

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL – CTISM / UFSM  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDE DE  
COMPUTADORES**

## **PROVEDOR DE INTERNET VIA RADIOFREQUÊNCIA**

**OUTROS TRABALHOS EM:**  
[www.projetoderedes.com.br](http://www.projetoderedes.com.br)

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Tainã Vieira Possebon**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2014**

TCC/REDES DE COMPUTADORES/UFSM,RS

VIEIRA, Tainã Possebon

Graduado

2014

# **PROVEDOR DE INTERNET VIA RADIOFREQUÊNCIA**

**Tainã Vieira Possebon**

Projeto apresentado ao Curso de Graduação em Tecnologia em Rede de Computadores, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Tecnólogo em Rede de Computadores.**

**Orientador: Prof. Renato Preigschadt de Azevedo**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL – CTISM / UFSM  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDE DE  
COMPUTADORES**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso**

**PROVEDOR DE INTERNET VIA RADIOFREQUÊNCIA**

Elaborado por  
**Tainã Vieira Possebon**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

**Renato Preigschadt de Azevedo, Me.**  
(Presidente/Orientador)

**Murilo Cervi, Dr. (UFSM)**

**Rodrigo Castro Gil, Bel. (UFSM)**

Santa Maria, 11 de dezembro de 2014.

## **RESUMO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDES DE  
COMPUTADORES  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

### **PROVEDOR DE INTERNET VIA RÁDIOFREQUENCIA**

AUTOR: TAINÃ VIEIRA POSSEBON

ORIENTADOR: RENATO P. DE AZEVEDO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 11 de dezembro de 2014.

A internet é um instrumento que revoluciona o modo de vida das pessoas, transforma hábitos e costumes. É um dos principais meios da globalização. Independente da região, ou da cultura, torna-se cada vez maior a necessidade de estabelecer a conexão com a internet. O provedor de internet via radiofrequência auxilia a expansão do serviço de comunicação multimídia. A radiofrequência pode alcançar um maior número de residências independente de sua localização geográfica, até mesmo nos locais mais remotos. Este trabalho descreve o funcionamento de um provedor de internet via radiofrequência, apresenta características dos equipamentos mais adequados para o uso *outdoor* e detalha a documentação necessária para o seu funcionamento. Também será apresentado um estudo de caso com frequência licenciada da ANATEL, com o objetivo de melhorar a qualidade do serviço prestado. Este estudo detalha processos de licenciamento de estações, mostra documentações, equipamentos e protocolos necessários para o funcionamento do provedor.

**Palavras-Chave:** Radiofrequência. Provedor. Internet. *Outdoor*.

## **ABSTRACT**

COMPLETION OF COURSE WORK  
SUPERIOR COURSE OF TECHNOLOGY IN COMPUTER NETWORKS  
FEDERAL UNIVERSITY OF SANTA MARIA

### **RADIO FREQUENCY INTERNET SERVICE PROVIDER**

AUTHOR: TAINÃ VIEIRA POSSEBON

ADVISER: RENATO P. DE AZEVEDO

Defense Place and Date: Santa Maria, December 11<sup>th</sup>, 2014.

The internet is a tool that revolutionizes the way of life, transform habits and customs. It is one significant way of globalization. Independent of region, or culture, increasingly it is the need to connect to the internet. The Radio frequency Internet Service Provider (Radio frequency ISP) supports the expansion of multimedia communication services. The radio frequency can reach a greater number of residences, independent of their geographic location, even in the most remote locations. This paper describe the operation of an Internet service provider via radio frequency and also present characteristics of optimal equipment for outdoor use and detail documentation required for its operation. Besides it will be presented a case study with licensed frequency of ANATEL, in order to improve the quality of service. This study details the licensing process stations, shows and documentation, equipment and protocols necessary for the operation of the provider.

**Keywords:** Radio Frequency . Provider. Internet. Outdoor.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Atenuação da onda eletromagnética. ....                              | 10 |
| Figura 2: Reflexão e refração de ondas de rádio. ....                          | 11 |
| Figura 3: Grafico de irradiação da antena direcional. ....                     | 14 |
| Figura 4: Antena parábola sólida. ....   | 14 |
| Figura 5: Grafico de irradiação da antena omnidirecional. ....                 | 15 |
| Figura 6: Antena omnidirecional conectada em um rádio ubiquiti rocket M5. .... | 16 |
| Figura 7: Grafico de irradiação da antena do tipo setorial. ....               | 17 |
| Figura 8: Painel setorial 5Ghz. ....   | 17 |
| Figura 9: Roteadores em uma rede BGP genérica. ....                            | 21 |
| Figura 10: Autonomous System. ....   | 22 |
| Figura 11: Painel solar fotovoltaico. ....                                     | 24 |
| Figura 12: Aerogerador. ....   | 25 |
| Figura 13: Distancia e relevo do enlace. ....                                  | 29 |
| Figura 14: Caixa hermética portando routerboard e placas minipci. ....         | 30 |
| Figura 15: Parábola sólida blindada ALGcom. ....                               | 30 |
| Figura 16: Firmware do rádio Lumina Wi2Be. ....                                | 33 |
| Figura 17: Teste de banda e latência do link. ....                             | 34 |
| Figura 18: Par de radio Wi2Be. ....  | 35 |
| Figura 19: Solicitação de pedido de SCM. ....                                  | 38 |
| Figura 20: Modelo de solicitação de cadastro de frequência. ....               | 39 |
| Figura 21: LEI Nº 9.472. ....  | 40 |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO.....   | 9  |
| 2 ONDAS DE RÁDIO .....  | 10 |
| 2.1 Comunicação de dados sem fio .....                                    | 11 |
| 3 ANTENAS.....  | 13 |
| 3.1 Direcional .....  | 13 |
| 3.2 Omnidirecional.....   | 14 |
| 3.3 Setorial .....  | 16 |
| 4 ARQUITETURA DO PROVEDOR .....   | 18 |
| 4.1 Servidor RADIUS .....   | 18 |
| 4.2 Servidor concentrador .....   | 19 |
| 4.2.1 PPPoE .....   | 19 |
| 4.3 Servidor de serviços .....  | 20 |
| 4.4 Servidor de borda .....   | 20 |
| 4.4.1 <i>Autonomous system</i> .....                                      | 21 |
| 5 FONTES DE ENERGIA EM POPs .....   | 23 |
| 5.1 Energia fotovoltaica .....  | 23 |
| 5.2 Energia eólica.....   | 24 |
| 6 LICENÇAS E OUTORGAS.....  | 26 |
| 6.1 Serviço de comunicação multimídia - SCM .....                         | 26 |
| 6.2 Licenciamento de radioenlace associado ao SCM .....                   | 27 |
| 7 ESTUDO DE CASO.....   | 29 |
| 7.1 Problematização.....  | 31 |
| 7.2 Solução .....   | 31 |
| 8 CONCLUSÃO .....   | 36 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 37 |
| Anexo A- Planilha ANATEL para pedido de licença SCM. ....                 | 38 |
| Anexo B- Planilha ANATEL para pedido de cadastramento de frequência. .... | 39 |
| Anexo C- Lei N <sup>o</sup> 9.472.....                                    | 40 |



# 1 INTRODUÇÃO

Rede com acesso a internet é um dos principais meios de globalização. Locais onde há pouco tempo não existiam meios de comunicação sofisticados, hoje requerem acesso à internet.

Os produtores rurais, por exemplo, passavam seus dias trabalhando em campos e lavouras. Estes nem sempre obtinham um sinal de TV, quanto mais um sinal de tráfego multimídia. Hoje está cada vez mais comum de vê-los emitir notas eletrônicas via internet, efetuar vendas ou fazerem lances em leilões *online*.

PINHEIRO (2006) informa que se torna cada vez mais necessário a ampliação das redes de computadores. Surge então a necessidade de buscar uma maneira consistente de realizar a ampliação das redes para manter toda esta estrutura funcionando, de forma a atender às necessidades dos usuários.

De acordo com CABRAL (2007) o mercado da internet via rádio vem crescendo cada vez mais em pequenas e médias cidades. Isto acontece devido à carência de redes *Asymmetric Digital Subscriber Line* (ADSL) e ao relativo baixo custo de um provedor de internet sem fio.

