

Interferências de Radiofrequência nos Provedores de Internet

Via Rádio: um estudo em São Lourenço Do Oeste

Henrique Ranzan¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Via do Conhecimento, Km 1 – Caixa Postal 85503-390– Paraná – PR – Brasil

henrique.hrz@gmail.com

***Abstract.** Wireless local area networks (WLAN) passed by a big advance, and they are being used in various areas such as hospitals, offices, schools, homes, etc. This system, by the fact that practicality and because it has an easy configuration, and by it to be reasonably cheap too, your use became popularized. Many companies began provide Internet access through wireless technology. However, this facility can bring issues relating to the operation of wireless technology, considering that this results in an excessive number of similar equipment operating simultaneously. If these equipments are fitted in nearby locations, configured in frequency bands equal or approximate and defined with configurations of inadequate potency, they end up causing radio frequency interferences. With base in the analysis of these aspects were identified negative influences in the functioning of wireless connections in city of São Lourenço Do Oeste. Then, based in this field research was done this article that suggests ways to identify and treat outbreaks of interference between the links of wireless networks.*

Resumo. As redes locais sem fio (WLAN) passaram por um grande avanço e estão sendo usadas em diversas áreas, como em hospitais, escolas, escritórios, faculdades, residências, etc. Este sistema, pelo fato de ter praticidade, configuração fácil, e também ser consideravelmente barato, ele teve seu uso popularizado. Muitas empresas começaram a disponibilizar o acesso à internet através da tecnologia sem fio. Entretanto, essa facilidade pode trazer possíveis problemas referentes ao funcionamento da tecnologia sem fio, considerando que isso resulta em um número excessivo de equipamentos similares operando simultaneamente. Se estes equipamentos forem instalados em localidades próximas, configurados em faixas de frequências iguais ou aproximadas e definidos com configurações de potência inadequadas, acabam originando a interferência de radiofrequência. Com base na análise destes aspectos foram identificadas influências negativas no funcionamento das conexões sem fio na cidade de São Lourenço do Oeste. Então, baseada nessa pesquisa de campo foi feito este artigo que sugere meios de identificar e tratar os focos das interferências entre os enlaces de redes sem fio.

1. Introdução

O forte desenvolvimento tecnológico das últimas décadas e a constante necessidade de comunicação ágil e eficiente impulsionou o crescimento da comunicação sem fio, que passou a ser uma forma alternativa de fornecimento de conectividade tanto em áreas domiciliares quanto corporativas (SILVA, 2006, p.13).

De modo paralelo a este avanço, muitas empresas perceberam a oportunidade que essa expansão dispunha, e assim conceberam o fornecimento do acesso à internet através do sistema sem fio na frequência de 2,4 GHz.

Logo que a WLAN se tornou uma opção viável em lugares em que outras conexões não chegavam, os provedores de internet via rádio se desenvolveram significativamente em bairros suburbanos das grandes cidades e especialmente em cidades do interior (SILVA, ARAÚJO e RODRIGUES, 2007, p.2).

A WLAN (*Wireless Local Area Network*) é um termo usado para definir uma rede de computadores que fazem uso da tecnologia *wireless*, dentro de um local físico como uma casa, escritório, aeroporto, hotel, etc.

Em contrapartida, essa oportunidade provocou uma intensa concorrência entre os provedores. Estes, então, ampliaram seu campo de cobertura nas cidades em busca de mais clientes, e assim causaram um aumento considerável na quantidade de torres de transmissão e pontos de acesso.

Porém, o excesso de equipamentos com essa tecnologia, somado à falta de importância dada à instalação e às configurações, podem ocasionar problemas referentes à interferência de radiofrequência que pode dar-se devido à sobreposição de canais e a irradiação para o mesmo campo de cobertura.

A interferência pode se originar em decorrência de vários fatores, tais como: equipamentos muito próximos uns dos outros, equipamentos atuando em faixas de frequências iguais ou aproximadas, e configuração de potência excessiva no sinal que também pode causar interferência ou enfraquecimento do sinal.

Problemas como estes podem acarretar uma utilização negativa dos recursos no ambiente de comunicação, provocando uma significativa redução no desempenho das redes independentes, mas que operam em simultaneidade com outras (SILVA, 2006, p.15).

A ideia da elaboração deste trabalho surgiu a partir da constatação de problemas no provedor de internet localizado na cidade de São Lourenço Do Oeste referentes ao funcionamento da internet em clientes habilitados em determinadas torres de transmissão, nos quais se constatou navegação online lenta e oscilação no funcionamento.

Este trabalho propõe-se a apresentar os padrões que influenciam de maneira considerável a interferência de radiofrequência, bem como ressaltar a importância do conhecimento sobre o funcionamento das redes sem fio, além de expor os modos adequados de configurar os equipamentos dessa tecnologia, e, desse modo, melhorar o desempenho do serviço prestado por esses provedores.

2. Pressupostos Teóricos

2.1 Wireless

Vários fabricantes de hardware de rede aproveitaram o crescimento da tecnologia sem fio para produzirem equipamentos. Isso tornou necessária a tomada de medidas para garantir a compatibilidade entre eles. Por isso o IEEE¹ (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) implementou a família de protocolos 802.11, criando uma "linguagem" comum entre os equipamentos produzidos (BROD, 2008, p.18).

O método de conexão Wi-fi (*Wireless Fidelity*) condiz com o nome da certificação expedida pela Wi-fi *Aliance*, o órgão designado para assegurar a interoperabilidade entre os produtos que respondem ao padrão IEEE 802.11. Porém, este termo se tornou sinônimo do conjunto de especificações dos protocolos 802.11a/b/g, que comporta a conexão entre diversos dispositivos sem fio (FELICE, 2005, p.2).

¹IEEE: Organização profissional formada por engenheiros eletricitas, cientistas da computação e profissionais de telecomunicações em geral, com o objetivo de prover conhecimento destas áreas e estabelecer padrões para formatos de computadores e dispositivos.

2.2. Pilha de Protocolos 802.11

Apilha de protocolos 802.11, a partir de sua implementação, transformou-se na tecnologia de conexão sem fio mais usada no mundo, também promove a disposição de aparelhos celulares, notebooks e diversos outros dispositivos portáteis que já são produzidos com a integração dessa tecnologia (WIRELESS, 2008). Por se tratar de uma tecnologia de transmissão por radiofrequência, o IEEE determinou que o padrão operasse no intervalo de frequências entre 2,4 GHz e 2,4835 GHz, segundo afirmação de Felice (2005, p. 4).

2.3. Frequências e Canais

Segundo Brod (2008, p.29), o espectro eletromagnético das ondas de rádio é dividido em faixas que são determinadas por agências reguladoras que as reserva a determinados serviços. Essas faixas são divididas em frequências menores igualmente distribuídas, que são chamadas de canais.

No Brasil, os dispositivos que usam a tecnologia sem fio e que operam na frequência 2,4 GHz usam os padrões IEEE 802.11b/g, e que possuem 13 canais distintos para sua operação (RF, 2008).

Porém, a maioria dos equipamentos que são vendidos e utilizados no Brasil foram fabricados nos Estados Unidos da América, que dispõem de 11 canais somente para comunicação.

2.4. Emendas da Pilha de Protocolos 802.11

Dentro da pilha de protocolos 802.11 existem algumas emendas. Conforme Brod (2008, p.18), cada emenda tem determinadas aplicações e características. A seguir será abordada a emenda 802.11b.

2.5. Emenda 802.11b

A emenda 802.11b, que trabalha na frequência de 2,4 GHz, é a mais usada, pois foi lançada antes das outras e por isso é mais popular entre os usuários e instaladores de redes sem fio.

Brod (2008, p.18) destaca que esta emenda ocupa uma porção da banda ISM entre 2,400 e 2,495 GHz e que a transmissão de dados tem uma disposição máxima de 11 Mbps, no qual tem uma utilização real de cerca de 5Mbps.

Essa emenda também é utilizada atualmente na instalação de Internet via rádio nas áreas metropolitanas e rurais. (FELICE, 2005, p.4).

