alturas, de modo a verificar se há influência direta nos resultados obtidos.

- **Antena à altura do monitor**

Colocada a antena, considerou-se um pequeno percurso no piso -1 da Pentecosta para realizar o teste, como mostra a figura 6.1.

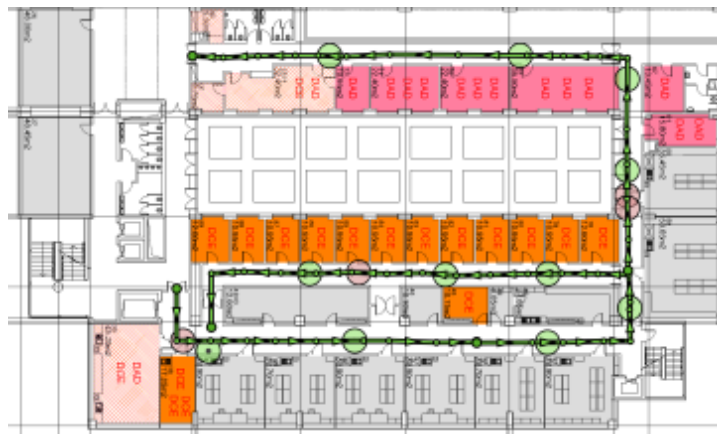


Figura 6.1-Survey realizado para no teste

O *heatmap* obtido relativo à potência de sinal, encontra-se na figura 6.2.



Figura 6.2- Potência de sinal, com a antena ao nível do monitor

Com base na figura, verifica-se que o nível de sinal obtido encontra-se entre os -45dBm e os -55dBm.

- **Antena colocada ao nível da porta USB**

A segunda parte deste teste consistiu em realizar um *survey* nas condições semelhantes ao anterior, porém colocando a antena numa altura diferente. Neste caso sem utilizar o extensor USB, optou-se por colocar a antena diretamente ligada a uma porta USB, do computador portátil. Realizado o *survey* utilizando o mesmo percurso da figura 6.1, obteve-se o *heatmap* correspondente à potência de sinal, figura 6.3.



Figura 6.3- Potência de sinal, com a antena ao nível da porta USB

Com base no *heatmap* obtido verifica-se que existem zonas em que foram detetados sinais na ordem dos -45 dBm (zona verde). Porém existem zonas em que o nível de sinal diminuiu, obtendo-se assim variações entre os -60 e os -65 dBm (zona a amarelo).

Comparando os dois casos percebe-se que a altura onde é colocada a antena influencia o resultado final do *survey*, na medida em que houve um decréscimo

no nível de sinal, quando colocada a antena numa posição mais baixa. De referir que a diferença de alturas que estamos a considerar é de aproximadamente 30cm. Desta feita o recomendável é primeiramente ser coerente na opção, ou seja, o utilizador deve manter a antena na mesma posição ao longo de todo o *survey*, de forma a obter resultados igualmente coerentes.

### 6.1.2 Teste de Atenuação dos Materiais

A definição dos materiais, num projeto deste tipo consiste em conhecer minimamente a atenuação provocada pelos mesmos. Assim sendo procedeu-se à realização de um teste em que se obteve o valor do sinal recebido, no mesmo local, considerado o estado de porta aberta e porta fechada.

Realizando o teste com a porta aberta, figura 6.4, obteve-se um sinal -50dBm.

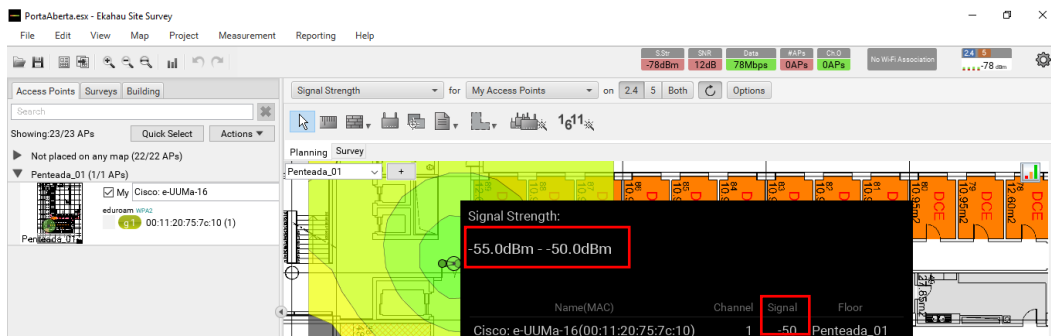


Figura 6.4- Teste de atenuação — porta aberta

Em relação ao teste com a porta fechada, os procedimentos tomados foram os mesmos que os anteriores. Deste modo a figura seguinte mostra o resultado obtido.

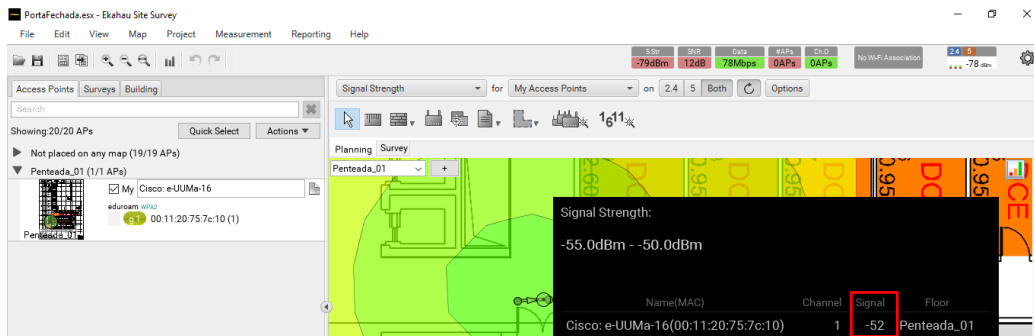


Figura 6.5- Teste de atenuação — porta fechada

Como se verifica na figura anterior foi obtido um sinal de -52dBm, assim sendo para o cálculo da atenuação provocada pelo obstáculo, neste caso a porta poderá ser utilizada a seguinte expressão [25]:

$$\text{Atenuação causada pelo obstáculo (dB)} = (\text{Sinal sem Obstáculo})(\text{dBm}) - (\text{Sinal com obstáculo})(\text{dBm})[1]$$

Desta forma com base na equação [1] obteve-se a atenuação causada pelo material:

$$\text{Atenuação(dB)} = (-50\text{dBm}) - (-52\text{dBm}) \Leftrightarrow 2\text{dB}$$

Com base no valor obtido para atenuação, procedeu-se à escolha do material para as portas com 2dB de atenuação. Este tipo de teste é útil com o intuito de realizar um modelo preditivo rigoroso embora na ferramenta, pequenas variações na atenuação não sejam muito significativas.

## 6.2 Resultados Obtidos no Edifício da Penteada

Ao longo deste subcapítulo serão apresentados e discutidos alguns dos principais resultados obtidos. Pretende-se analisar alguns parâmetros que não foram abordados no capítulo 5, referente à implementação da rede.

### 6.2.1 Survey Passivo e Ativo

Os resultados obtidos no *survey* foram fundamentais para identificar alguns dos problemas da rede atual de forma a projetar um modelo preditivo. De seguida serão apresentados alguns resultados que se consideraram mais relevantes, no entanto os restantes resultados encontram-se no anexo B.

- **Piso -2**

O percurso realizado para o estudo da rede neste piso e consequente identificação dos APs encontram-se na figura 6.6.

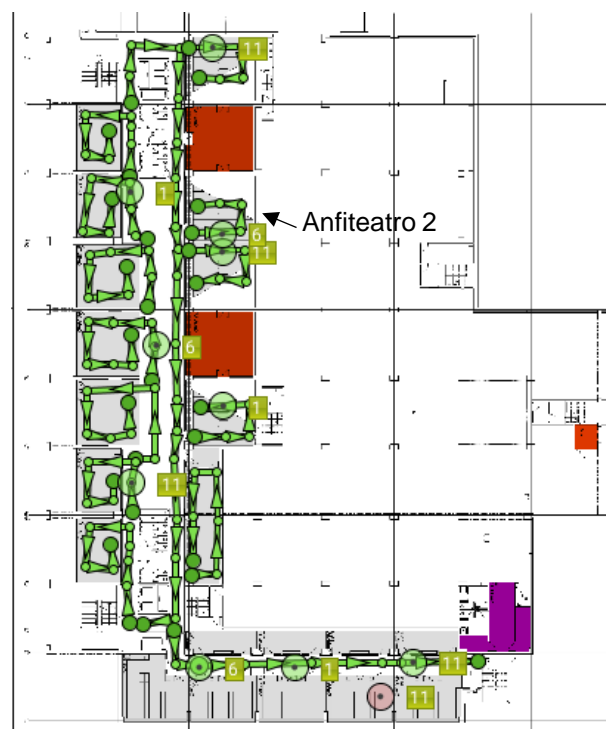


Figura 6.6- Survey do piso -2

Este piso possui, de um modo geral boa cobertura, com valores entre os -45 e os -60 dBm contudo existem três salas em que o sinal é praticamente inexistente, figura 6.7. Essas três salas correspondem à sala de música e às salas nº 1 e 7.

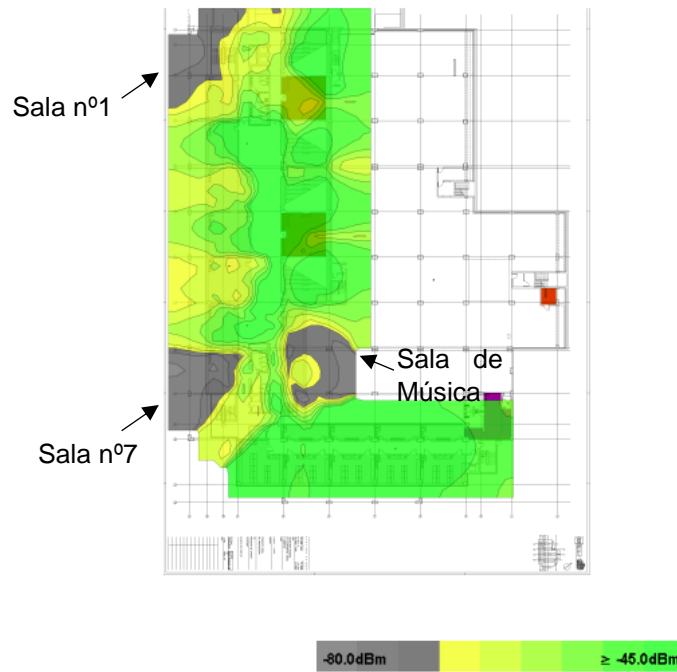


Figura 6.7- Potência de sinal do piso -2

A rede do piso -2 apresenta três problemas diferenciados identificados no parâmetro *network issues* da figura 6.8. O primeiro relativo à força do sinal (identificado a vermelho), que já foi abordado anteriormente. Um segundo problema que se deve à sobreposição de canais (identificado a rosa), esse mesmo problema é acentuado junto aos anfiteatros. Por fim há um terceiro problema de carácter sugestivo (identificado a amarelo) que sugere a colocação de algum AP nestas zonas.



Figura 6.8- *Network Issues* do piso -2

Um dos principais motivos de reclamação da rede vai de encontro ao baixo valor de débito recebido pelo utilizador, muitas vezes designado como *throughput*.

Este problema acentua-se em zonas com muitos utilizadores, causando a saturação do AP.

O *EKahau* possui dois parâmetros relativos à velocidade de ligação, o *data rate* e o *throughput* contudo nenhum dos dois são medições efetivas. O *data rate* refere-se à velocidade máxima teórica da rede, baseada no tipo de equipamentos instalados, por exemplo para a rede deste piso em que apenas existem APs de norma 802.11g, a velocidade máxima é de 54Mbps, valor teórico desta norma. Por outro lado o *EKahau* não realiza medições efetivas ao *throughput* que corresponde ao débito real do cliente, pois o *input* utilizado pela ferramenta no *survey* ativo é o *ping*. Para realizar um *survey* com base no *throughput* é necessário utilizar um servidor do tipo iPerf que requer ligação via *Ethernet* algo que não é prático para este trabalho. Os parâmetros *data rate* e *throughput* relacionam-se na medida em que o *throughput* é cerca de metade do *data rate*. Embora o *heatmap* relativo ao *throughput* para este piso, figura 6.9 aponte para valores na ordem dos 30Mbps, a verdade é que este parâmetro não considera o número de utilizadores, desta forma será de esperar valores sempre inferiores a 30Mbps.

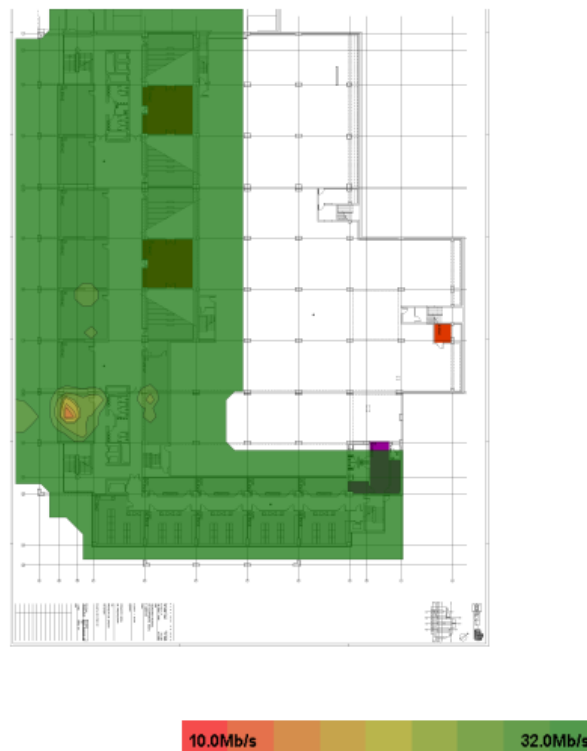


Figura 6.9- *Throughput* do piso -2

Os resultados apresentados não são exclusivos deste piso, como pode ser verificado no ponto 5.1.1 em que é abordado o piso 0 e o piso 2, assim sendo de um modo geral todos os pisos da Pentecada têm um sinal de cobertura entre os -45dBm e os -60dBm. O fenómeno de *channel overlap* constitui como um dos principais problemas identificados, para além da norma Wi-Fi implementada (802.11g) apenas garantir 54Mbps.

## 6.2.2 Resultados da Nova Rede

Neste ponto irão ser apresentados alguns dos principais resultados obtidos, da proposta de implementação apresentada no ponto 5.1.2.

- **Piso -2**

A nova proposta para a rede visa reforçar a cobertura deste piso, especialmente no interior dos espaços, como os anfiteatros e as salas de aula. A figura 6.10 mostra o *heatmap* obtido relativo à potência de sinal.



Figura 6.10- Potência de sinal do piso -2

Analisando a figura verifica-se que é possível obter cobertura em todo o piso, no entanto na prática será esperado alguma variação nos valores, isto devido aos APs que são colocados, uma vez que as antenas dos APs não têm sempre as mesmas características, como por exemplo os diagramas de radiação. Os APs utilizados neste projeto são *dual band generic*, no entanto o *software* disponibiliza uma lista de *access point* das principais marcas, contudo quando projetamos uma rede sem informação do orçamento disponível nem que APs serão instalados, o mais viável será optar por realizar um *planning* com APs genéricos. Através da figura anterior verifica-se também que o mapa do piso apresenta-se na sua totalidade verde, o que corresponde a um valor de potência entre os -45dBm e os -50dBm, é também importante realçar que para os projetos com a norma 802.11ac a potência mínima recomendável é -67dBm embora esse valor não se encontre representado na legenda.

Embora o piso tenha boa cobertura não é necessariamente verdade que a rede consiga responder às exigências dos clientes, algo verificado no *survey* da rede atual. Desta forma foram definidas as áreas de utilização deste piso, segundo o número de equipamentos da tabela A.1, obtendo-se assim um *heatmap* da rede relativo ao nível da capacidade, figura 6.11.

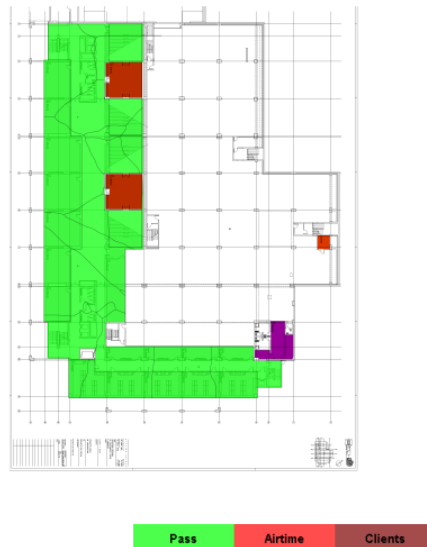


Figura 6.11- Estado da capacidade do piso -2

A figura mostra-nos que com o número de dispositivos definidos e com a sua atividade estabelecida a rede deste piso cumpre os requisitos necessários, no entanto sabemos que as redes têm capacidade limitada, assim sendo caso haja um aumento súbito para além dos valores já considerados do número de dispositivos é esperado que a rede possa já não garantir a qualidade ideal. Este *planning* ao nível da capacidade foi concebido tendo em consideração os piores casos, em que os espaços estão praticamente lotados.

Uma das principais alterações introduzidas nesta proposta é utilizar mais do que um AP por zona, por exemplo nos anfiteatros com o intuito de aumentar a largura de banda disponível para os clientes. Embora a rede cumpra os requisitos de capacidade é importante verificar, mais detalhadamente, o estado dos APs no que respeita à percentagem de utilização, através do parâmetro designado *airtime utilization*, figura 6.12.

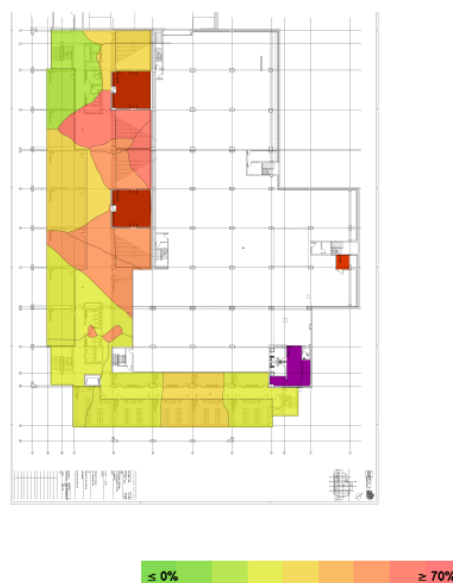


Figura 6.12- Percentagem de utilização dos APs do piso -2

O *heatmap* anterior mostra que a zona com mais possibilidade de saturação dos APs se encontra junto ao anfiteatro 2, com taxas de utilização próximo dos 70%, o que é compreensível pois essa mesma zona reúne dispositivos também do anfiteatro 3 e de algumas salas, totalizando um número de dispositivos superior a 300, ligados em simultâneo. Para o restante piso, os APs têm muita margem de utilização, atingindo taxas de utilização entre os 30 e os 40%.

Os resultados do piso -1 encontram-se apresentados no anexo C, pois os seus resultados são muito semelhantes aos do piso 1, que será abordado mais adiante.

- **Piso 0**

No estudo de implementação da rede para este piso, no capítulo anterior verificou-se que existem muitas áreas de utilização para as quais foi necessário considerar vários APs, como ficou mostrado na figura 5.8. Com base na proposta apresentada obteve-se o *heatmap* relativo à potência de sinal, figura 6.13.

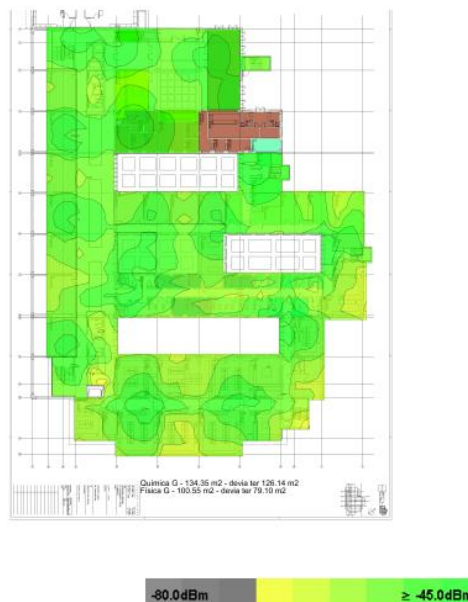


Figura 6.13- Potência de sinal do piso 0

A potência de sinal neste piso varia entre os -45dBm e os -55dBm valores satisfatórios, ficando apenas alguns laboratórios com nível entre os -55dBm e os -65dBm representado pela região amarela.

Relativamente ao parâmetro da velocidade de ligação (*data rate*) verifica-se que este se encontra diretamente relacionado com a norma 802.11 utilizada. Ao longo desta proposta os APs considerados eram do tipo *dual band* sendo que a rede com maior prioridade era a rede dos 5GHz, isto segundo a norma 802.11ac. Dentro desta norma o *data rate* pode variar segundo a largura do canal, que nesta proposta foi considerado 20MHz, possibilitando uma maior gestão nos canais disponíveis e também no número de antenas consideradas no sistema MIMO. Nesta proposta consideraram-se APs com sistema MIMO 3x3, número comum entre os principais equipamentos comercializados atualmente. Desta forma a velocidade máxima de ligação teoricamente esperada estará

aproximadamente entre os 260Mbps e os 300Mbps [26]. Relativamente ao *throughput* será de prever valores inferiores ao *data rate*, desta forma o heatmap relativo ao *throughput* do piso 0 encontra-se na figura 6.14.

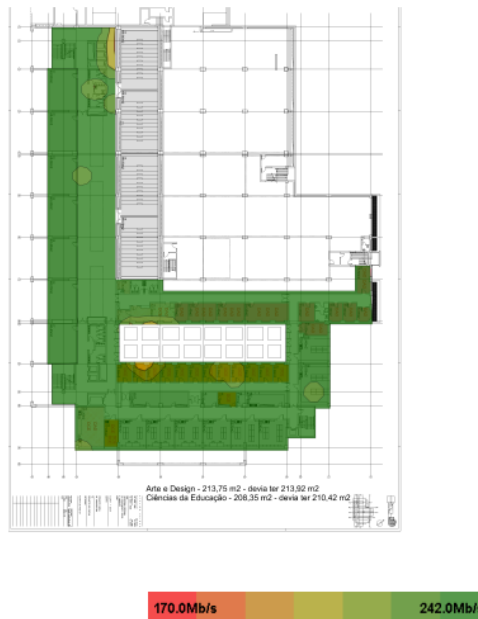


Figura 6.14- *Throughput* do piso 0

O valor de *throughput* máximo indicado é de 242Mbps, porém será impossível atingir este valor de velocidade com a atual cablagem na Penteada, pois recorde que a cablagem atual é de cat.5 que garante uma taxa de transmissão máxima de 100Mbps, deste modo e como já referido anteriormente a cablagem do edifício mínima aconselhada é de cat.6.

O planeamento da capacidade neste piso pode ser especificado através da distribuição dos clientes pelas áreas de utilização, definidas na tabela A.3. Através da figura 6.15 é possível verificar o número de clientes por AP e quais as zonas sujeitas a um maior tráfego de dados.

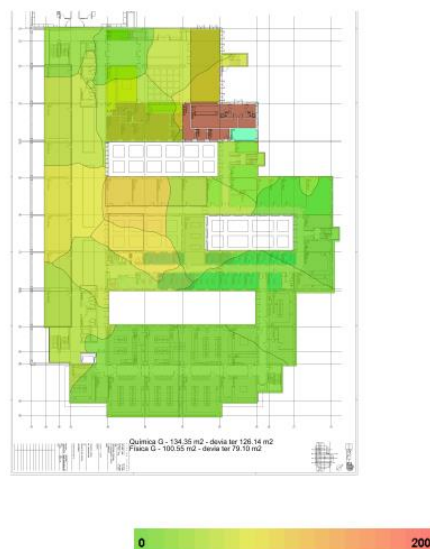


Figura 6.15- Distribuição de clientes por AP do piso 0

A zona do piso em que há uma maior concentração de clientes é na região da sala e dos laboratórios de estudo representada pela cor alaranjada na figura anterior. Desta forma será de esperar que os APs que garantem a cobertura, nesses espaços, tenham maior percentagem de utilização e conseqüente risco de saturação. Porém esta proposta garante uma boa margem de utilização, garantido assim o cumprimento dos requisitos, ao nível da capacidade como mostra a figura 6.16.

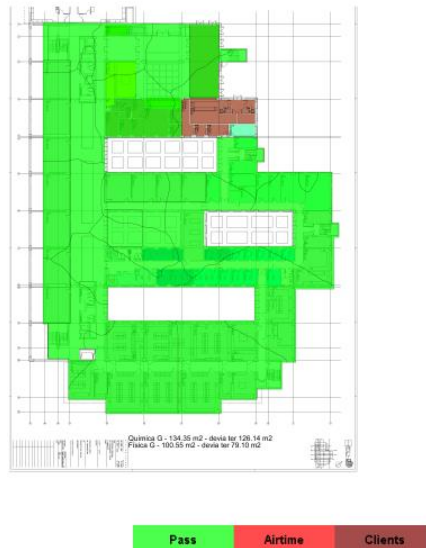


Figura 6.16- Estado da capacidade do piso 0

Um dos principais problemas identificados no *survey* diz respeito à sobreposição de canais algo que esta proposta tentou corrigir com a introdução da banda dos 5GHz nesta rede. Esta nova banda de frequências permite, do ponto vista prático, passar de 3 canais disponíveis para utilizar para 19 canais disponíveis permitindo assim uma maior gestão. A figura 6.17 mostra o *heatmap* obtido relativo à sobreposição de canais.

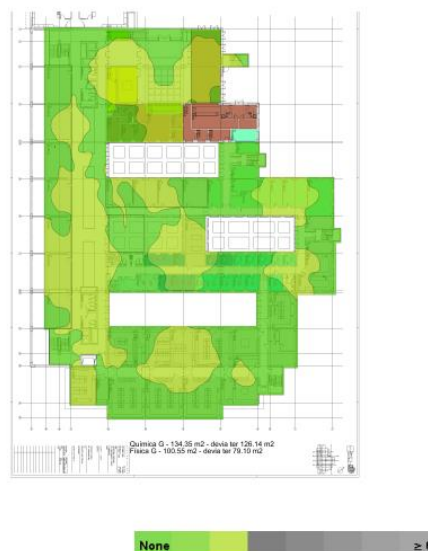


Figura 6.17- Channel Overlap do piso 0

Com base no *heatmap* obtido verifica-se que a rede foi planeada sem ultrapassar o requisito relativo à sobreposição do canal que corresponde a ter no máximo 2 APs a escutar o mesmo canal. Visto que foram considerados APs *dual band*, a banda dos 2.4GHz também encontra-se nesta rede por entre meio da norma 802.11n possibilitando a ocorrência da sobreposição para essa mesma banda.

- **Piso 1**

O piso 1 caracteriza-se por ser um piso em que não há muita dinâmica do ponto de vista extracurricular, ou seja, existe apenas uma sala de estudo em que os alunos podem se reunir, daí a opção de considerar apenas 50 *smartphones* para a área geral do piso. O APs implementados para este piso e a sua respetiva área de cobertura pode ser visualizada na figura 6.18.

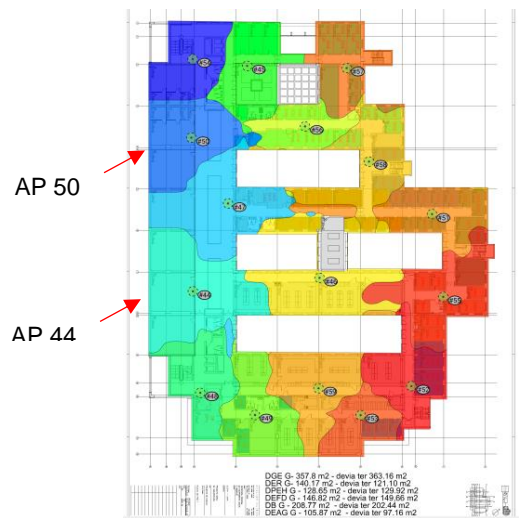


Figura 6.18- Área de cobertura dos APs no piso 1

Com base na figura anterior considerou-se apenas duas salas, com um AP no seu interior (APs nº 44 e 50). Sobrando assim 3 APs localizados nos corredores para auxiliar na cobertura (APs nº 47, 48 e 54) e garantindo largura de banda disponível para o caso em que haja um aumento no número de clientes.

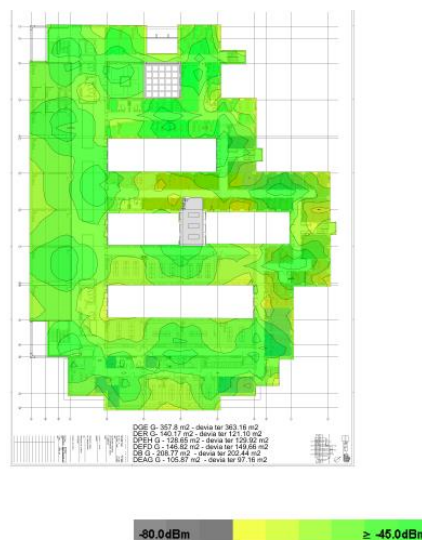


Figura 6.19- Potência de sinal do piso 1

Analisando a figura 6.19 verifica-se que na sua totalidade o piso tem bons valores de cobertura, sendo que o sinal varia entre os -45dBm e os -50dBm, nas zonas consideradas como prioritárias, tais como as salas de aula e a sala de estudo. Contudo junto aos gabinetes existem algumas zonas em que o sinal varia entre os -60dBm e os -65dBm.

Por fim o estado de utilização dos APs oferece garantias relativamente aos requisitos definidos na tabela A.8, de tal forma que possibilita um maior número de dispositivos, para além dos considerados, figura 6.20.

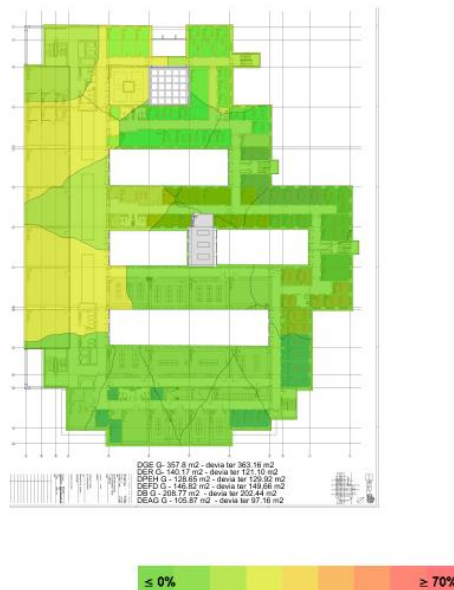


Figura 6.20- Percentagem de utilização dos APs, no piso 1 da Penteadá

Prevê-se através da figura anterior que as zonas sujeitas a um maior tráfego sejam as salas de aula com cerca de 30%, contudo considera-se um nível de utilização dentro dos limites normais.

O piso -1, tal como já referido anteriormente é muito semelhante do ponto vista do número de clientes utilizados e na dinâmica apresentada a este mesmo piso, piso 1. Desta forma optou-se por apresentar os resultados obtidos do piso -1 apenas no anexo C.