A organização deste trabalho está segmentada em Capítulos. O Capítulo 2 apresenta conceitos relacionados às ondas de rádio. O Capítulo 3 apresenta conceitos teóricos e práticos sobre a utilização de antenas. O Capítulo 4 engloba conhecimentos gerais relacionados aos servidores de rede. O Capítulo 5 trata sobre fontes de energia e energias alternativas. O Capítulo 6 tem por escopo apresentar a documentação de um provedor de internet. O Capítulo 7 propõe um estudo de caso. Por fim, no Capítulo 8, encontra-se a conclusão e considerações finais deste estudo.

## 2 ONDAS DE RÁDIO

As ondas eletromagnéticas propagam-se em qualquer meio. Efeitos da superfície da terra e atmosféricos afetam sua propagação, o que implica diretamente no desempenho da onda.

Ao planejar uma rede sem fio, esses efeitos devem ser levados em conta, pois eles implicam diretamente no comportamento da onda, afetando assim o nível de sinal e a qualidade da comunicação.

Efeitos como absorção, atenuação, reflexão e refração serão citados nesse escopo.

De acordo com MIGUENS (1996) Absorção e Atenuação, moléculas de oxigênio e vapor de água são os principais responsáveis pela absorção de energia. Quanto maior a frequência, maiores os efeitos da absorção. Atenuação é a diminuição da intensidade da onda com a distância. Quanto mais distante do emissor, mais fraco é o campo eletromagnético, como mostrado na Figura 1.

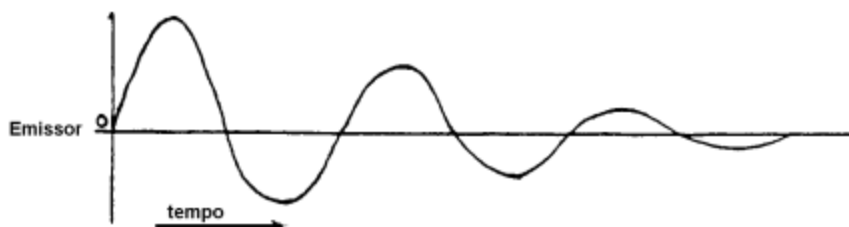


Figura 1: Atenuação da onda eletromagnética.

Fonte: [mar.mil.br/dhn/bhmn](http://mar.mil.br/dhn/bhmn)

A reflexão é geralmente provocada por materiais metálicos e superfícies de água. Quando uma onda encontra um desses obstáculos, ela retorna ao meio mantendo suas características.

A refração ocorre quando a onda encontra um meio de diferente velocidade de propagação do que o de sua origem.

A Figura 2 mostra o raio incidente com um ângulo ( $i$ ) atingindo uma superfície em um meio diferente de onde estava. Percebe-se então que o raio refletido possui o mesmo ângulo do raio incidente em relação ao eixo N. Ao passar do meio 1 para o

meio 2, que possuem uma velocidade de propagação distinta, o raio incidente é refratado no meio 2, e é representado pela letra (r). Os raios são representados através das linhas vermelhas.

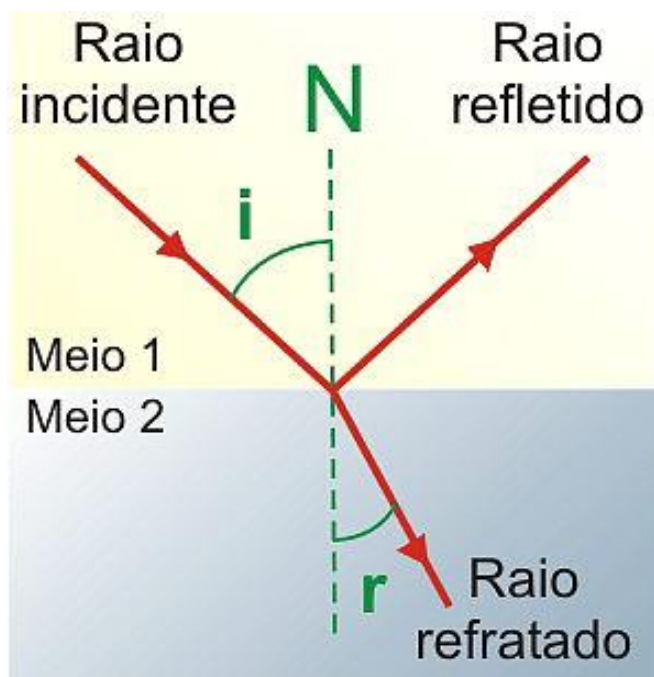


Figura 2: Reflexão e refração de ondas de rádio.

Fonte: Blog Física Moderna

## 2.1 Comunicação de dados sem fio

É denominada WLAN (*Wireless Local Area Network*) uma rede local que utiliza ondas de rádio para fazer a comunicação entre os equipamentos da rede. A IEEE (*Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos*) é quem estabelece a padronização dos equipamentos.

Dentro das classificações do padrão IEEE 802, os padrões 802.11a, 802.11b/g são os mais utilizados devido à sua disponibilidade de mercado e baixo custo.

Padrões proprietários ou padrões que não fazem parte da IEEE também podem ser encontrados no mercado. Ressalva-se que equipamentos não padronizados pela IEEE podem apresentar incompatibilidade entre diferentes

marcas e modelos.

Em geral, padrões proprietários são criados pelo seu próprio fabricante com o objetivo de conciliar e aperfeiçoar ao máximo o seu *hardware* e *software*, assim obtém-se um equipamento de maior desempenho. Padrões como o iPool da Intelbras, UniFi da Ubiquiti, nstreme da Mikrotik são exemplo de padrões proprietários.

Redes WLAN podem ser classificadas em dois modos: *outdoor* e *indoor*.

A rede é classificada como *outdoor* quando o sinal de radiofrequência é transmitido através do espaço livre em ambientes externos, e em sua maioria com visada direta e de longo alcance à rede.

Rede *indoor* é uma classificação dada à rede que transmite um sinal de rádio em ambiente fechado e normalmente com obstáculos.

## 3 ANTENAS

Este Capítulo tem como objetivo descrever as características gerais quanto ao uso das antenas mais utilizadas para a comunicação via rádio em ambientes *outdoors*. Informações sobre o ganho, faixa de frequência, impedância, etc., devem ser analisadas através do *datasheet* específico de cada fabricante. Para melhor compreensão as antenas foram classificadas por sua principal utilização.

### 3.1 Direcional

Antenas direcionais possuem polarização vertical ou horizontal ou até mesmo vertical e horizontal no caso de ser dupla polaridade. É o tipo de antena mais indicada para redes ponto a ponto de longa distância. Possui uma irradiação com pequena abertura, o que proporciona um maior alcance se comparada com outras antenas. Podem ser encontradas em diversos modelos; entre os principais encontram-se no modo sólido, grade, parabólica e blindada.

Na Figura 3 a linha vermelha ilustra o ângulo de irradiação disparado por uma antena. Percebe-se que este ângulo fica entre 355 e 5 graus, totalizando assim um raio de abertura de 10 graus na posição vertical e horizontal.

A Figura 4 mostra uma antena direcional parábola sólida de dupla polarização com um ganho de 30dBi, da marca Ubiquiti modelo Rocket Dish 5g30.

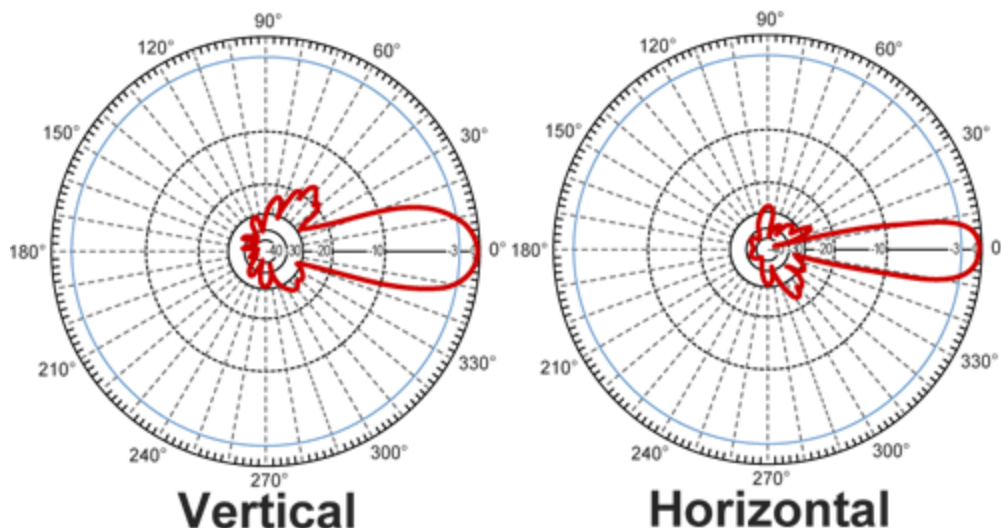


Figura 3: Grafico de irradiação da antena direcional.