Os canais, na frequência de 2,4GHz tem largura de 22 MHz, mas estes são separados somente por 5 MHz, e assim pode haver intersecção em meio aos canais adjacentes (BROD, 2008, p.29).

Na Figura 1 a seguir, pode-se analisar a maneira como a banda de 2,4 GHz é usada na emenda 802.11b

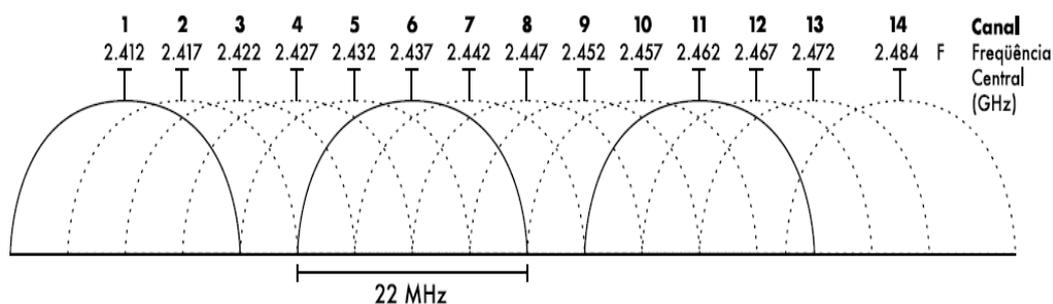


Figura 1. Canais e frequências do protocolo 802.11b.

Observando a Figura 1, é possível observar que os canais 1, 6 e 11 se respeitam em relação a essa questão da sobreposição de canais.

A popularidade da emenda 802.11b fez com que surgisse um número exagerado de equipamentos operando na frequência de 2,4GHz, como roteadores sem fio e AP's. O termo AP (*Access Point*), também chamado de ponto de acesso, é um dispositivo em uma rede sem fio que realiza a interconexão entre todos os dispositivos móveis.

Além disso, Ross (2003, p.58) afirma que outros serviços de rede, junto com os telefones sem fio, fornos de micro-ondas e serviços Bluetooth, usam o mesmo conjunto de frequências de 2,4GHz.

2.6. Interferência de Radiofrequência

O termo interferência é muito usado para definir as perturbações ocasionadas por outras fontes de radiofrequência, como canais próximos.

Segundo Junior (2010), “os equipamentos que utilizam a tecnologia de rede sem fio enviam sinais eletromagnéticos (ondas) pelo ambiente, criando um campo eletromagnético em volta de si. Esse campo, se em contato com outro campo de mesma frequência, gera a interferência entre as ondas”.

Na colisão de duas ondas de rádio, se os picos ocorrerem ao mesmo tempo, elas podem se somar, formando a interferência construtiva. E, ao contrário, quando um pico de uma onda ocorre em um vale de outra, acontece a interferência destrutiva (BROD, 2008, p.35).

“Em qualquer lugar em que ondas de amplitudes iguais e picos opostos cruzem seus caminhos, a onda de rádio é aniquilada e nenhum sinal poderá ser recebido” (BROD, 2008, p.35).

Observe a Figura 2.

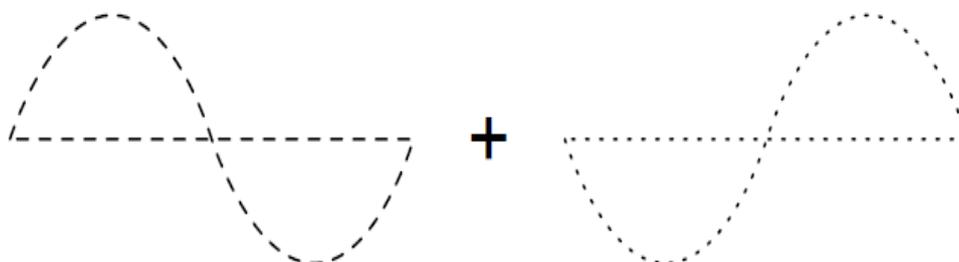


Figura 2. Interferência destrutiva das ondas de rádio.

A interferência de radiofrequência destrutiva é a mais comum, sendo mais provável que as ondas se ajustem de maneira totalmente opostas, eliminando a possibilidade de transmissão de dados (BROD, 2008, p.35).

3. Metodologia E Desenvolvimento De Pesquisa

3.1. Distribuição das Torres de Transmissão

O estudo de caso foi realizado em São Lourenço Do Oeste, onde existem oficialmente três provedores de acesso à Internet que utilizam a tecnologia de rede sem fio na frequência de 2,4GHz.

Foi realizada uma análise da localização das torres de transmissão (também chamadas de POP's² (*Points of Presence*)) dos três provedores, e realizada a disposição das torres de cada provedor em um mapa.

Os dados obtidos das torres de transmissão puderam ser coletados através de softwares específicos para análises de redes sem fio, das contínuas atividades

²POP: Termo de informática e telecomunicações, para caracterizar torres destinadas a fornecer ligações não permanentes de redes.

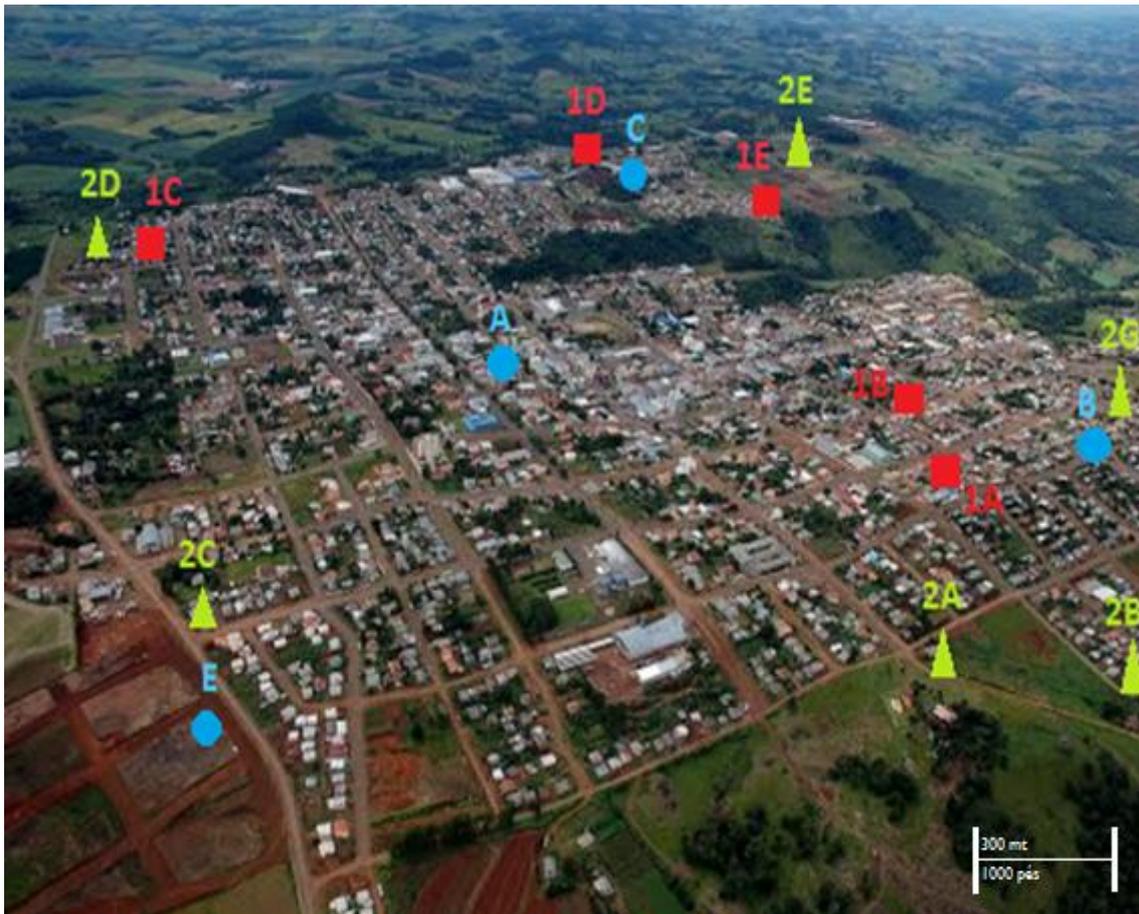


Figura 4. Foto aérea de São Lourenço Do Oeste com as torres de transmissão.