- **Piso 2**

Como já referido no ponto 5.1.2 a proposta consistiu, para além de garantir a cobertura de sinal em todo o piso, reforçar algumas das áreas críticas tais como o núcleo e as salas de informática. Desta forma o *heatmap* relativo ao parâmetro da potência de sinal apresenta-se na figura 6.21 em que se verifica algumas zonas com níveis de sinal entre os -60dBm e os -65dBm especialmente em zonas relativas aos gabinetes dos docentes, no entanto não são valores preocupantes visto que são áreas em que não há tanta exigência ao nível da utilização de dados. No entanto na região do núcleo e das salas de informática verifica-se que houve um reforço notório dessa zona, na medida em que se obteve valores de potência entre os -45dBm e os -55dBm.



Figura 6.21- Potência de sinal do piso 2

Do ponto de vista do estado de utilização dos APs, figura 6.22, verificou-se que em algumas zonas do núcleo há o risco de ocorrer saturação do AP ainda que seja uma área pequena. Este facto deve-se ao número de dispositivos definidos não só para o núcleo, mas também para as zonas próximas do mesmo que possam influenciar a qualidade da ligação. De lembrar que só para o núcleo foram definidos 200 dispositivos (100 *smartphones* e 100 *Laptops*).

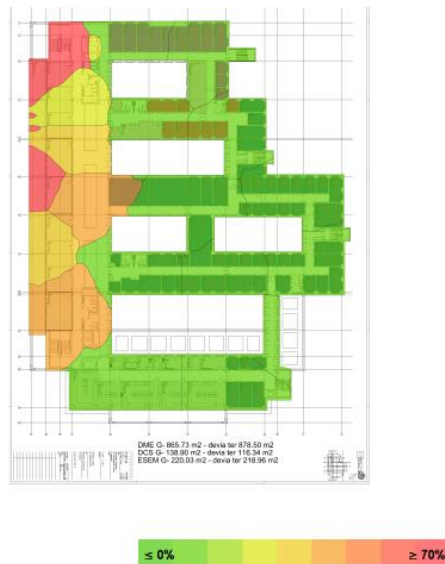


Figura 6.22- Percentagem de utilização dos APs no piso 2

As duas regiões referidas encontram-se identificadas a vermelho, na figura anterior, esperando-se assim que haja uma diminuição na largura de banda disponível, pelo facto da percentagem de utilização do AP ser próxima dos 100%. Uma eventual solução seria realizar uma análise após a implementação da rede e verificar na prática o comportamento dos APs e com base nesses dados deveria ser tomadas algumas medidas. Tais como verificar, através de uma

controladora como é que ocorre o processo de associação ao AP, isto é verificar se há efetivamente uma distribuição equitativa no número de pedidos de acesso por AP. A outra solução seria ativar os rádios 2.4 GHz dos APs da região do núcleo e anunciar aos clientes, a possibilidade de estes acederem à rede por entre meio desta banda.

No seguimento dos resultados obtidos a figura 6.23 resume o estado da rede ao nível da capacidade.

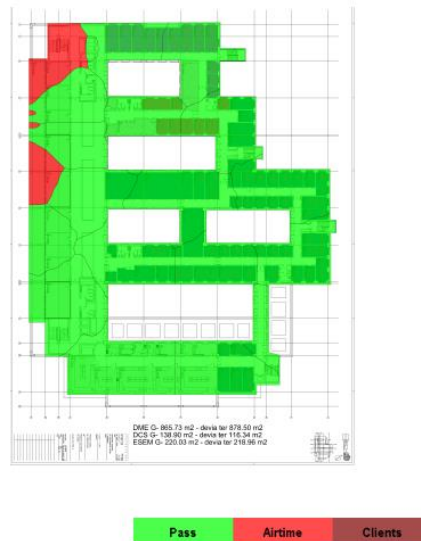


Figura 6.23- *Capacity health* do piso 2

Como podemos observar na figura anterior as duas regiões referidas encontram-se identificadas a vermelho, significando que não passaram no requisito definido para o parâmetro *airtime utilization*, da figura 6.22 que consiste em garantir uma percentagem de utilização do AP até 70%.

- **Piso 3**

O piso 3 reúne vários clientes por dia, muito pelo facto de aí se localizar a biblioteca universitária. Também neste mesmo piso encontram-se 6 anfiteatros de 56 lugares e uma sala de estudo.

Para este piso destaca-se o facto de ter sido considerado praticamente um AP por anfiteatro, sendo que na sua maioria colocados no seu interior, outro facto tem a ver com a utilização de 7 APs para cobrir a biblioteca. Com base na tabela A.6 foi igualmente realizado o planeamento da capacidade, destaque para o facto de terem sido considerados 300 *smartphones* e 300 computadores, na biblioteca. A figura 6.24 mostra as áreas definidas para este piso.



Figura 6.24- Disposição dos APs no piso 3

A cobertura do ponto de vista da potência de sinal obtida é boa, na medida em que se obteve para todo o piso um nível de sinal próximo dos -45 e os -50dBm, como se verifica na figura 6.25.

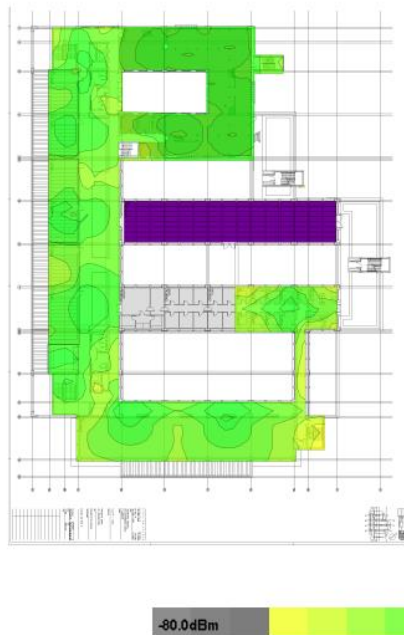


Figura 6.25- Potência de sinal do piso 3

A rede cumpre os diferentes requisitos nos diferentes parâmetros, como por exemplo garantir pelo menos -67dBm de potência mínima assim como, considerar no máximo até 2 APs a escutar o mesmo canal.

Do ponto de vista da análise da capacidade, o estado de utilização dos APs encontra-se dentro dos limites, embora existam algumas zonas em que o AP se encontra muito próximo dos 70% de utilização, como mostra a figura 6.26.

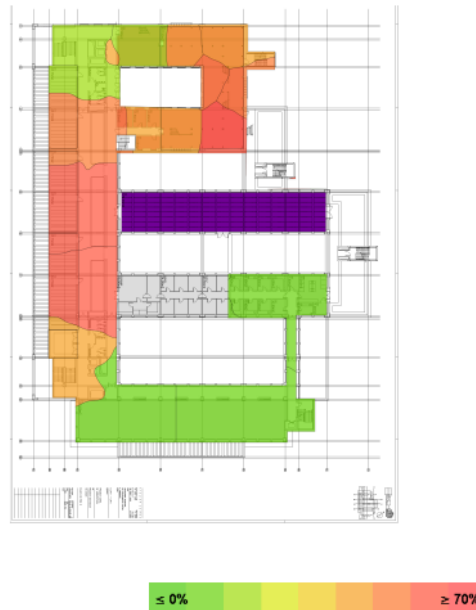


Figura 6.26- Percentagem de utilização dos APs do piso 3

Realizando uma análise geral dos resultados obtidos verifica-se que foi possível em todos os pisos atingir bons níveis de cobertura com a maioria das potências estarem entre os -45dBm e os -55dBm. Foi possível realizar uma boa gestão de canais com a rede de 5GHz possibilitando desta forma o cumprimento dos vários requisitos. Relativamente ao *throughput* serão esperados valores superiores a 200Mbps para toda a rede do edifício, isto considerando que haverá alteração na cablagem. O planeamento da capacidade foi realizado tendo em consideração sempre os piores casos, tendo sido definido muitas vezes quantidade de dispositivos superior aos valores reais o que é vantajoso pois permite que haja sempre uma margem de segurança entre aquilo que é o planeamento daquilo que é a implementação prática. Na maioria dos casos foi possível cumprir com as exigências dessas áreas de utilização.

### 6.2.3 Resultados da Rede Híbrida na Penteadada

Como explicado no ponto 5.1.3 esta proposta consiste numa solução híbrida juntando assim os APs de norma 802.11g, atualmente instalados, com uns APs recentemente adquiridos de norma 802.11n. De seguida apresentaremos apenas o piso 2, pois os resultados obtidos para os restantes pisos são semelhantes assim como os princípios de implementação.

- **Piso 2**

A solução para este piso passou por colocar os APs 802.11n nas zonas mais críticas, neste caso o espaço do núcleo e o reforço das salas de informática. Assim sendo obteve-se o *heatmap* relativo à potência de sinal, figura 6.27.



Figura 6.27- Potência de sinal, com APs 802.11n no piso 2

Se comparamos a figura anterior com o *heatmap* obtido no *survey* passivo e ativo deste mesmo piso, da figura 5.5 verifica-se que houve uma melhoria na cobertura. No entanto a melhoria mais significativa é no *data rate* com a introdução da norma 802.11n, deste modo passou-se de 54 Mbps de velocidade máxima para valores na ordem dos 148Mbps, no entanto este valor considera o agrupamento de 2x2 no sistema MIMO. Este aumento no parâmetro no *data rate* é facilmente perceptível no *heatmap* da figura 6.28.



Figura 6.28- Data Rate com APs 802.11n, do piso 2

Pela figura facilmente se distingue a localização dos APs 802.11n dos APs 802.11g. Este será a principal melhoria desta solução híbrida, contudo do ponto de vista da sobreposição de canais será esperado um agravamento pelo facto de aumentarmos a comunicação rádio na banda dos 2.4GHz.

Se considerarmos as áreas de utilização definidas na tabela A.5 esta rede não conseguirá cumprir com os requisitos de capacidade, como mostra a figura 6.29.

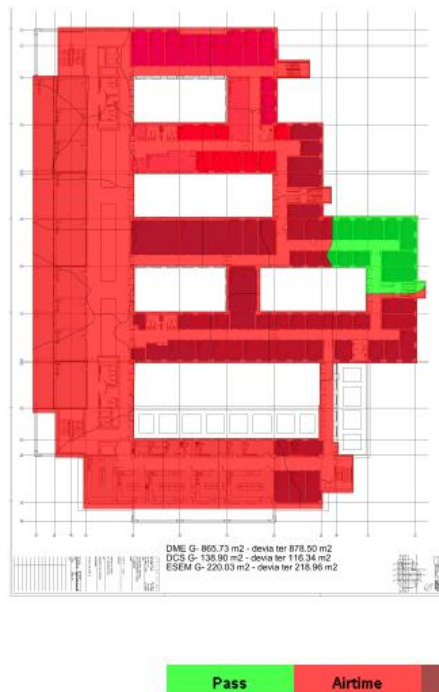


Figura 6.29- Estado da Capacidade com APs 802.11n, no piso 2

De um modo geral a rede não terá capacidade de suportar 620 clientes que foram os definidos para as áreas de utilização, correspondendo assim à região vermelha. A exceção corresponde à região verde que consiste numa zona dos gabinetes dos docentes em que há poucos clientes.

Em suma esta proposta será interessante de ser implementada, pois garante num curto espaço de tempo e com pouco orçamento a possibilidade de melhorar aspetos fundamentais na rede tais como, a velocidade de ligação e a largura de banda, que constituem a maioria das reclamações feitas à rede Wi-Fi.

### 6.3 Resultados Obtidos no Edifício da Reitoria

Neste ponto serão apresentados os resultados obtidos para o edifício da Reitoria. Em que inicialmente serão apresentados os resultados da realização do *survey* e depois os resultados da proposta para a nova rede.

#### 6.3.1 Survey Passivo e Ativo

- Piso 0

Resumidamente os principais problemas identificados na rede devem-se essencialmente às falhas de cobertura do sinal, como mostra o *heatmap* relativo à potência de sinal, figura 6.30.

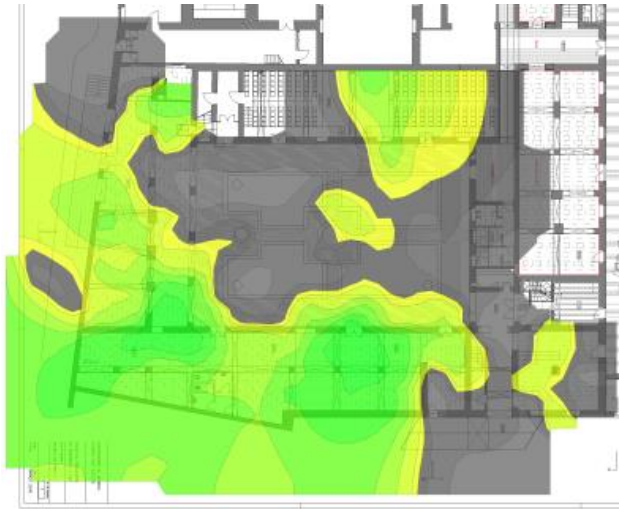
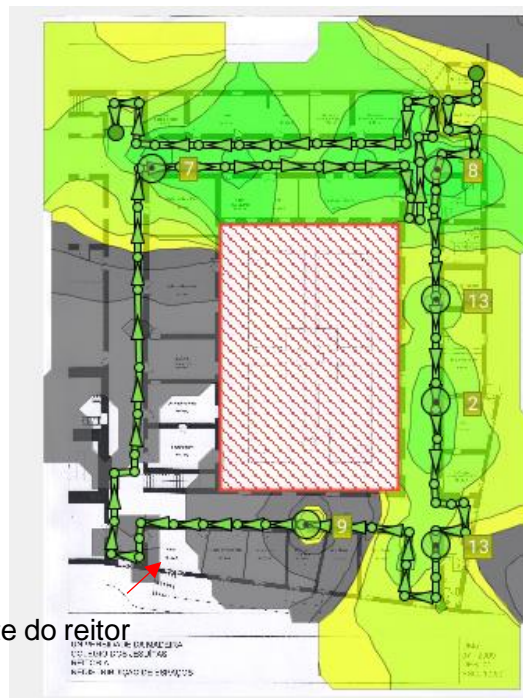


Figura 6.30- Potência de sinal do piso 0 após *survey*

Como se verifica não há um plano implementado para cobrir o piso 0, apresentando-se com muitas lacunas.

- **Piso 1**

Neste piso encontrou-se alguns problemas na cobertura especialmente perto do gabinete do reitor. A origem dessas falhas deve-se ao facto de haver muita humidade no tecto fazendo com que os APs se danifiquem. Assim sendo foi retirado o AP dessa zona. A figura seguinte mostra o mapa de cobertura obtido.



Gabinete do reitor

Figura 6.31- Potência de sinal do piso 1 após *survey* na reitoria

- **Auditório**

Como referido no ponto 5.2.2 o auditório é uma das zonas críticas, deste modo realizou-se um *survey* apenas no seu interior com o intuito de estudar a sua cobertura. A marcação dos pontos e consequente identificação do AP pode ser observado na figura 6.32.

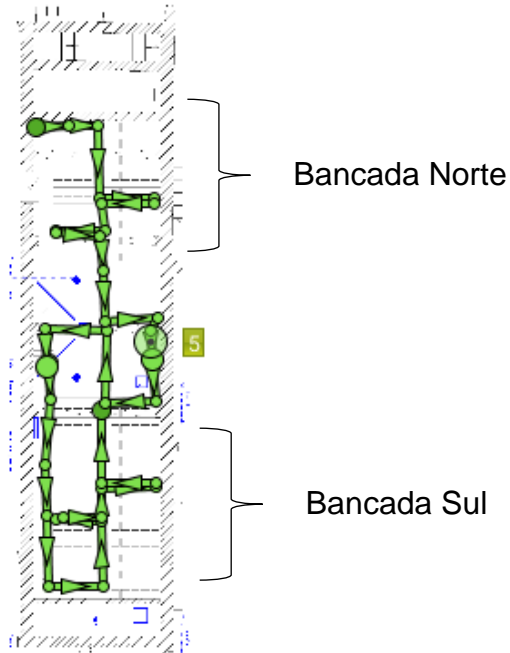


Figura 6.32- Survey do Auditório

Segundo a figura o AP encontra-se na zona central e tem como objetivo cobrir ambas as bancadas, de referir que o auditório tem capacidade para 184 lugares. O *heatmap* relativo à potência de sinal encontra-se na figura 6.33.

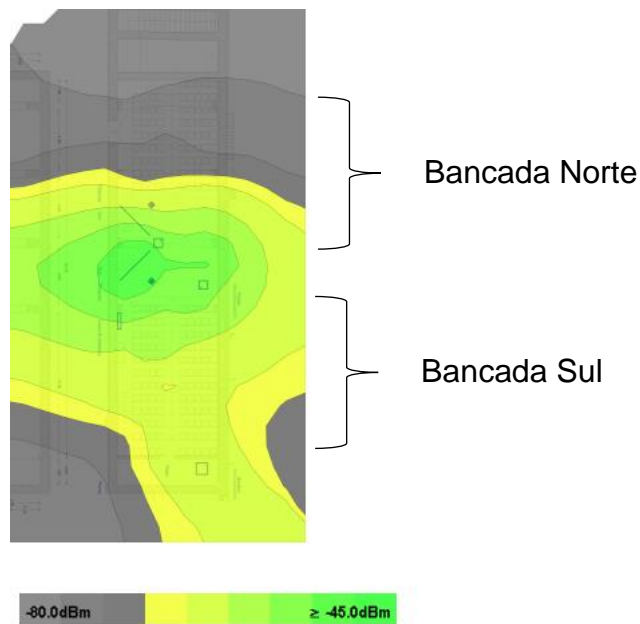


Figura 6.33- Potência de sinal no auditório

A cobertura do auditório atualmente apresenta muitas falhas na cobertura, na medida em que o AP apenas consegue cobrir a zona central, deixando a bancada norte com o sinal praticamente inexistente

### 6.3.2 Resultados da Nova Rede

De seguida serão apresentados alguns dos principais resultados segundo a proposta para a nova rede discutida no ponto 5.2.2.

- **Piso 0**

No piso 0 optou-se por reforçar as zonas onde reúnem um maior número de pessoas, tais como o auditório, as salas de formação ou a zona da esplanada, no entanto a ideia passou por garantir cobertura total do piso, algo que foi atingido, figura 6.34.

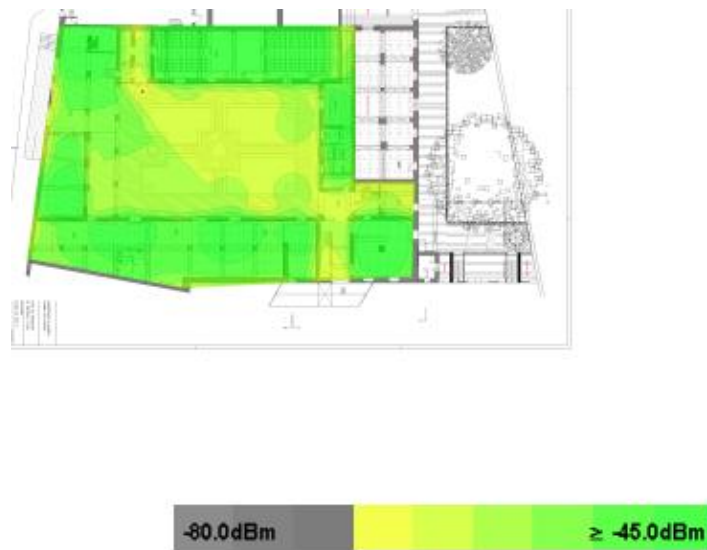


Figura 6.34- Potência de sinal no piso 0 da reitoria

A região amarelada que corresponde ao pátio é a zona em que o sinal não é tão forte, porém foi possível apresentar uma solução para a cobertura do piso em que os valores variam entre os -45dBm e os -55dBm nas regiões consideradas críticas e conseguir uma cobertura equilibrada para o pátio na ordem dos -60dBm aos -65dBm.

A capacidade foi definida para este piso tendo em consideração as áreas da tabela A.7. O planeamento da capacidade para este piso foi exigente na medida em que se considerou vários clientes em várias áreas, permitindo assim apresentar uma proposta o mais rigorosa possível. Relembro que foram definidos para o piso 0 um total de 542 clientes.

O parâmetro relativo à percentagem de utilização dos APs indica que houve uma boa distribuição dos APs pelos clientes garantindo que nenhum deles entre em modo de saturação. No entanto é de referir que no auditório existe uma zona em que o AP apresenta cerca de 70% de utilização, identificada a vermelho. O *heatmap* relativo a este parâmetro encontra-se na figura 6.35.



Figura 6.35- Percentagem de utilização dos APs no piso 0 da reitoria

Do ponto de vista geral a proposta cumpre os requisitos da capacidade, assim como da sobreposição dos canais, para além de possibilitar valores de *throughput* na ordem dos 200Mbps.

- **Piso 1**

A proposta de distribuição dos APs para este piso, apresentada na figura 5.17, vai de encontro em manter os APs em muitas das localizações atuais, no entanto a proposta iria no seguimento de implementar o AP, não junto ao teto, mas na parede para que o AP evite a humidade. Através desta proposta seria possível obter um *heatmap* semelhante ao da figura 6.36.

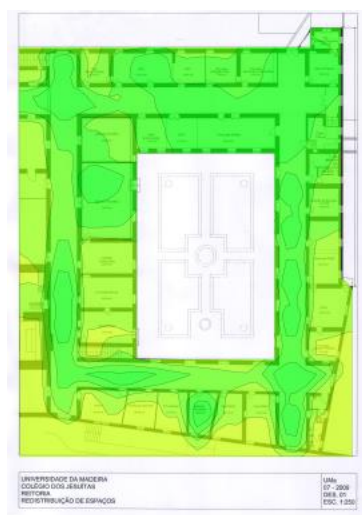


Figura 6.36- Potência de sinal no piso 1 da reitoria

O sinal em alguns gabinetes, incluindo o do reitor possui um nível de sinal entre os -60dBm e os -65dBm, no entanto visto que são gabinetes individuais em que o número de dispositivos a considerar não totaliza valores muito significativos (90 dispositivos definidos) não será motivo de uma preocupação acrescida.

Relativamente à capacidade, a rede cumpre os requisitos, definidos nas áreas de utilização como mostra o parâmetro *capacity health* na figura 6.37.

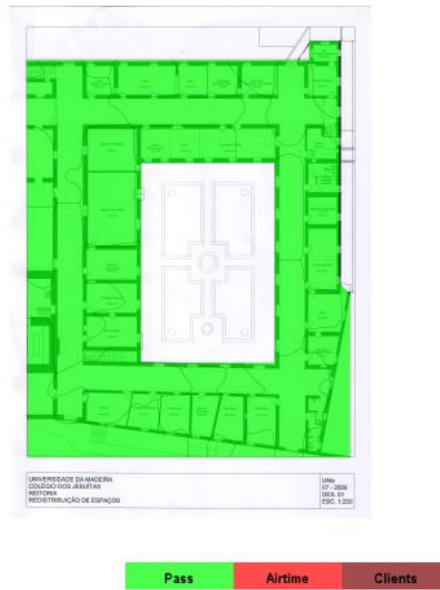


Figura 6.37- *Capacity health* do piso 1 da reitoria

Os resultados obtidos para os restantes espaços serão apresentados no anexo G.

## 6.4 Resultados Obtidos na Residência Universitária

Neste ponto serão apresentados alguns dos resultados obtidos nos *surveys* realizados, antes e depois da nova rede.

### 6.4.1 Resultados do *Survey* antes da Nova Rede

Os resultados obtidos para o *survey* surgem no seguimento do trabalho descrito no ponto 5.3.1. O *heatmap* relativo à cobertura do sinal foi fundamental para perceber como se processa a propagação do sinal no edifício. A figura 6.38 mostra o *heatmap* obtido para o piso 1.

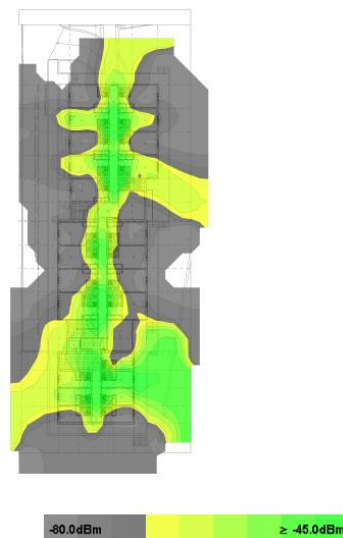


Figura 6.38- Potência de sinal para o piso 1 da Residência

Pela figura verifica-se que a cobertura no interior dos quartos é praticamente inexistente, estando o sinal confinado apenas no corredor. Um dos grandes motivos pela dificuldade do sinal em se propagar tem a ver com o facto da maioria dos APs encontrarem-se instalados no corredor, entre a zona das paredes da casa de banho, dos quartos. Esse facto é relevante, pois nessas mesmas paredes passam as colunas que sustentam o edifício, provocando atenuação do sinal. Outro dos fatores que podem ajudar a explicar o défice de cobertura do piso é a eficiência e as características do AP, nomeadamente ao nível da potência transmitida e a qualidade das antenas. De recordar que os APs desta rede operam segundo a norma 802.11g.

Realizando um resumo dos principais problemas da rede, através do parâmetro *network issues*, figura 6.39, verifica-se que a rede apresenta também problemas relativamente à sobreposição de canais.

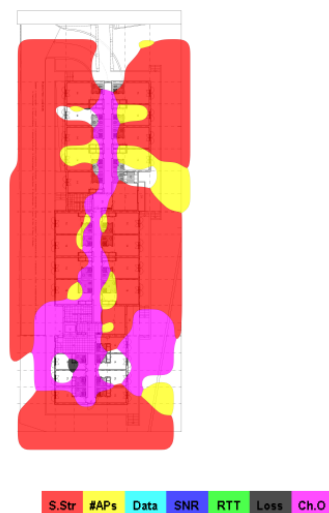


Figura 6.39- *Network Issues* do piso 1 da Residência

O facto de haver falta de cobertura na maioria do piso faz com que haja perdas de pacotes, para além de implicar uma diminuição do nível de *throughput*.

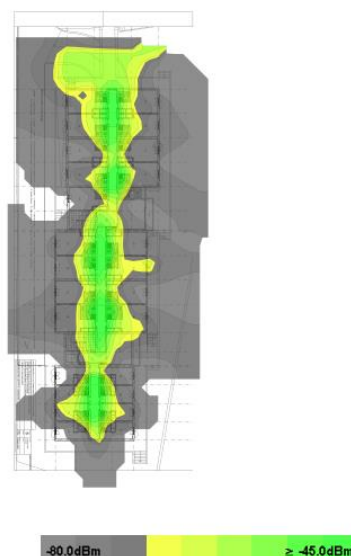


Figura 6.40- Potência de sinal para o piso 2 da Residência

Como se pode verificar no mapa de cobertura de sinal do piso 2, figura 6.40, os problemas da rede enunciados no piso 1 mantêm-se para os restantes pisos.

Mais uma vez se verifica que o sinal se concentra apenas no corredor central, chegando ao interior dos quartos um sinal Wi-Fi muito residual. Assim sendo foi necessário alterar a estratégia de cobertura na implementação da nova rede.

#### 6.4.2 Resultados do *Survey* depois da Nova Rede

Esta nova rede introduziu uma nova política na cobertura dos pisos. Neste caso a prioridade passou a ser a cobertura dos quartos, como discutido no ponto 5.3.1.

A estratégia de cobrir os quartos de forma alternada permitiu garantir uma cobertura eficaz de forma a não sobrecarregar a rede com muita interferência rádio, comparativamente à proposta de colocar um AP por quarto. O *heatmap* relativo à potência de sinal encontra-se na figura 6.41.



Figura 6.41- Potência de sinal do piso 1 após a nova rede

O *heatmap* da figura anterior diz respeito à banda dos 5GHz, que será a banda na qual iremos privilegiar, todavia será importante lembrar que os APs considerados são de norma 802.11n, do tipo *dual band*. Pelo mapa de cobertura obtido verifica-se que existem algumas falhas de cobertura em alguns quartos. Porém será de salientar que a rede não está ainda otimizada, na medida em que tem ocorrido alguns problemas proveniente da configuração dos APs. Esse mesmo problema faz com que os APs se reiniciem interrompendo a transmissão do sinal, daí que esse facto foi uma dificuldade acrescida na realização deste *survey*, pois por vezes era necessário esperar alguns minutos para verificar se o AP retomava a transmissão. Poderemos comprovar este mesmo problema se ampliarmos a região identificada a vermelho, como mostra a figura 6.42.

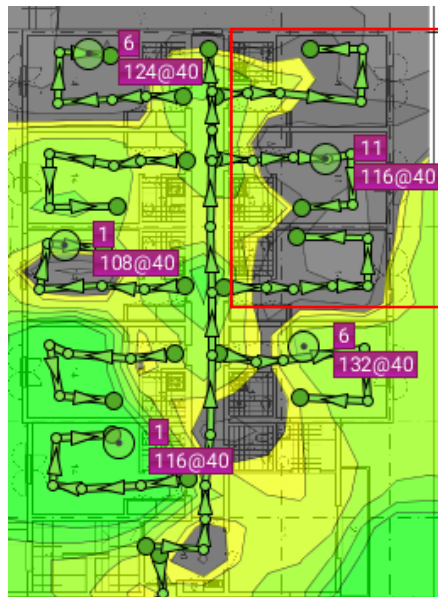


Figura 6.42- Problema identificado na rede atual da Residência

A região assinalada na figura anterior permite perceber que o AP se encontra instalado no interior do quarto, porém a passagem por este quarto, coincidindo com o momento em que o AP estava a reiniciar, daí a explicação para ausência de sinal.

Relativamente aos restantes parâmetros destaca-se o aumento do *data rate* de 54Mbps para 300Mbps, contudo estes valores correspondem aos máximos teóricos. Do ponto de vista prático o valor máximo da taxa de transmissão é 100Mbps. Os APs considerados têm um agrupamento 2x2 (MIMO) e foram configurados canais com largura de 40MHz. A figura 6.43 mostra o *heatmap* respetivo ao *data rate*.

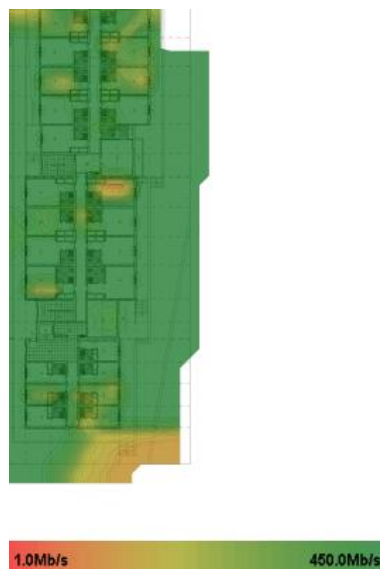


Figura 6.43- Data Rate do piso 1 da Residência, após a nova rede

Por fim destaca-se o parâmetro *network issues* na identificação dos principais problemas detectados., figura 6.44.