Fonte - [hardware.com.br/tutoriais/alcance-antenas-conectores-potencia/pagina3.html](http://hardware.com.br/tutoriais/alcance-antenas-conectores-potencia/pagina3.html)



Figura 4: Antena parábola sólida.

Fonte- Ubiquiti

### 3.2 Omnidirecional

A antena omnidirecional tem ângulo de cobertura de  $360^{\circ}$  na horizontal. Essa antena é indicada para conectar clientes em uma distância curta.

Seu ângulo de radiação é a sua principal vantagem. O ângulo de  $360^{\circ}$  permite que com apenas uma antena pode-se irradiar um sinal em todas as direções horizontalmente à área em sua volta. A omnidirecional tem como vantagem a abertura de sinal, porém seu alcance de sinal é bem limitado.

O ângulo de emissão de sinal na omnidirecional, quando na vertical, diminui conforme aumenta seu ganho. Isso implica que os clientes conectados a ela devem estar em uma média de altura em relação à altura da antena. Caso um cliente esteja em um nível mais baixo em relação a omnidirecional o mesmo pode não obter o sinal irradiado. Isso se torna um problema quando o relevo é montanhoso.

A Figura 5 ilustra a irradiação da antena omnidirecional. Pode-se observar através da linha vermelha que sua irradiação quando na Horizontal é de 360°.

A Figura 6 mostra a imagem de uma antena omnidirecional da fabricante Ubiquiti, com um ganho de 25dbi, conectada em um rádio Ubiquiti modelo Rocket M5.

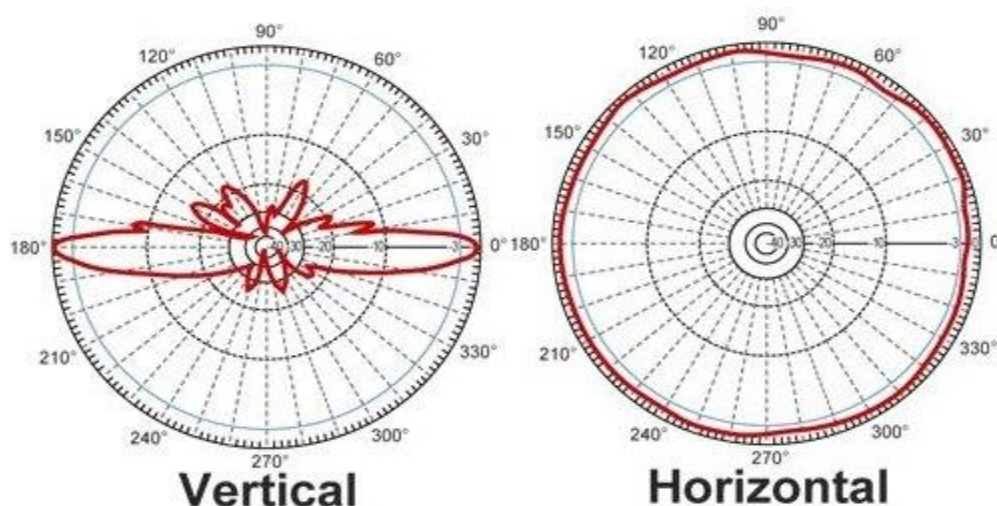


Figura 5: Grafico de irradiação da antena omnidirecional.

Fonte: [under-linux.org/attachment.php?attachmentid=16149&d=1288721593](http://under-linux.org/attachment.php?attachmentid=16149&d=1288721593)



Figura 6: Antena omnidirecional conectada em um rádio ubiquiti rocket M5.

Fonte- Ubiquiti

### 3.3 Setorial

Antenas setoriais possuem polarização vertical ou horizontal ou até mesmo vertical e horizontal no caso de ser dupla polaridade.

Painéis setoriais são indicados para multipontos e conectar clientes em longas distâncias. Possuem abertura de irradiação de  $60^\circ$  até  $120^\circ$  dependendo do modelo e fabricante.

Na maioria das vezes substitui o uso da omnidirecional por vários painéis até que haja uma abertura de  $360^\circ$ .

Sua vantagem, quando comparado com a omnidirecional, é o ganho efetivo em distancia e abrangência da área de atuação. Além de que cada painel setorial é comandado por um rádio, o que permite uma maior capacidade de banda.

A Figura 7 mostra em vermelho a abertura do angulo do sinal irradiado por uma antena setorial com um raio de  $60^\circ$ . Nota-se que diferentemente das antenas omnidirecionais (mostradas na Figura 5), que possuem um angulo aproximado de  $10^\circ$  na horizontal, as antenas setoriais apresentam um bom ganho vertical e horizontal permitindo um maior ganho efetivo independente de sua potência.

A Figura 8 mostra a imagem de um painel setorial da marca Ubiquiti. Esse painel possui 16dbi de ganho e atua na frequencia 5Ghz.



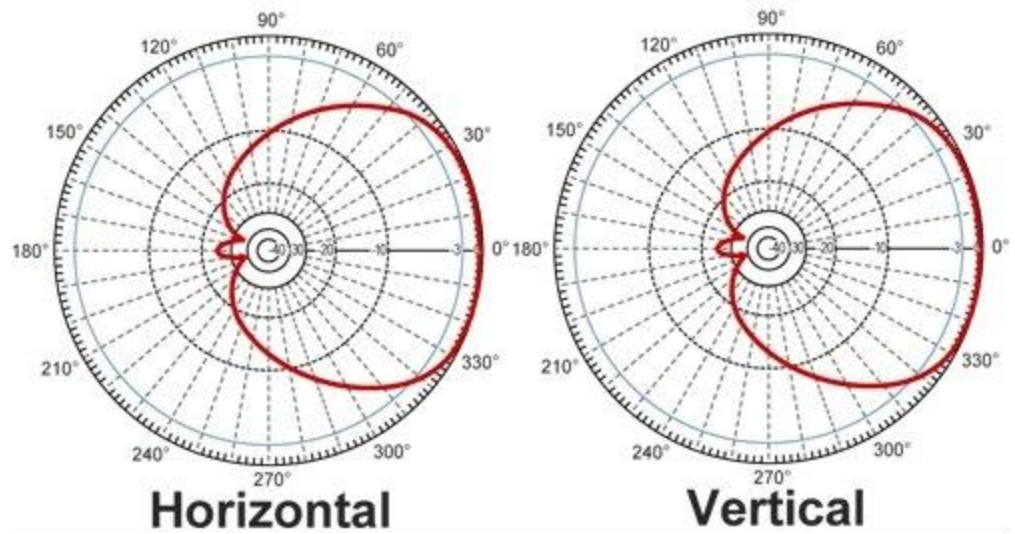


Figura 7: Grafico de irradiação da antena do tipo setorial.

Fonte: [www.fullwireless.com.br/produto/Antena/Setorial/Hyperlink/HG2414HSP-090-AN](http://www.fullwireless.com.br/produto/Antena/Setorial/Hyperlink/HG2414HSP-090-AN)



Figura 8: Painel setorial 5Ghz.

Fonte: Ubiquiti

## 4 ARQUITETURA DO PROVEDOR

Um provedor necessita de conectividade com a internet e meios para gerenciar a rede e os usuários.

O *backbone* é composto por um ou mais *links* dedicados com a internet, servidores que irão rodar os serviços necessários para o funcionamento e segurança da rede, tais como DNS, *firewall* e BGP. Além disso, terá servidores para o banco de dados dos clientes, sistema para controle financeiro e controle de conexões.

Para um melhor entendimento, este capítulo será abordado em seções, as quais trazem detalhes sobre os principais serviços da rede.

Na Seção 4.1 será abordado o servidor responsável por autenticar os clientes da rede. A Seção 4.2 e sua subseção 4.2.1 tratarão de detalhes sobre servidores concentradores e na Seção 4.3 o tema será servidor de serviços.