Observando a Figura 3 e a Figura 4, já é possível ter uma ideia da falta de planejamento na disposição física das torres de transmissão dos provedores de internet via rádio em São Lourenço Do Oeste, sabendo que essas torres podem comportar vários AP's, que são necessários para distribuir o sinal para um determinado campo de cobertura.

Levando em conta que a cidade em questão é de pequeno porte no que diz respeito a sua extensão territorial e como podem ser observadas nas escalas de distância da Figura 3 e 4, as torres de transmissão estão concentradas, na sua maioria, em locais comuns e muito próximos uns dos outros.

3.2. Análise das Torres de Transmissão

Para dar início a análise das torres de transmissão identificadas na frequência de 2,4 GHz, foi feita a utilização de equipamentos e procedimentos já estudados.

Os equipamentos usados foram um notebook equipado com uma placa de tecnologia sem fio 802.11 b/g. Para “varrer” as torres de transmissão foi usado o software Inssider.

Este software permite uma varredura completa dos equipamentos que trabalham na frequência 2,4 GHz, e mostram informações como os nomes dos AP's (SSID - *Service Set Identifier*), canal de operação, intensidade do sinal, nível de segurança, endereços MAC, RSSI³ e tipo da rede, além de um gráfico de utilização dos canais de operação.

A análise das torres de transmissão foi realizada através de técnicas de wardriving (SILVA, 2006). Tal método consiste em fazer a procura por redes sem fio

³RSSI: (ReceivedSignalStrengthIndication- Indicação da Intensidade do Sinal Recebido) É a medida que indica qual é a potência de um sinal recebido.

conduzindo um veículo e com o auxílio de notebooks providos com tecnologia de rede IEEE 802.11 e um software que pode fazer a varredura destas redes.

O método de wardriving permitiu a realização de uma varredura precisa dos AP's com a finalidade de obter informações e também para descrever a forma como ela foi realizada.

Silva (2006, p.14 - 15) destaca que, “de posse dessas informações, torna-se possível descobrir os AP's presentes em uma região e seus canais de operação. Além disso, também é possível inferir, com alguma imprecisão, o posicionamento destes AP's”.

3.2.1. Torres de transmissão – “Empresa 1”

As informações coletadas (apresentadas nas Sessões 3.1 e 3.2) foram filtradas e organizadas para se ter uma melhor noção da situação das torres de transmissão em São Lourenço Do Oeste.

Na Tabela 1 se encontramos AP's presentes no Torre “b” da “Empresa 1”, conforme visualizado anteriormente no mapa das torres de transmissão dos provedores, na Figura 3 e na foto da Figura 4.

Tabela 1. Informações dos AP's na torre de transmissão “b” da “Empresa 1”.

PONTO	NOME	ENCRIPTAÇÃO	FREQUENCIA	CANAL
B	POP_A	Nenhuma	2.4 GHz	1
	POP_B	Nenhuma	2.4 GHz	11
	POP_D	Nenhuma	2.4 GHz	6

Essa torre contém três (3) painéis setoriais⁴ verticais do modelo *Airmax* Base Station da *Ubiquiti Networks*, com ganho de 15 dBi⁵ cada, e estão instalados de forma que cobrem um campo direcional de 360° (120° cada) em relação à cidade.

Esses painéis setoriais, ou também chamados de antenas direcionais, possuem um ângulo de 120° que possibilita uma maior abrangência do campo de cobertura, podem ser instalados em clientes que utilizam a Internet via rádio e também para aplicação em torres de transmissão sem fio. Isso torna possível a comunicação sem fio em longas distâncias com até 15 km (WIRELESSRJ).

Esta torre comporta os AP's POP_A, POP_B e POP_D que operam na frequência de 2,4 GHz, que, por sua vez, são os painéis setoriais que se encontram na extensão da torre, como pode ser observada na Figura 5.

⁴Painel Setorial: Tipo de antena que emite sinal apenas para um setor, com versão de irradiação de 90°, 120° e 180°.

⁵dBi: Medida usada em antenas para determinar seu ganho em relação a uma antena isotrópica (Quanto maior o ganho da antena, melhor será a qualidade do sinal). Uma antena isotrópica é uma antena ideal, que emite potência de forma igual em todas as direções, porém, impossível de ser construída.



Figura 5. Foto da torre "b" da “Empresa 1”, torre à direita.

O torre de transmissão “b” da “Empresa 1”, por possuir os AP’s com maior quantidade de habilitações de clientes, foi a torre escolhida para realizar as análises e reproduzir os resultados alcançados.

3.2.2. Torres de transmissão “Empresa 1” x “Concorrente 1”

A “Concorrente 1” possui muitos AP’s operando na frequência de 2,4GHz. Observe a Tabela 2:

Tabela 2. Informações das torres de transmissão da “Concorrente 1”.

PONTO	NOME	ENCRIPTAÇÃO	FREQUENCIA	CANAL
1A	PALMASNET_CD2	Aberto	2.4 GHz	8
	PNCD	Aberto	2.4 GHz	9
	PNCD1	Aberto	2.4 GHz	9
	PNCD_M2	WPA2	2.4 GHz	2
1B	PALMASNET_PR1	Aberto	2.4 GHz	1
	PNPR	Aberto	2.4 GHz	5
	PNPR_M2	WPA2	2.4 GHz	5
1C	PNCC	Aberto	2.4 GHz	3
	PNCC_M2	WPA2	2.4 GHz	1
1D	PALMASNET_SF1	Aberto	2.4 GHz	11
	PN_SFM2	WPA2	2.4 GHz	12
1E	PN_MORRO_BICARE_PEDRO	WPA2	2.4 GHz	1
1F	PN_MENEGUETTI	WPA2	2.4 GHz	3

Com posse das informações dos AP’s da “Concorrente 1” e da localização física de suas torres de transmissão, foram levantados os dados referentes à direção de irradiação de cada um desses AP’s em comparação com os AP’s da torre “b” da “Empresa 1”.



Figura 7. Proximidade da Torre "B" da "Empresa 1" e da Torre "1B" da "Concorrente 1".

Observe na Figura 7, que a torre "1b" da "Concorrente 1" e a torre "b" da "Empresa 1" são separadas somente por algumas residências, tamanha a proximidade entre elas.

Isso pode ser confirmado também através da varredura dos AP's feito pelo software Insider, como mostra a Figura 8.