Figura 6.44- *Network issues* do piso 1, da Residência

Os principais problemas detetados têm muito a ver com as falhas de cobertura anteriormente discutidas, no entanto caso seja ultrapassado esse mesmo problema técnico a Residência Universitária possui uma rede capaz de responder às necessidades dos clientes durante a próxima década.

Em suma, a proposta da nova rede apresenta-se equilibrada, com bons níveis de cobertura na maioria dos quartos e o *feedback* dos clientes foi positivo, contudo o problema relativo à configuração dos APs terá de ser forçosamente resolvido. De realçar que após a identificação do problema foi emitida uma notificação aos técnicos responsáveis pela manutenção da rede. O problema dos APs poderá estar relacionado com a funcionalidade de gestão de energia, ou com algum defeito de fábrica, pois as ligações dos equipamentos ativos, nomeadamente no bastidor aparentam estar corretas e a funcionar corretamente.

## 6.5 Conclusão

Neste capítulo foram apresentados os testes realizados, assim como os resultados obtidos nos diversos estudos. Esta foi uma fase crucial, pois sem a obtenção dos resultados seria muito difícil entregar, aos técnicos responsáveis, um projeto credível.

Os resultados relativos aos *surveys* realizados permitiram perceber que a rede atual tem como principal problema a falta de planeamento do ponto de vista da densidade. Foram identificados outros problemas, como as falhas de cobertura e a sobreposição de canais.

Foi possível obter resultados de parâmetros, tais como a potência de sinal e o estado da capacidade, que se encontra muito relacionado com o nível de utilização dos APs. Sendo assim foi possível resumir aquilo que são os ideais basilares destas propostas, que é garantir a cobertura de sinal em todos os edifícios e a largura de banda suficiente para a utilização das aplicações.

## 7. Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste capítulo será efetuado um resumo do trabalho que culmina com o final do mesmo, salientando as principais conclusões. Serão enunciados alguns trabalhos futuros que poderão dar seguimento ao estudo realizado, assim como ideias no âmbito da tecnologia Wi-Fi. Por fim será realizadas algumas considerações sobre o trabalho desenvolvido.

### 7.1 Resumo e Avaliação do Trabalho

Com este trabalho desenvolveu-se propostas para a rede Wi-Fi da Universidade da Madeira, essencialmente para o edifício da Penteada e da Reitoria. Relativamente ao edifício da Residência Universitária não foi apresentada proposta para uma nova rede, mas foi realizada uma análise da rede recentemente implementada.

Este trabalho teve o seu início com o estudo teórico da tecnologia Wi-Fi, abordando os pontos que sustentam uma rede deste tipo, tais como a evolução das diferentes normas IEEE 802.11, a arquitetura de uma rede, o estudo dos processos de associação de um cliente ao AP, em que se considerou também a questão da mobilidade no interior de um edifício, entre outros pontos.

Após o estudo teórico, o próximo passo consistiu em conhecer o terreno, neste caso os edifícios que seriam alvo de estudo. Inicialmente estava previsto estudar apenas a rede da Penteada, edifício onde se reúne a maior parte da atividade académica, porém com o interesse demonstrado, por elementos da própria reitoria em estudar a rede desse mesmo edifício, assim como o início da reestruturação da rede da Residência Universitária culminaram com a decisão de enriquecer o trabalho com mais cenários de estudo. Desde logo se percebeu que para efetuar um estudo real e credível na rede Wi-Fi seria necessária uma ferramenta de *software* que permitisse não só avaliar as redes, atualmente implementadas, mas também que possibilitasse a opção de projetar/simular novas redes. Após testar diversas ferramentas, através de versões teste, pesquisar em fóruns e outros locais de opinião, em que se inclui reuniões com empresas desta área, chegou-se à conclusão que a ferramenta *EKahau* (versão Pro) reunia os requisitos para o estudo.

Após a aquisição da ferramenta foi possível organizar o restante trabalho em duas fases, primeiramente com o estudo da rede atual, através da realização de um *survey* passivo e ativo e por fim o projeto de uma nova rede, por meio da realização de um *survey* preditivo. Os fluxogramas apresentados ao longo do capítulo 4 esquematizam as tarefas desenvolvidas ao longo do trabalho. O *survey* passivo e ativo consistiu em recolher parâmetros da rede, por meio de uma antena. O facto de ter percorrido os diferentes edifícios permitiu conhecer melhor os próprios edifícios, no que respeita às suas características físicas, informação essa que foi útil na criação, posterior, dos modelos preditivos. Relativamente aos dados recolhidos no estudo da rede atual destaca-se a falta de planeamento ao nível da capacidade, especialmente em zonas onde se reúnem um número considerável de clientes, como a biblioteca (Piso 3, da

Penteadada) ou no auditório da Reitoria. O facto de se utilizar *access points* segundo a norma 802.11g, limita a taxa de transmissão a um valor máximo teórico de 54Mbps, a cablagem utilizada (cat. 5) limita igualmente o débito a um valor de 100Mbps, desta forma devido a estas limitações conclui-se que a rede atual apresenta-se desatualizada. O fenómeno da sobreposição de canais é um dos problemas também detetado, motivado pela utilização dos 2.4GHz.

Foi com base nos problemas detetados e nas técnicas utilizadas, hoje em dia, nas redes Wi-Fi que foram apresentadas propostas para as redes da Pentada e da Reitoria. Essas propostas tiveram como medidas principais um maior reforço das zonas críticas, criando-se assim um planeamento ao nível da capacidade implementado a ideia que para além de garantir cobertura de sinal é necessário considerar o número de dispositivos por área. A utilização dos 5GHz como banda de preferência é uma das principais novidades destas propostas, através da utilização de APs *dual band*. Esta alteração da banda de frequências permite minimizar a sobreposição de canal, pelo facto de disponibilizar um maior número de canais, isto para além de possibilitar maior taxas de transmissão, contudo a utilização das duas bandas simultaneamente num AP é com o propósito de disponibilizar maior largura de banda e pelo facto de, hoje em dia, muito dos dispositivos não apresentarem uma conexão otimizada à rede 5GHz. Foi com base nos pontos abordados anteriormente que teve-se o cuidado de analisar os resultados, não só ao nível da cobertura, mas também ao estado de utilização dos APs, de forma a evitar a saturação dos mesmos. De um modo geral foi possível apresentar propostas equilibradas, para ambos os edifícios, que cumprem os diferentes requisitos.

Devido ao facto da UMA não ter disponibilidade financeira para implementar uma nova rede com equipamentos de última geração, estudou-se algumas soluções, especialmente para o edifício da Penteadada, que podem ser implementadas de imediato, nomeadamente a criação de uma rede híbrida através da aquisição de APs de norma 802.11n, ainda que em número limitado. Este estudo em concreto, passa por utilizar os APs 802.11n nas zonas com maior necessidade de débito, tais como as salas de aula e a biblioteca. Desta forma a proposta vai de encontro em separar a região de cobertura, segundo a norma 802.11n, da região coberta pela norma 802.11g. Ao longo do estudo da rede verificou-se a inexistência de um plano para a definição dos canais, algo manifestado na ocorrência da sobreposição de canais, desta forma e mesmo sabendo que a rede opera nos 2.4GHz foi desenvolvido uma proposta para a configuração dos canais (ver Anexo E).

Por fim foi realizado um estudo relativo à rede da Residência Universitária, uma vez que estava em agenda a reestruturação da própria rede. Esse mesmo estudo consistiu na realização de dois *surveys* do tipo passivo e ativo, um primeiro à rede antiga e um outro após a instalação da nova rede. No primeiro caso os APs encontravam-se instalados apenas no corredor principal, de tal maneira que o sinal no interior dos quartos era praticamente inexistente. Posteriormente foi instalada uma nova rede, com base nas recomendações do *survey* realizado, assim sendo a prioridade de cobertura desta rede, consistiu na colocação dos

APs, no interior dos quartos. Realizando o *survey* pós-instalação verificou-se que o nível de cobertura melhorou, assim como o *feedback* dos próprios clientes, contudo verificaram-se alguns problemas relativo à configuração dos APs, mas que pode ser facilmente ultrapassado.

A título de complemento do trabalho e de curiosidade elaborou-se uma pequena estimativa em relação ao orçamento necessário para a criação de uma nova rede para o edifício da Penteada (ver Anexo J). Esse orçamento foi baseado no estudo de alguns equipamentos existentes no mercado.

Em suma é possível afirmar que foram desenvolvidas propostas credíveis e que podem ser implementadas, algo que vai de encontro a uma das imposições pessoais mantidas ao longo deste trabalho, que seria o desenvolvimento a pautar pelo equilíbrio e pela visão futura.

## 7.2 Trabalhos Futuros

O avanço tecnológico faz com que novas medidas possam ser implementadas, no sentido de melhorar a rede.

É digno de realce que ao longo do trabalho surgiram novas ideias que poderiam ser uma mais valia para o trabalho, no entanto preferiu-se abordar essas ideias neste subcapítulo. Desta forma seria interessante estudar de que forma é possível implementar tecnologias designadas como WiGig (802.11ad) e HaLow (802.11ah) nas propostas de rede apresentadas. E seguindo essa mesma linha, um trabalho futuro passaria por pensar a rede Wi-Fi no conceito das *smart buildings* em que é permitido aceder a informações *online* acerca da rede de sensores existente, do estado da fila de espera na cantina, informação acerca dos lugares disponíveis no parque de estacionamento, estas e outras vantagens que as *smart buildings* podem garantir.

Estudar a possibilitar de introduzir nas propostas apresentadas APs com dois rádios em que ambos operam nos 5GHz (*dual 5 GHz radio*), técnica que tem ganho cada vez mais notoriedade.

Outro dos trabalhos futuros é a utilização das *Wireless Lan Controller (WLC)* que são dispositivos de controlo das redes Wi-Fi, que permitem obter uma maior informação em relação ao estado dos APs possibilitando a monitorização da rede de forma automática.

## 7.3 Considerações Finais

Do ponto de vista pessoal este trabalho consistiu num grande desafio, primeiramente pelo facto de realizar um trabalho no âmbito das IT (*Information Technology*), uma das principais motivações que me fez estudar engenharia. De seguida a necessidade de rentabilizar o dinheiro investido na compra da ferramenta *EKahau* fez com que explorasse ao máximo a ferramenta. Embora o trabalho tenha incidido sobre a fase de planeamento e simulação da rede, teve-se a preocupação de apresentar resultados com o objetivo de credibilizar o cenário de estudo. Resultados esses obtidos em situações muito particulares, tais como pedir autorização a todos os moradores da Residência Universitária,

a entrada nos seus quartos de forma a recolher dados da rede Wi-Fi, experiência essa que permitiu valorizar ainda mais o trabalho realizado.

É importante realçar o interesse demonstrado pelos técnicos nas propostas apresentadas, na medida em que muitas das sugestões serão utilizadas como base de estudo numa reestruturação a ocorrer em breve. Essa reestruturação visa reforçar essencialmente as salas de aula da Penteada, através da implementação de novos APs e ao que tudo indica substituição da cablagem existente, na medida em que se prevê que essa parte da rede esteja operacional no arranque do ano letivo 2018/2019.

Gostaria por fim de salientar que com este trabalho aumentei consideravelmente o meu conhecimento relativo à tecnologia Wi-Fi e também ao tema das redes de comunicação de dados, para além de ter permitido consolidar diversos conceitos abordados em diversas unidades curriculares da licenciatura e mestrado.

## 8. Referências

- [1] “How Wi-Fi change the world,” [Online]. Disponível: <https://purple.ai/wifi-changed-world/>. [Acesso em 1 Fevereiro 2018].
- [2] D. Hucaby, *CCNA Wireless 200-355 Official Cert Guide*, Cisco Press, 2015.
- [3] S. Abrantes, “Como evoluíram as Normas Wi-Fi IEEE 802.11,” FEUP, Porto, 2013.
- [4] Cisco, “802.11ac wave 2 FAQ,” Janeiro 2015. [Online]. Disponível: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/enterprise-networks/802-11ac-solution/q-and-a-c67-734152.html>. [Acesso em 10 Março 2017].
- [5] R. B. Mohammed, “Comparison between IEEE 802.11 a, b, g n and ac standards,” *IOSR Jornal of Computer Engineering*.
- [6] J. F. Kurose, *Computer Networking*, Pearson, 2013.
- [7] ESS. [Online]. Disponível: <http://paginas.fe.up.pt/~ee99207/Tecnologias/WLAN/wi-fib.html>. [Acesso em 20 Março 2017].
- [8] J. Schiller, *Mobile Communications*, Addison-Wesley.
- [9] N. Moore, “What’s The Difference Between Single- vs. Multi-Channel Wi-Fi?,” [Online]. Disponível: <https://boundless.aerohive.com/experts/Whats-The-Difference-Between-Single-vs-Multi-Channel-WiFi-Architecture.html>. [Acesso em 4 Dezembro 2017].
- [10] “Basic facts about WLAN standards in North America and Europe,” [Online]. Disponível: <https://crnetpackets.com/2015/06/23/basics-facts-about-wlan-standards-in-north-america-and-europe/>. [Acesso em 27 Setembro 2017].
- [11] W. Stallings, *Data and Computer Communication*, Pearson, 2007.
- [12] O. Harms, “Gigabit Wi-Fi, 802.11ac in depth,” *Airheads Alicante 2013*, junho 2013.
- [13] “MU-MIMO,” [Online]. Available: <http://ontheflywifi.net/wi-fis-enigma-mu-mimo/>. [Acesso em 15 Janeiro 2018].
- [14] “OFDM vs OFDMA,” [Online]. Disponível: <http://365webicon.com/en/readArchives.asp?catID=10&subCatID=0&page=1&textID=50>. [Acesso em 20 Abril 2018].

- [15] E. Perahia, *High Efficiency Wi-Fi: 802.11ax*, 2017.
- [16] Qualcomm, “802.11ax: Transforming Wi-Fi to bring unprecedented capacity & efficiency,” 2016. [Online]. Disponível <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/802-11ax-transforming-wi-fi-to-bring-unprecedented-capacity-efficiency.pdf>. [Acesso em 30 Março 2018].
- [17] U. d. Madeira, “Edifícios e Infra-Estruturas,” [Online]. Disponível: [http://guiadoaluno.uma.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=77&Itemid=471&lang=pt](http://guiadoaluno.uma.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=77&Itemid=471&lang=pt). [Acesso em 16 Outubro 2017].
- [18] Aerohive, “Aerohive K-12 Education Deployment Guide,” *Aerohive Networks*.
- [19] “Site Survey Tool - TamoGraph,” [Online]. Disponível: [https://www.tamos.com/htmlhelp/tg/understanding\\_survey\\_types\\_pas.htm](https://www.tamos.com/htmlhelp/tg/understanding_survey_types_pas.htm). [Acesso em 14 Setembro 2017].
- [20] “NetSpot,” [Online]. Disponível: <https://www.netspotapp.com/pt/netspotpro.html>. [Acesso em 14 Setembro 2017].
- [21] J. Florwick, J. Whiteaker, A. Amrod e J. Woodhams, “Wireless LAN Design Guide for High Density Client Environments in Higher Education,” Cisco, 2017.
- [22] M. Gast, *802.11ac A Survival Guide*, O'Reilly Media, 2013.
- [23] “Ekahau blog,” [Online]. Disponível: <https://www.ekahau.com/blog/2017/05/30/wi-fi-capacity-planning-importance-balancing-2-4ghz-5ghz/>. [Acesso em 25 Novembro 2017].
- [24] J. D. Hintersteiner, “Your Go-To-Guide for Channel & Transmit Power on Wi-Fi Networks (Part 1),” [Online]. Disponível: <https://www.engeniustech.com/go-guide-channel-transmit-power-wi-fi-networks/>. [Acesso em 30 Março 2018].
- [25] N. Bowden, “Wi-Fi Planning, Walls and dB's- Measuring Obstruction Losses fo WLAN Predictive Modelling,” [Online]. Disponível: <https://www.ekahau.com/blog/2015/09/07/wi-fi-planning-walls-and-dbs-measuring-obstruction-losses-for-wlan-predictive-modelling/>. [Acesso em 20 Agosto 2017].
- [26] Ekahau, “Ekahau Site Survey & Heatmap Visualizations,” [Online]. Disponível: <https://www.ekahau.com/wp-content/uploads/2017/01/Ekahau-Site-Survey-Heatmap-Visualizations.pdf>. [Acesso em 17 Janeiro 2018].

- [27] “AP3802i,” [Online]. Disponível: <https://www.senetic.pt/product/AIR-AP3802I-E-K9>. [Acesso em 15 Abril 2018].
- [28] “AP2802i,” [Online]. Disponível: <https://www.senetic.pt/product/AIR-AP2802I-E-K9>. [Acesso em 15 Abril 2018].
- [29] “AP1852i,” [Online]. Disponível: <https://www.senetic.pt/product/AIR-AP1852I-E-K9>. [Acesso em 15 Abril 2018].
- [30] “AP1832i,” [Online]. Disponível: <https://www.senetic.pt/product/AIR-AP1832I-E-K9>. [Acesso em 15 Abril 2018].
- [31] “AP-345,” [Online]. Disponível: <http://www.securewirelessworks.com/Aruba-AP-345.asp>. [Acesso em 15 Abril 2018].
- [32] “AP-325,” [Online]. Disponível: <http://www.securewirelessworks.com/Aruba-AP-325.asp>. [Acesso em 15 Abril 2018].
- [33] “UAP-HD,” [Online]. Disponível: <https://unifi-hd.ubnt.com/>.
- [34] “421E,” [Online]. Disponível: <http://www.avfirewalls.com/FortiAP-421E.asp>. [Acesso em 15 Abril 2018].
- [35] “421EV,” [Online]. Disponível: <http://www.avfirewalls.com/FortiAP-U421EV.asp>. [Acesso em 15 Abril 2018].
- [36] “Suporte Metálico,” [Online]. Disponível: <http://www.eaccu-tech.com/in-building-wireless/wireless-access-point-enclosures/1006-ccoap3800-oberon/>. [Acesso em 15 Abril 2018].



## Anexo A- Áreas de Utilização

Neste anexo encontram-se as tabelas com os dados das respetivas áreas de utilização, consideradas no planeamento da capacidade.

### Edifício da Penteada

- **Piso -2**

Tabela A.1- Áreas do piso -2

<b>Nome da área</b>	<b>Dispositivos</b>	<b>Atividade</b>
Piso -2	50 Portáteis 50 Smartphones	<i>Background Synchronization</i>
Anfiteatro 1	100 Portáteis 100 Smartphones	<i>Background Synchronization</i>
Anfiteatro 2	100 Portáteis 100 Smartphones	<i>Background Synchronization</i>
Anfiteatro 3	100 Portáteis 100 Smartphones	<i>Background Synchronization</i>
Anfiteatro 4	100 Portáteis 100 Smartphones	<i>Background Synchronization</i>
Laboratórios Piso -2	80 Portáteis 80 Smartphones	<i>Low SLA (1Mbps)</i>
Salas do Piso -2	150 Portáteis 150 Smartphones	<i>Background Synchronization</i>

- **Piso -1**

Tabela A.2- Áreas do piso -1

<b>Nome da área</b>	<b>Dispositivos</b>	<b>Atividade</b>
Piso -1	50 Portáteis 50 Smartphones	<i>Background Synchronization</i>
Salas do Piso -1	150 Portáteis 150 Smartphones	<i>Background Synchronization</i>

- **Piso 0**

Tabela A.3- Áreas do piso 0

<b>Nome da área</b>	<b>Dispositivos</b>	<b>Atividade</b>
Piso 0	50 Portáteis 100 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>
Salas do Piso 0	100 Portáteis 200 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>
Bar dos Alunos	150 <i>Smartphones</i>	<i>Low SLA (1Mbps)</i>
Laboratórios de Estudo	100 Portáteis 100 <i>Smartphones</i>	<i>Low SLA (1Mbps)</i> <i>Background Synchronization</i>
Sala de Estudo	50 Portáteis 50 <i>Smartphones</i>	<i>Low SLA (1Mbps)</i> <i>Background Synchronization</i>

- **Piso 1**

Tabela A.4- Áreas do piso 1

<b>Nome da área</b>	<b>Dispositivos</b>	<b>Atividade</b>
Piso 1	50 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>
Salas do Piso 1	100 Portáteis 100 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>
Sala de Estudo	50 Portáteis 50 <i>Smartphones</i>	<i>Low SLA (1Mbps)</i> <i>Background Synchronization</i>

- **Piso 2**

Tabela A.5- Áreas do piso 2

<b>Nome da área</b>	<b>Dispositivos</b>	<b>Atividade</b>
Piso 2	50 Portáteis 50 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>
Salas de Informática 1 e 2	80 Portáteis 80 <i>Smartphones</i>	Low SLA (1Mbps) <i>Background Synchronization</i>
Sala de Informática 3	30 Portáteis 30 <i>Smartphones</i>	Low SLA (1Mbps) <i>Background Synchronization</i>
Núcleo de Informática	100 Portáteis 100 <i>Smartphones</i>	Low SLA (1Mbps) Low SLA (1Mbps)

Tabela A.6- Áreas do piso 3

<b>Nome da área</b>	<b>Dispositivos</b>	<b>Atividade</b>
Piso 3	50 Portáteis 50 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>
Sala de Estudo	50 Portáteis 50 <i>Smartphones</i>	Low SLA (1Mbps) <i>Background Synchronization</i>
Biblioteca	300 Portáteis 300 <i>Smartphones</i>	Low SLA (1Mbps) <i>Background Synchronization</i>
Anfiteatros 5 e 6	50 Portáteis 100 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>
Anfiteatros 7 e 8	50 Portáteis 100 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>
Anfiteatros 9 e 10	50 Portáteis 100 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>

## Edifício da Reitoria

De seguida serão apresentadas a caracterização dos espaços nos pisos do edifício da Reitoria.

- **Piso 0**

Tabela A.7- Áreas do Piso 0 do edifício da Reitoria

Nome da área	Dispositivos	Atividade
Piso 0 (Pátio)	50 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>
Auditório	180 Portáteis 180 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>
Esplanada	50 <i>Smartphones</i>	Low SLA (1Mbps)
Gabinete	2 Portáteis 5 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>
Loja	5 Portáteis 20 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>
Salas de Formação	50 Portáteis	<i>Background Synchronization</i>
Sala dos Arcos	50 <i>Smartphones</i>	Low SLA (1Mbps)

- **Piso 1**

Tabela A.8- Áreas do Piso 1 do edifício da Reitoria

Nome da área	Dispositivos	Atividade
Piso 1	50 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>
Sala de Reuniões	20 Portáteis 20 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>
Gabinetes de área de turismo	15 <i>Smartphones</i>	<i>Background Synchronization</i>

## Anexo B- Survey do Edifício da Penteada

Neste anexo encontram-se os resultados obtidos relativos ao *survey* passivo e ativo realizado no edifício da Penteada.