### 4.1 Servidor RADIUS

*Remote Authentication Dial In User Service* (RADIUS) é um protocolo da camada de aplicação do tipo cliente/servidor que usa como protocolo de transporte o UDP (*User Datagram Protocol*). É usado para garantir um nível a mais de segurança na rede de computadores.

O RADIUS provê o acesso remoto para usuários que tem como origem redes VPNs (Redes Virtuais Privadas), Dial-Up, WLAN (*Wireless Local Area Network*) ou por servidores de acesso remoto.

De acordo com RODRIGUES (2013), o RADIUS trata de forma centralizada a autenticação de dispositivos que tentam se conectar na rede. Todos os *gateways* que controlam o acesso à rede possuem um componente cliente do protocolo RADIUS que se comunica com o servidor RADIUS.

O RADIUS tem como função fazer a autenticação de usuários ou dispositivos antes da concessão de acesso a rede e autorizar novos usuários ou dispositivos a usar determinados serviços providos pela rede.

## 4.2 Servidor concentrador

Os servidores concentradores atuam com a função de *gateway* na rede. São responsáveis por receber as solicitações de conexões dos pontos de acesso atribuídos a ele. Tem a função de encaminhar as solicitações de autenticação dos usuários para o servidor RADIUS. O concentrador lida com todo o fluxo de dados dentro da rede e aplica regras de transporte.

Grandes redes possuem diversos servidores concentradores, assim mantem o balanceamento de carga do sistema.

Na rede estudada para o presente trabalho, todos os servidores concentradores foram configurados para receberem autenticações PPPoE (*Point-to-Point Protocol over Ethernet*).

RouterOS é um sistema operacional de gerenciamento de redes de computadores e provedores de internet sem fio criado pela empresa Mikrotik.

Sistemas Mikrotik são muito utilizados com a finalidade de servidores concentradores, pois além de oferecerem diversos recursos de segurança, QoS, autenticação PPPoE, *HotSpot* e suporte aos principais protocolos de roteamento, comportam um numero significativos de usuários.

A Mikrotik possui também *hardwares*. Entre eles, alguns são específicos para o uso *outdoor*. Esta é uma característica importante, já que alguns concentradores podem ficar localizados em torres e ambientes externos.

### 4.2.1 PPPoE

*Point-to-Point Protocol over Ethernet* é um protocolo de rede para conexão de usuários em uma rede *Ethernet* para alcançar a internet e é definido pela norma RFC 2516.

O seu uso é típico nas conexões de um ou múltiplos usuários em uma rede LAN ou WLAN à Internet através de uma linha DSL ou dispositivo sem fio ou de um modem de banda larga. O protocolo PPPoE deriva do protocolo PPP (*Point-to-Point*

*Protocol*), definido pela RFC 1661. O PPPoE estabelece a sessão e realiza a autenticação com o provedor de acesso à internet.

### 4.3 Servidor de serviços

O servidor de serviços é um servidor que roda os serviços necessários para o funcionamento da rede, ou serviços oferecidos pela rede.

Serviços *web*, *e-mail*, DNS, *proxy*, FTP, entre outros, são exemplos de serviços que podem ser ofertados na rede utilizando servidores de serviços.

Separar os serviços fisicamente em dispositivos diferentes ou rodar todos os serviços em um mesmo servidor é uma opção do gerente de rede.

Critérios como segurança e desempenho devem ser levados em conta ao escolher o hardware ao ser usado e os serviços que rodarão em um servidor.

### 4.4 Servidor de borda

O servidor ou roteador de borda é o dispositivo responsável por tratar o roteamento externo da rede. Como requisito, este deve ter suporte ao protocolo BGP.

O BGP (*Border Gateway Protocol*) especificado pelas RFCs 1771, 1772, 1773, 1774 e 1657, é um protocolo de roteamento dinâmico utilizado para a comunicação entre AS (*Autonomous Systems*).

A função primária de um sistema BGP é trocar informação de acesso à rede, inclusive informação sobre a lista das trajetórias dos AS, com outros sistemas BGP. Esta informação pode ser usada para construir um gráfico da conectividade dos AS a partir do qual loops de roteamento podem ser detectadas e reforçadas as políticas de decisão com outros AS. (RFC1771).

A Figura 9 mostra uma rede genérica BGP contendo nove roteadores que são agrupados em quatro diferentes sistemas autônomos.

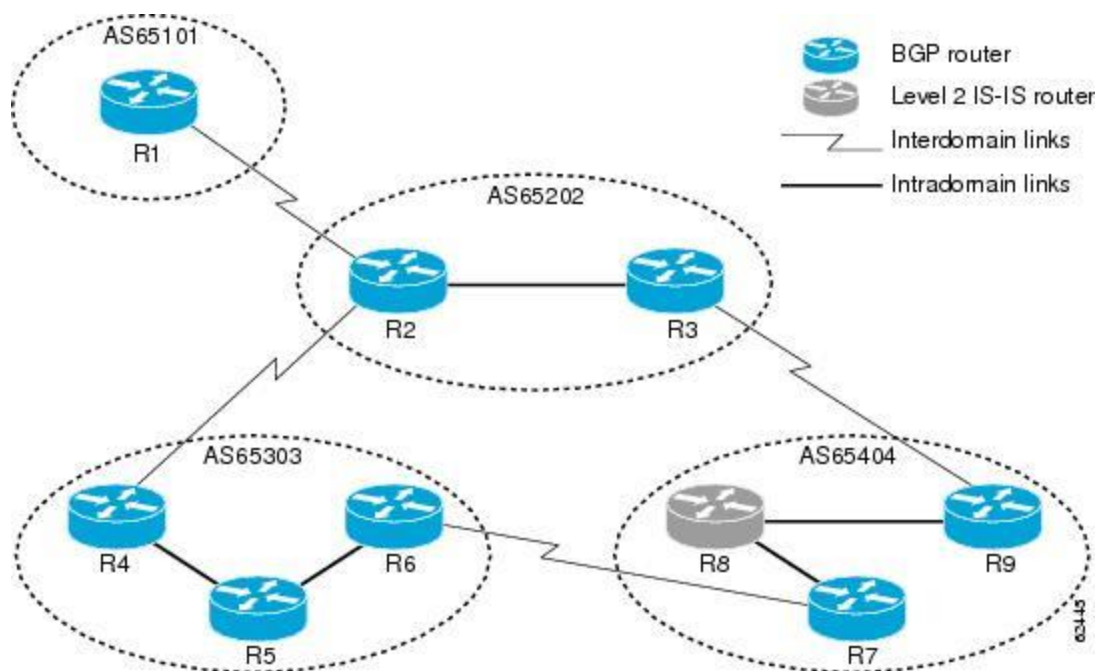


Figura 9: Roteadores em uma rede BGP genérica.

Fonte: [cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/iproute\\_bgp/configuration/12-4t/irg-12-4t-book/irg-sup-clns.html](http://cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/iproute_bgp/configuration/12-4t/irg-12-4t-book/irg-sup-clns.html)

#### 4.4.1 Autonomous system

Um *Autonomous System* (AS) é um grupo de endereços de redes IP que é gerenciado por um ou mais operadores de rede que possuem uma clara e única política de roteamento. Desta forma, por definição, todas as redes que compõem um AS compartilham a mesma política de roteamento. (Manual de Políticas LACNIC, 2014).

Cada *Autonomous System* (Sistema Autônomo) tem associado um número que é utilizado como um identificador do Sistema Autônomo para troca de rotas entre Sistemas Autônomos.

O ASN (Número de Sistema Autônomo) é designado somente no caso em que uma nova política de roteamento seja necessária.

Para que um provedor possua um bloco de IP público com o seu nome no domínio, ele deve fazer o pedido de um ASN junto ao LACNIC. O LACNIC é o responsável pela designação e administração dos recursos de numeração da Internet (IPv4, IPv6), Números Autônomos e Resolução Inversa, entre outros recursos para a região da América Latina e Caribe. Outros órgãos são responsáveis

pelo gerenciamento de AS em outras partes do mundo, tais como a ARIN, a RIPE, a AFRINIC e a APNIC. Todos esses órgãos são subordinados a IANA, que é a autoridade máxima mundial de coordenação de blocos de IP.

A Figura 10 ilustra uma rede com quatro redes autônomas, percebe-se que todos os AS possuem um número próprio. A internet contém centenas de diferentes AS, mas assim como na imagem todo AS possui um número global exclusivo.