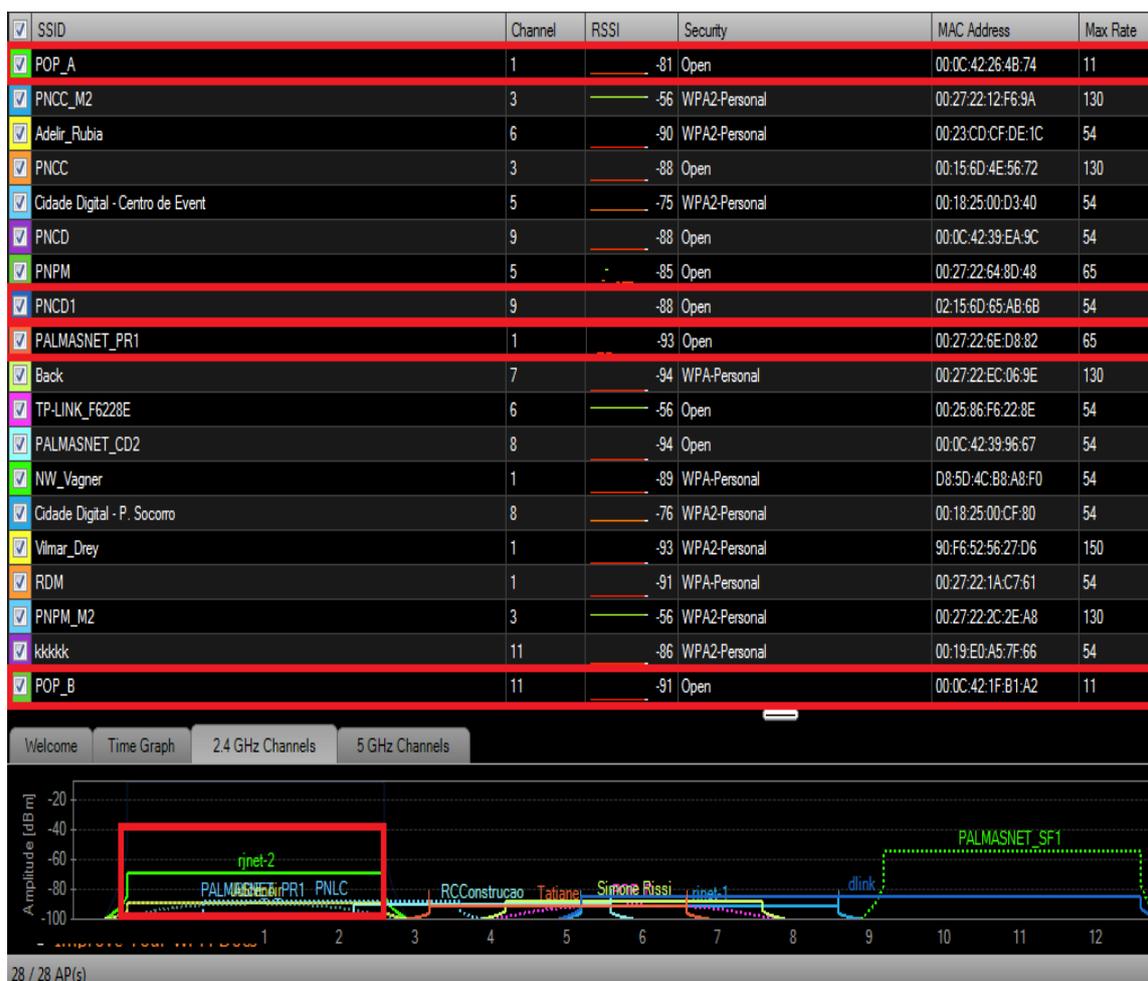


Figura 8. Comparação entre o AP POP_A e PALMASNET_PR1 e PNCD1 e POP_B.

Como se pode observar no gráfico de canais na parte inferior (2,4 GHz Channels) da Figura 8, as duas torres estão operando no mesmo canal (canal 1), ocasionando uma colisão de canal.

Analisando novamente a Figura 6, 7 e 8, pode ser notado que o AP com nome de PNCD1 da “Concorrente 1”, que está operando no canal 9, e também o AP POP_B da “Empresa 1”, que está operando no canal 11, estão com seus ângulos de irradiação na mesma direção e cobrindo o mesmo campo.

Na frequência de 2,4 GHz, quando dois equipamentos estão próximos e operando em canais “vizinhos”, é muito provável que ocorra a sobreposição de canais.

“A sobreposição de sinal acontece quando os canais são diferentes, mas a transmissão ‘encosta’ na do lado, ou seja, parte do sinal se choca com o canal vizinho” (KARASINSKI, 2014).

Conforme a irradiação de sinal mostrada na Figura 6, existe ainda outra sobreposição de canais entre as torres PALMASNET_CD2 da “Concorrente 1” e a torre POP_D. A torre de transmissão da “Concorrente 1” está operando no canal 8 e a torre “Empresa 1” está operando no canal 6, sendo que os dois estão irradiando sinal para a mesma direção.

A Figura 9 mostra a colisão de canal que foi encontrada através do software Inssider.

✓ TP-LINK_F6228E	6	-56	Open
✓ PALMASNET_CD2	8	-94	Open
✓ NW_Vagner	1	-89	WPA-Personal
✓ Cidade Digital - P. Socorro	8	-76	WPA2-Personal
✓ Vilmar_Drey	1	-93	WPA2-Personal
✓ RDM	1	-91	WPA-Personal
✓ PNPM_M2	3	-56	WPA2-Personal
✓ kkkkk	11	-86	WPA2-Personal
✓ POP_B	11	-91	Open
✓ R	1	-89	WPA2-Personal
✓ Cidade Digital - Bairro Cruzeiro	7	-76	WPA2-Personal
✓ roma	12	-89	WPA2-Personal
✓ POP_D	6	-90	Open
✓ Connectify-me- Neudemir (:	10	-56	WPA2-Personal

Figura 9. Comparação entre o AP PALMASNET_CD2 e o AP POP_D.

De acordo com estes dados foi possível encontrar três possíveis focos de interferência de radiofrequência entre as torres de transmissão da “Concorrente 1” e “Empresa 1” operando na frequência de 2,4 GHz.

3.2.3. Torres de transmissão “Concorrente 2” x “Empresa 1”

As torres de transmissão da “Concorrente 2” contém somente um AP cada um, ao contrário da “Concorrente 1” e da “Empresa 1”, que possuem, em algumas torres, mais de um AP. Observe a Tabela 3:

Tabela 3. Informações das torres de transmissão da “Concorrente 2”.

PONTO	NOME	ENCRIPÇÃO	FREQUENCIA	CANAL
3A	Cidade Digital - Centro de Event	WPA2	2.4 GHz	5
3B	Cidade Digital - Bairro Cruzeiro	WPA2	2.4 GHz	7
3C	Cidade Digital - P. Socorro	WPA2	2.4 GHz	8
3D	Cidade Digital - Bairro Progress	WPA2	2.4 GHz	10
3E	Cidade Digital - Escola SL	WPA2	2.4 GHz	8
3F	Cidade Digital - Martinelo	WPA2	2.4 GHz	7
3G	Cidade Digital - Escola SC	WPA2	2.4 GHz	4

Analisando a Tabela 3 e a Tabela 1, pode-se notar que o AP Cidade Digital – Centro de Event opera no canal 5 e o AP Cidade Digital – Bairro Cruzeiro está operando no canal 7, e já o AP POP_D da “Empresa 1” está operando no canal 6.

Observe a Figura 10, referentes a essas três AP’s:



Figura 10. Irradiação de sinal dos AP's Centro de Event e Bairro Cruzeiro e o AP POP_D.

Como visualizado na Figura 10, as torres de transmissão da “Concorrente 2”, que são dois AP's omnidirecionais, estão irradiando sinal para o mesmo campo do AP POP_D da torre “b” da “Empresa 1”.

Na Figura 11 pode ser observado que os canais destes AP's estão se sobrepondo.

<input checked="" type="checkbox"/>	Cidade Digital - Centro de Event	5	-63	WPA2-Personal
<input checked="" type="checkbox"/>	TP-LINK_F6228E	6	-56	Open
<input checked="" type="checkbox"/>	PALMASNET_CD2	8	-94	Open
<input checked="" type="checkbox"/>	NW_Vagner	1	-89	WPA-Personal
<input checked="" type="checkbox"/>	Cidade Digital - P. Socorro	8	-76	WPA2-Personal
<input checked="" type="checkbox"/>	Vilmar_Drey	1	-93	WPA2-Personal
<input checked="" type="checkbox"/>	RDM	1	-91	WPA-Personal
<input checked="" type="checkbox"/>	PNPM_M2	3	-56	WPA2-Personal
<input checked="" type="checkbox"/>	kkkkk	11	-86	WPA2-Personal
<input checked="" type="checkbox"/>	POP_B	11	-91	Open
<input checked="" type="checkbox"/>	R	1	-89	WPA2-Personal
<input checked="" type="checkbox"/>	Cidade Digital - Bairro Cruzeiro	7	-76	WPA2-Personal
<input checked="" type="checkbox"/>	roma	12	-89	WPA2-Personal
<input checked="" type="checkbox"/>	POP_D	6	-90	Open
<input checked="" type="checkbox"/>	Connectify-me- Neudemir (:	10	-56	WPA2-Personal
<input checked="" type="checkbox"/>	Cidade Digital - Martinele	7	-77	WPA2-Personal
<input checked="" type="checkbox"/>	PNAL	2	-88	Open
<input checked="" type="checkbox"/>	PN_ALM2	2	-56	WPA2-Personal
<input checked="" type="checkbox"/>	milan	1	-87	WPA2-Personal

Figura 11. Comparação entre os AP's Centro de Event e Bairro Cruzeiro e o AP POP_D.