- **Piso -2**



Figura B.1- Survey do piso -2, da Penteada



Figura B.2- Potência de sinal do piso -2, da Penteada

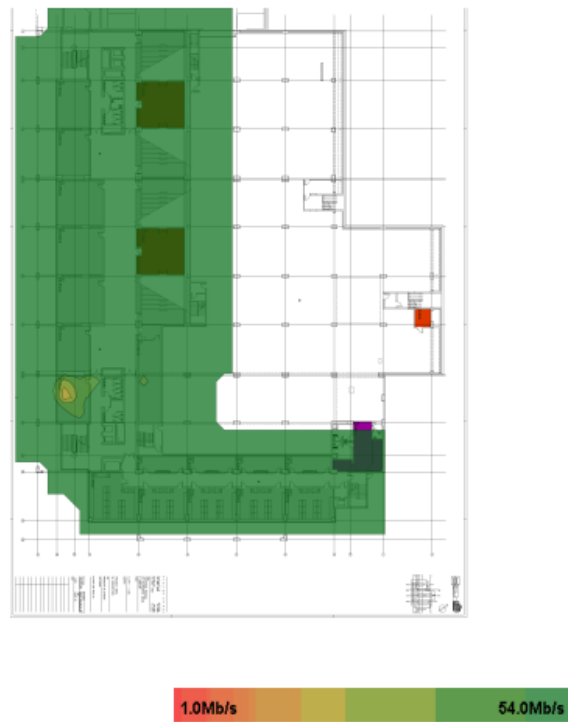


Figura B.3- *Data Rate* do piso -2, da Penteadá

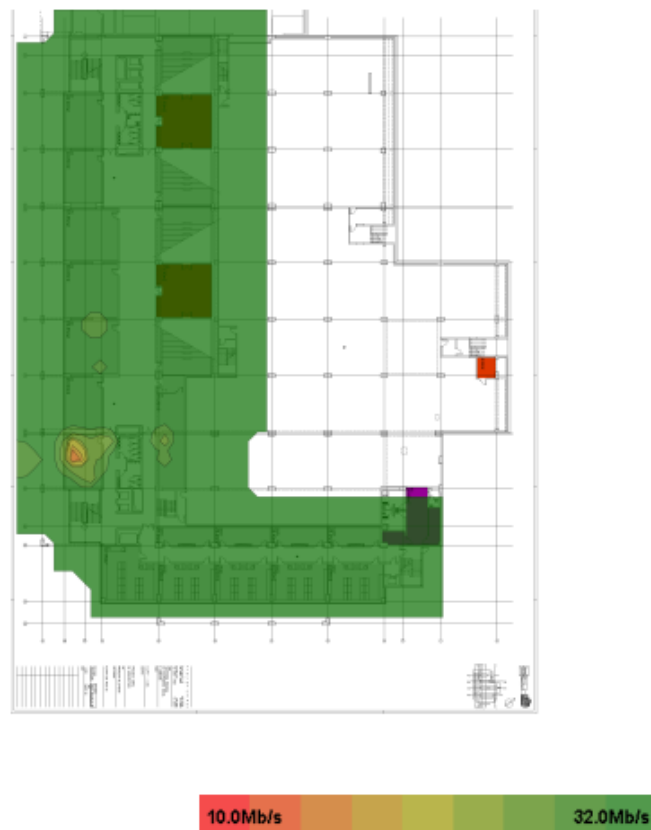


Figura B.4- *Throughput* do piso -2, da Penteadá



Fail Pass

Figura B.5- Estado da rede do piso -2, da Penteada



S.Str #APs Data SNR RTT Loss Ch.O

Figura B.6- Problemas da rede do piso -2, da Penteada

- Piso -1



Figura B.7- Survey do piso -1, da Penteada

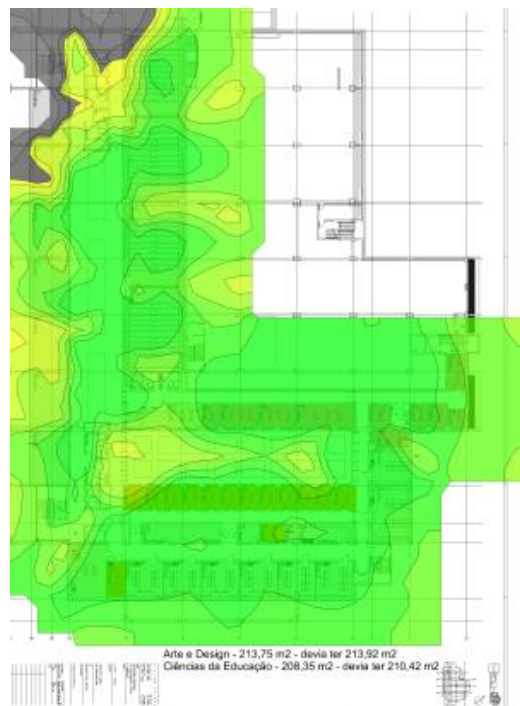


Figura B.8- Potência de sinal do piso -1, da Penteada



Figura B.9- Sobreposição de canais do piso -1, da Penteadá

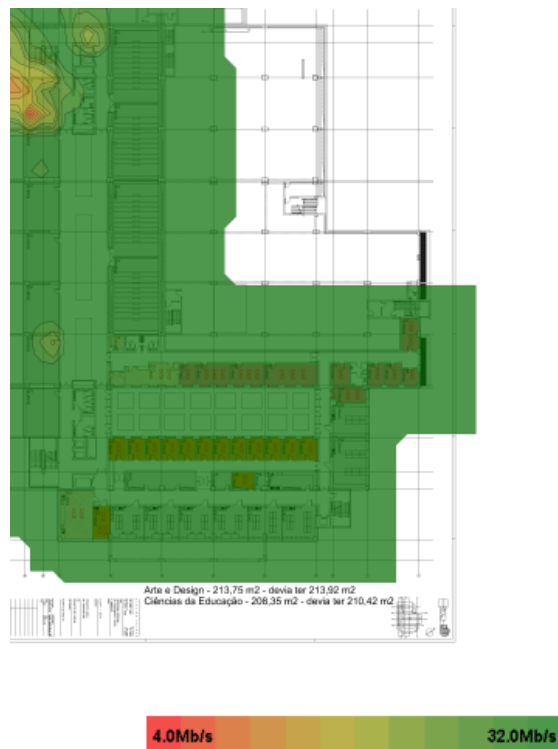


Figura B.10- Throughput do piso -1, da Penteadá



Figura B.11- Estado da rede do piso -1, da Penteada

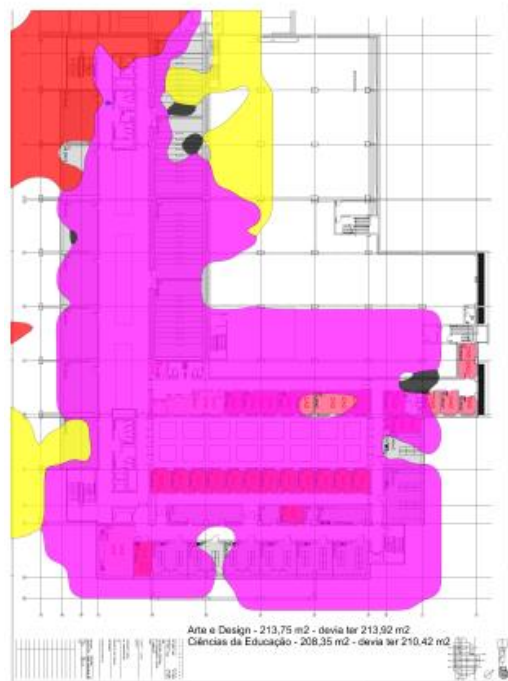


Figura B.12- Problemas da rede do piso -1, da Penteada

- Piso 0



Figura B.13- Survey do piso 0, da Penteada

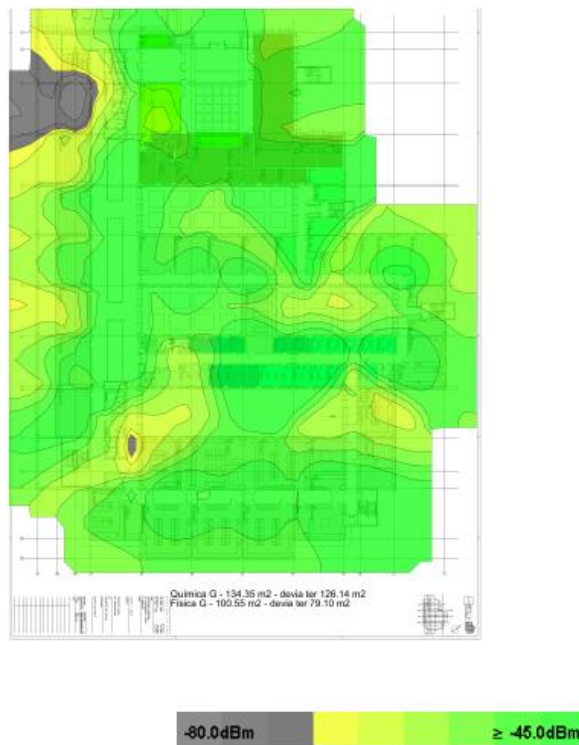


Figura B.14- Potência de sinal do piso 0, da Penteada

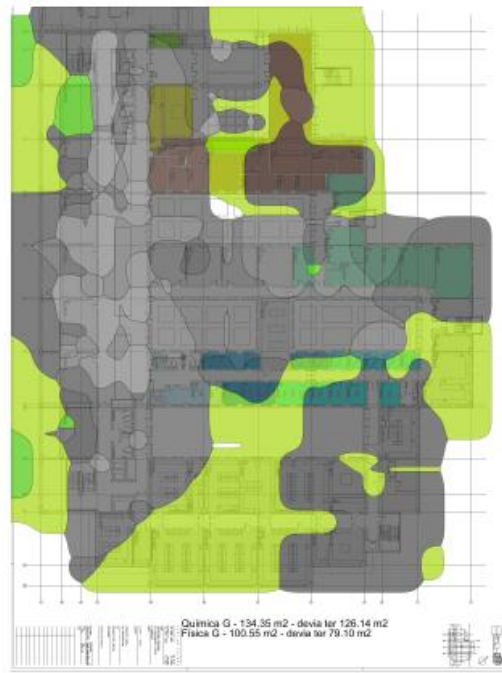


Figura B.15- Sobreposição de canais do piso 0, da Penteada

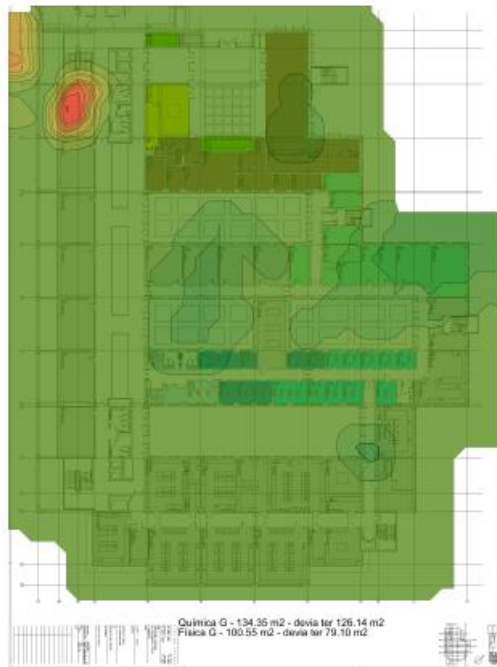


Figura B.16- Throughput do piso 0, da Penteada



Figura B.17- Estado da rede do piso 0, da Penteadá



Figura B.18- Problemas da rede do piso 0, da Penteadá

- Piso 1



Figura B.19- Survey do piso 1, da Penteada

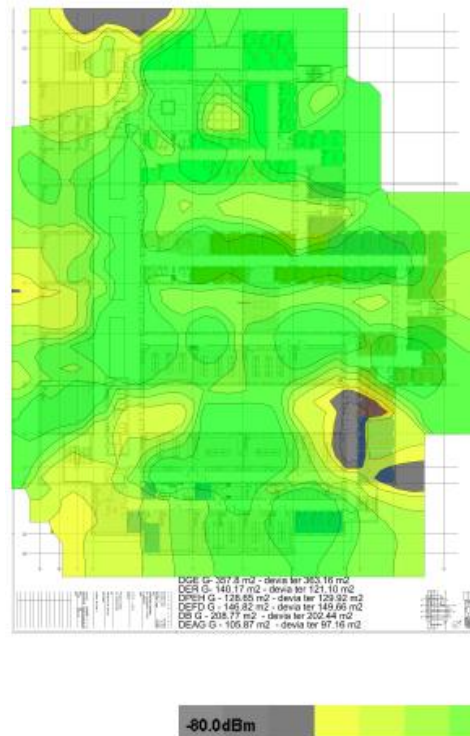


Figura B.20- Potência de sinal do piso 1, da Penteada

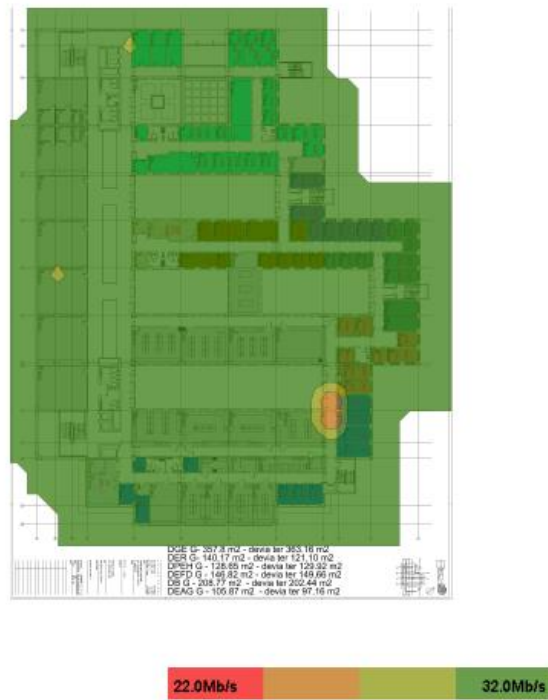


Figura B.21- Throughput do piso 1, da Penteada



Figura B.22- Estado da rede do piso 1, da Penteada

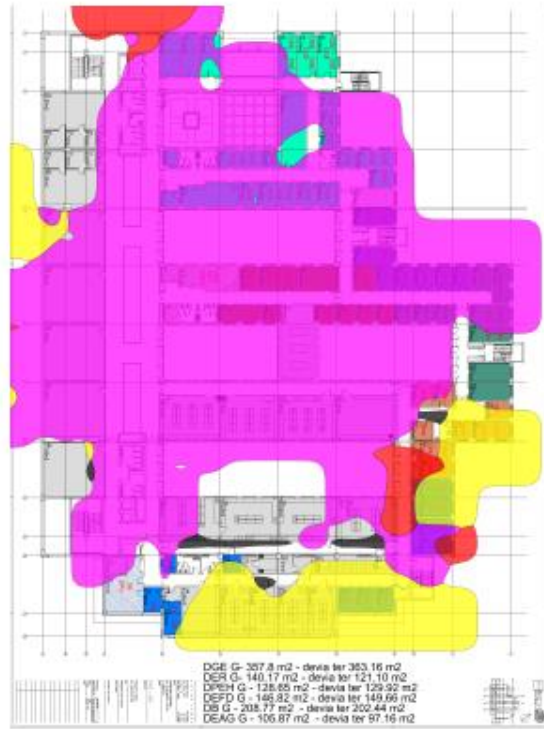


Figura B.23- Problemas da rede do piso 1, da Penteada

- **Piso 2**

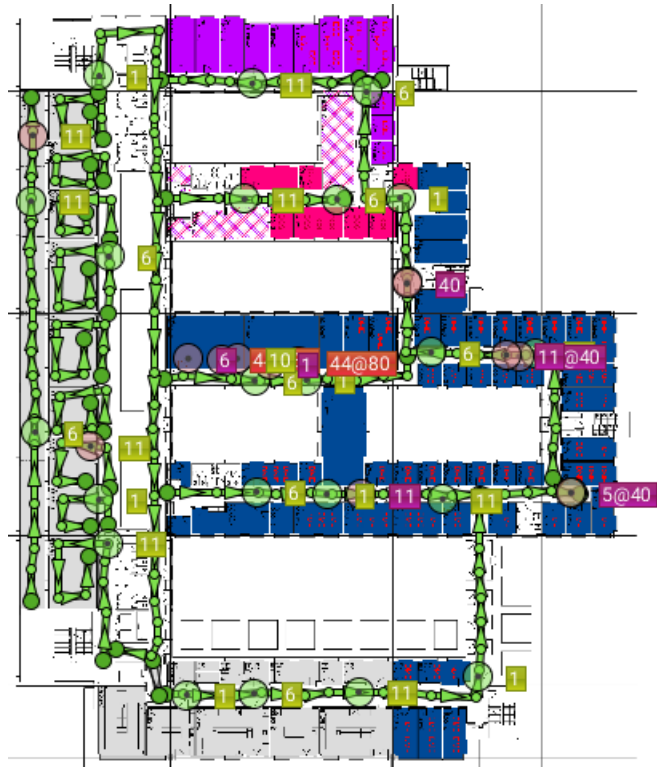


Figura B.24- Survey do piso 2, da Penteadá

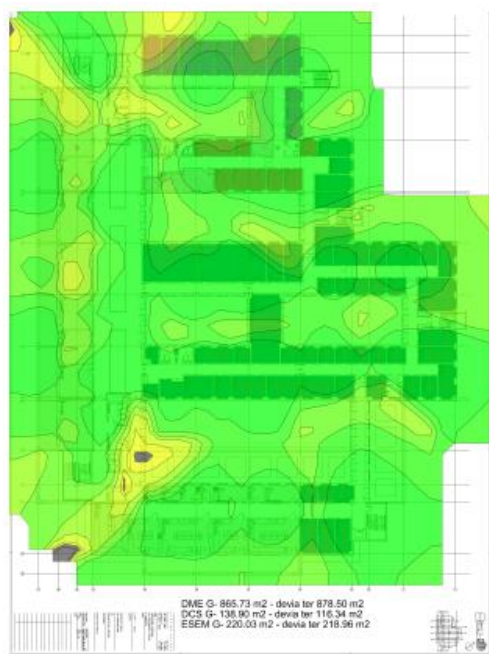


Figura B.25- Potência de sinal do piso 2, da Penteadá

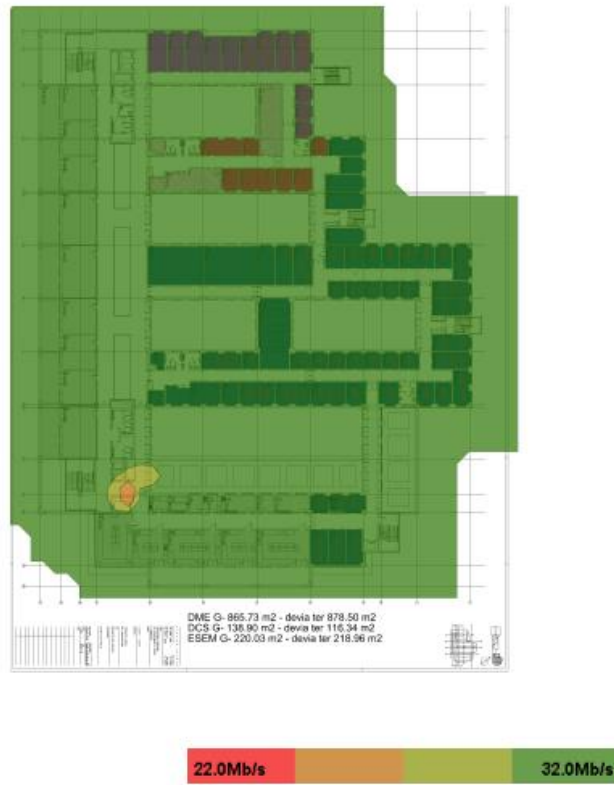


Figura B.26- Throughput do piso 2, da Penteada



Figura B.27- Estado da rede do piso 2, da Penteada



Figura B.28- Problemas da rede do piso 2, da Penteadá

- Piso 3



Figura B.29- Survey do piso 3, da Penteadá

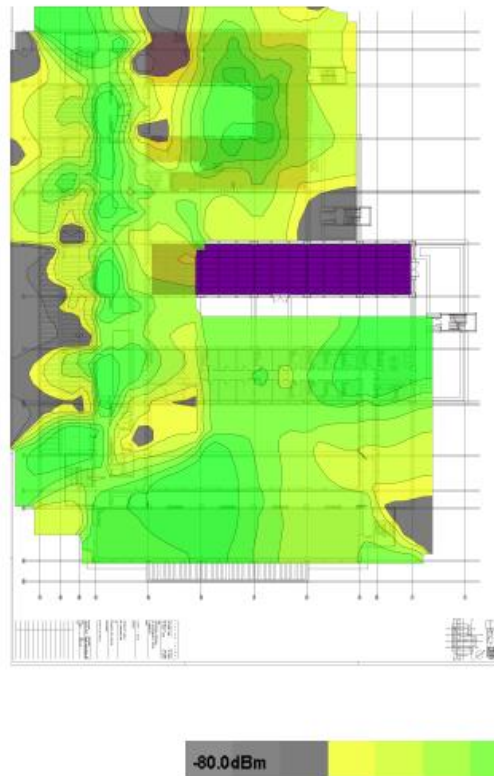


Figura B.30- Potência de sinal do piso 3, da Penteadá

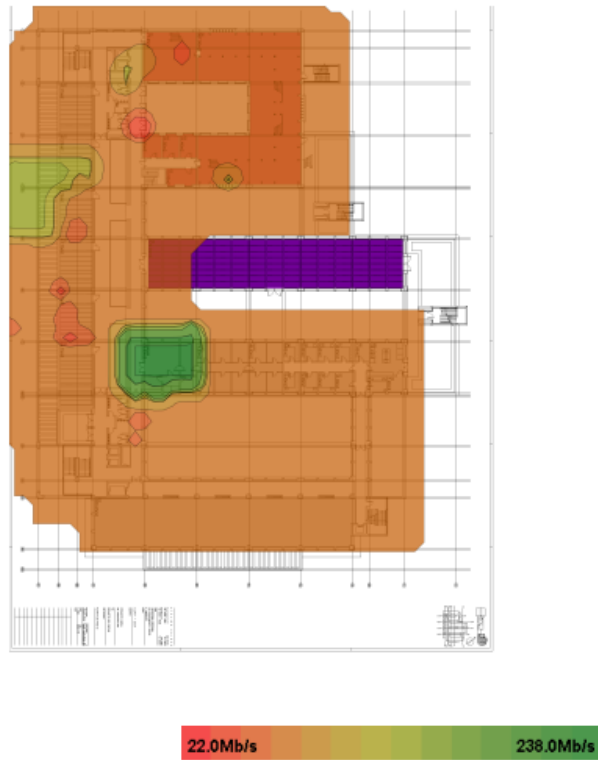


Figura B.31- *Throughput* do piso 3, da Penteadá

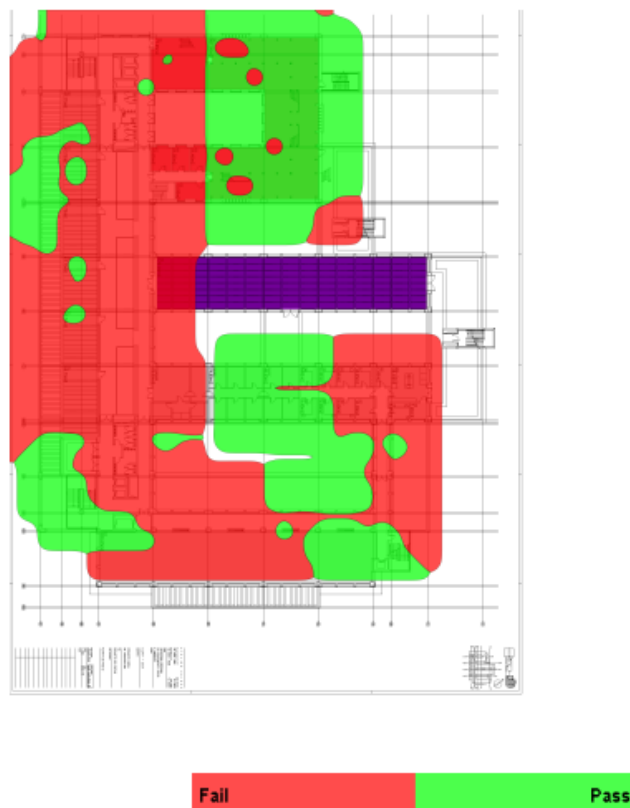


Figura B.32- Estado da rede do piso 3, da Penteadá

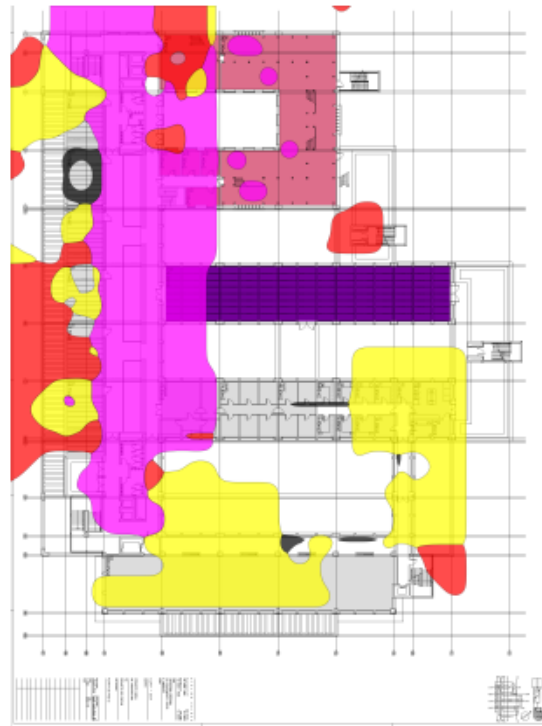


Figura B.33- Estado da rede do piso 3, da Penteadá

## Anexo C- Resultados da Proposta do Edifício da Penteada

Neste anexo encontram-se os resultados obtidos relativos à proposta para o modelo preditivo do edifício da Penteada.

- **Piso -2**



Figura C.1- Localização dos APs do piso -2, da Penteada

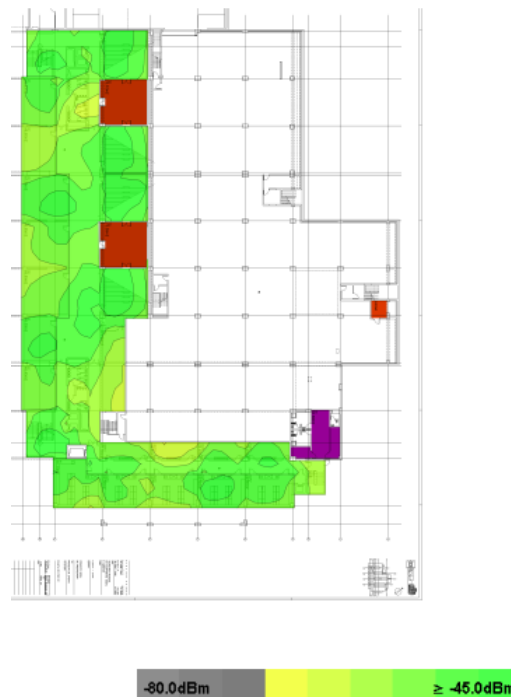


Figura C.2- Potência de sinal do piso -2, da Penteada

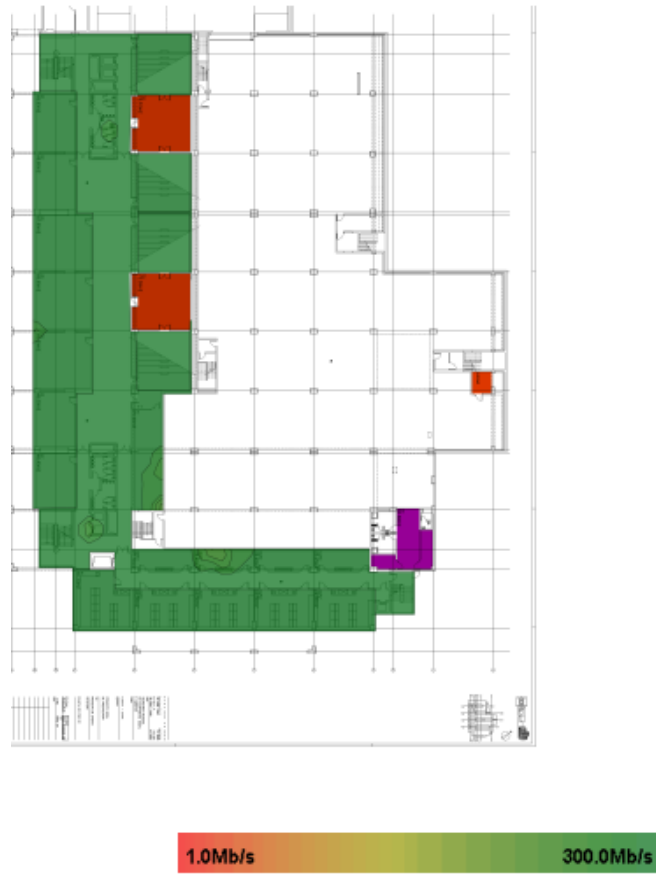


Figura C.3- *Data rate* do piso -2, da Penteada

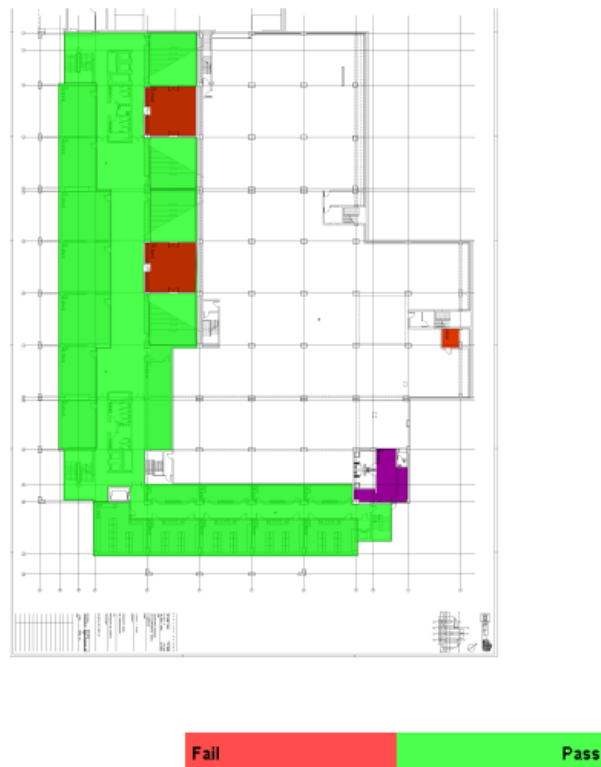


Figura C.4- Estado da rede do piso -2, da Penteada

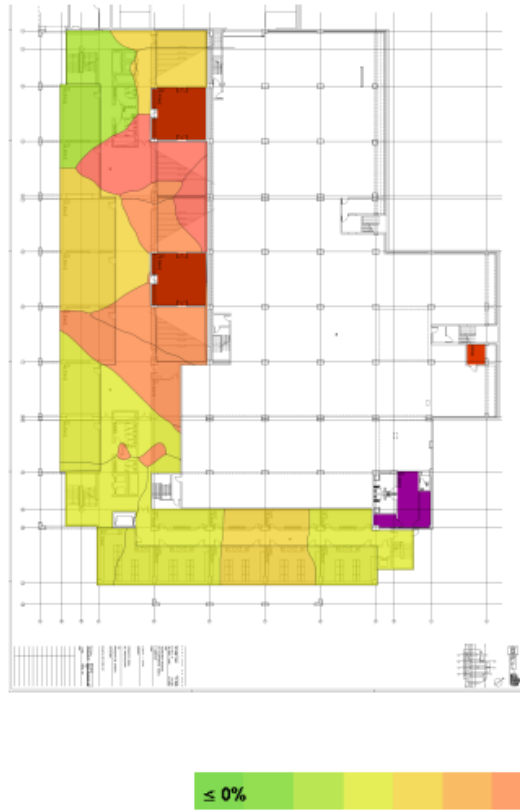


Figura C.5- Percentagem de utilização dos APs do piso -2, da Penteadá

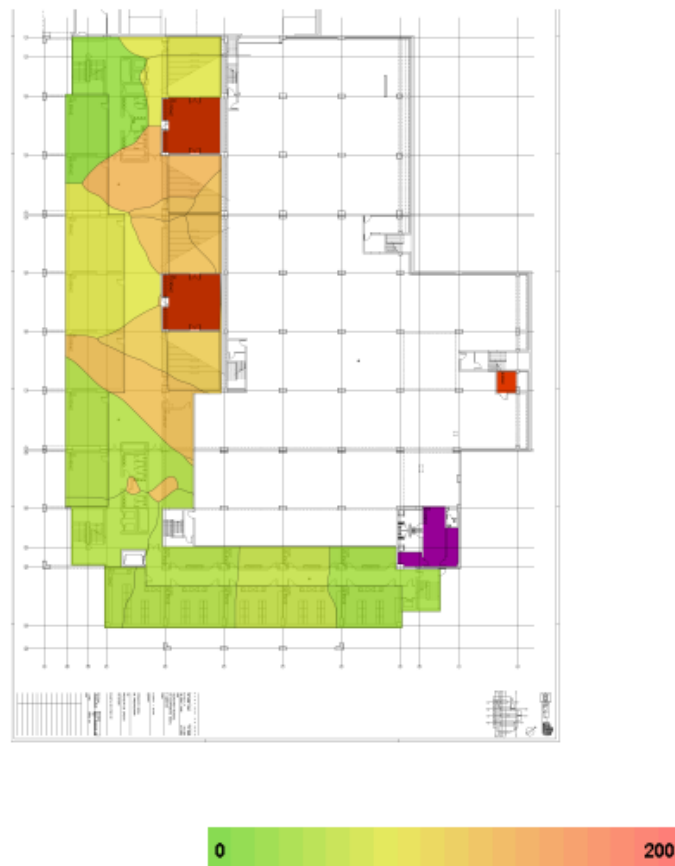


Figura C.6- Distribuição do nº de clientes por AP no piso -2, da Penteadá



Figura C.7- Estado da capacidade da rede do piso -2, da Penteadá

- **Piso -1**

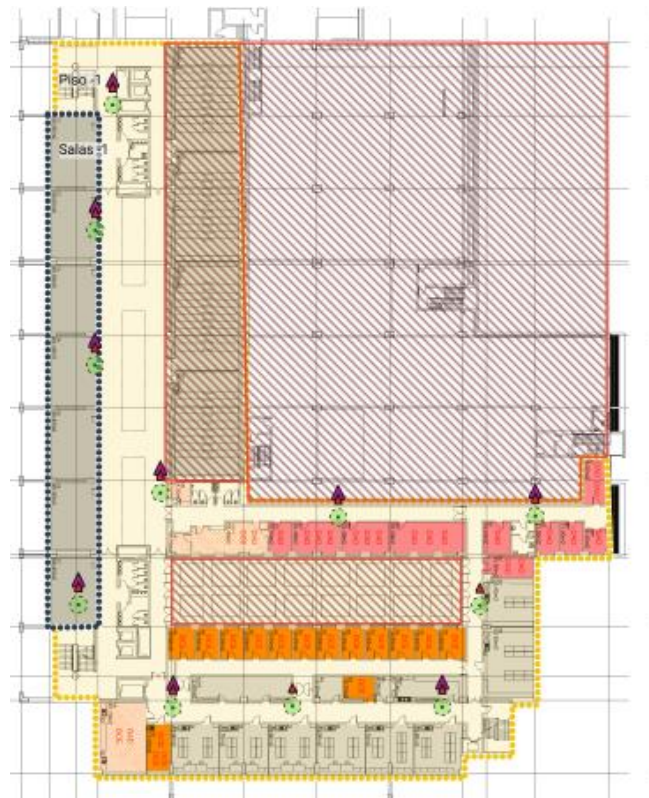


Figura C.8- Localização dos APs do piso -1, da Penteada

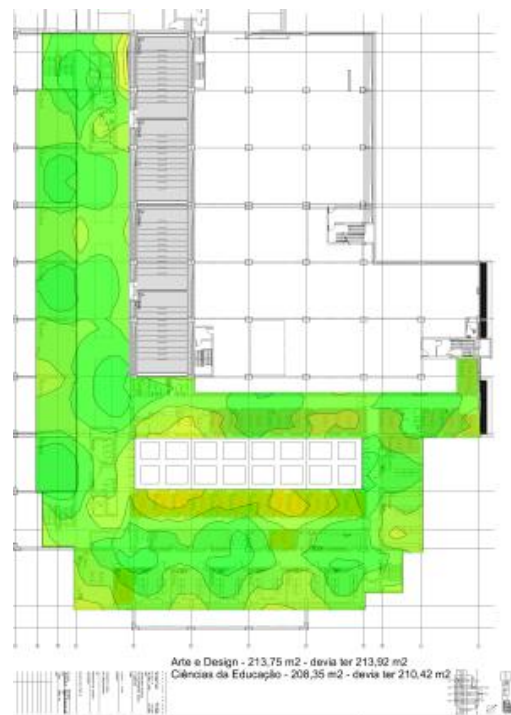


Figura C.9- Potência de sinal do piso -1, da Penteada

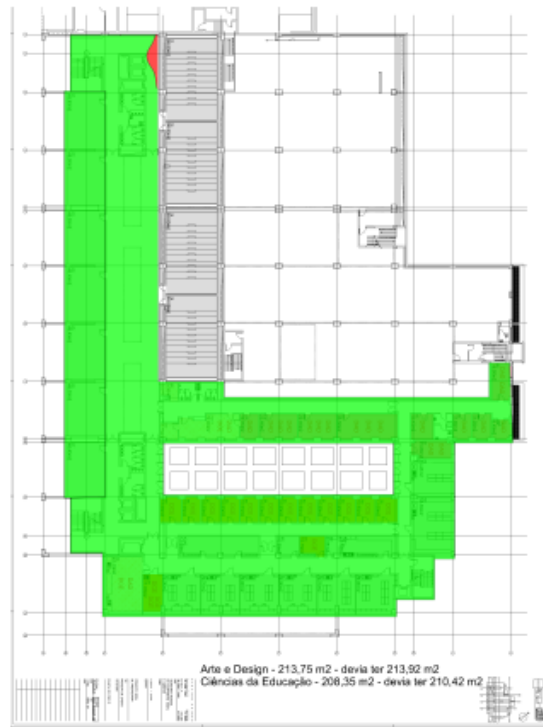


Figura C.10- Estado da rede do piso -1, da Penteada



Figura C.11- Percentagem de utilização dos APs do piso -1, da Penteada

Anexo C: Resultados da Proposta do Edifício da Penteada



Figura C.12- Distribuição do nº de clientes por AP no piso -1, da Penteada

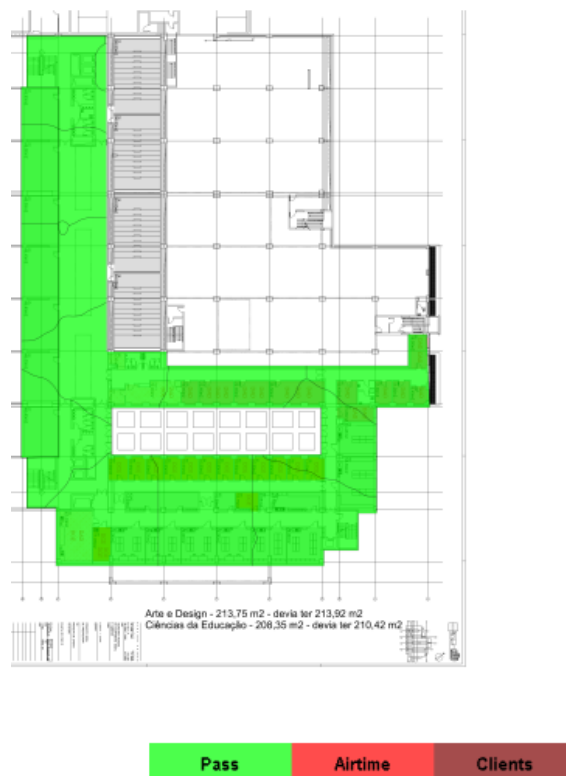


Figura C.13- Estado da capacidade da rede do piso -1, da Penteada

- **Piso 0**

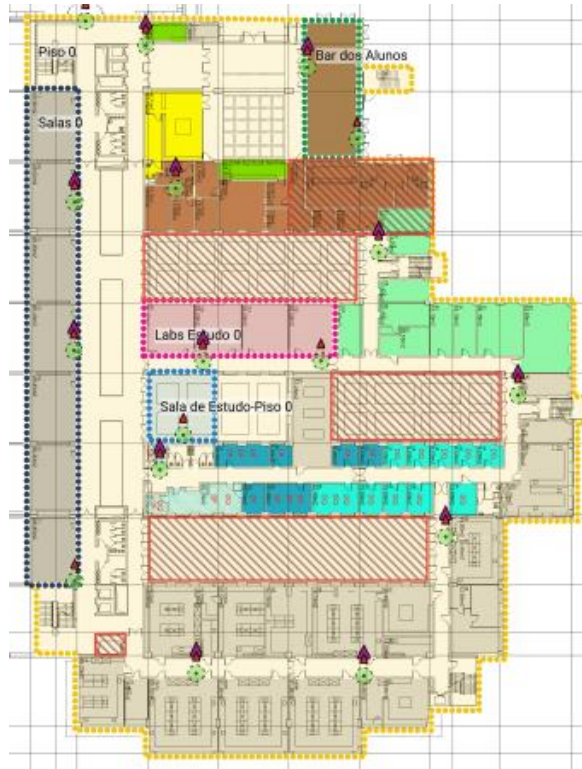


Figura C.14- Localização dos APs no piso 0, da Penteada



Figura C.15- Potência de sinal no piso 0, da Penteada

Anexo C: Resultados da Proposta do Edifício da Penteada

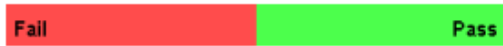
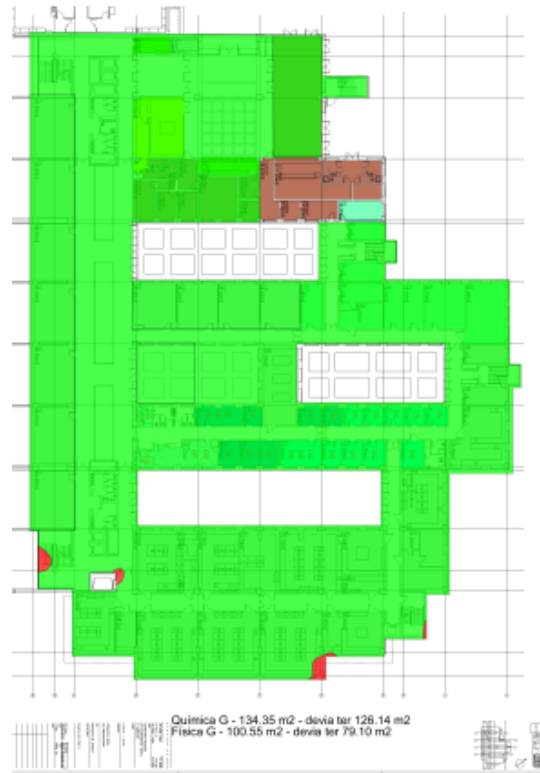


