

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ESPECIALIZAÇÃO EM TELEINFORMÁTICA
E REDES DE COMPUTADORES

ALEXANDRE FERNANDES GRACIANO

**REDE SEM FIO 802.11AC EM MALHA: com equipamentos de dupla
banda de baixo custo.**

MONOGRAFIA

CURITIBA
2015

ALEXANDRE FERNANDES GRACIANO

**REDE SEM FIO 802.11AC EM MALHA: com equipamentos de dupla
banda de baixo custo.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-Graduação, apresentado ao Curso Especialização em Teleinformática e Redes De Computadores, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Mestre Christian Carlos Souza Mendes.

CURITIBA
2015

RESUMO

GRACIANO, Alexandre Fernandes. **Rede sem fio 802.11ac em malha:** com equipamentos de dupla banda de baixo custo. 2015. 54 f. Monografia (Especialização em Teleinformática e Redes De Computadores), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Atualmente quase metade da população brasileira está excluída digitalmente (GIACOMELE, 2015), devido à dificuldade da infraestrutura chegar em algumas regiões com população de baixa renda. Outro impedimento do acesso digital a população seria a densidade geográfica que encarece a instalação da infraestrutura física. Esses obstáculos apontam a necessidade de novas soluções de baixo custo e fácil implementação em áreas de difícil acesso a infraestrutura cabeada. A solução seria a instalação de redes sem fio em malha (*Wi-Mesh*) devido sua capacidade de estabelecer múltiplas rotas de forma simples, por ter a facilidade de se adequar às necessidades da rede e pelo seu baixo custo de implantação. Dessa forma, escolheu-se os roteadores sem fio, *dual band*, com tecnologia 802.11ac e o *firmware* DD-WRT por sua interface *web* com suporte para o roteador TP-Link AC 1200 v.1.2. Os objetivos seriam testar a velocidade e perda de pacotes, mas o *firmware* DD-WRT não supriu os propósitos pontuados no projeto, necessitando efetuar testes com outros *firmware's* com o padrão 802.11s nativo. A demora na tramitação dos documento do processo de liberação do projeto no respectivo órgão público foi uma das dificuldades encontradas e que impediu o desenvolvimento do projeto como planejado. Outro obstáculo na execução do projeto foi de não existir um procedimento de fácil implementação para retornar o firmware original no roteador utilizado e por isso ocorreu a anulação de dois roteadores.

Palavras chave: Mesh. Wi-Mesh. 802.11s. 802.11ac. Wireless.

ABSTRACT

GRACIANO, Alexandre Fernandes. **802.11ac Wi-Mesh**: dual band low-cost equipment. 2015. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Teleinformática e Redes De Computadores), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Currently almost half of the population digitally excluded (GIACOMELE, 2015) because of the difficulty of getting infrastructure in some regions with low-income population. Another impediment of digital access to the population would be the geographic density that increases the installation of physical infrastructure. These obstacles point to the need for new cost-effective solutions and easy deployment in areas of difficult access to wired infrastructure. The solution would be to install wireless mesh networks (Wi-Mesh) due to its ability to establish multiple routes simply by having the facility to suit the needs of the network and its low cost of deployment. Thus, we chose wireless routers, dual band, with technology 802.11ac and the DD-WRT firmware for its web interface with support for the router TP-Link AC 1200 v.1.2. The objectives would be to test the speed and loss of packages, but the DD-WRT firmware not supplied the scored purposes in the project, requiring perform tests with other firmware's with native 802.11s standard. The delay in the processing of the document's design release process in the respective public agency was one of the difficulties encountered and prevented the development of the project as planned. Another obstacle in implementing the project was that there is no easy to implement procedures to return the original firmware on the router and used for this was the cancellation of two routers.