De acordo com a Figura 11, que mostra os canais dos pontos de acesso analisados, e a Figura 10, que mostra a direção da irradiação de sinal, pode-se afirmar que também existem focos de interferência de radiofrequência com os AP's da “Concorrente 2”.

As sobreposições de canais, somadas à colisão do campo de irradiação de sinal, podem causar a interferência de radiofrequência entre os AP's dos provedores de internet via rádio.

3.3. Análise de Espectro de Radiofrequência

A interferência de radiofrequência pode causar, desde casos temporários de lentidão nos clientes de internet via rádio habilitados nas torres de transmissão afetadas, até quedas, travamentos ou indisponibilidade para acessar o equipamento.

Quando o nível de interferência está muito alto, a rede pode ficar lenta sem motivo aparente ou até inoperante, ocasionando também altas taxas de retransmissão de dados devido ao conflito ou perda dos pacotes. (WLAN, 2011).

Através da análise de espectro de frequência é possível detectar o nível dessas interferências. Segundo Bonfim (2003, p.1), o analisador de espectro é uma ferramenta usada para a análise de sinais alternados no domínio da frequência. Examinando os sinais eletromagnéticos que passam ou que são transferidos por seu sistema ou dispositivo, pode-se determinar o desempenho destes e descobrir problemas na rede.

Dentre os focos de interferência de radiofrequência que foram apresentadas nas Sessões 3.2.2 e 3.2.3, foi selecionado para a análise de espectro o foco entre os AP's PALMASNET_PR1, que está na torre "1b" da "Concorrente 1", e o AP POP_A da torre "b" da "Empresa 1". Ambos operam no canal 1 e irradiam o sinal para a mesma direção.

A análise de espectro foi realizada com o auxílio do software *AirView Spectrum Analyzer* da Ubiquiti Networks e através de um módulo USB do mesmo fabricante, e tal análise visa diagnosticar os níveis dos focos de interferência de radiofrequência por consequência das sobreposições de canais mostradas nas Sessões 3.2.2 e 3.2.3.

Essa análise pode ser observada na Figura 12, a qual mostra os níveis de frequência dos dois AP's.

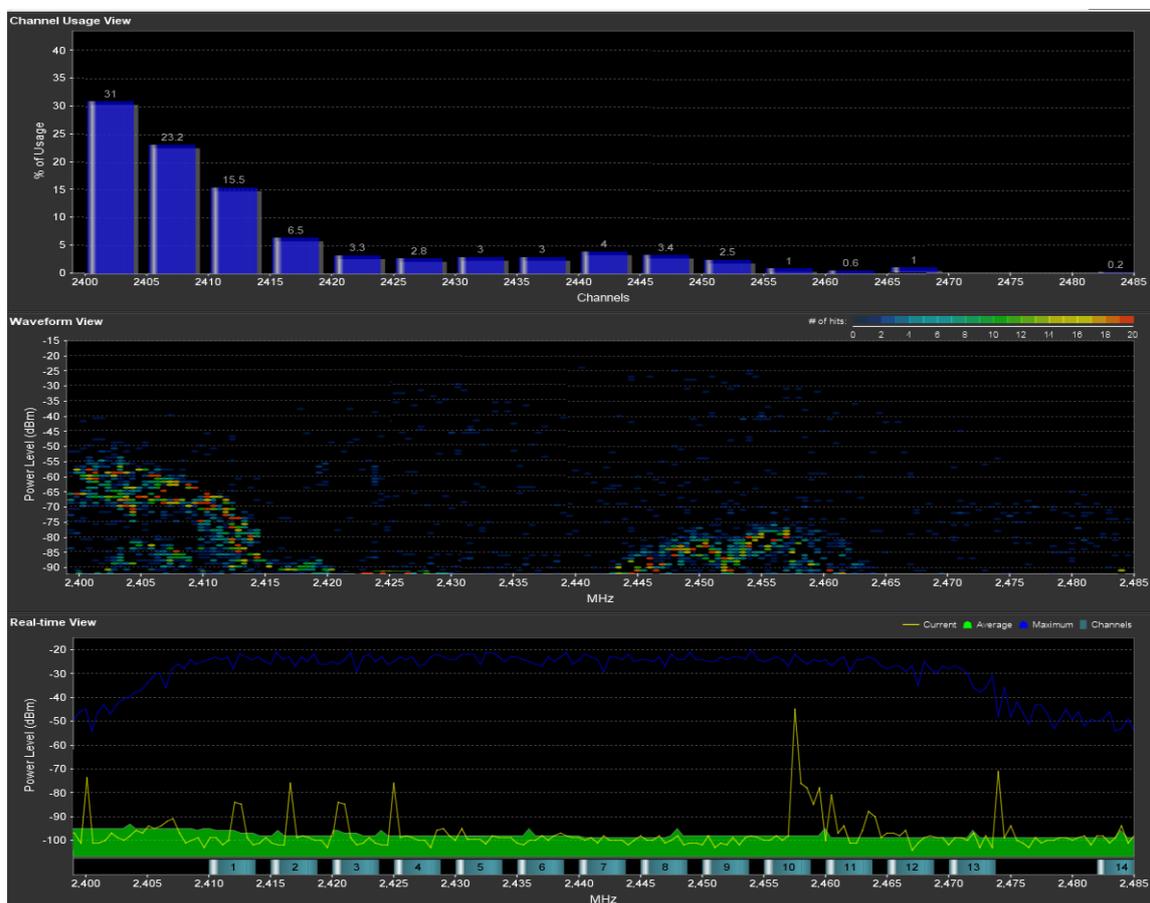


Figura 12. Análise de espectro de radiofrequência no AP POP_A da "Empresa 1".

Veja na Figura 12: o primeiro gráfico (*ChannelUsageView*) é utilizado para determinar o melhor canal para configurar uma rede sem fio. Neste gráfico, cada canal é representado por uma barra que indica a porcentagem de "aglomeração" relativa de cada canal. Esta porcentagem é calculada através da análise da popularidade e da potência da energia de radiofrequência no canal (AirView, 2013).

O segundo gráfico (*Waveform Chart*) mostra a agregação de energia coletada. A cor azul representa a energia com uma potência e frequência particular que aparece no ar com uma ocorrência relativamente baixa, sendo que cores mais vivas (verde, amarelo, laranja, e principalmente vermelho) de energia indicam o aparecimento de energia com uma potência e frequência com uma maior ocorrência (AirView, 2013).

O último gráfico (*Real-time View*), por sua vez, mostra um analisador de espectro tradicional, no qual a energia é mostrada em tempo real em função da frequência (AirView, 2013).

Observando a Figura 12, é possível perceber que existe uma grande concentração de energia eletromagnética paralela na faixa de frequência 2,412 GHz (canal 1), representado no segundo gráfico (*WaveformView*) mostrado pelo software. A área que se encontra na cor vermelha mostra que há uma interferência causada por dois ou mais agentes que estão utilizando a mesma faixa de frequência, no caso do estudo os dois agentes são os AP's PALMASNET_PR1, que está na torre "1b" da "Concorrente 1", e o AP POP_A da torre "b" da "Empresa 1".

A Figura 12 ainda mostra a distribuição de energia eletromagnética por canal, deixando visível qual canal está congestionado e qual se encontra com menor uso, como pode ser observado no primeiro gráfico (*% forUsage*).

Além disso, pode ser visualizada no gráfico inferior (*PowerLevel*) a concentração de energia que é baseada em um período de tempo para cada canal.

3.4. Teste de *Ping*

Foi realizado o teste de *Ping*⁶ para avaliar a qualidade da transmissão de dados até o AP POP_A da "Empresa 1".