Figura C.16- Estado da rede do piso 0, da Penteada

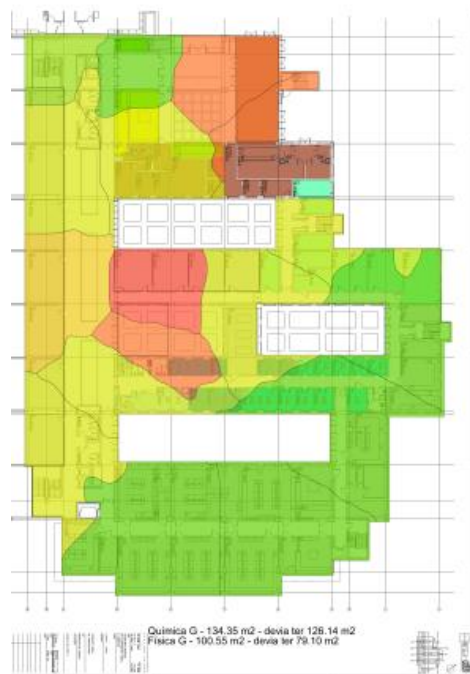


Figura C.17- Percentagem de utilização dos APs no piso 0, da Penteada

Anexo C: Resultados da Proposta do Edifício da Penteada



Figura C.18- Distribuição do nº de clientes por AP no piso 0, da Penteada



Figura C.19- Estado da capacidade da rede no piso 0, da Penteada

- Piso 1



Figura C.20- Localização dos APs no piso 1, da Penteada

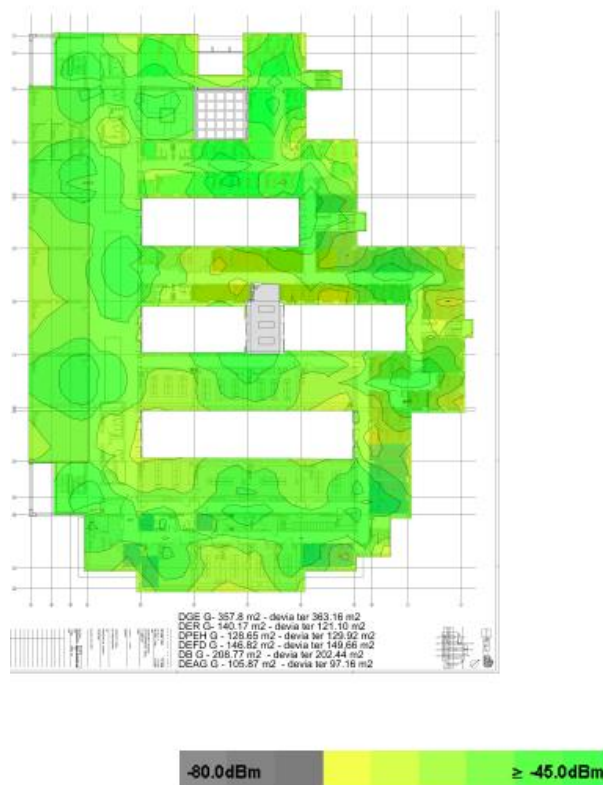


Figura C.21- Potência de sinal no piso 1, da Penteada

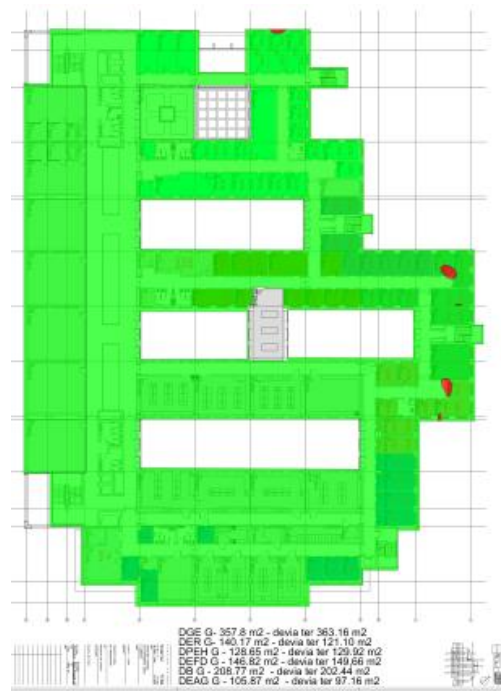


Figura C.22- Estado da rede no piso 1, da Penteada

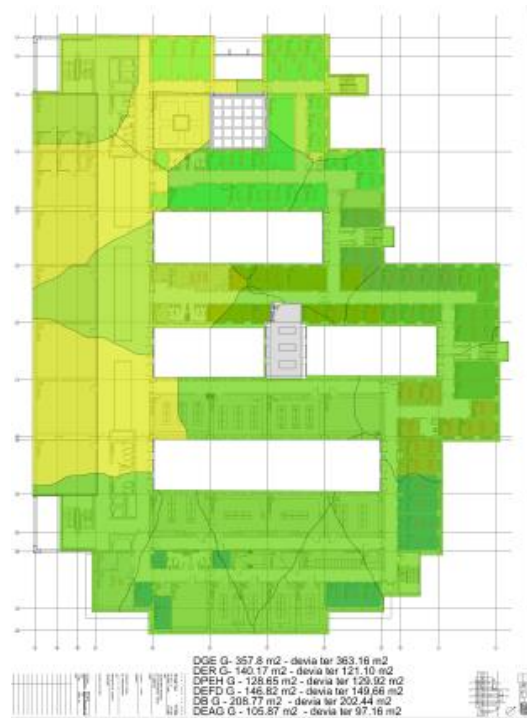


Figura C.23- Percentagem de utilização dos APs, no piso 1 da Penteada

Anexo C: Resultados da Proposta do Edifício da Penteada

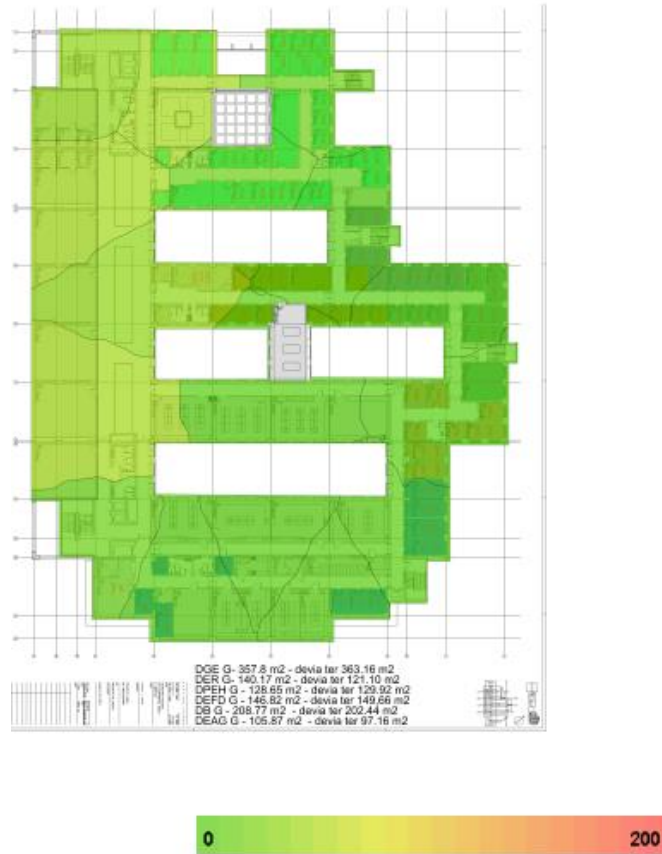


Figura C.24- Localização dos APs no piso 1, da Penteada

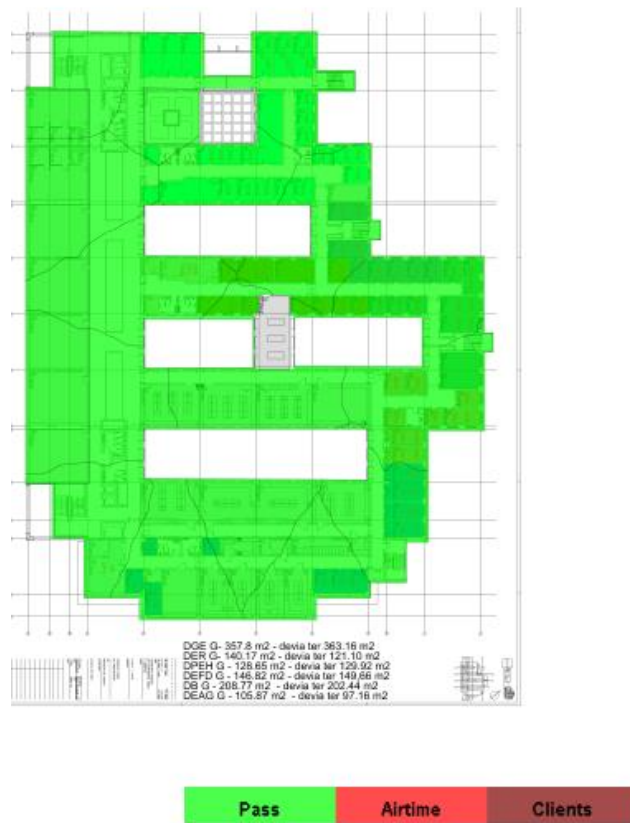


Figura C.25- Estado da capacidade da rede no piso 1 da Penteada

- **Piso 2**



Figura C.26- Localização dos APs no piso 2, da Penteada

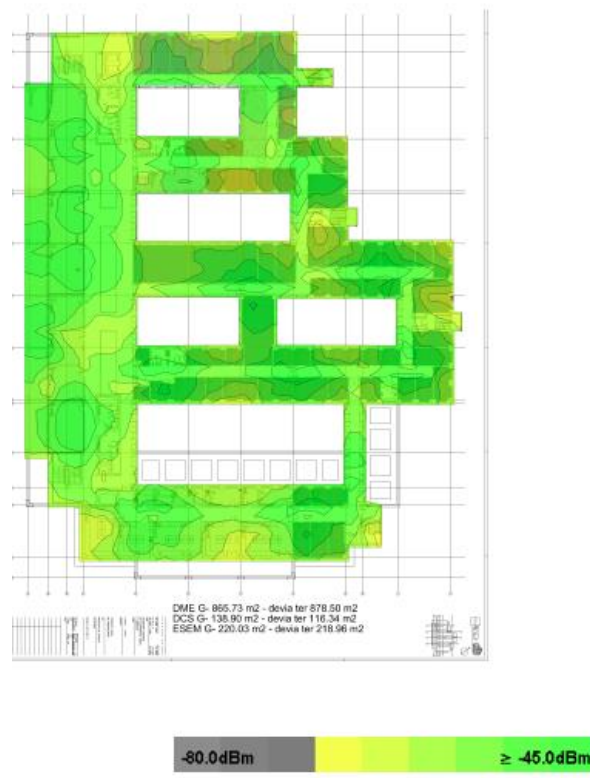


Figura C.27- Potência de sinal no piso 2, da Penteada

Anexo C: Resultados da Proposta do Edifício da Penteada

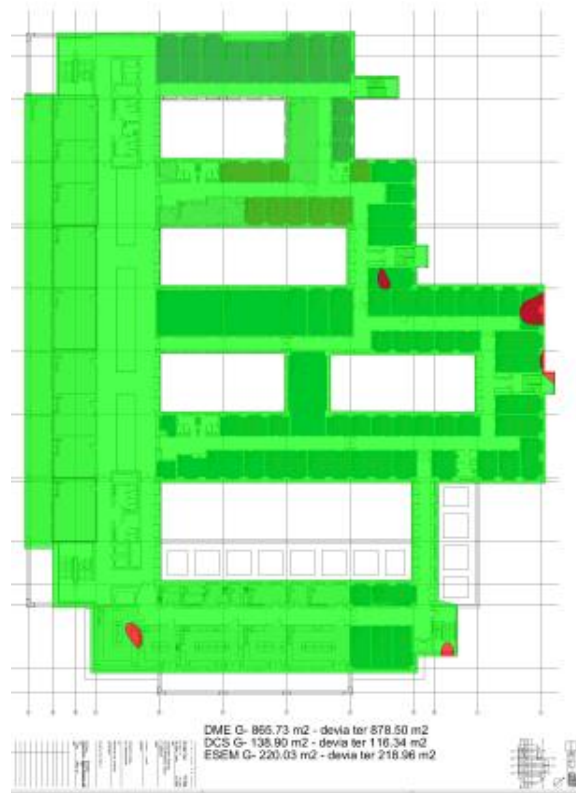


Figura C.28- Estado da rede no piso 2, da Penteada



Figura C.29- Percentagem de utilização dos APs, no piso 2 da Penteada

Anexo C: Resultados da Proposta do Edifício da Penteada

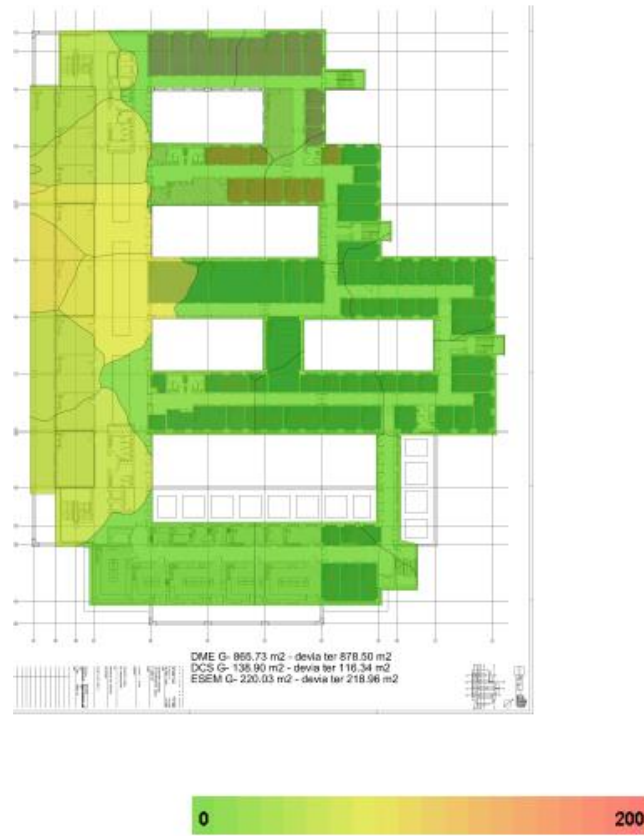


Figura C.30- Localização dos APs no piso 2, da Penteada

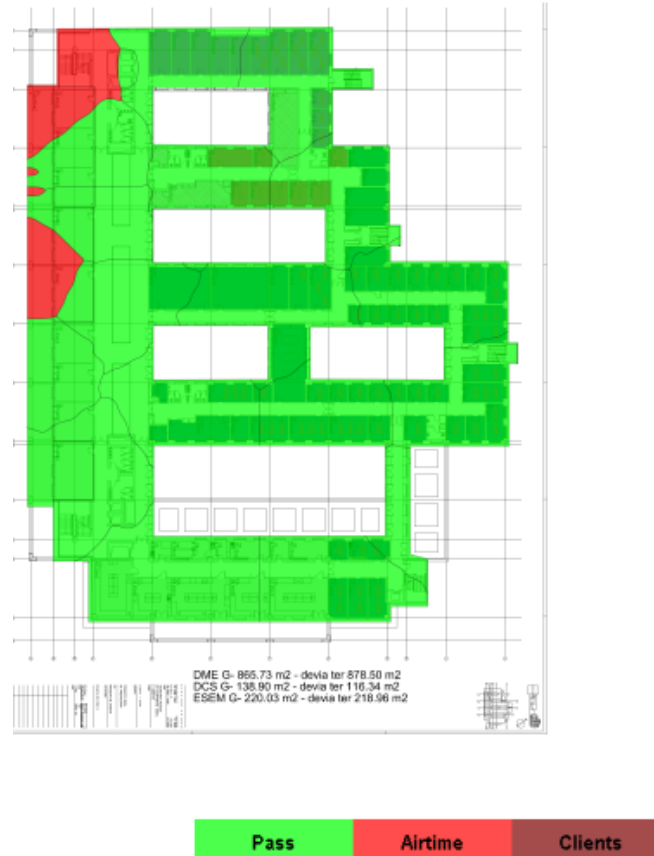


Figura C.31- Estado da capacidade da rede no piso 2 da Penteada

- **Piso 3**



Figura C.32- Localização dos APs no piso 3, da Penteada

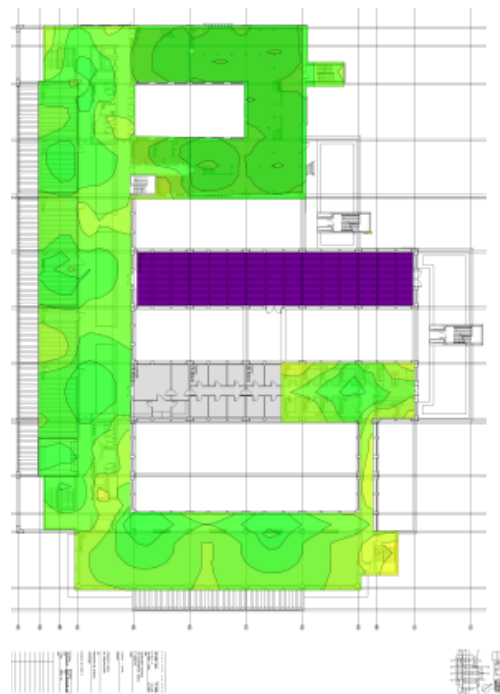


Figura C.33- Potência de sinal no piso 3, da Penteada

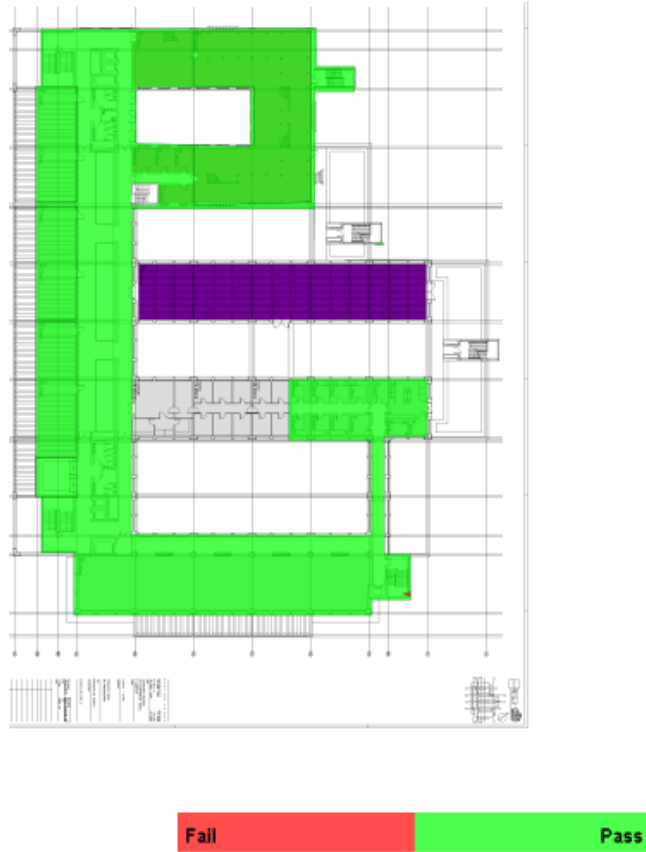


Figura C.34- Estado da rede no piso 3, da Penteada



Figura C.35- Percentagem de utilização dos APs, no piso 3 da Penteada

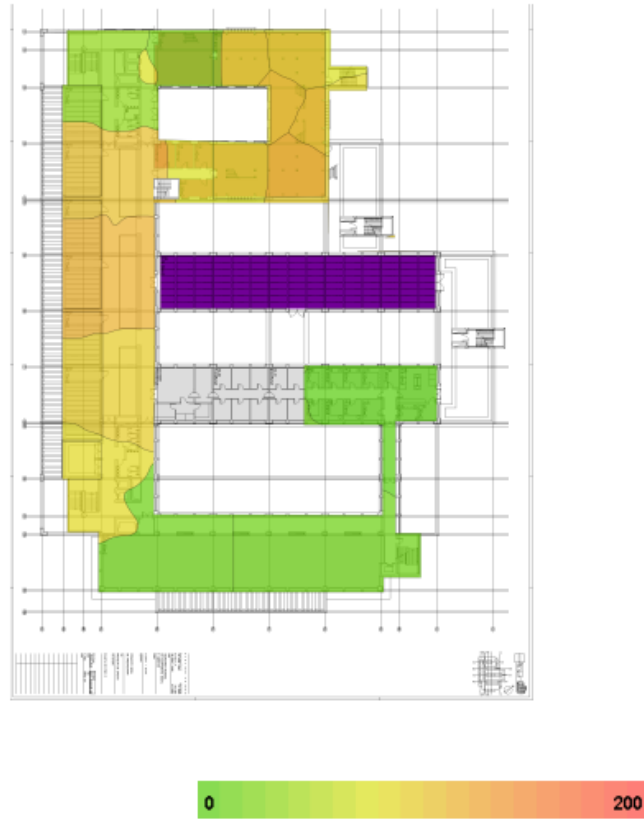


Figura C.36- Localização dos APs no piso 3, da Penteada

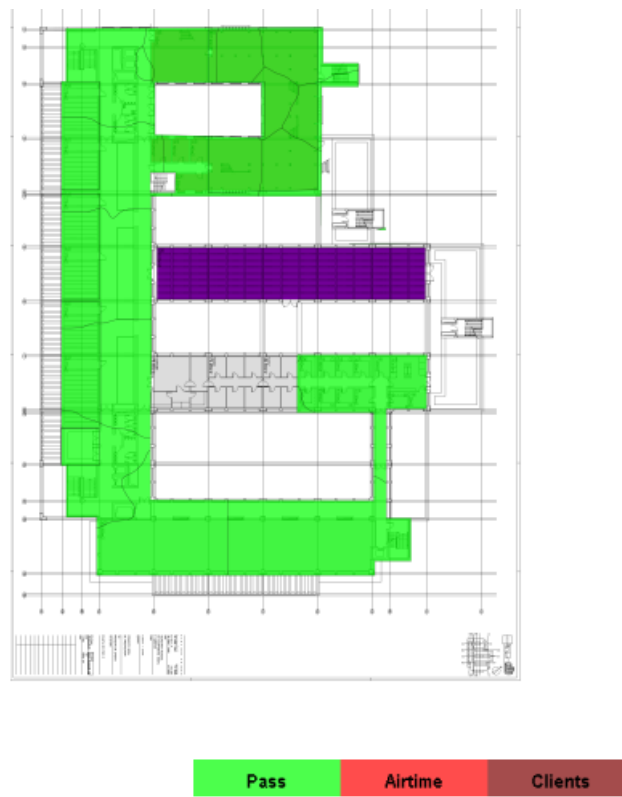


Figura C.37- Estado da capacidade da rede no piso 3 da Penteada



## Anexo D- Resultados da Proposta Híbrida para o Edifício da Penteada

- Piso -2



Figura D.1- Localização dos APs no piso -2, na proposta híbrida

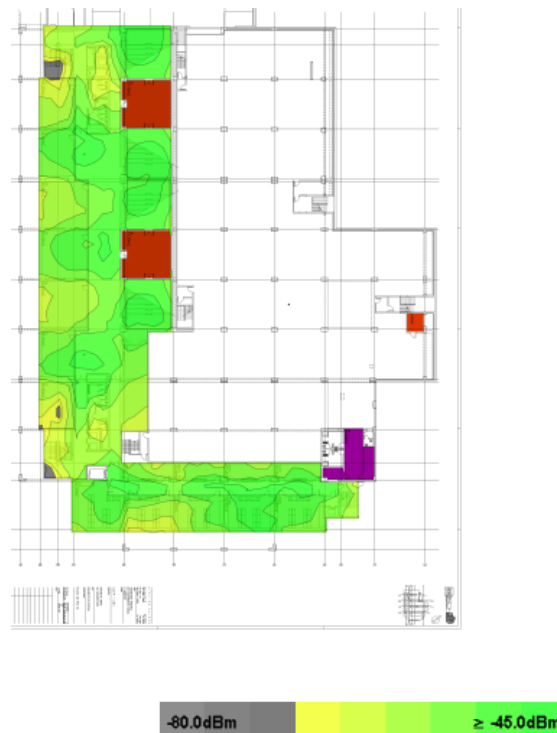


Figura D.2- Potência de sinal no piso -2, na proposta híbrida

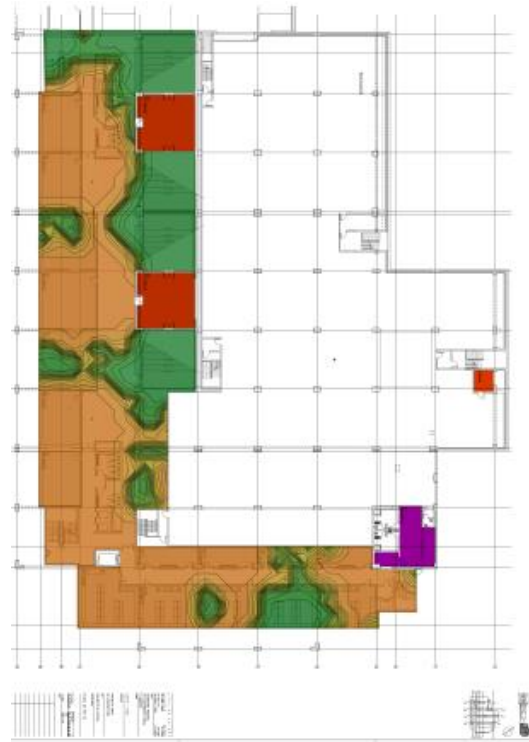


Figura D.3- *Data rate* do piso -2, na proposta híbrida

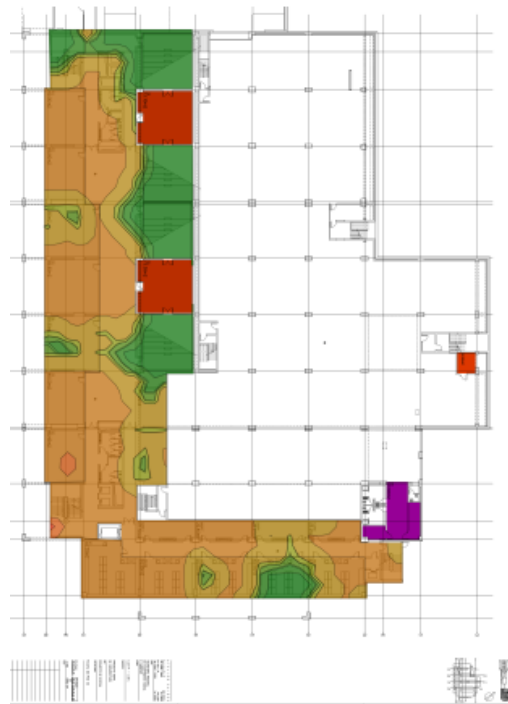


Figura D.4- *Throughput* do piso -2, na proposta híbrida

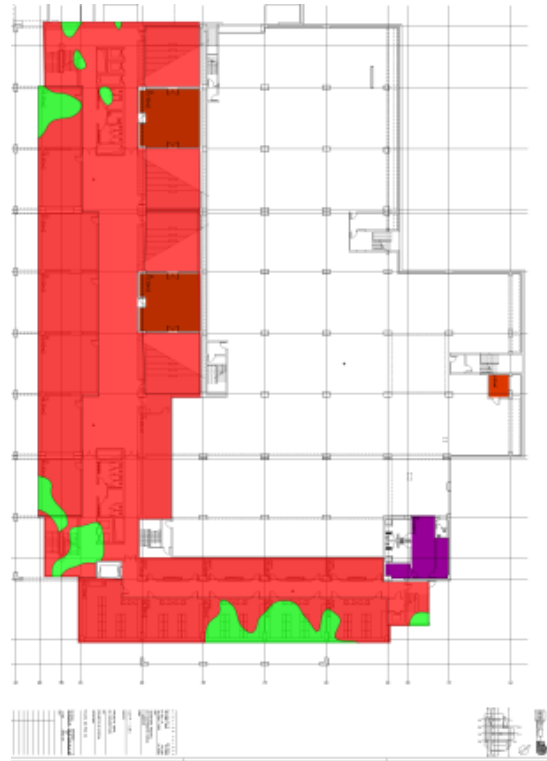


Figura D.5- Estado da rede no piso -2, na proposta híbrida



Figura D.6- Problemas da rede no piso -2, na proposta híbrida



Figura D.7- Estado da capacidade da rede no piso -2, na proposta híbrida

## Piso -1

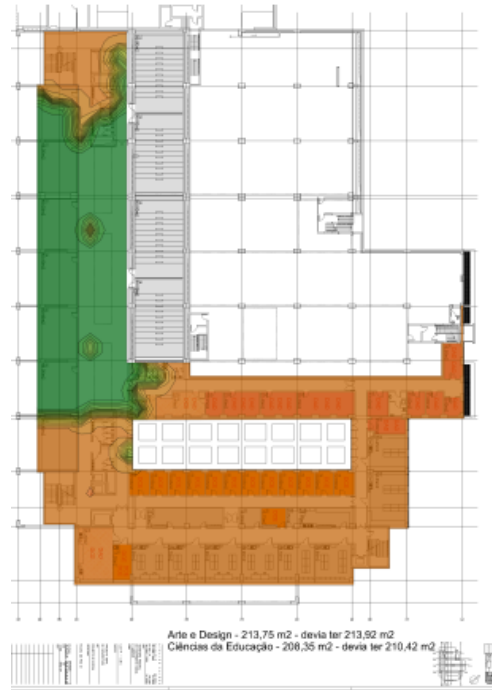


Figura D.8- Localização dos APs no piso -1, na proposta híbrida



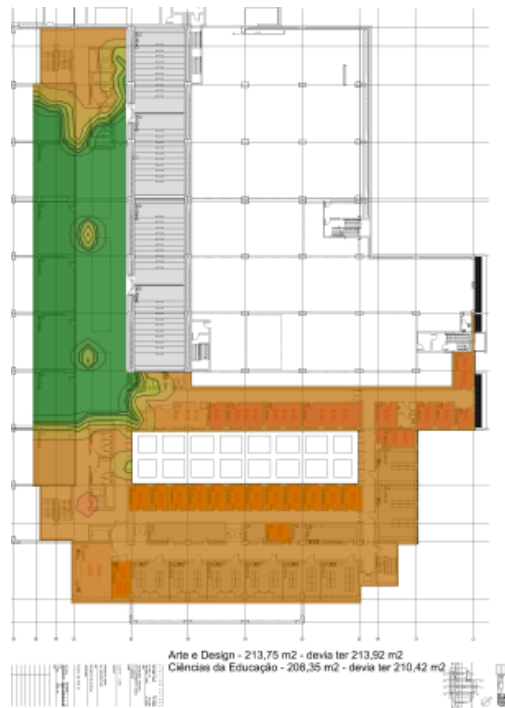
Figura D.9- Potência de sinal do piso -1, na proposta híbrida