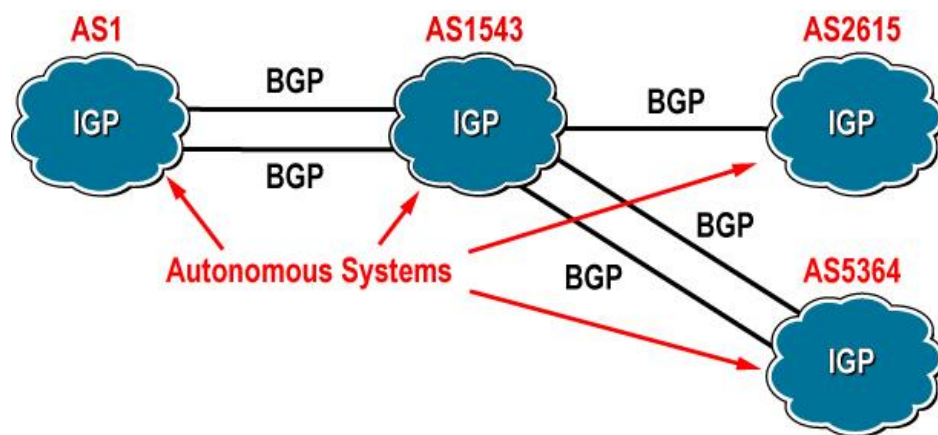


Figura 10: *Autonomous System*

Fonte: [hill2dot0.com/wiki/index.php?title=Autonomous\\_system](http://hill2dot0.com/wiki/index.php?title=Autonomous_system)

## 5 FONTES DE ENERGIA EM POPs

Em provedores de internet, grande parte dos POPs (*Points of presence* – pontos de presença) pode estar localizada em locais afastados e de difícil acesso. Nem todos esses locais possuem energia elétrica fornecida por companhia elétrica. Além disso, os POPs devem manter-se sempre em funcionamento, mesmo quando a energia elétrica tradicional parar de funcionar.

Sendo assim, alternativas energéticas devem ser levadas em consideração. Alternativas como bancos de baterias, *nobreaks*, painéis solares e energia eólica são muito utilizadas.

Salvo exceções, a maioria dos equipamentos ativos de uma rede *outdoor*, quando alimentados diretamente (isto é, sem passar por sua fonte de alimentação), utiliza uma tensão que pode variar de 12V a 48V DC (*direct current*), o que facilita o uso direto de baterias para o seu funcionamento.

Esse Capítulo destina-se a mostrar métodos de energia alternativa para a alimentação dos equipamentos *outdoor*.

### 5.1 Energia fotovoltaica

É uma das alternativas mais utilizadas em caso de POP onde possui energia elétrica oscilante ou nula. Painéis solares possuem um custo não tão elevado e na maioria dos casos obtém um desempenho muito satisfatório.

Um sistema fotovoltaico está baseado no conceito de certos materiais que convertem a energia irradiada pelo sol em energia elétrica. A energia solar tem como objetivo recarregar as baterias utilizadas no sistema de energia.

Nesse sistema os painéis solares são ligados em um controlador de carga que por sua vez é ligado nas baterias. Para equipamentos de alta voltagem é utilizado o conversor de corrente contínua para corrente alternada.

A Figura 11 mostra a foto de um painel fotovoltaico.



Figura 11: Painel solar fotovoltaico.

Fonte: [www.painelsolares.com](http://www.painelsolares.com).

## 5.2 Energia eólica

Painéis solares podem ser substituídos por geradores eólicos quando um sistema autônomo é projetado para a instalação em uma colina ou montanha.

*Para que isto funcione, a velocidade média do vento deve ser de ao menos 3 a 4 metros por segundo e o gerador eólico deve estar 6 metros mais alto que qualquer outro objeto em um raio de 100 metros. Uma localidade longe do litoral geralmente não tem ventos suficientes para suportar um sistema eólico de produção de energia. (aerogeradores.org, 2014)*

Uma combinação das duas tecnologias de energia alternativa se torna interessante, uma vez em que o gerador eólico pode produzir energia mesmo a noite.

A Figura 12 traz a imagem de um gerador eólico de baixa potencia.





Figura 12:Aerogerador

Fonte: [aerogeradores.org](http://aerogeradores.org)

## 6 LICENÇAS E OUTORGAS

Este Capítulo tem como objetivo detalhar as normas e requisitos para a obtenção de licenças para o funcionamento de uma empresa de telecomunicações, além de abordar conteúdo específico para cadastramento de radio enlace.

### 6.1 Serviço de comunicação multimídia - SCM

O Serviço de Comunicação Multimídia (SCM) é uma autorização de serviço fixo de telecomunicações que permite a oferta de capacidade de transmissão, emissão e recepção de informações multimídia a assinantes dentro de uma área de prestação de serviço a terceiros. Dentre os serviços principais, destacam-se o provimento de acesso à Internet via radiofrequência, o serviço de Voz sobre IP, a locação de equipamentos, monitoramento de alarmes e câmeras.

O Anexo A mostra o formulário de requerimento para o pedido SCM elaborado pela ANATEL.

Junto deste, é necessário apresentar um projeto técnico. Esse projeto é um conjunto de documentos que descreve as principais características do serviço e da rede propostas, tais como:

- a) descrição do serviço a ser prestado contemplando as aplicações previstas;
- b) radiofrequências pretendidas, quando for o caso;
- c) pontos de interconexão previstos;
- d) capacidade pretendida do sistema em termos de Numero de canais e largura de banda ou taxa de transmissão;
- e) localização dos principais pontos de presença, no formato Município/UF; e,
- f) diagrama ilustrativo do sistema com a descrição das funções executadas por cada elemento do diagrama. (ANATEL, 2014)

O projeto técnico deve ser elaborado e assinado por um profissional habilitado pelo Conselho Regional de Engenharia, que possua as competências necessárias para se responsabilizar por atividades na área da telecomunicação.

A licença é de extrema importância perante a lei. Caso um provedor não seja

licenciado pela ANATEL, será considerado clandestino, o que implica em punições como as citadas na lei exibida no Anexo C.

## **6.2 Licenciamento de radioenlace associado ao SCM**

Após obter a outorga SCM, a próxima etapa é licenciar as frequências que serão utilizadas nos rádios do provedor.

Para isso deve-se abrir um pedido junto a ANATEL, chamado de Autocadastramento de Estações. Nele deverá constar ao menos um engenheiro de telecomunicações, ou engenheiro eletrônico, ou engenheiro eletricista, que será o responsável técnico das instalações.

O Autocadastramento de Estações possui três fases:

FASE 1 - tempo necessário: 7 dias – Liberação de Acesso. Para o registro das estações e frequências no site da Anatel é necessário o acesso ao sistema, vinculado ao CPF do Responsável Legal da Empresa. Para isto é preciso enviar um documento diretamente para a ANATEL solicitando este acesso. Este documento é encontrado no Anexo B.

FASE 2 - tempo necessário: 1 dia – Cadastramento de Estações e Frequências. Para esta fase, é indispensável que seja efetuado o cadastro no banco de dados da ANATEL contendo os dados para o cadastramento juntamente com notas dos rádios e antenas para reunião de informações técnicas. Essa planilha será preenchida com o endereço completo, nome, pontos cardeais e outras informações tais como altura da antena do solo, frequência utilizada e potencia de TX e RX. O responsável técnico deverá emitir a ART de Laudo e Vistoria referente às estações.

FASE 3 - tempo necessário: 35 dias. Após o envio de todos os documentos para a Anatel, é necessário aguardar a aprovação e liberação dos boletos por parte da mesma. Após o pagamento, as devidas frequências estarão licenciadas.

## 7 ESTUDO DE CASO

Este Capítulo trata de um estudo de caso de um enlace ponto-a-ponto em uma rede *wireless* entre a cidade de Santa Maria e o município de Itaara.

A Figura 13 mostra através da linha e o grafico em vermelho, o relevo entre as cidades citadas. A distancia entre os pontos em que ficam as torres de comunicação é de aproximadamente 6,8km.

Percebe-se que o relevo possui cerca de 370m de diferença de cota topográfica.