O funcionamento do *ping* consiste no envio de pacotes para o destino e na "escuta" das respostas. Se o equipamento de destino estiver ativo, uma "resposta" é devolvida ao computador solicitante.

Deste modo, é possível medir quantos milissegundos (ms) um pacote de informações leva para ir até um equipamento de destino e voltar. De forma simples, quanto menor o valor que ele retornar, mais rápida é a conexão.

O teste foi realizado em um computador qualquer, que efetuou o *ping* até o endereço IP configurado no AP. Isso pode ser observado na Figura 13:

⁶*Ping*: Abreviação do termo em inglês "*Packet Internet Network Grouper*", é um utilitário que usa o protocolo ICMP para testar a conectividade entre equipamentos, ou seja, o tempo de ida e volta de um pacote de informações entre dois computadores.

```
Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe
Esgotado o tempo limite do pedido.
Esgotado o tempo limite do pedido.
Resposta de 177.125.56.33: bytes=32 tempo=48ms TTL=122
Resposta de 177.125.56.33: bytes=32 tempo=89ms TTL=122
Resposta de 177.125.56.33: bytes=32 tempo=144ms TTL=122
Resposta de 177.125.56.33: bytes=32 tempo=93ms TTL=122
Resposta de 177.125.56.33: bytes=32 tempo=136ms TTL=122
Resposta de 177.125.56.33: bytes=32 tempo=378ms TTL=122
Esgotado o tempo limite do pedido.
Resposta de 177.125.56.33: bytes=32 tempo=53ms TTL=122
Resposta de 177.125.56.33: bytes=32 tempo=53ms TTL=122
Esgotado o tempo limite do pedido.
Resposta de 177.125.56.33: bytes=32 tempo=114ms TTL=122
Resposta de 177.125.56.33: bytes=32 tempo=72ms TTL=122
Resposta de 177.125.56.33: bytes=32 tempo=98ms TTL=122
Resposta de 177.125.56.33: bytes=32 tempo=61ms TTL=122
Resposta de 177.125.56.33: bytes=32 tempo=54ms TTL=122
Estatísticas do Ping para 177.125.56.33
Pacotes: Enviados = 100, Recebidos = 70, Perdidos = 30 (30% de perda).
Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:
Mínimo = 38ms, Máximo = 824ms, Média = 109ms
```

Figura 13. Teste do ping realizado até o endereço IP do AP POP_A.

Na Figura 13 é possível verificar que o tempo de resposta da antena para o pacote ir até o destino e voltar é alto, em média 109ms (milissegundos). Além disso, há 30% de perda, sendo que quanto maior valor com que ele retornar, mais lenta é a transmissão de dados.

A varredura de redes sem fio na frequência de 2,4GHz, a análise de espectro eletromagnético e o teste do ping apontam para a possível existência de dois equipamentos sem fio operando na mesma faixa de frequência. Ambos também possuem campos de cobertura comuns, o que consequentemente pode ocasionar a interferência de radiofrequência.

4. Soluções Práticas dos Problemas

4.1. Procedimentos Realizados

Como os AP's POP_A da "Empresa 1" e o PALMASNET_PR1 da "Concorrente 1" estavam configurados no canal 1 da frequência de 2,4 GHz, a primeira medida a ser tomada foi à troca dos canais da torre "b" da "Empresa 1". Assim, o AP POP_A foi configurado no canal 6, como pode ser visto na Figura 14 a seguir:

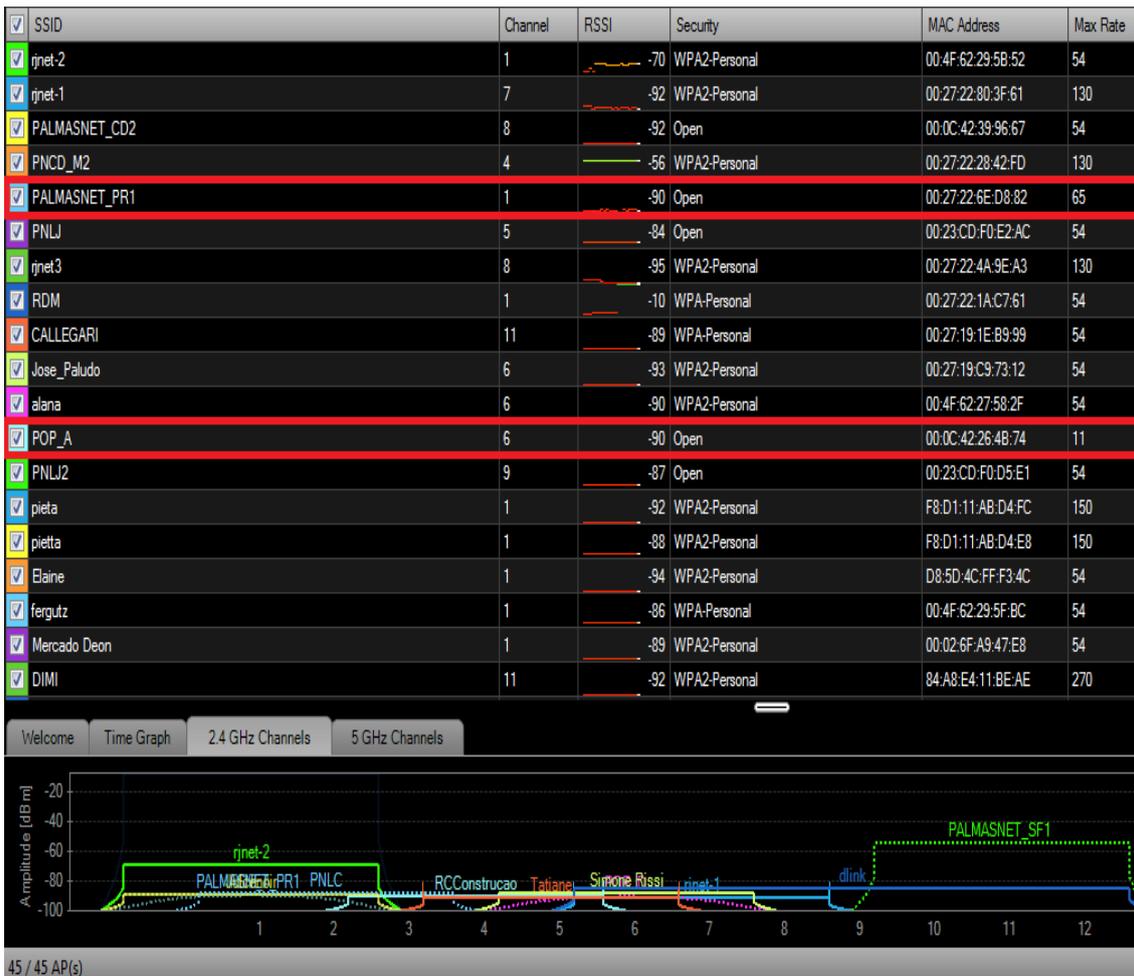


Figura 14. Mudança de canal do AP POP_A da “Empresa 1”.

Com o AP POP_A configurado no canal 6, foi preciso mudar o canal dos outros dois AP’s da torre “b” da “Empresa 1”. O POP_B foi configurado no canal 1 e o AP POP_D no canal 11, como pode ser visto na Figura 14.

Também, para evitar as interferências de radiofrequência, foram substituídos os AP’s de alguns clientes, pois estes eram potentes demais considerando a distância em relação à torre de transmissão.

O modelo destes AP’s foi fabricado para conectar clientes de internet via rádio em uma distância consideravelmente maior comparada aos outros AP’s mais comuns.

Os AP’s mais potentes instalados nos clientes da “Empresa 1” são do modelo Ubiquiti AirGrid M2, que possuem características semelhantes aos NanoStations. Contudo, eles são indicados para ponto-a-ponto com visada, pois utilizam a ponteira com grade, que permite maior foco no sinal e um maior alcance até a torre de transmissão (até 15km) (UBIQUITI, 2011).