Anexo D: Resultados da Proposta Híbrida para o Edifício da Penteada



1.0Mb/s 225.0Mb/s

Figura D.10- *Data rate* do piso -1, na proposta híbrida



16.0Mb/s 148.0Mb/s

Figura D.11- *Throughput* do piso -1, na proposta híbrida

Anexo D: Resultados da Proposta Híbrida para o Edifício da Penteada



Figura D.12- Estado da rede do piso -1, na proposta híbrida

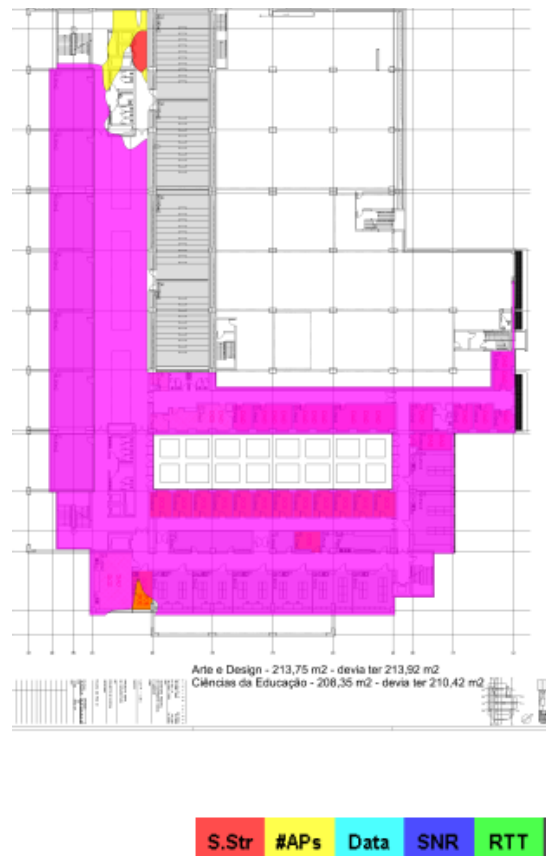


Figura D.13- Problemas da rede no piso -1, na proposta híbrida



Figura D.14- Estado da capacidade no piso -1, na proposta híbrida

- **Piso 0**

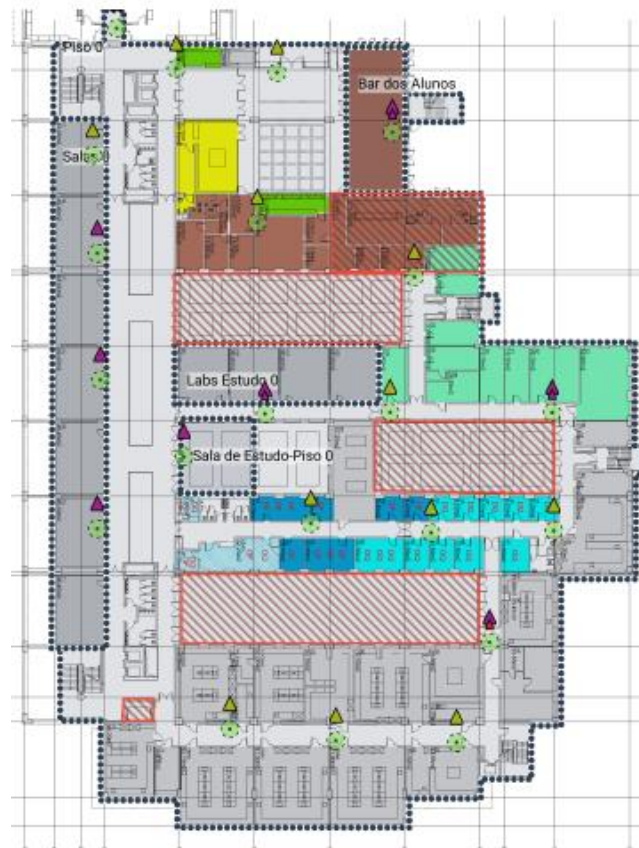


Figura D.15- Localização dos APs no piso 0, na proposta híbrida



Figura D.16- Potência de sinal do piso 0, na proposta híbrida

Anexo D: Resultados da Proposta Híbrida para o Edifício da Penteada



Figura D.17- *Throughput* do piso 0, na proposta híbrida



Figura D.18- Estado da rede do piso 0, na proposta híbrida

Anexo D: Resultados da Proposta Híbrida para o Edifício da Penteada

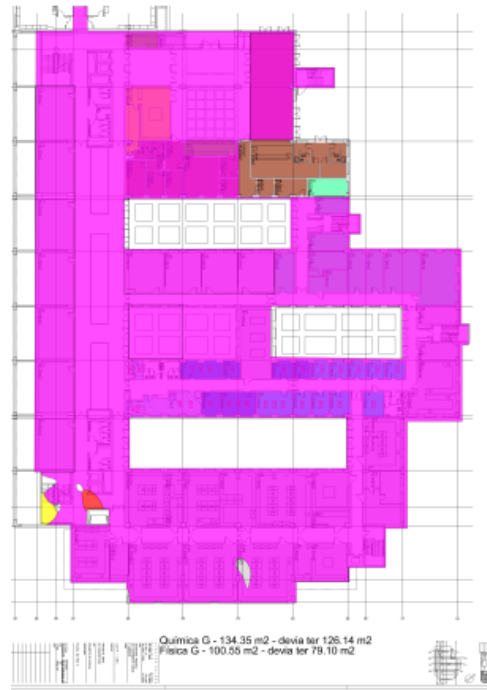


Figura D.19- Problemas da rede no piso 0, na proposta híbrida



Figura D.20- Estado da capacidade no piso 0, na proposta híbrida

- **Piso 1**

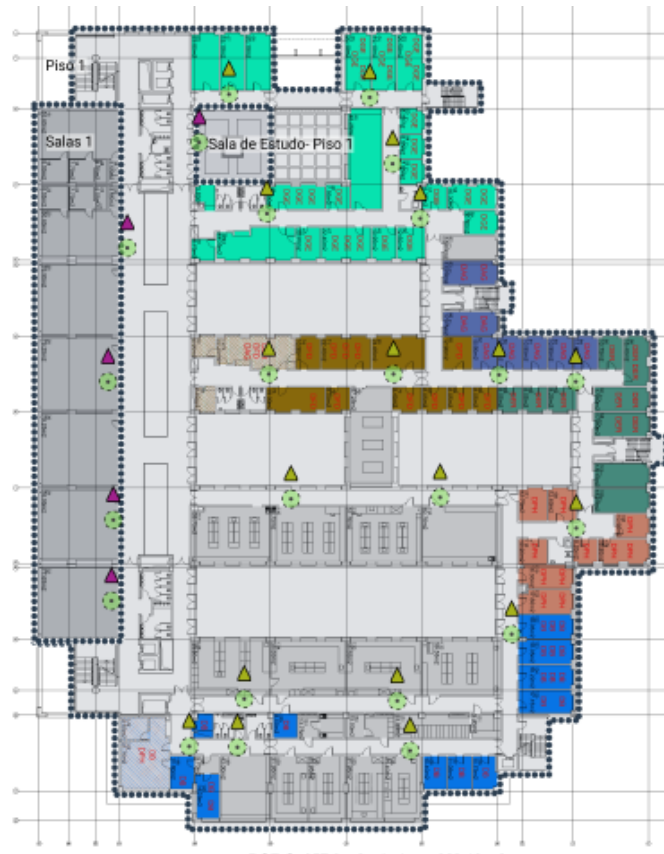


Figura D.21- Localização dos APs no piso 1, na proposta híbrida

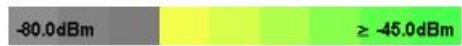
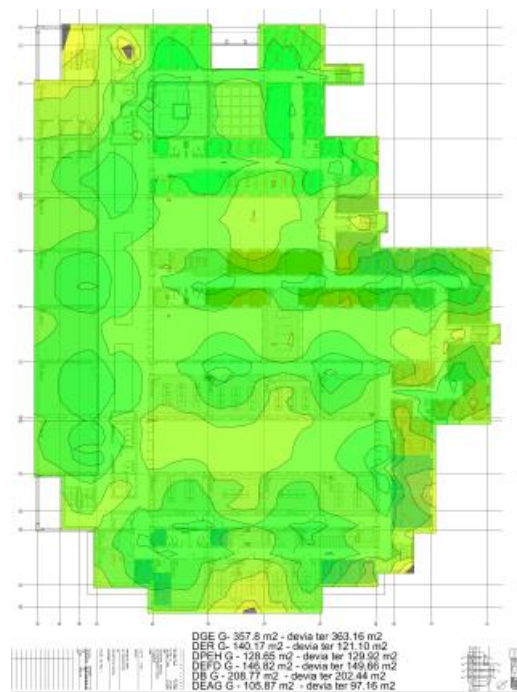


Figura D.22- Potência de sinal do piso 1, na proposta híbrida

Anexo D: Resultados da Proposta Híbrida para o Edifício da Penteada



Figura D.23- *Throughput* do piso 1, na proposta híbrida



Figura D.24- Estado da rede do piso 1, na proposta híbrida

Anexo D: Resultados da Proposta Híbrida para o Edifício da Penteada

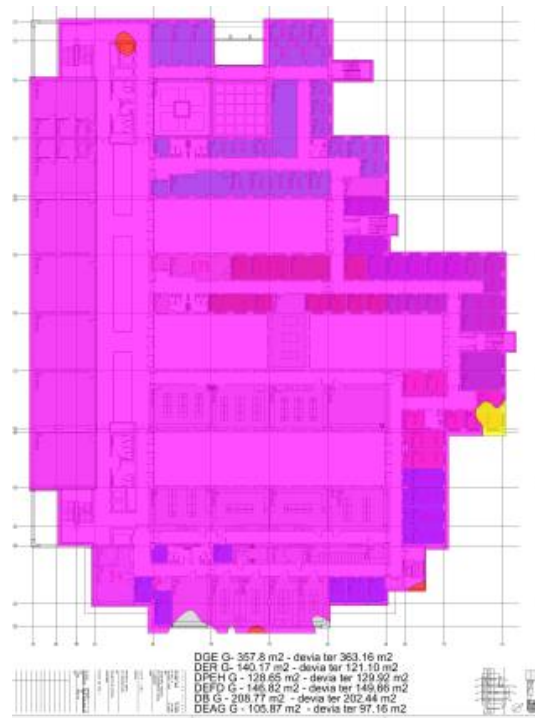


Figura D.25- Problemas da rede no piso 1, na proposta híbrida



Figura D.26- Estado da capacidade no piso 1, na proposta híbrida

- **Piso 2**



Figura D.27- Localização dos APs no piso 2, na proposta híbrida

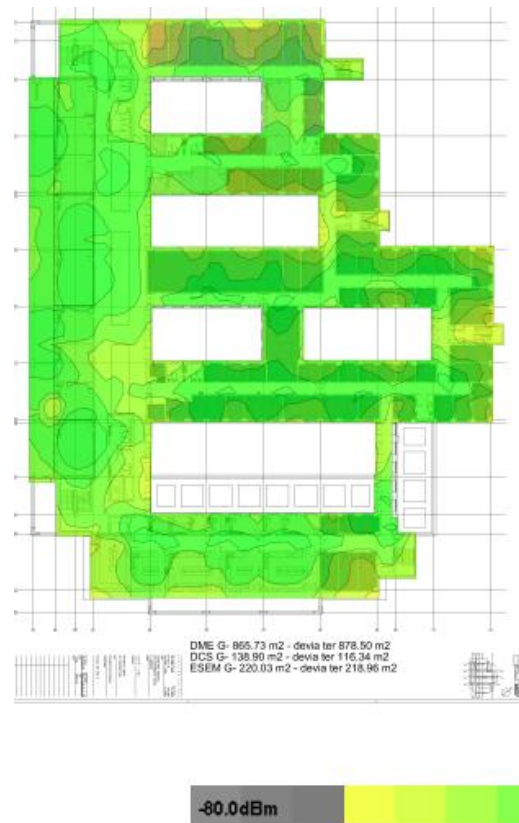


Figura D.28- Potência de sinal do piso 2, na proposta híbrida

Anexo D: Resultados da Proposta Híbrida para o Edifício da Penteada

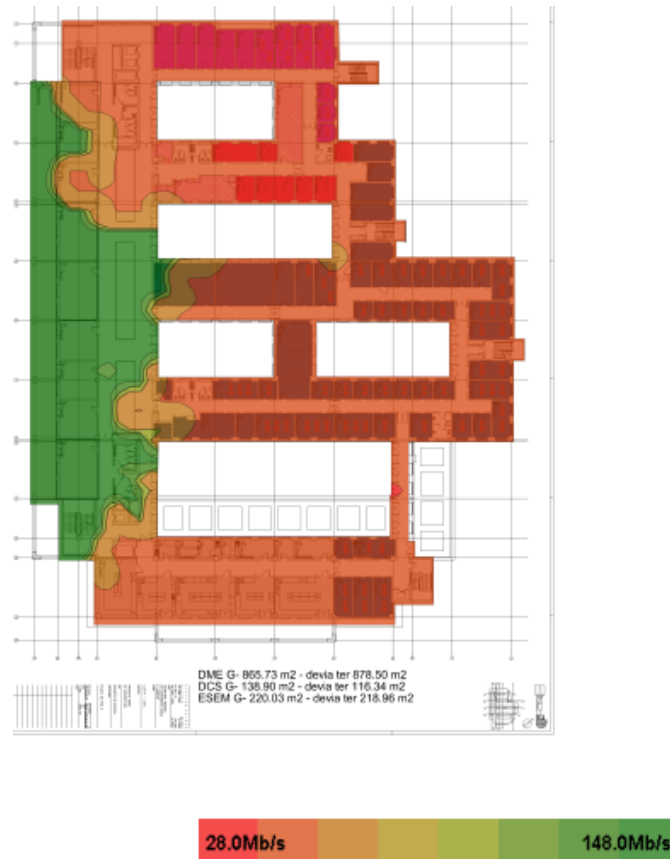


Figura D.29- Throughput do piso 2, na proposta híbrida

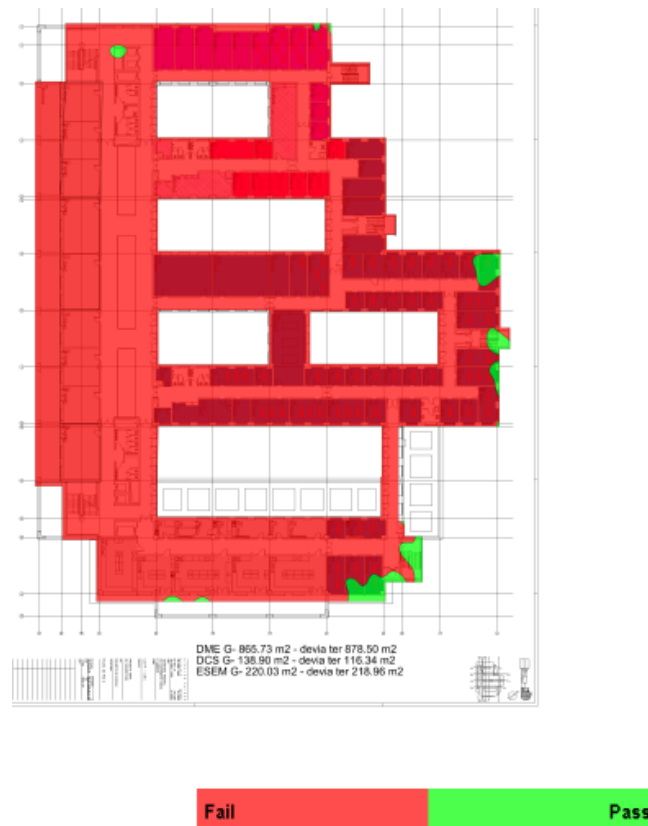


Figura D.30- Estado da rede do piso 2, na proposta híbrida

Anexo D: Resultados da Proposta Híbrida para o Edifício da Penteada

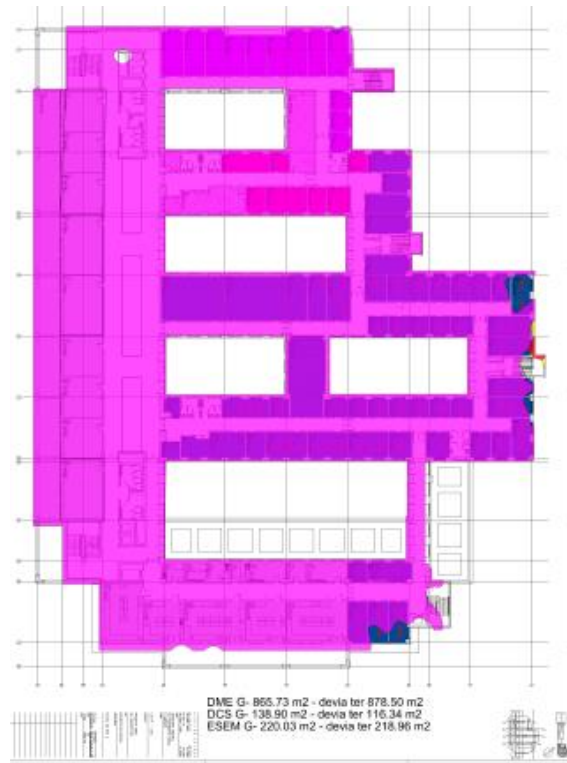


Figura D.31- Problemas da rede no piso 2, na proposta híbrida



Figura D.32- Estado da capacidade no piso 2, na proposta híbrida

- **Piso 3**



Figura D.33- Localização dos APs no piso 3, na proposta híbrida

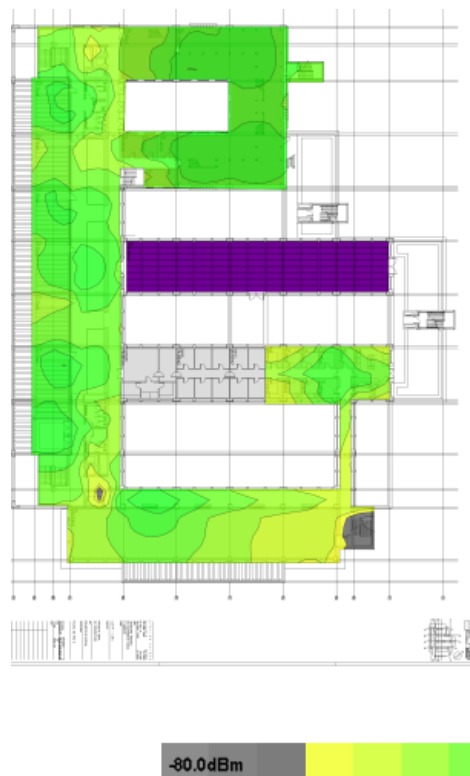


Figura D.34- Potência de sinal do piso 3, na proposta híbrida



Figura D.35- *Throughput* do piso 3, na proposta híbrida



Figura D.36- Estado da rede do piso 3, na proposta híbrida

Anexo D: Resultados da Proposta Híbrida para o Edifício da Penteada

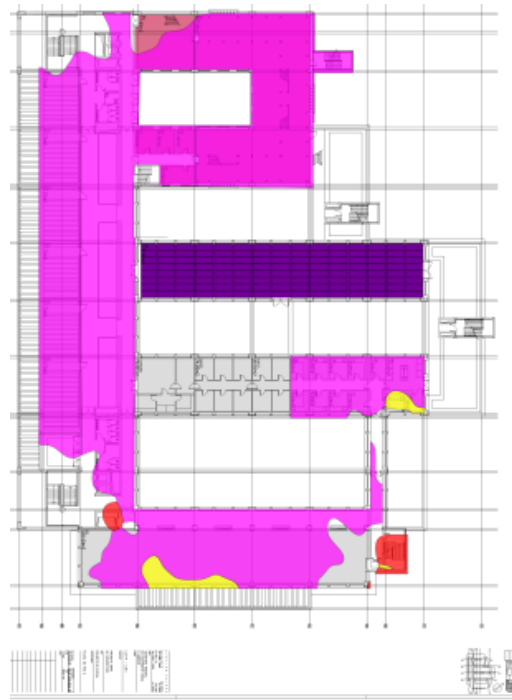


Figura D.37- Problemas da rede no piso 3, na proposta híbrida

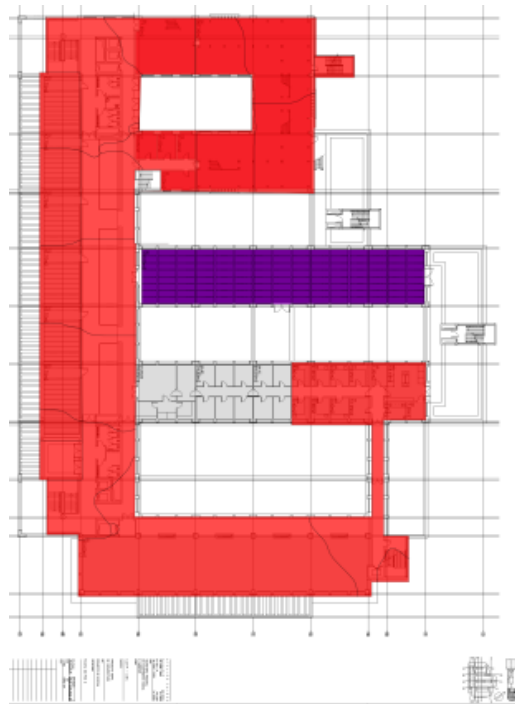


Figura D.38- Estado da capacidade no piso 3, na proposta híbrida

## Anexo E- Resultados da Proposta de Gestão de Canais para a Penteada

Neste anexo encontram-se as tabelas com a proposta de configuração dos canais para os *access points* da rede da Penteada.

Tabela E.1- Proposta de canais para os APs do piso -2

<b>AP</b>	<b>Canal</b>
e-UMa 1	1
e-UMa 2	11
e-UMa 3	6
e-UMa 4	11
e-UMa 5	11
e-UMa 6	6
e-UMa 7	11
e-UMa 8	1
e-UMa 9	6
e-UMa 10	1

Tabela E.2- Proposta de canais para os APs do piso -1

<b>AP</b>	<b>Canal</b>
e-UMa 12	6
e-UMa 13	1
e-UMa 14	6
e-UMa 16	1
e-UMa 17	6
e-UMa 18	1
e-UMa 19	1
e-UMa 20	11
e-UMa 21	1
e-UMa 22	6
e-UMa 23	11
e-UMa 24	6
e-UMa 103	11
e-UMa 104	6
e-UMa 105	11

Tabela E.3- Proposta de canais para os APs do piso 0

<b>AP</b>	<b>Canal</b>
e-UMa 15	11
e-UMa 26	11
e-UMa 27	1
e-UMa 29	6
e-UMa 30	1
e-UMa 31	6
e-UMa 32	1
e-UMa 33	1
e-UMa 34	11
e-UMa 35	6
e-UMa 36	6
e-UMa 38	11
e-UMa 39	1
e-UMa 83	11
e-UMa 106	6
e-UMa 108	6
e-UMa 129	6
e-UMa 141	1(2.4GHz) 56 (5GHz)
e-UMa 142	1 (2.4GHz) 124 (5GHz)
e-UMa 143	11 (2.4GHz) 48 (5GHz)

Tabela E.4- Proposta de canais para os APs do piso 1

<b>AP</b>	<b>Canal</b>
e-UMa 50	1
e-UMa 51	11
e-UMa 52	11
e-UMa 53	6
e-UMa 54	11
e-UMa 55	1
e-UMa 56	6
e-UMa 57	1
e-UMa 58	1
e-UMa 59	11
e-UMa 60	6
e-UMa 61	11
e-UMa 62	6
e-UMa 63	1
e-UMa 64	11
e-UMa 65	6
e-UMa 66	1
e-UMa 110	6
e-UMa 111	1
e-UMa 112	6
e-UMa 113	11
e-UMa 126	6
e-UMa 136	11

Tabela E.5- Proposta de canais para os APs do piso 2

<b>AP</b>	<b>Canal</b>
e-UMa 28	1
e-UMa 67	11
e-UMa 68	6
e-UMa 69	1
e-UMa 70	6
e-UMa 71	11
e-UMa 72	1
e-UMa 73	6
e-UMa 74	11
e-UMa 85	6
e-UMa 86	11
e-UMa 87	6
e-UMa 88	1
e-UMa 89	6
e-UMa 90	1
e-UMa 91	11
e-UMa 92	1
e-UMa 93	6
e-UMa 94	11
e-UMa 115	11
e-UMa 116	6
e-UMa 117	1
e-UMa 128	11

Tabela E.6- Proposta de canais para os APs do piso 3

<b>AP</b>	<b>Canal</b>
e-UMa 75	11
e-UMa 76	6
e-UMa 77	1
e-UMa 78	11
e-UMa 79	6
e-UMa 80	6
e-UMa 81	1
e-UMa 82	6
e-UMa 118	6
e-UMa 127	6