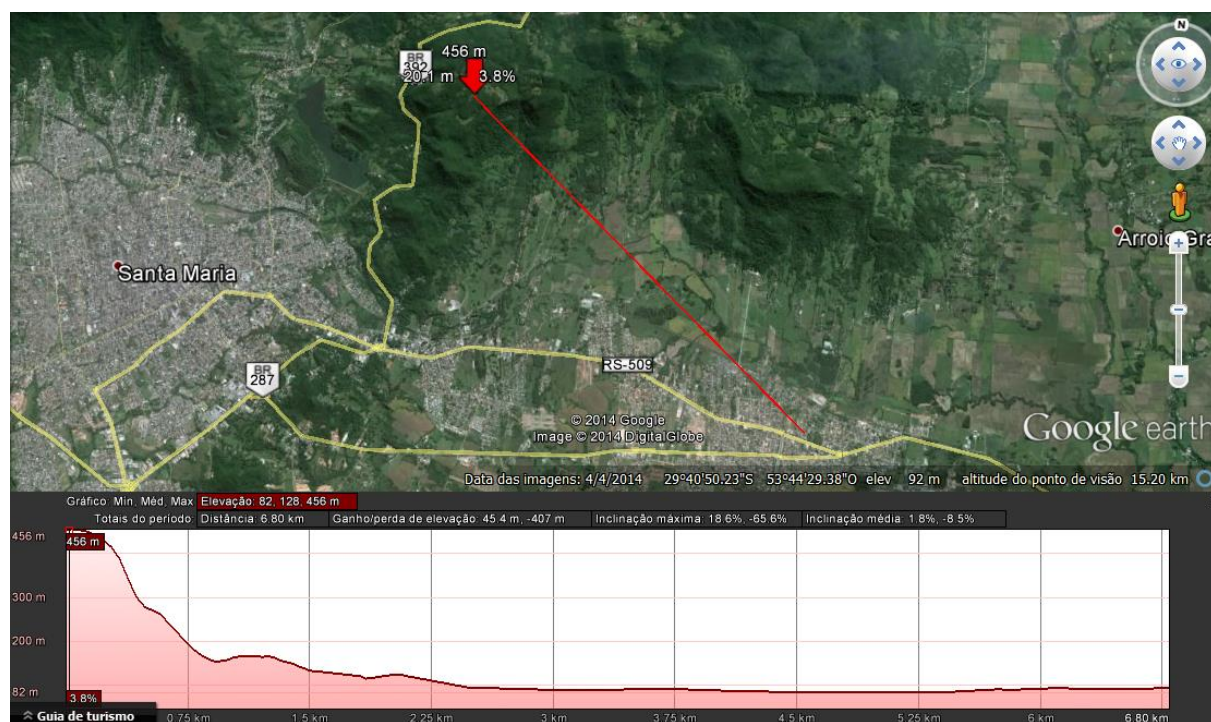


Figura 13: Distancia e relevo do enlace.

Fonte: Google Earth

O enlace possui um par de antenas ALGcom parábola blindada direcional com 60cm de diâmetro, que atuam em uma faixa de frequência de 5250 a 5875 MHz, com dupla polaridade e um ganho de até 30,1 dBi.

Este conjunto de antenas é ligado em placas minipci Mikrotik modelo XR5

com 23dBm de potencia, que são processadas por uma Mikrotik Routerboard RB800 na faixa de frequencia dos 5.8 GHz e uma largura de banda de 40MHz.

A Figura 14 mostra uma Routerboard com duas placas minipci XR5 em uma caixa hermética. A caixa hermética tem a função de proteger o hardware contra umidade, temperatura e possíveis colisões.

A Figura 15 mostra uma antena direcional 5Ghz do fabricante ALGcom.



Figura 14: Caixa hermética portando routerboard e placas minipci.

Fonte: Autor



Figura 15: Parábola sólida blindada ALGcom.

Fonte: ALGCOM

Em cada lado do enlace, os equipamentos são alimentados por duas baterias estacionárias 12V ligadas em série, o que gera uma tensão de 24V. As baterias são ligadas em carregadores 24V com flutuador.

## 7.1 Problematização

O link ponto a ponto citado foi estabelecido com um nível de sinal de -60dBm, tráfego de dados máximo de 40Mb *full-duplex* ou 20 de *upload* e 60 Mb de *download* e CCQ (*Client Connection Quality*) 99%.

Esse link foi utilizado por pouco mais de quatro anos. Com o passar do tempo características como latência alta, CCQ baixo e *throughput* baixo, foram ficando cada vez mais comuns. Por esses motivos houve um aumento no Numero de vezes em que a troca de canal foi necessária para estabilizar o enlace.

Pode-se perceber também que conforme novas redes eram ligadas, aumentava a frequencia em que a troca de canal era necessária.

Além disso, a demanda de link aumentou, tornando necessário efetuar um estudo de viabilidade de link para aprimorar ou substituir o enlace já existente.

A meta é estabilizar o enlace e aumentar sua taxa de dados para no mínimo 200Mbps *full-duplex*.

## 7.2 Solução

Para solucionar os problemas citados no Capítulo 7.1, chegou-se a conclusão de que a melhor alternativa seria a mudança de frequência. A frequência que já estava em uso não permite o tráfego proposto, além de estar ficando com os canais subutilizados.

Efetuaram-se então pesquisas de mercado para encontrar um *hardware* que atendesse as características do novo enlace. O rádio selecionado foi o modelo Lumina da fabricante Wi2Be.

Como mencionado no Capítulo 2 deste trabalho, deve-se levar em conta que as altas frequências estão mais sujeitas à interferência do que as frequências baixas. Além disso, quanto maior a frequência menor será o comprimento de onda e maior será a sua capacidade de trafegar dados, porém menor será a distancia de alcance do sinal.

Para conciliar a distancia total do enlace com disponibilidade de link, e taxa de dados, escolheu-se à frequência de 18GHz.

O conjunto é formado por uma antena direcional sólida blindada com 90cm de diâmetro e o rádio Wi2Be Lumina.

O rádio é alimentado por um banco de baterias que gera uma tensão de 48V e carregadas por carregadores com flutuação.

A Figura 16 mostra a imagem do *firmware* de gerenciamento do rádio Lumina, com o enlace já em funcionamento. Podem-se perceber no retângulo azul as frequências TX e RX usadas no enlace. O retângulo vermelho mostra o enlace estabelecido com sinal de -52dBm e modulação em 256QAM. O retângulo amarelo destaca a capacidade máxima de tráfego de dados do enlace.



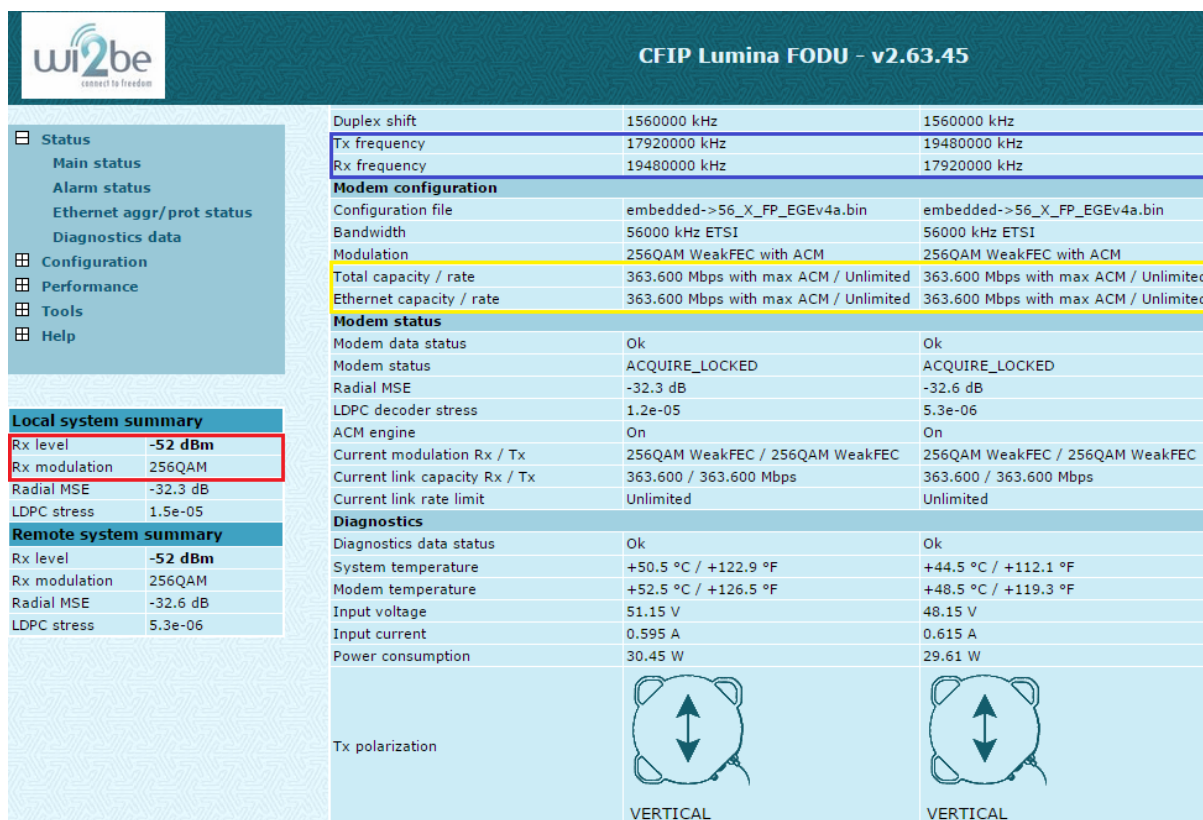


Figura 16: Firmware do rádio Lumina Wi2Be.