O AP Ubiquiti AirGrid pode ser observado na Figura 15:



Figura 15. AP da Ubiquiti Networks, da linha AirGrid de 2,4 GHz.

Estes AP's foram substituídos em clientes onde não era necessário tanto alcance para a conexão até a torre de transmissão, geralmente em residências que se situavam próximos à torre. Sendo que esse alcance "extra" poderia gerar a recepção de sinais indesejados, podendo ocasionar a interferência de radiofrequência.

Os novos AP's que foram instalados nestes clientes são da linha NanoStation Nano Loco M2 da Ubiquiti Networks, que foi criado sobre a mesma base do NanoStation M2, porém com uma antena de ganho menor (13dBi), podendo chegar até 10 km de distância (NANOSTATION, 2013).

Na sequência, é apresentada a Figura 16 com uma ilustração deste AP:



Figura 16. NanoStation Loco M2 da Ubiquiti Networks.

Como descrito acima sua potência é menor se comparado à AirGrid. Por isso, em clientes próximos à torre de transmissão, a instalação deste tipo de AP tornou o funcionamento da transmissão de dados mais seguro.

Outra medida tomada para evitar a ocorrência de interferências foi a revisão das configurações de potência nos AP's habilitados no AP POP_A. Estas AP's possuem uma propriedade na qual é possível definir a distância até a torre de transmissão, como pode ser visto na Figura 17:

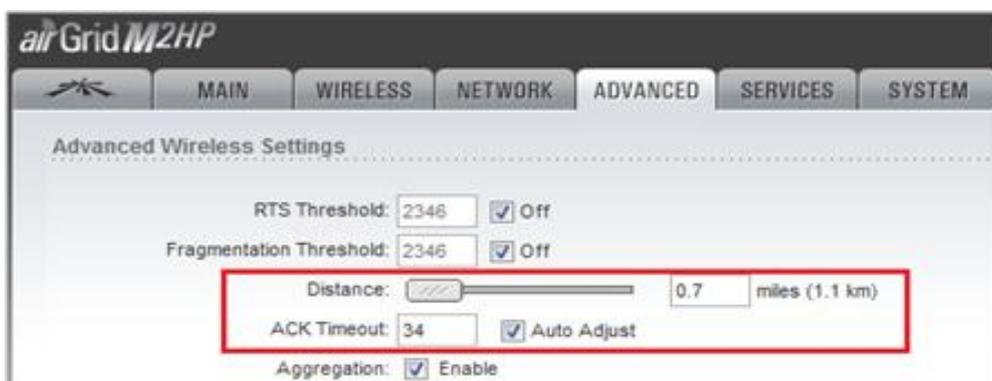


Figura 17. Propriedade *Distance* e *ACK Timeout* no sistema do AP da linha NanoStation.

“É importante atentar para a definição correta e precisa da distância deste enlace, pois influenciará no *ACK Timeout*⁷, que, por sua vez, garantirá à rede um desempenho de tráfego melhor se estiver configurado corretamente. A distância pode ser configurada na opção *Distance* movendo o cursor e o *ACK Timeout* calculará o valor correto automaticamente” (ALMEIDA, 2011).

Com o ajuste do *ACK Timeout* e *Distance*, e a partir das trocas de canais e substituição de AP's, é possível aumentar a eficiência de um *link* de Internet via rádio, tirando o máximo proveito da potência das antenas e evitando a ocorrência das interferências.

⁷ *ACK Timeout*: É um controle que serve para otimizar a taxa de uma transmissão de uma conexão ao máximo. O valor do *ACK Timeout* corresponde a uma temporização interna do protocolo de comunicação.

4.2. Avaliação dos Resultados

Após a mudança de canal do AP POP_A, a substituição das AP's e a alteração das configurações de potência e distância no sistema operacional dos AP's dos clientes de Internet via rádio, realizou-se outra análise de espectro, para mensurar se foi possível sanar ou reduzir o problema da interferência com o AP PALMASNET_PR1. Observe a Figura 18:

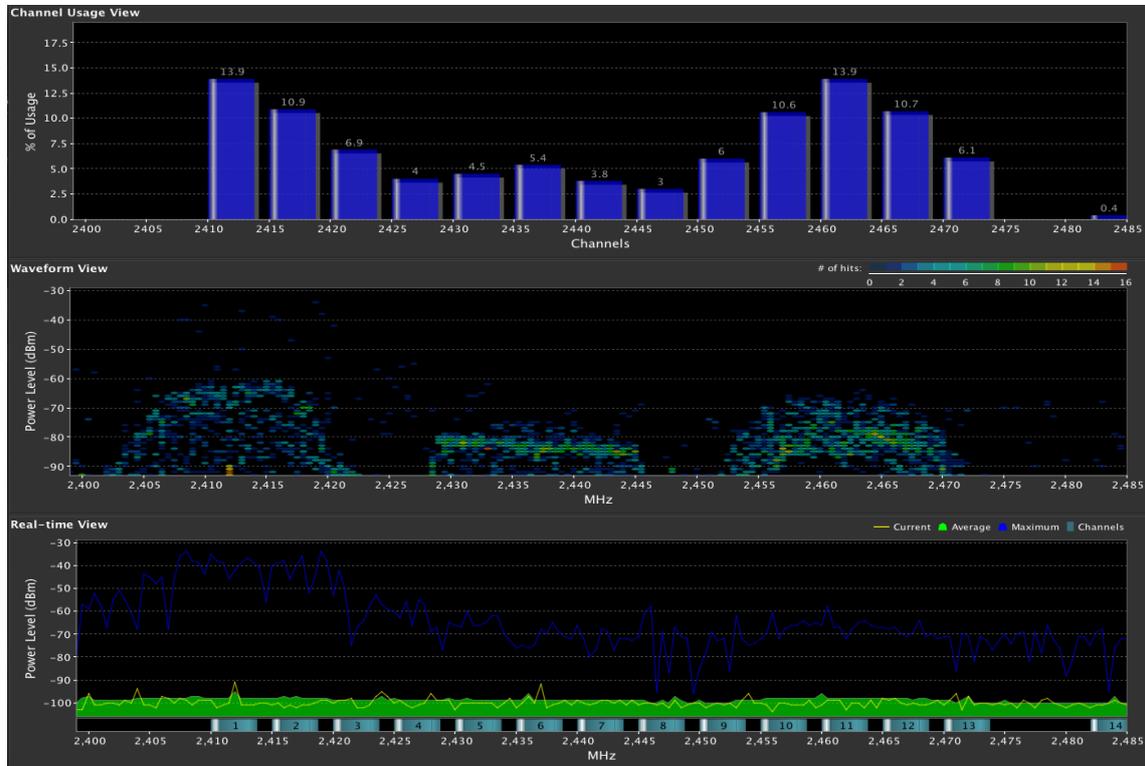


Figura 18. Análise de espectro de radiofrequência após alteração de canal do AP POP_A.

Observando a Figura 18 é visível que a concentração de energia na faixa de frequência 2,412 GHz, a qual corresponde ao canal 1, está consideravelmente mais baixa em relação à primeira análise de espectro (Figura 12) devido à alteração de canal realizado com o AP da “Empresa 1”.

Também, para confirmar como as medidas tomadas resolveram o problema de interferência no AP POP_A, foi realizado o teste do *ping* com o objetivo de avaliar a qualidade da transmissão de dados até o AP da “Empresa 1”. O teste foi realizado em um computador qualquer, efetuando o *ping* até o endereço IP configurado na antena. O teste pode ser observado na Figura 19:

```

Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe

Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=97ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=37ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=93ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=35ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=38ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=73ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=61ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=41ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=37ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=44ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=51ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=74ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=89ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=96ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=61ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=48ns TTL=122
Resposta de 177.125.56.33 : bytes=32 tempo=11ns TTL=122

Estatísticas de Ping para 177.125.56.33
Pacotes: Enviados = 100, Recebidos = 100, Perdidos = 0 (0% de
perda),
Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:
Mínimo = 43ns, Máximo = 318ns, Média = 53ns

```

Figura 19. Teste do ping realizado no AP POP_A.