Figura F.5- Estado da rede do piso 0, da Reitoria



Figura F.6- Problemas da rede do piso 0, da Reitoria



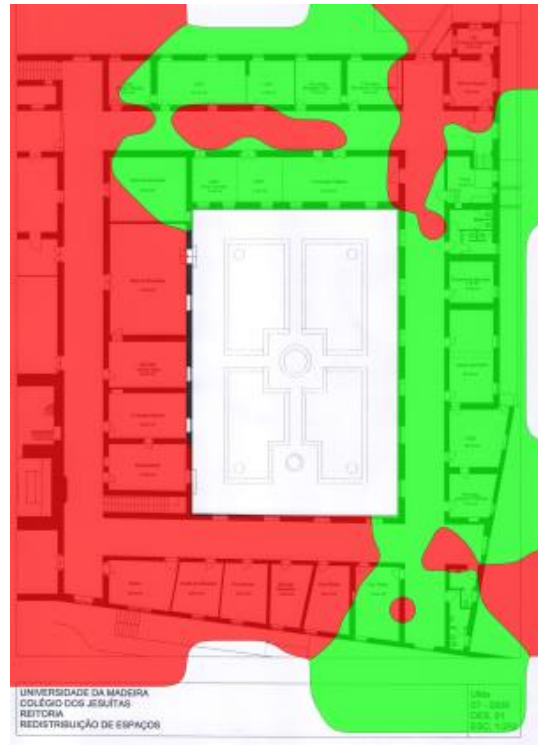


Figura F.9- Estado da rede do piso 1, da Reitoria



Figura F.10- Problemas da rede do piso 1, da Reitoria

- **Auditório**

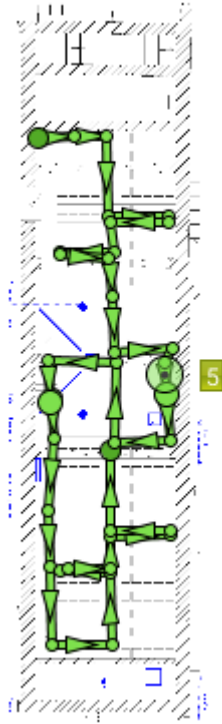


Figura F.11- Survey do auditório, da Reitoria

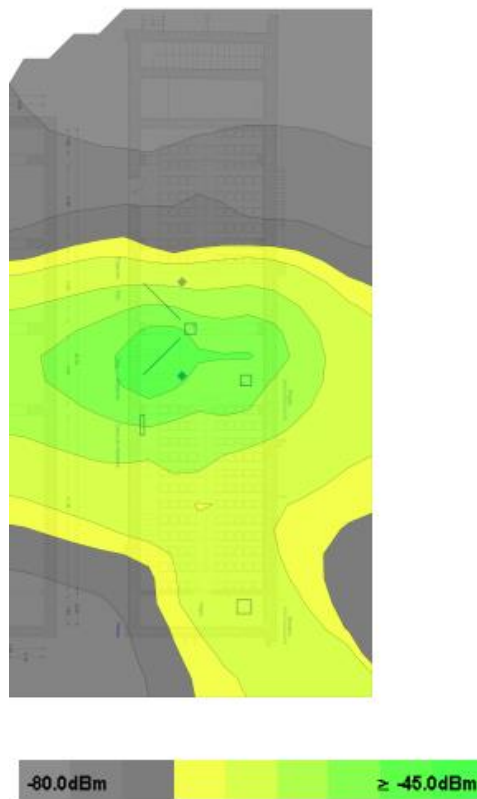


Figura F.12- Potência de sinal do auditório, da Reitoria



Figura F.13- Data rate do auditório, da Reitoria

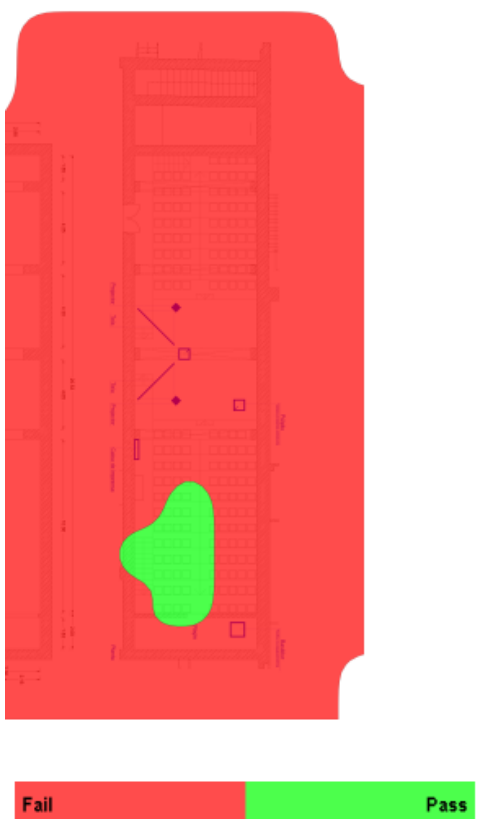


Figura F.14- Estado da rede do auditório da Reitoria

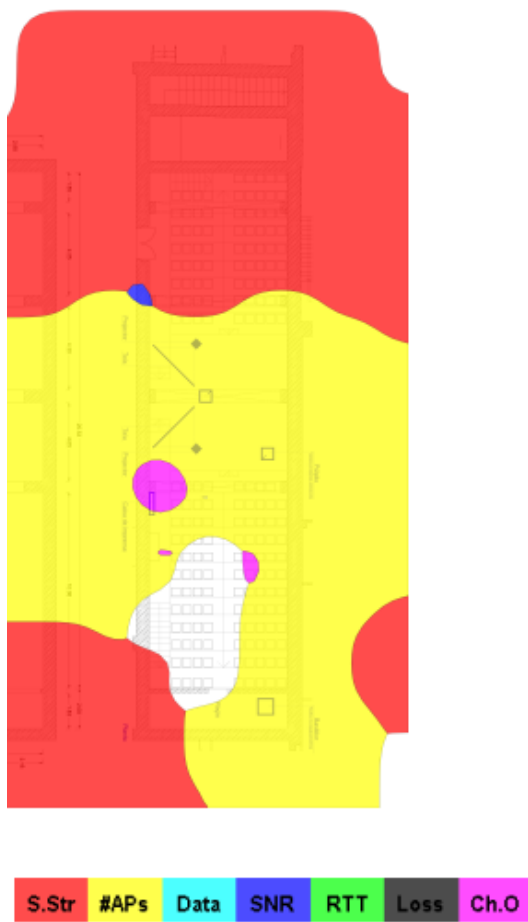


Figura F.15- Problemas da rede no auditório da Reitoria

- **Sala dos arcos**

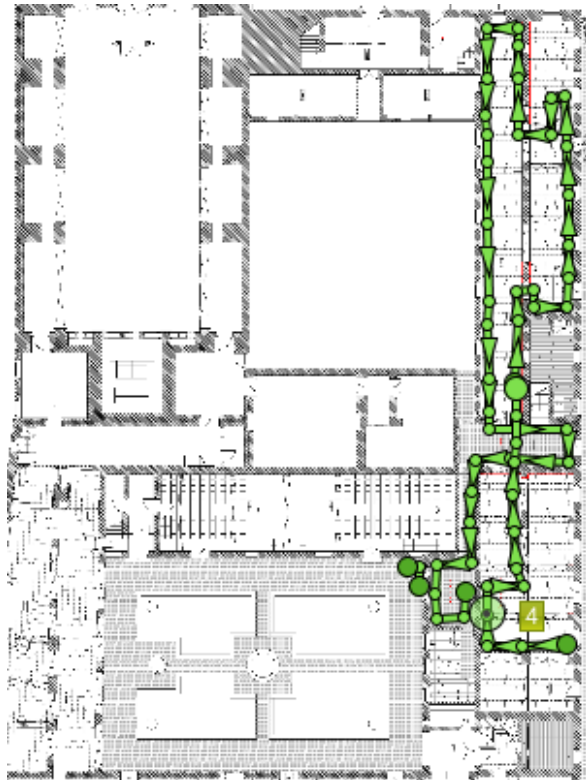


Figura F.16- *Survey* da sala dos arcos



Figura F.17- Potência de sinal da sala dos arcos



Figura F.18- Problemas da rede na sala dos arcos

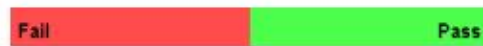
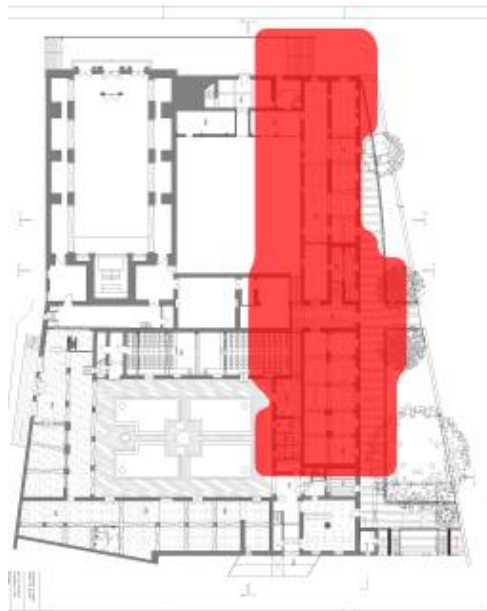


Figura F.19- Estado da rede na sala dos arcos



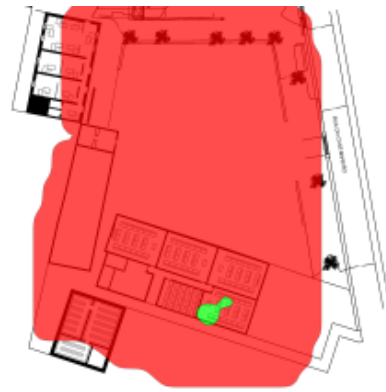


Figura F.22- Estado da rede nas antigas salas de aula da Reitoria



Figura F.23- Problemas da rede nas antigas salas de aula da Reitoria

## Anexo G- Resultados da Proposta da Reitoria

- Piso 0

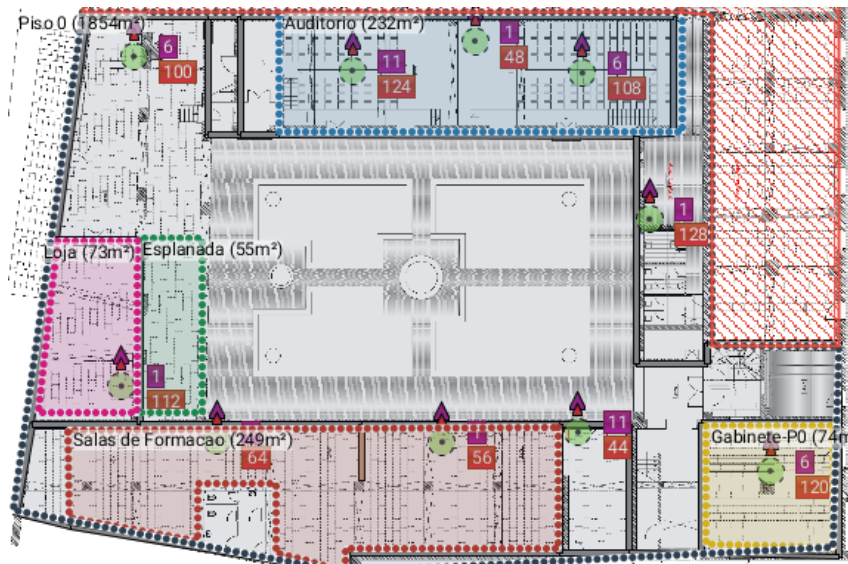


Figura G.1- Localização dos APs no piso 0, da Reitoria

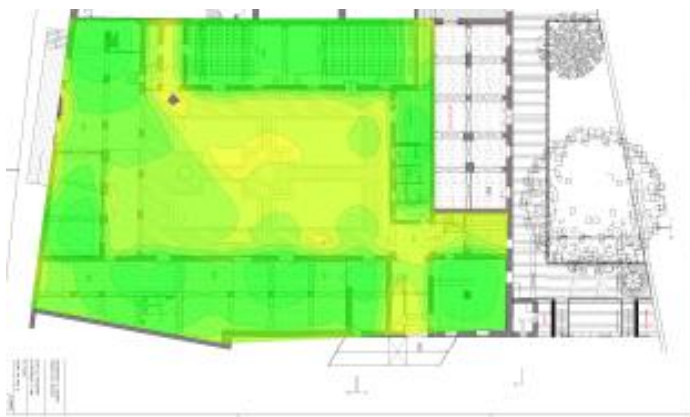


Figura G.2- Potência de sinal no piso 0, da Reitoria



Figura G.3- *Throughput* do piso 0, da Reitoria

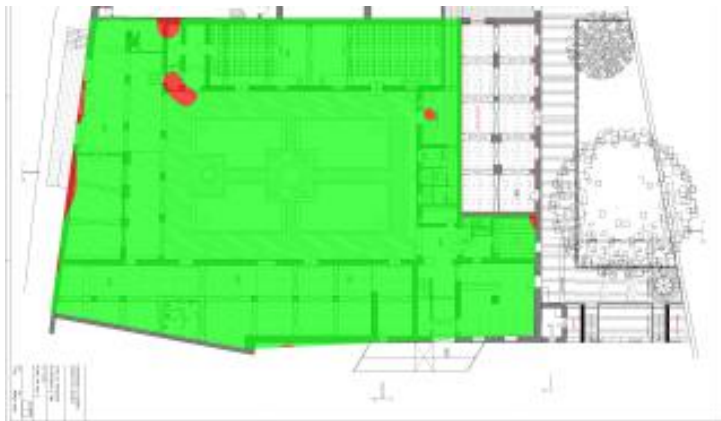


Figura G.4- Estado da rede no piso 0, da Reitoria



Figura G.5- Percentagem de utilização dos APs, no piso 0 da Reitoria



Figura G.6- Estado da capacidade da rede no piso 0, da Reitoria

- **Piso 1**

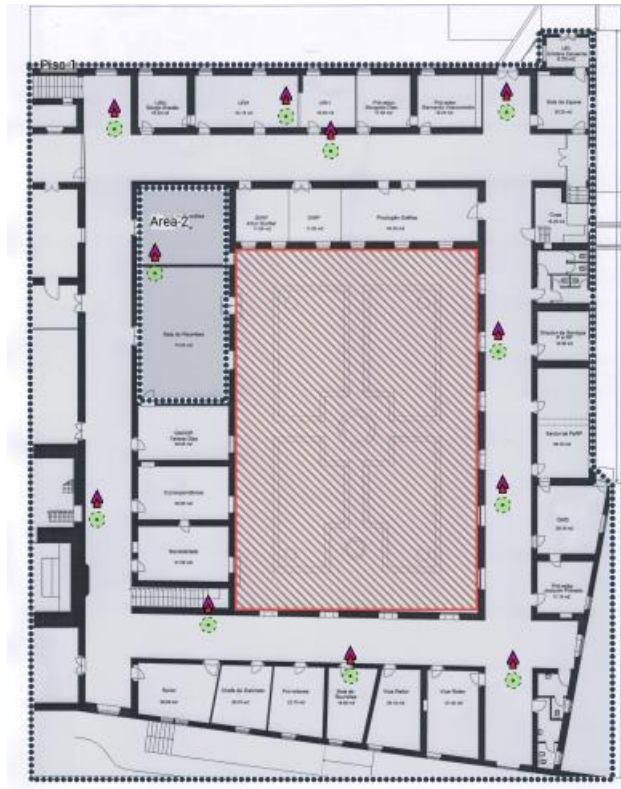


Figura G.7- Localização dos APs no piso 1, da Reitoria

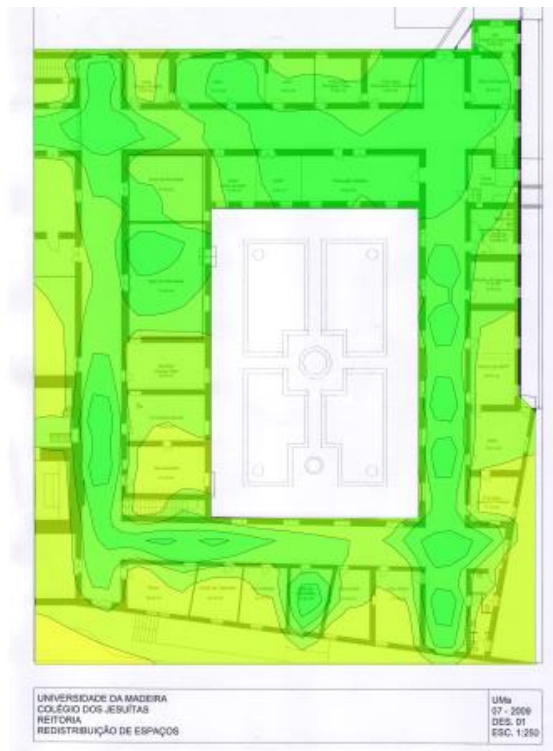


Figura G.8- Potência de sinal no piso 1, da Reitoria

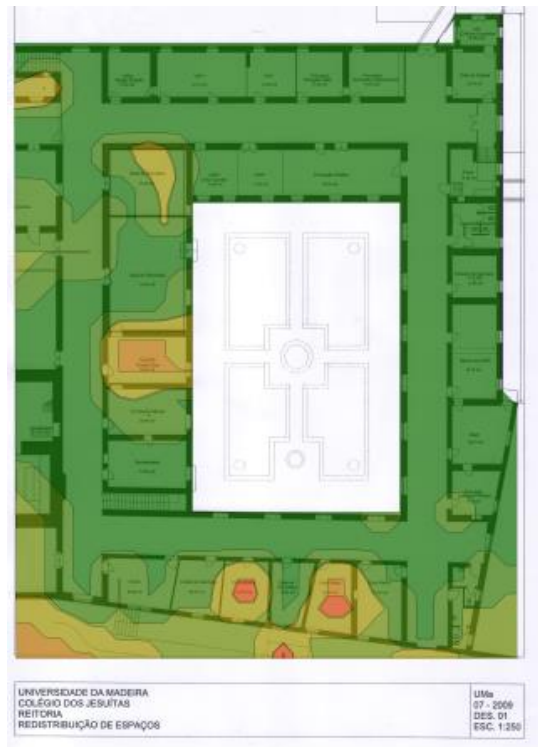


Figura G.9- *Throughput* do piso 1, da Reitoria

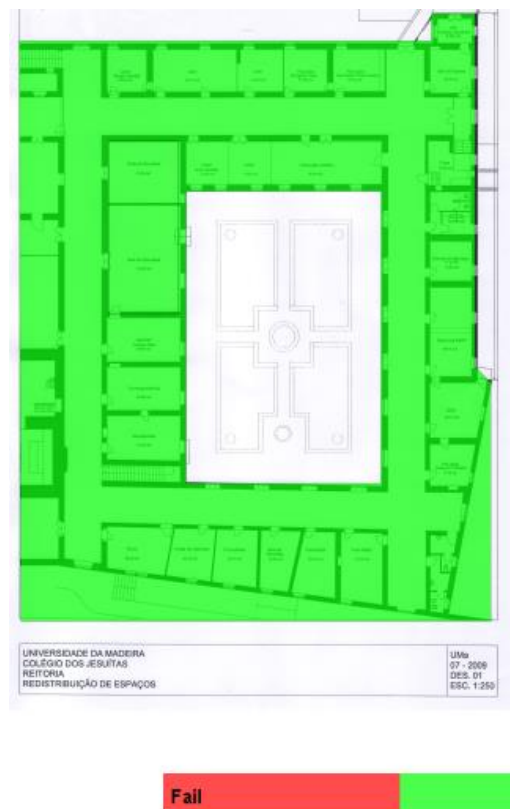


Figura G.10- Estado da rede no piso 1, da Reitoria



Figura G.11- Percentagem de utilização dos APs, no piso 1 da Reitoria

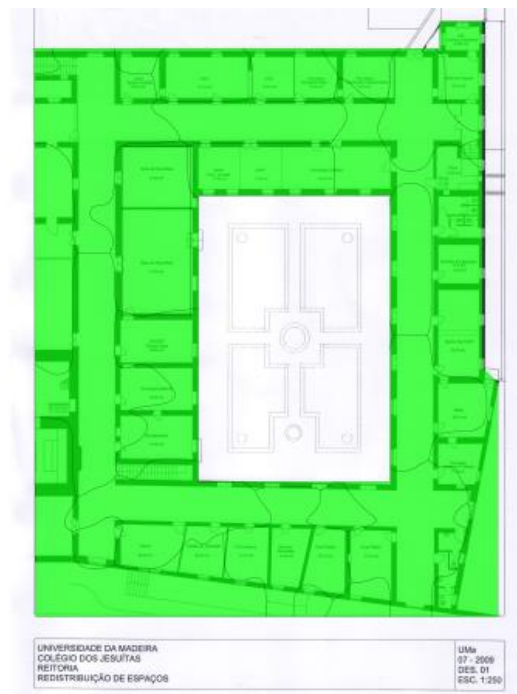


Figura G.12- Estado da capacidade da rede no piso 1, da Reitoria

## Anexo H- *Survey* da Residência Universitária antes da Nova Rede

Neste anexo encontram-se os resultados obtidos relativos ao *survey* passivo e ativo realizado no edifício da residência universitária, antes de instalada a nova rede Wi-Fi.

- **Piso 0**

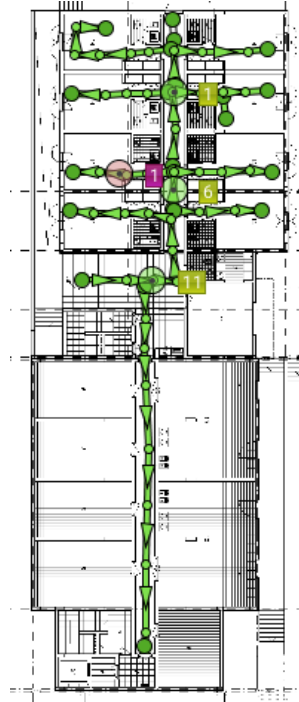


Figura H.1- *Survey* da antiga rede da residência, piso 0

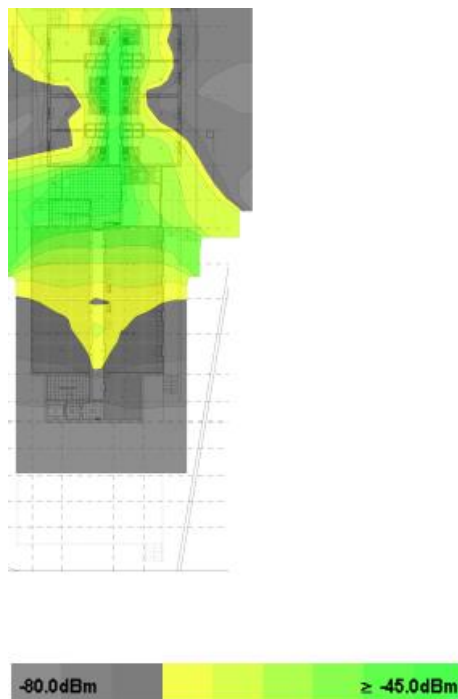


Figura H.2- Potência de sinal da antiga rede da residência, piso 0

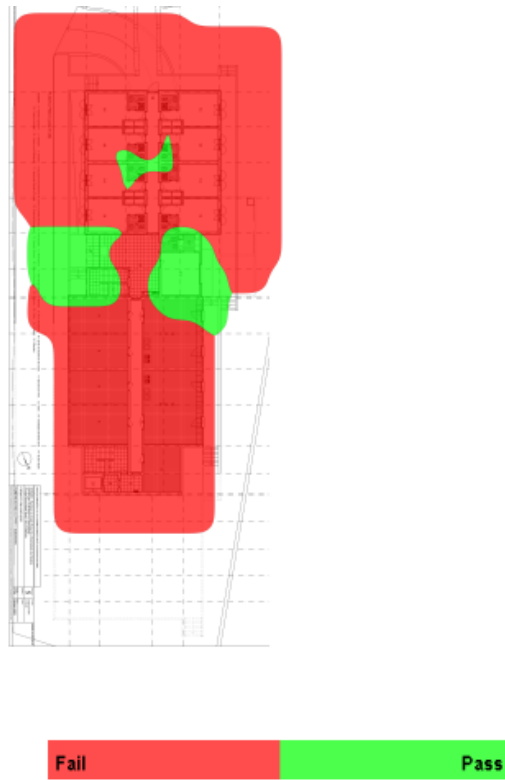


Figura H.3- Estado da antiga rede da residência, piso 0

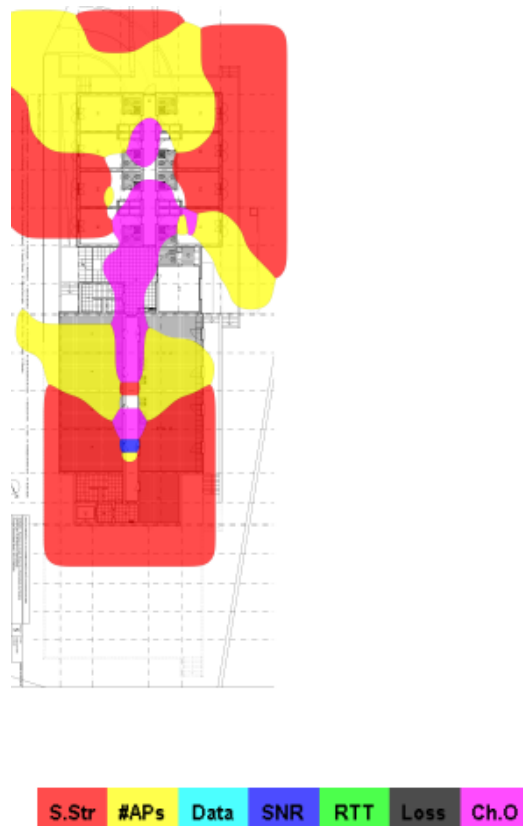


Figura H.4- Problemas da antiga rede da residência, piso 0

- **Piso 1**

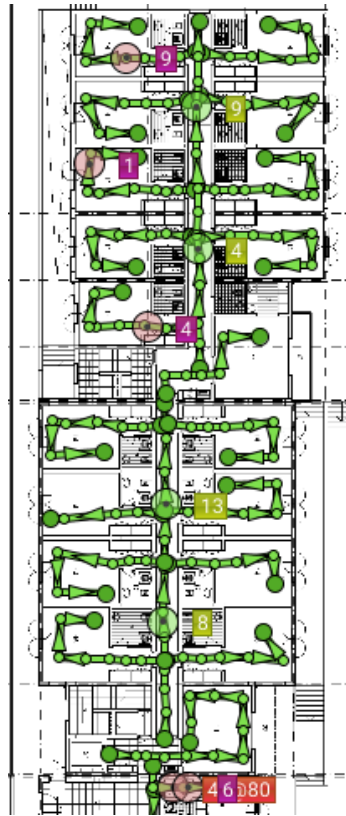


Figura H.5- Survey da antiga rede da residência, piso 1

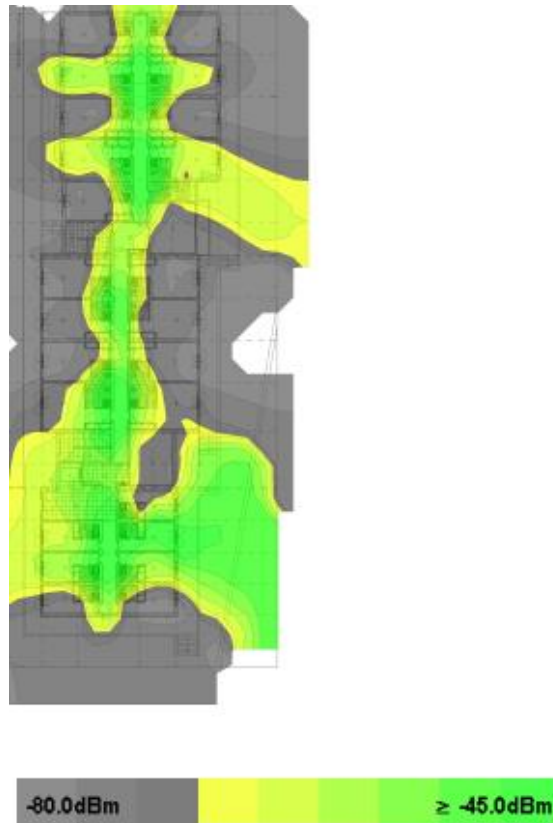


Figura H.6- Potência de sinal da antiga rede da residência, piso 1

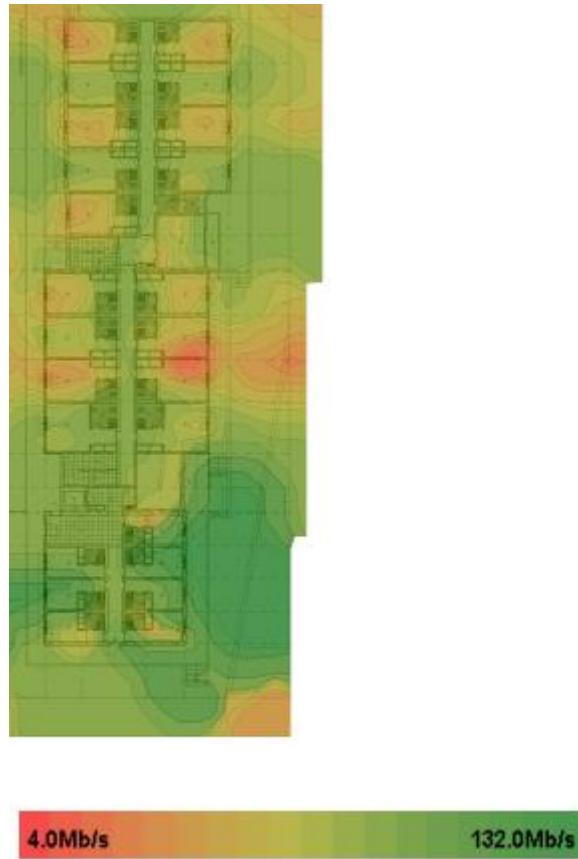


Figura H.7- *Throughput* da antiga rede da residência, piso 1



Figura H.8- Problemas da antiga rede da residência, piso 1

- **Piso 2**

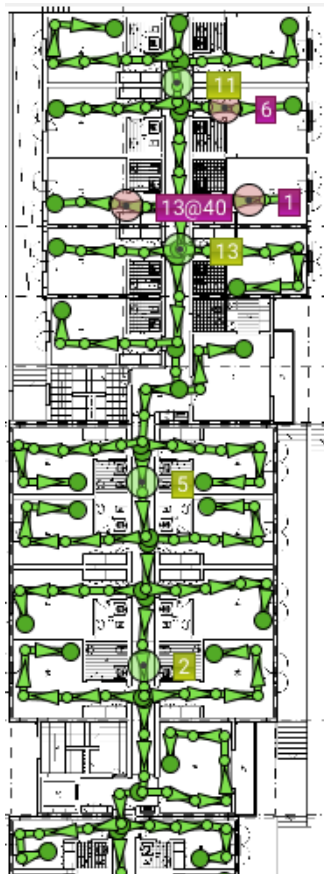


Figura H.9- Survey da antiga rede da residência, piso 2

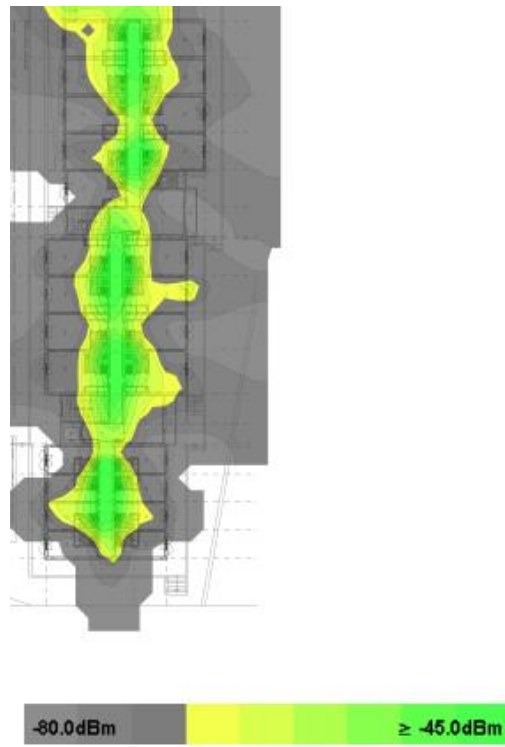


Figura H.10- Potência de sinal da antiga rede da residência, piso 2

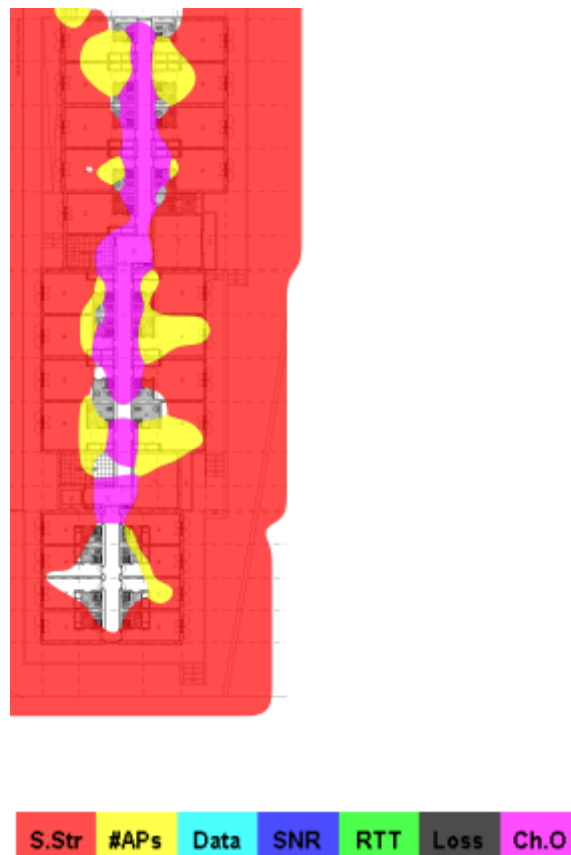


Figura H.11- Problemas da antiga rede da residência, piso 2

- **Piso 3**

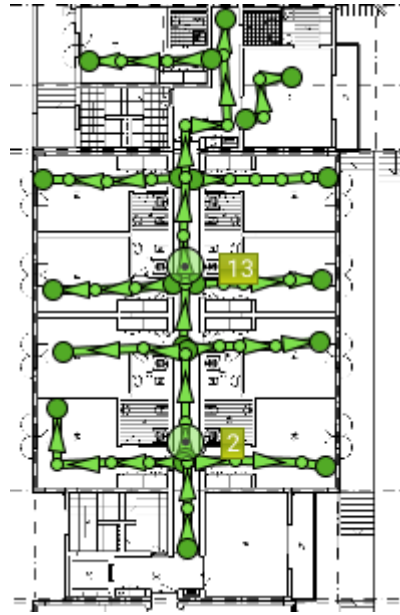


Figura H.12- Survey da antiga rede da residência, piso 3 (zona sul)