Fonte: Autor.

Percebe-se que ele trabalha com uma largura de banda de 56MHz e modulação 256QAM, possibilitando assim um tráfego de dados de até 360Mbps.

A modulação QAM (*Quadrature Amplitude Modulation* – Modulação por Amplitude em Quadratura) é um sistema otimizado de modulação, que modifica simultaneamente duas características da portadora; sua amplitude e sua fase. Com isso obtêm-se grande rendimento e grande performance nas altas velocidade. Com essa modulação é possível conseguir maiores taxas de transmissão. Para cada grupo de quatro bits (TETRABIT), a portadora assume um valor de amplitude e fase. (SILVEIRA, 1991, p. 33).

Na Figura 17 a latência do enlace pode ser percebida através da tela com o fundo preto, no grafico em azul obtém-se o grafico da taxa de transmissão de pacotes e o grafico vermelho mostra as taxas de recepção de pacotes.

Para este teste foi usado o *software* chamado Bandwidth Test, da desenvolvedora Mikrotik.

O enlace, que já está em produção, no momento do teste possuía um trafego em torno de 50Mb (TX) e 20Mb (RX). Mesmo nessas condições, percebe-se que o *throughput* que antes alcançava no máximo 40Mb *full-duplex* com a frequencia de

5GHz, agora com a utilização da frequência 18GHz passa dos 200Mb *full-duplex* sem perdas de pacote.

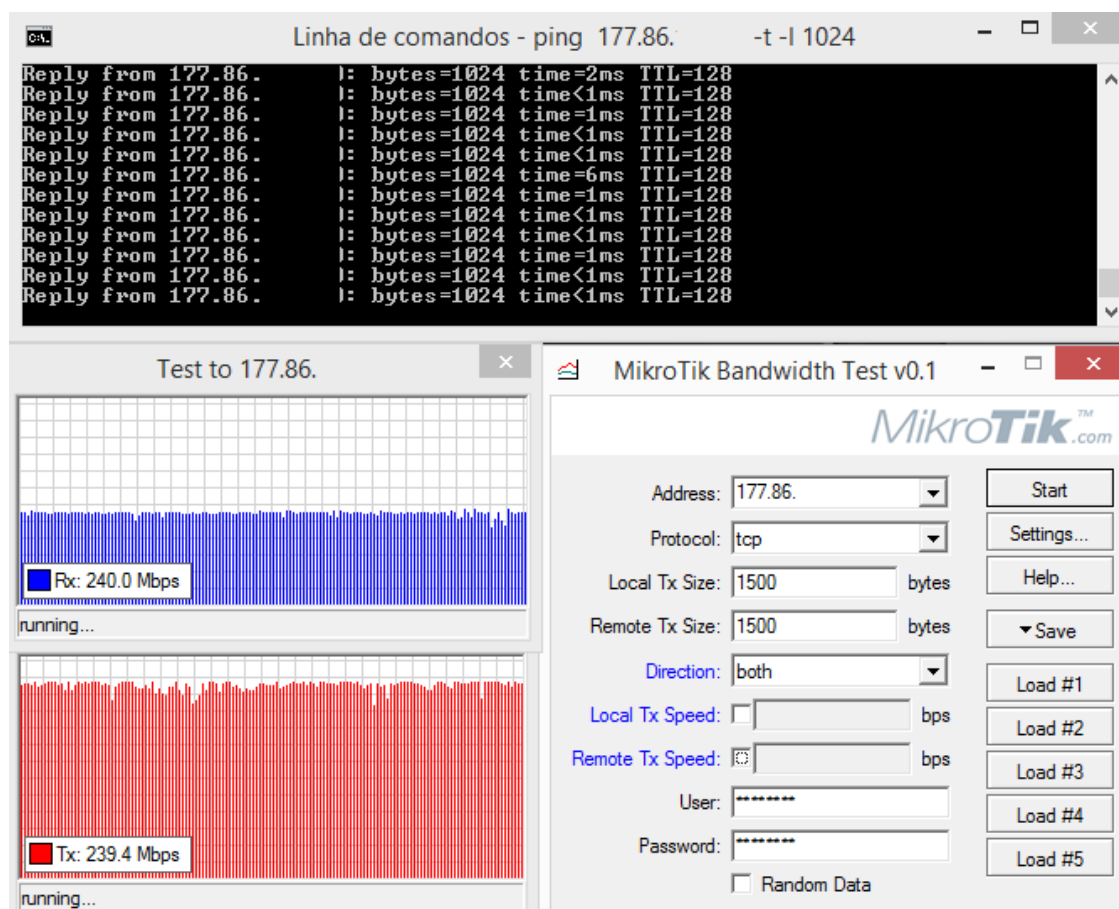


Figura 17: Teste de banda e latência do link.

Fonte: Autor

Estudos sobre o fluxo de dados da rede apontam que o tráfego deste enlace será satisfatório por mais três anos.

Com o passar do tempo este link pode ser otimizado utilizando mais um par de rádios. Esta configuração conhecida como 2+0, e consiste em manter um rádio como *master* e outro como *slave*, com dois pares de frequência independente para TX e RX (transmissão e recepção).

A Figura 18 ilustra uma configuração 2+0, um enlace com dois pares de rádio Wi2Be ligados em antenas dual-polarizadas. Esta configuração garante um tráfego de até 732 Mbps, este tráfego pode ser suficiente por um longo tempo.

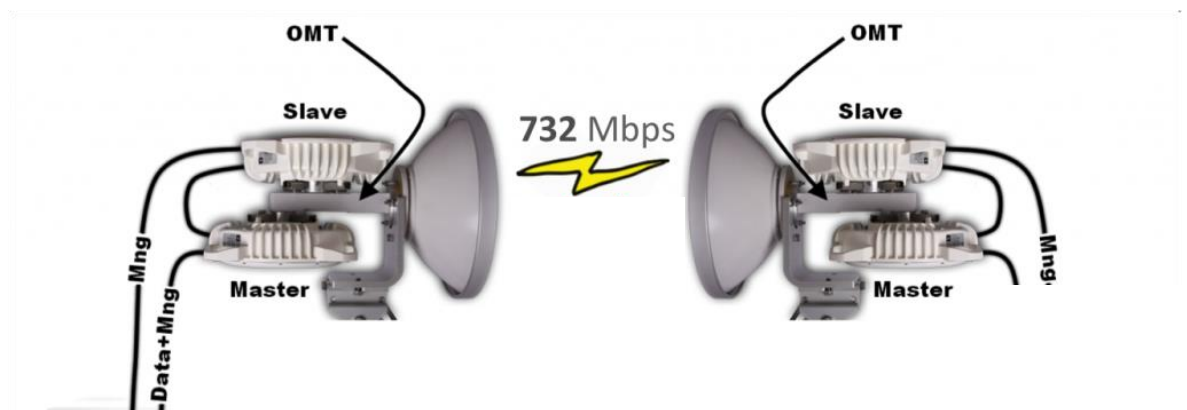


Figura 18: Par de radio Wi2Be.

Fonte: [wi2be.com/produtos/lumina/](http://wi2be.com/produtos/lumina/)

## 8 CONCLUSÃO

Conhecendo a necessidade de expansão dos serviços de rede de internet, este trabalho tem como contribuição o auxílio teórico para o projeto, execução e licenciamento de provedores de internet, ou de qualquer tipo de empresa que utilize radiofrequência ou precisa se tornar um sistema autônomo.