Conforme a Figura 19, o tempo de resposta da antena é muito baixo e não há perdas. Foram realizados 100 “requisições” até o destino (POP_A), sendo que nenhum pacote foi perdido e a média do tempo de resposta foi de 53 milissegundos. Comparando com o teste de ping apresentado na Figura 13, em que o tempo de resposta era de 109 milissegundos, o tempo de retorno melhorou pouco mais de 50%.

Foi realizado também um teste de ping através do sistema operacional (AirOS) de um AP qualquer da “Empresa 1”, a fim de saber o tempo de resposta do AP POP_A. Observe a Figura 20:

177.125.56.34/pingtest.cgi

Network Ping

Select Destination IP: Packet Count: Packet Size:

Host	Time	TTL
177.125.56.33	2.62 ms	64
177.125.56.33	1.58 ms	64
177.125.56.33	1.75 ms	64
177.125.56.33	2.96 ms	64
177.125.56.33	1.74 ms	64
177.125.56.33	1.86 ms	64
177.125.56.33	2.14 ms	64

100 of 100 packets received, 0% loss

Min: 1.42 ms Avg: 2.5 ms Max: 8.2 ms

Start

Figura 20. Teste do ping realizado a partir do Air OS da Ubiquiti Networks.

Como pode ser observado na Figura 20, foram realizados 100 “requisições” até destino (POP_A), sendo que nenhum pacote foi perdido e a média do tempo de resposta foi de 2.5 milissegundos.

“Análises com equipamentos adequados e um profundo estudo e entendimento do assunto são necessários para que possa se resolver o problema de interferência” (SILVA, ARAÚJO e RODRIGUES, 2007, p.8).

As análises efetuadas são significativamente importantes para provedora deste serviço (“Empresa 1”) poder disponibilizar o acesso à Internet com qualidade e livre de interferências. Além disso, como o problema obrigatoriamente envolve dispositivos de duas empresas diferentes, a solução obviamente favorece os dois lados e principalmente o cliente do sistema de Internet via rádio.

Com a mudança de canal empregada no APPOP_A da “Empresa 1”, troca de AP’s e o alinhamento feito nas configurações no AirOS dos AP’s dos clientes de Internet via rádio, os dois pontos deixaram de operar na mesma frequência, solucionando assim a interferência de radiofrequência para ambos os provedores.

5. Conclusão

A interferência de radiofrequência é basicamente o recebimento de informações de fontes indesejadas que atrapalha o receptor na interpretação do sinal de forma correta, exigindo uma retransmissão que diminui o desempenho da rede (DUARTE, 2013).

A utilização correta dos canais de frequência é um importante fator para evitar ou amenizar a interferência (DUARTE, 2012).

Para fazer a escolha do melhor canal é preciso da ajuda de um software que faça a varredura das redes sem fio próximas, mostre o uso de canal e a intensidade dos dispositivos, verificando, assim, qual a faixa de frequência está menos saturada.

É relevante destacar também a configuração de potência e distância, no qual foi assimilada a configuração da propriedade *Distance* e do *ACK Timeout*.

O *ACK Timeout* consiste basicamente no tempo de espera de um pacote de dados. PEDRO (2011) afirma que, se for definido um tempo muito alto no *ACK Timeout*, o equipamento vai ficar esperando um tempo desnecessário, reduzindo a eficiência da conexão. E se for configurado um tempo muito baixo, o rádio vai “desistir” de esperar, antes mesmo de o pacote ter chegado ao destino, ocasionando novamente a diminuição de qualidade da conexão.

Também, conforme Pedro (2011), “esse é o principal motivo da perda de desempenho em distâncias longas, pois os rádios que utilizam os protocolos 802.11a/b/g, são otimizados para curtas distâncias”. Com a configuração correta do *ACK Timeout*, é possível aumentar bastante a eficiência e tirar o máximo proveito possível de um link ponto-a-ponto.

É preciso ainda atentar para algumas medidas simples, como repensar a localização do dispositivo, verificar o local onde ele será instalado, averiguar para não deixá-lo perto de nenhum outro dispositivo sem fio ou qualquer outro aparelho que emita radiofrequência.

Luiz (2007) afirma que este processo de análise deve ser realizado pelo engenheiro de radiofrequência responsável, no caso de provedores de Internet via rádio, que tem sua avaliação estruturada em aspectos que incluem a análise de visibilidade, reflexões e difração. No planejamento da instalação de um sistema de telecomunicações via rádio, o dimensionamento da cobertura e o comportamento deste sistema de radiofrequência são essenciais para o bom funcionamento das redes sem fio.

6. Referências

AIRVIEW. *AirView Spectrum Analyzer*. Disponível em <http://www.ubnt.com/airview>. Acessado em 16 de agosto de 2014.

ALMEIDA, E. *Configurando o firmware AirOS da Ubiquiti*. Disponível em http://www.novanetwork.com.br/suporte/tutoriais_detalhes.php?cod=1. Acessado em 28 de agosto de 2014.

BONFIM, M. *Analisador de Espectros: Medidas elétricas*. UFPR – DELT: 2003.

BROD, C. **Redes sem fio no Mundo em Desenvolvimento.** *Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0*: 2008.

DUARTE, A. **Canais e Interferências.** Disponível em http://gerenciandotudodeti.blogspot.com.br/2013_07_01_archive.html. Acessado em 18 de setembro de 2014.

FELICE, F. **Análise do desempenho de enlaces ponto-a-ponto utilizando a faixa de frequência não licenciada de 2,4 GHz em tecnologia Spread Spectrum.** Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

JUNIOR, A. **Um sistema de Internet sem fio com menos interferências.** Disponível em <http://dicasemgeral.xpg.uol.com.br/dicas-em-geral/12336/um-sistema-de-internet-sem-fio-com-menos-interferencias/>. Acessado em 21 de setembro de 2014.

KARASINSKI, V. **WiFi - qual a diferença entre 2,4 GHz e 5 GHz.** Disponível em <http://www.tecmundo.com.br/tecmundo-explica/60428-tecmundo-explica-wifi-diferenca-entre-2-4-ghz-5-ghz-video.htm>. Acessado em 21 de janeiro de 2016.

LUIZ, B. M. A. **Métodos para o Planejamento de Sistemas de Comunicação WLL e LMDS - Elementos de Propagação.** Disponível em http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/bruno_maia/wll_lmids/wll_lmids_03.html. Acessado em 15 de julho de 2014.

NANOSTATION. **NanoStation Loco M5 Ubiquiti.** Disponível em <http://bbstech.com.br/site/ubiquiti.php>. Acessado em 14 de outubro de 2014.

PEDRO, B. P. **O que é ACK Timeout?** Disponível em <http://consultoriawireless.blogspot.com.br/2011/07/o-que-e-ack-timeout.html>. Acessado em 07 de agosto de 2014.

ROSS, J. **O Livro do Wi-Fi.** Rio de Janeiro: Editora Alta *Books*, 2003.

SILVA, M. W. R. da. **Alocação de Canal em redes sem fio IEEE 802.11 Independentes.** Rio de Janeiro, RJ. (Dissertação para obtenção de grau de mestre em Ciências em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 2006.

SILVA, E. J. e; ARAÚJO, E. de; RODRIGUES, J. **Interferência em Redes Wireless Estudo de Caso: Paragominas.** Belém, PR. Instituto de Estudos Superiores da Amazônia (IESAM), 2007.

UBIQUITI. **Ubiquiti Antena AirGrid M5 11x14 23 dBi.** Disponível em <http://www.nrstore.com.br/ubiquiti-antena-AirGrid-m5-agm5-1114-23-dbi-11x14-poe-fonte.html>. Acessado em 17 de outubro de 2014.

WIRELESSRJ. **Ubiquiti Airmax Base Station Am-2g15-120 15dbi -120° 2,4ghz.** Disponível em <http://www.balticnetworks.com/ubiquiti-airmax-2g15-sector-antenna.html>. Acessado em 27 de junho de 2015.

WLAN. **Site Survey de Redes Wi-Fi.** Disponível em <http://www.wlan.com.br/?p=319>. Acessado em 17 de agosto de 2014.