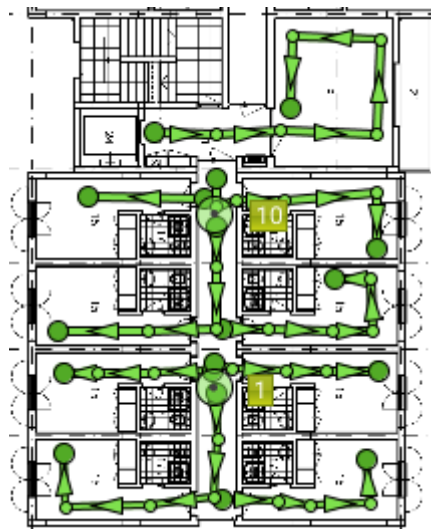


Figura H.13- Survey da antiga rede da residência, piso 3 (zona norte)



Figura H.14- Potência de sinal da antiga rede da residência, piso 3 (zona sul)

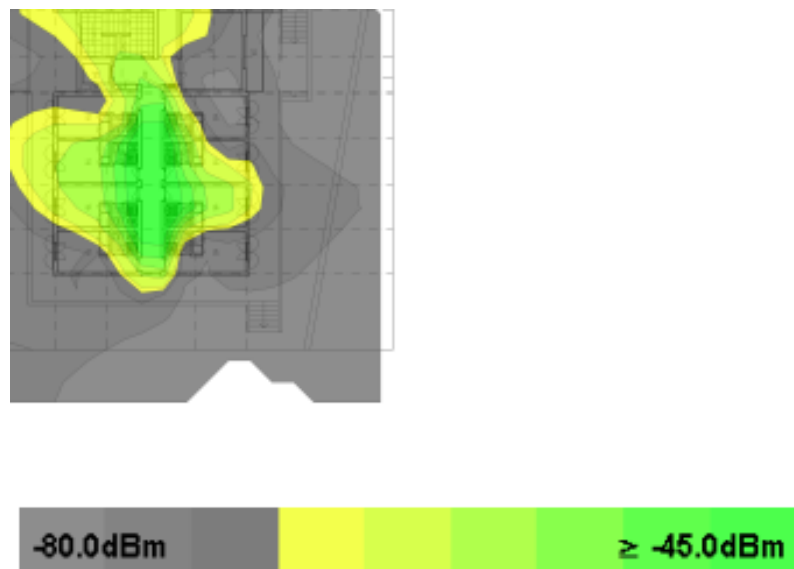


Figura H.15- Potência de sinal da antiga rede da residência, piso 3 (zona norte)



Figura H.16- Problemas da antiga rede da residência, piso 3 (zona sul)



Figura H.17- Problemas da antiga rede da residência, piso 3 (zona sul)

- **Piso 4**

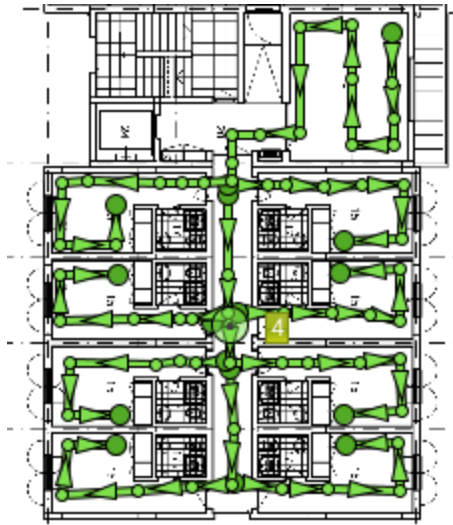


Figura H.18- Survey da antiga rede da residência, piso 4

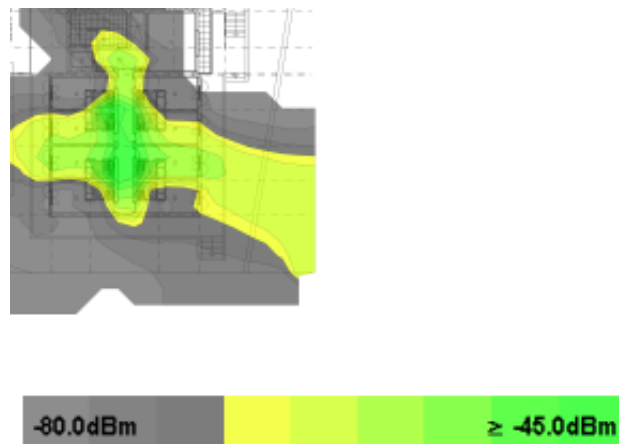


Figura H.19- Potência de sinal da antiga rede da residência, piso 4

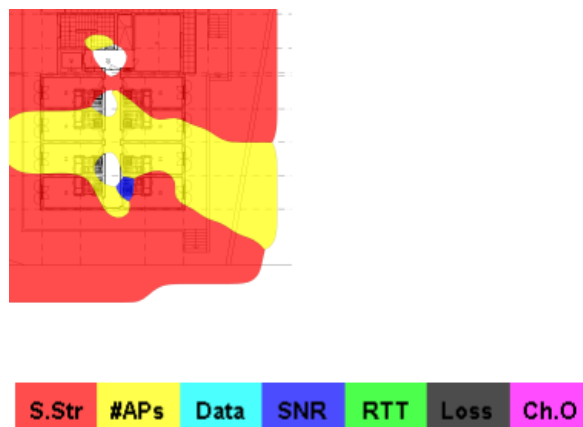


Figura H.20- Problemas da antiga rede da residência, piso 4

# Anexo I- *Survey* da Nova Rede na Residência Universitária

- Piso 0

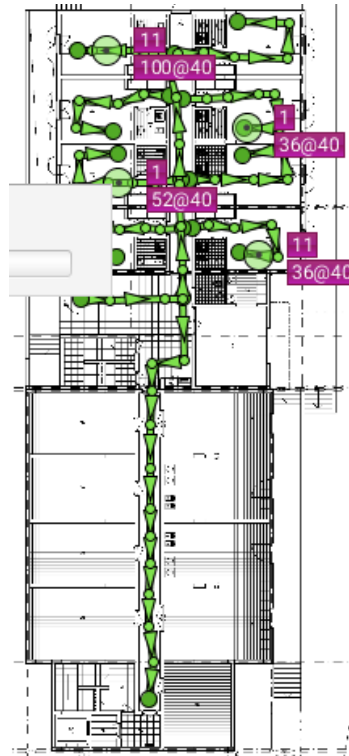


Figura I.1- *Survey* da nova rede da residência, piso 0



Figura I.2- Potência de sinal da nova rede da residência, piso 0

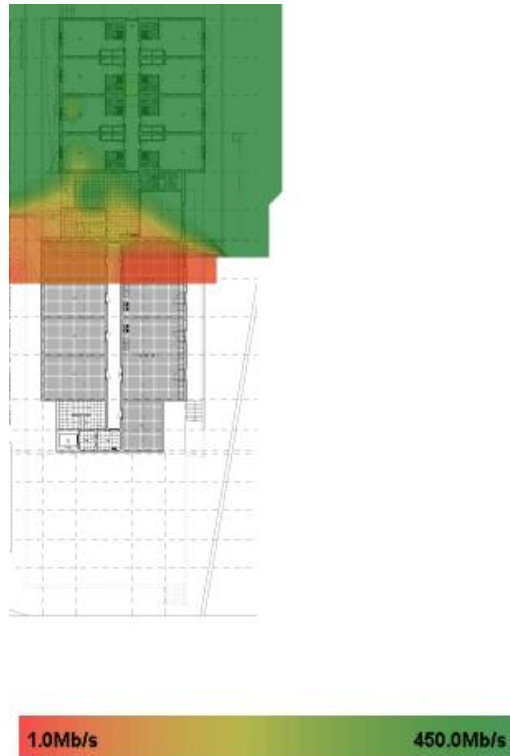


Figura I.3- Data rate da nova rede da residência, piso 0

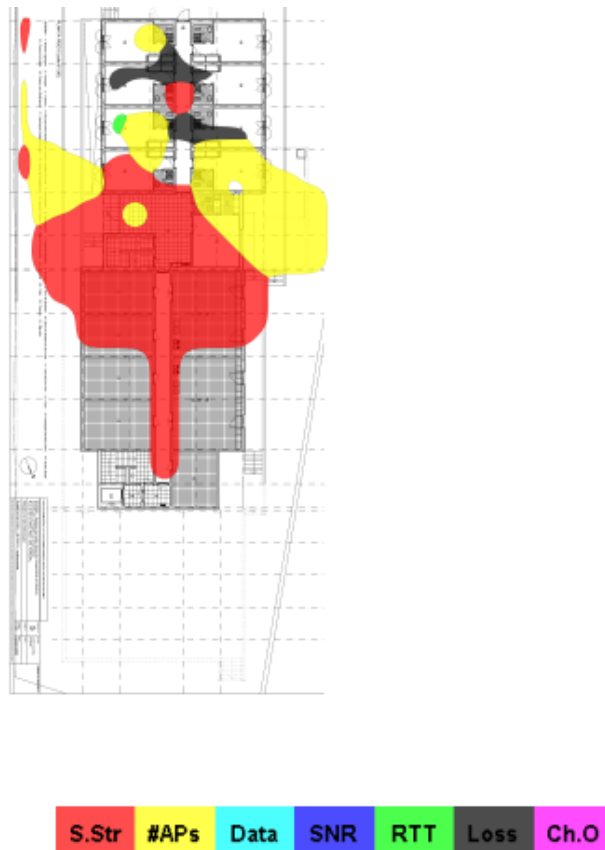


Figura I.4- Problemas da nova rede da residência, piso 0

- **Piso 1**

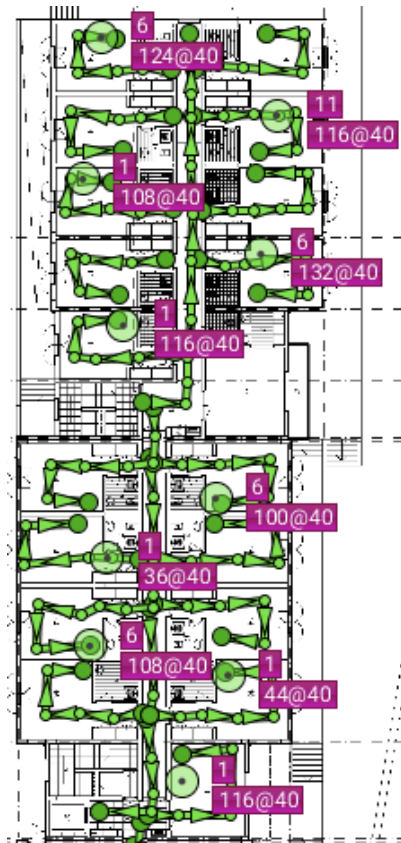


Figura I.5- Survey da nova rede da residência, piso 1

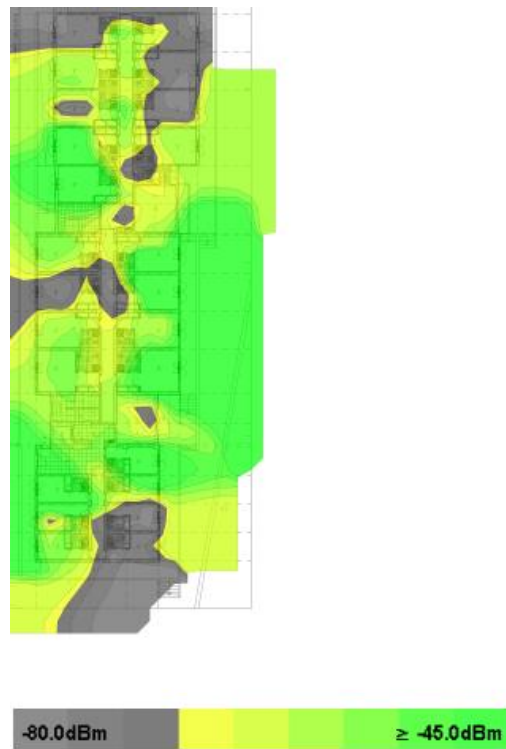


Figura I.6- Potência de sinal da nova rede da residência, piso 1

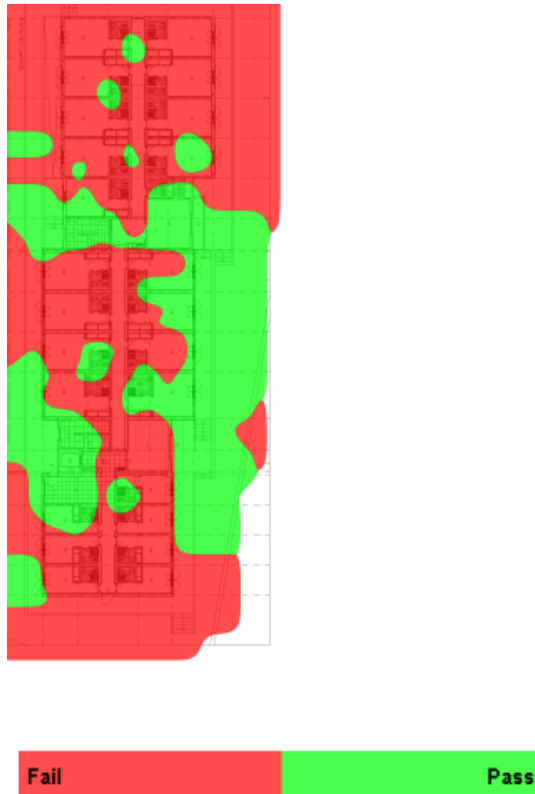


Figura I.7- Estado da nova rede da residência, piso 1

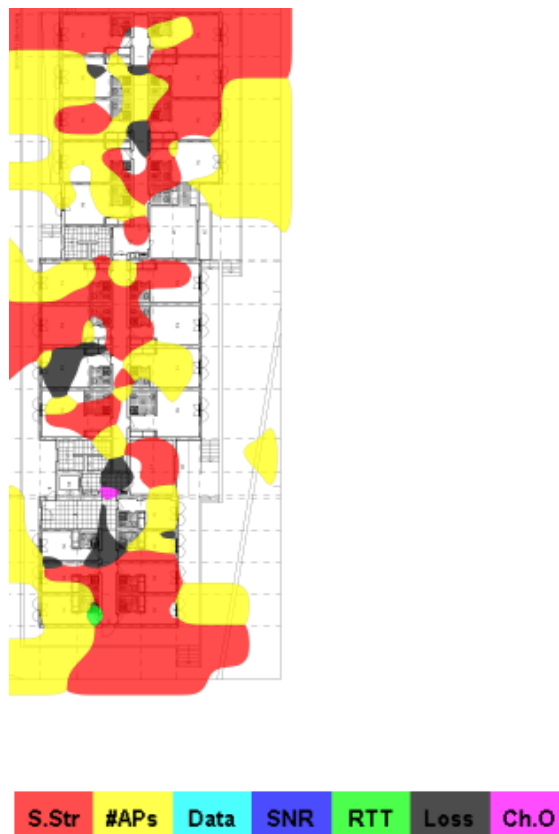


Figura I.8- Problemas da nova rede da residência, piso 1

- **Piso 2**

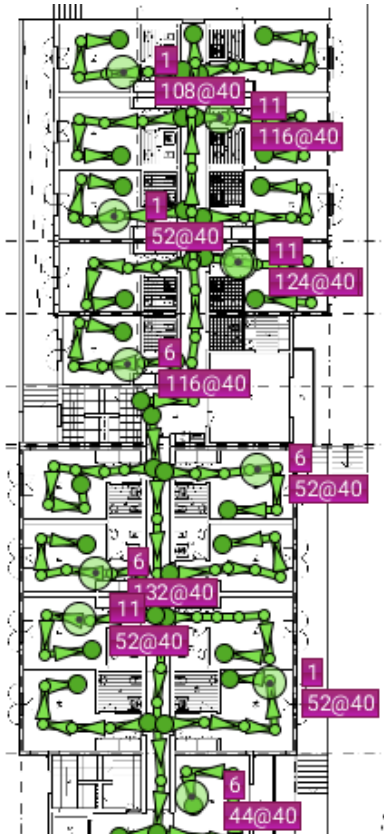


Figura I.9- Survey da nova rede da residência, piso 2

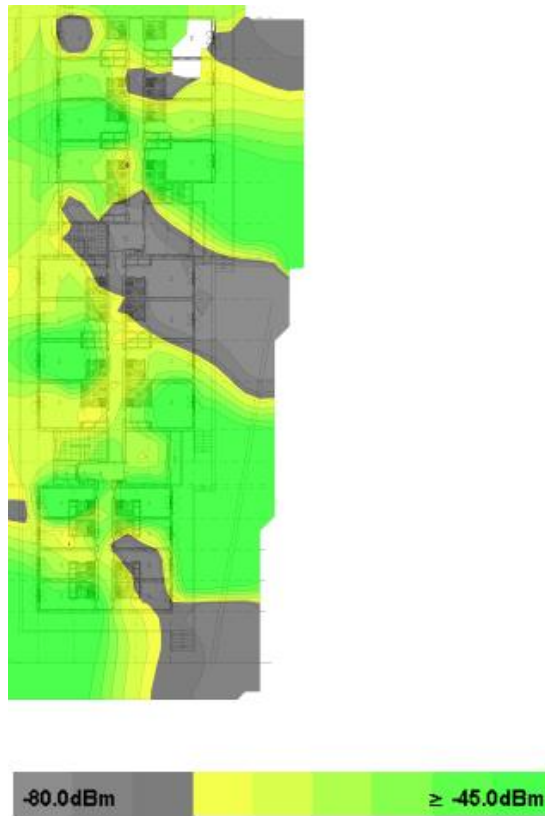


Figura I.10- Potência de sinal da nova rede da residência, piso 2

- **Piso 3**

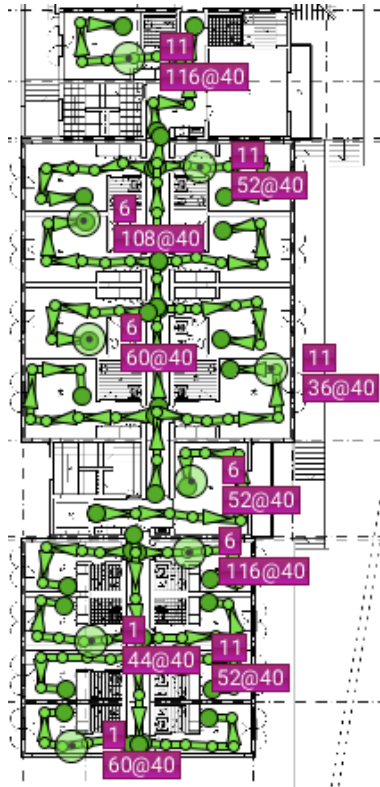


Figura I.11- Survey da nova rede da residência, piso 3

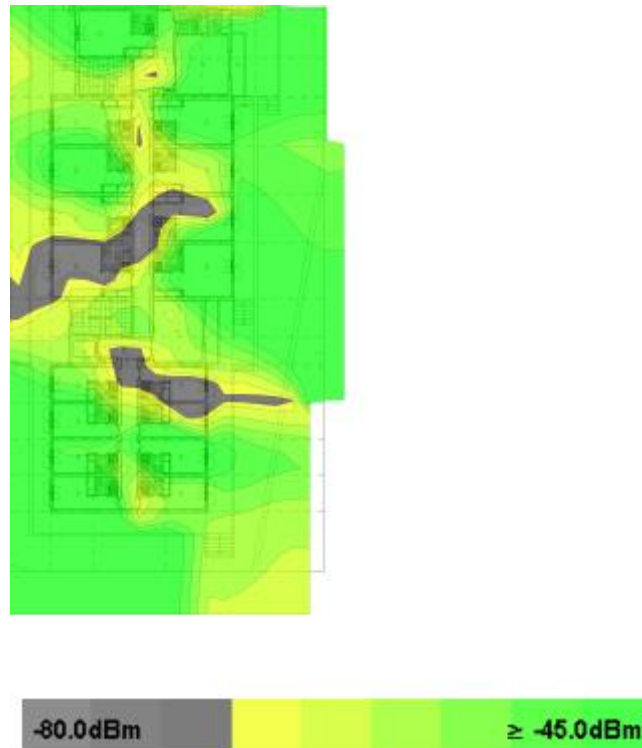


Figura I.12- Potência de sinal da nova rede da residência, piso 3

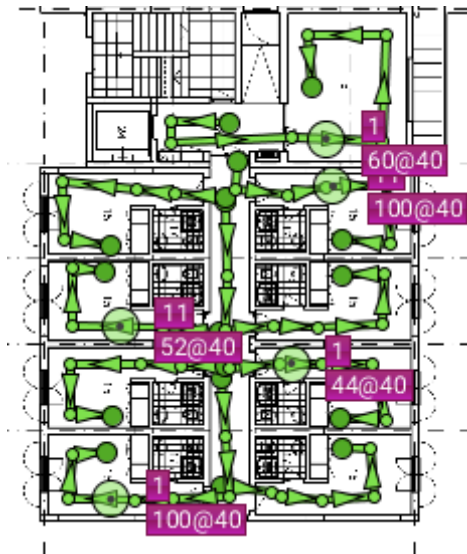


Figura I.13- Survey da nova rede da residência, piso 4

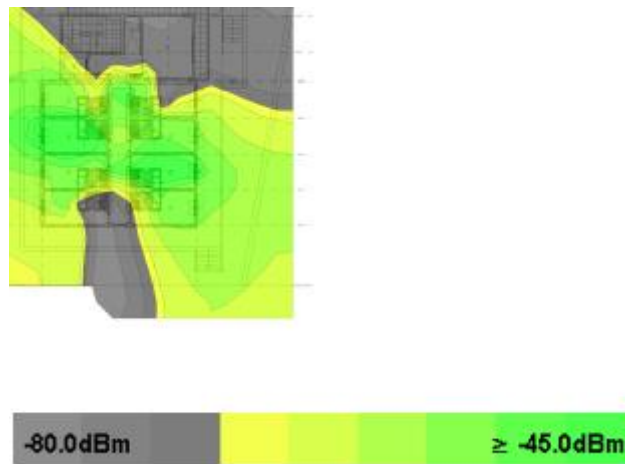


Figura I.14- Potência de sinal da nova rede da residência, piso 4



## Anexo J- Equipamentos e Orçamento do Edifício da Penteada

Neste anexo será apresentado um pequeno levantamento dos equipamentos existentes no mercado, nomeadamente os *access points* e a elaboração de um pequeno orçamento, com o objetivo de estimar o custo da rede do edifício da Penteada.

Para a rede Wi-Fi o equipamento primordial é o *access point*, assim sendo optou-se por realizar uma pesquisa de APs que reúnam as seguintes características:

- Operar segundo a norma 802.11ac;
- Emitir sinais em ambas as bandas, 5GHz e 2.4GHz (*dual band radio*);

Desta forma realizou-se um pequeno estudo acerca dos APs atualmente existentes no mercado, esse estudo encontra-se resumido na tabela J.1. Nessa mesma tabela verifica-se que existem diversos APs de diferentes fabricantes, com características muito semelhantes, daí haver uma certa dificuldade em apontar defeitos a um determinado dispositivo.

Relativamente aos dispositivos identificados destaca-se o Cisco 3802i que tem uma boa relação qualidade/preço, de momento é um dos melhores APs deste fabricante. Possui as últimas características relativas à norma 802.11ac e sendo este um AP *dual radio* que opera nos 2.4GHz e 5GHz separadamente, este AP também permite utilizar ambos os rádios com 5GHz (*dual 5GHz radio*), técnica que tem ganho protagonismo nos últimos meses, possibilitando assim uma maior versatilidade da rede, em termos futuros. Em suma, o AP3802i para além de possuir antenas com bons ganhos, permite o utilizador escolher as frequências de utilização, outra vantagem deste dispositivo é o facto de ser da Cisco, o que permite a compatibilidade com dispositivos desta marca, nomeadamente controladores e *switches*.

A empresa Aruba possui vários dispositivos *wireless* de excelência destacando-se o AP345 e o AP325. Estes dispositivos, em particular, constituem do ponto de vista das características, uma excelente alternativa aos dispositivos Cisco, com uma boa taxa de transmissão de dados e com MU-MIMO muito eficiente. A principal desvantagem destes equipamentos é o elevado preço destes mesmos APs, superior aos equipamentos Cisco em muitos revendedores.

A Ubiquiti é uma empresa que recentemente tem obtido algum espaço no que respeita às redes WI-FI, com o lançamento de vários *access points*, no qual destaca-se o modelo UAP-AC-HD que possui excelentes características como o MU-MIMO com 8 antenas no total, capaz de garantir transmissão total até 4 clientes simultaneamente. Relativamente ao preço, verifica-se que é mais barato do que os APs das principais marcas (cisco, aruba e fortinet) contudo a qualidade de construção aliada a uma eficiência mais baixa, quando comparada com os restantes APs, faz com que não constitua um das principais escolhas para a rede da Penteada.

A Fortinet lançou diversas gamas de APs, sendo que cada série é destinada a um ambiente específico, deste modo para um ambiente universitário ou hospitalar, o AP que se destaca é o FAP-U421EV que concilia num só dispositivo o excelente ganho das antenas (5dBi) e com uma taxa máxima de transmissão de 3.46Gbps.

Tabela J.1- Levantamento de APs existentes no mercado

Fabricante	Cisco				Aruba		Ubiquiti	Fortinet		
<b>Nome do Equipamento</b>	AP3802i	AP2802i	AP1852i	AP1832i	AP-345	AP-325	UAP-AC-HD	FAP-421E	FAP-U421EV	
<b>Características Gerais</b>	802.11 a/b/g/n/ac Dual Band Radio (2.4GHz+5GHz); Suporte 802.11ac Wave 2;									
<b>Outras Características</b>	Dual 5GHz radio (5dBi) Ganho das antenas: - 5GHz (5dBi) - 2.5GHz (4dBi) MU-MIMO 4x4:3 Máx. Data rate: 2.3Gbps		Ganho das antenas: - 5GHz (5dBi) - 2.5GHz (3dBi) MU-MIMO 3x3:2 Máx. Data rate: 1.7Gbps (AP1852i) 867Mbps (AP1832i)		Máx. Data rate: 2.2Gbps Dual 5GHz radio Porta 2.5 GbE MU-MIMO 4x4:4		Máx. Data rate - 5GHz: (1.7Gbps) - 2.4GHz: (800Mbps) Ganho das antenas: 2.5GHz (3dBi) 5GHz (4dBi) MU-MIMO 4x4:4		Máx. Data rate - 5GHz: (1.7Gbps) - 2.4GHz: (800Mbps) Ganho das antenas: - 5GHz (5dBi) - 2.5GHz (4dBi)	Máx. Data rate - 5GHz: (3.46Gbps) - 2.4GHz: (800Mbps) Ganho das antenas: - 5GHz (5dBi) - 2.5GHz (4dBi)
<b>Preço</b>	961,66€ [27]	470,35€ [28]	381,46€ [29]	269,85€ [30]	957,00€ [31]	957,00€ [32]	299,00€ [33]	600,00€ [34]	758,96€ [35]	

Resumindo os principais dados da tabela J.1 verifica-se que a Cisco possui quatro APs muito competentes embora os modelos AP3802i e o AP2802i constituam a gama de excelência apresentada por este fabricante. Estes dois modelos distinguem-se entre si pelo facto do AP3802i possuir algumas funcionalidades secundárias daí o custo por equipamento ser ligeiramente superior ao modelo AP2802i. É importante referir que para além da qualidade das antenas dos equipamentos Cisco e de todas as características físicas, a fidelidade dos mesmos são a imagem de marca deste fabricante.

A maioria dos APs têm características muito semelhantes, daí que o fator preço será determinante na escolha do equipamento mais adequado para a rede. Segundo este critério os APs da Aruba e da Fortinet terão de ser excluídos pelo elevado preço, sobrando os APs da Cisco e da Ubiquiti. Embora o AP da Ubiquiti possua um preço atrativo relativamente às características que o próprio dispositivo apresenta, a fidelidade do mesmo equipamento é muito questionável o que constituiria um risco do ponto de vista monetário pelo elevado número de equipamentos a adquirir.

Assim sendo com base nos dispositivos apresentados, atendendo às características e ao preço, a melhor opção seria provavelmente o AP2802i da Cisco, pois possui genericamente as mesmas características que o AP3802i, a um preço significativamente mais baixo. A Universidade de momento possui algumas controladoras igualmente do mesmo fabricante (WLC 2504) que não estão a ser utilizadas e que são compatíveis com o AP 2802i, reforçando a ideia que a escolha deste AP seria uma mais-valia.

De seguida será efetuado um pequeno orçamento para a cobertura da rede do edifício da Penteada, tabela J.2, onde não será incluído o custo da cablagem necessária para uma nova rede e o custo da mão-de-obra.

Table J.2- Orçamento da rede da Penteada

<b>Material</b>	<b>Nº de Unidades</b>	<b>Preço Unitário</b>	<b>Total</b>
<b>Cisco AP2802i</b>	92	470,35€	43272,2€
<b>Suporte metálico (1006-CCOAP3800)</b>	92	55,00€ [36]	5060€
			48332,2€