Fica evidente com este trabalho que a documentação legal, juntamente com estudo teórico e prático para o planejamento e execução de uma rede sem fio, são de suma importância para seu pleno funcionamento.

Percebeu-se também que provedores de internet via radiofrequência mostram-se eficazes e de grande importância para a expansão da comunicação multimídia.

O estudo de caso mostrou a necessidade do planejamento para a escolha de uma frequência adequada para um uso específico. E observou-se o esgotamento de canais da frequência 5Ghz devido ao crescimento das redes sem fio na região.

A frequência 18Ghz permitiu atingir os objetivos propostos no estudo de caso, os problemas foram solucionados com sucesso e os resultados foram plenamente satisfatórios.

Boas práticas sobre instalações de antenas *outdoor*, com objetivo de otimizar o uso da frequência, minimizar interferências e protocolos de roteamento redundante na rede do provedor, podem ser tratados em trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEROGERADORES, Disponível em: <[www.aerogeradores.org](http://www.aerogeradores.org)>. Acesso em: 15 abr. 2014.

ANATEL, Disponível em: <[www.anatel.gov.br](http://www.anatel.gov.br)>. Acesso em: 12 out. 2014

CABRAL, Túlio E. **Provedor completo com Mikrotik: tudo o que você precisa**. Salvador, 2007. Disponível em: <<http://www.youblisher.com/p/148764-Manual-Mikrotik>>. Acesso em: 05 abr. 2012.

LACNIC **Alocação de Números de Sistema Autônomo (ASN)**. <http://www.lacnic.net/pt/web/lacnic/manual-3>. Acesso em 05 out. 2014.

MIGUENS, Altineu P. **Navegação - A Ciência e a Arte**. 1 ed. Marinha do Brasil, 1996.


PINHEIRO, José M. S. **Gerenciamento de redes de computadores: uma breve introdução**, 2006. Disponível em: <[http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo\\_gerenciamento\\_de\\_redes\\_de\\_computadores.php](http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_gerenciamento_de_redes_de_computadores.php)>. Acesso em: 07 abr. 2012.

RFC1771, Disponível em: <<https://www.ietf.org/rfc/rfc1771.txt>>. Acesso em: 15 nov. 2014.

SILVEIRA, Jorge Luís. **Comunicações de Dados e Sistemas de Teleprocessamento**. São Paulo: Makron Books, 1991.

RODRIGUES, Carlos Rodrigues, Disponível em: <[http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo\\_radius.php](http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_radius.php)> Acesso em: 12 out. 2014.

**Anexo A- Planilha ANATEL para pedido de licença SCM.**

|  <b>ANATEL</b> Agência Nacional de Telecomunicações |                        |
|--|------------------------|
| SOLICITAÇÃO DE SERVIÇOS DE TELECOMUNICAÇÕES (OUTRAS SOLICITAÇÕES)  |                        |
| IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE   |                        |
| NOME OU RAZÃO SOCIAL   |                        |
| NOME OU RAZÃO SOCIAL (Continuação)   | CNPJ / CPF             |
| MODALIDADE DO SERVIÇO<br>045 - Serviço de Comunicação Multimídia - SCM   | PROCESSO (CASO EXISTA) |
| ENDEREÇO DE DOMÍLIO OU SEDE  |                        |
| ENDEREÇO COMPLETO  |                        |
| ENDEREÇO (Continuação)   | BARRO/DISTRITO         |
| CIDADE/MUNICÍPIO   | UF CEP                 |
| DDD  | TELEFONE FAX           |
| ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA (Preencher caso seja diferente do endereço da sede)  |                        |
| ENDEREÇO COMPLETO  |                        |
| ENDEREÇO (Continuação)   | BARRO/DISTRITO         |
| CIDADE/MUNICÍPIO   | UF CEP                 |
| DDD  | TELEFONE FAX           |
| ATIVIDADE ECONÔMICA PRINCIPAL  |                        |
| OBJETO DA SOLICITAÇÃO E JUSTIFICATIVA (Caso necessário continuar em folhas anexas)   |                        |
| DOCUMENTOS ANEXOS  |                        |
| NOME DO REQUERENTE   | LOCAL                  |
| Assinatura do Requerente: _____  | DATA                   |

Formulário ANATEL - 011

Figura 19: Solicitação de pedido de SCM

Fonte: ANATEL

## Anexo B- Planilha ANATEL para pedido de cadastramento de frequência.



### SOLICITAÇÃO DE AUTOCADASTRAMENTO DE ESTAÇÕES

1. Solicitamos que sejam vinculadas a nossa entidade as pessoas indicadas a seguir, todas já cadastradas<sup>(1)</sup> na Anatel e cientes das respectivas senhas, para que as mesmas sejam autorizadas a acessar remotamente o Banco de Dados Técnicos e Administrativos da ANATEL – BDTA e realizar o autocadastramento das estações do nosso sistema de telecomunicações.

2. Declaro que a responsabilidade jurídica, administrativa e financeira pelos dados cadastrados por nosso(s) usuário(s) indicado(s), pelos Atos e licenças que serão emitidos, pelos correspondentes encargos financeiros decorrentes da emissão das licenças (TFI, TFF e PPDUR), pela manutenção do sigilo da(s) senha(s) de acesso que nos for(em) confiada(s) pela ANATEL e por quaisquer operações de cadastramento remoto efetuadas pelos nossos usuários autorizados no BDTA, caberá exclusivamente à nós.

| PESSOAS INDICADAS PARA O AUTOCADASTRAMENTO |           |
|--|-----------|
| NOME                                       | CPF       |
| FORMAÇÃO PROFISSIONAL                      | CREA / UF |
| NOME                                       | CPF       |
| FORMAÇÃO PROFISSIONAL                      | CREA / UF |
| NOME                                       | CPF       |
| FORMAÇÃO PROFISSIONAL                      | CREA / UF |

| IDENTIFICAÇÃO DA AUTORIZADA                                   |                  |
|---|------------------|
| NOME OU RAZÃO SOCIAL  | CNPJ / CPF       |
| MODALIDADE DO SERVIÇO<br>046 - Radioelâncas Associados ao SCM | NÚMERO DE FISTEL |

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| NOME DO REPRESENTANTE LEGAL | LOCAL |
| Assinatura: .....           | DATA  |

#### Obs:

- (1) Poderão ser indicadas, como usuários, tantas pessoas quantas forem necessárias, desde que, previamente cadastradas no sítio da Anatel na internet. Para acessar a tela de cadastramento de usuários, [CLIQUE AQUI](#).
- (2) As senhas são enviadas por e-mail para as pessoas que efetuarem o cadastro em qualquer sistema da Anatel, e a mesma senha é válida para todos os sistemas.
- (3) Na indicação deverá constar, obrigatoriamente, no mínimo um Engenheiro Eletricista, Eletrônico ou de Comunicação, responsável técnico pelo cadastramento, conforme art.9º da Resolução nº 218 de 29/06/73 do CONFEA;

Figura 20: Modelo de solicitação de cadastro de frequência.

Fonte: ANATEL

## Anexo C- Lei Nº 9.472.

LEI Nº 9.472, DE 16 DE JULHO DE 1997.

Art. 183. Desenvolver clandestinamente atividades de telecomunicação:

**Pena - detenção de dois a quatro anos, aumentada da metade se houver dano a terceiro, e multa de R\$ 10.000,00 (dez mil reais).**

Parágrafo único. Incorre na mesma pena quem, direta ou indiretamente, concorrer para o crime.

Art. 184. São efeitos da condenação penal transitada em julgado:

I - tomar certa a obrigação de indenizar o dano causado pelo crime;

**II - a perda, em favor da Agência, ressalvado o direito do lesado ou de terceiros de boa-fé, dos bens empregados na atividade clandestina, sem prejuízo de sua apreensão cautelar.**

Parágrafo único. **Considera-se clandestina a atividade desenvolvida sem a competente concessão, permissão ou autorização de serviço, de uso de radiofrequência e de exploração de satélite.**

Art. 185. O crime definido nesta Lei é de ação penal pública, incondicionada, cabendo ao Ministério Público promovê-la.

Figura 21: LEI Nº 9.472

Fonte: [www.anatel.gov.br/Portal](http://www.anatel.gov.br/Portal)