Keywords: Mesh. Wi-Mesh. 802.11s. 802.11ac. Wireless.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sinalização RTS – CTS.....	18
Figura 2: Comparação de comunicação com antenas simples (SISO) e utilizando a diversidade com a tecnologia MIMO.	21
Figura 3: Gráfico de frequência dos canais de 2.4 GHz.....	22
Figura 4: Evolução dos pontos de acesso 802.11.....	24
Figura 5: Comparação da área de abrangência da modulação entre 256 QAM e 64 QAM.	24
Figura 6: A primeira máscara espectral é de 40 MHz e a segunda é de 80 MHz.....	25
Figura 7: Comparação entre o padrão 802.11n com o 802.11ac.	25
Figura 8: Utilização dos canais de 2.4 GHz sem sobreposição.....	26
Figura 9: Demonstração da tecnologia MU-MIMO.	27
Figura 10: Comparativo sinal da rede sem fio sem e com <i>Beamforming</i>	27
Figura 11: Comparativo sinal com e sem interferência.	28
Figura 12: Protocolo HWMP – modo reativo.	30
Figura 13: Técnica MPR.....	31
Figura 14: Acessando o roteador via navegador de <i>internet</i>	33
Figura 15: Acessando o roteador com <i>login</i> e senha.	33
Figura 16: Acessando o <i>System Tools</i> e <i>Firmware Upgrade</i>	33
Figura 17: Atualizando o <i>firmware</i>	34
Figura 18: Capturado a tela da inicialização da configuração do DD-WRT.....	34
Figura 19: Capturado a tela para atualização do <i>firmware</i> para <i>tplink_archer-c5-v1.bin</i>	35
Figura 20: Capturado a tela desabilitando <i>firewall</i>	35
Figura 21: Capturado a tela da configuração <i>wireless</i>	36
Figura 22: Capturado a tela das configurações avançadas.	37
Figura 23: Capturado a tela do roteamento avançado.	38
Figura 24: Capturado a tela do comando <i>ifconfig</i> via <i>telnet</i>	39
Figura 25: Capturado a tela das consultas das redes vizinhas.	40
Figura 26: Capturado a tela da tabela de roteamento.	40
Figura 27: Capturado a tela tabela roteamento OLSR.	42
Figura 28: Capturado a tela tabela roteamento OSPF.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela: Resumo do padrão 802.11a.	19
Tabela 2: Resumo do padrão 802.11b.	19
Tabela 3: Resumo do padrão 802.11g.	20
Tabela 4: Resumo do padrão 802.11n.	20
Tabela 5: Resumo do padrão 802.11ac.	22
Tabela 6: Comparativo da evolução das redes cabeadas e sem fio.	23
Tabela 7: Comparativo do padrão 802.11n com o 802.11ac.	26

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ACK – acknowledgement
ADSL – Asymmetric Digital Subscriber Line
AP – Access Point
ARP – Address Resolution Protocol
ARPANET – Advanced Research Projects Agency Network
BYOD – Bring Your Own Device
CCK – Complementary Code Keying
CSMA/CA – Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CTS – Clear to Send
DARPA – Defense Advanced Research Projects Agency
dBm – decibel milliwatt
DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol
DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum
EUA – Estados Unidos da América
FEC – Forward Error Correction
Gbps – Gigabit per second
GHz – Gigahertz
HUB – Concentrador
HWMP - Hybrid Wireless Mesh Protocol
IEEE – Institute of Electrical and Electronic Engineers
IoE – Internet of Everything
IP – Internet Protocol
ISM – Instrumentation, Scientific and Medical
LAN – Local Area Network
LPDC – Low-Density Parity Check
MAC – Media Access Control
Max – Maximum
Mbps – Megabit per Second
MHz – Megahertz
MIMO – Multiple-Input Multiple-Output
Min – Minimum
MPR – Multi Point Relay
MU-MIMO – Multi-User Multiple-Input Multiple-Output
NAT – Network Address Translation
NTP – Network Time Protocol
OFDM – Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
OLSR – Optimized Link State Routing
OSI – Open Systems Interconnection
OSPF – Open Shortest Path First
PHY – Physical Layer
Ping – Packet Internet Network Grouper
PREQ – Path Request
QAM – Quadrature Amplitude Modulation
RANN – Root Annoucnement
RF – Radio Frequency
RFC – Request for Comments
RM – Mesh Router

RTS – Request to Send
SISO – Single Input, Single Output
SSID – Service Set Identifier
STA – Station
STD – Standard
Telnet – Protocolo de Terminal Virtual
TFTP – Trivial File Transfer Protocol
TCP/IP – Transmission Control Protocol/Internet Protocol
UART – Universal Synchronous Receiver/Transmitter
UCA – Um Computador por Aluno
USB – Universal Serial Bus
UTP Cat - Unshielded Twisted-Pair category
VPN – Virtual Private Network
WAN – Wide Area Network
Web – World Wide Web
White-Fi – White-Space
WI-FI – Wireless Fidelity
WI-MESH – Wireless Mesh
WLAN – Wireless Local Area Network
www – World Wide Web

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	TEMA	10
1.2	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	11
1.3	PROBLEMA	12
1.4	OBJETIVOS	12
1.4.1	Geral	12
1.4.2	Objetivos Específicos	12
1.5	JUSTIFICATIVA	13
1.6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	13
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	NORMAS IEEE 802.11	15
2.2	REDE 802.11	16
2.2.1	Camada Física (PHY)	17
2.2.2	Subcamada MAC	17
2.2.3	IEEE 802.11a	18
2.2.4	IEEE 802.11b	19
2.2.5	IEEE 802.11g	19
2.2.6	IEEE 802.11n	20
2.2.7	IEEE 802.11ac	22
2.2.8	IEEE 802.11s	28
2.2.8.1	Protocolos	29
2.3	<i>FIRMWARE</i> DD-WRT	31
3	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	32
3.1	ABERTURA PROTOCOLO PARA OS TESTES	32
3.2	CONFIGURAÇÃO DO ROTEADOR	32
3.2.1	Instalando o <i>Firmware</i> DD-WRT	32
3.2.2	Configurando a rede em malha	35
3.2.3	Restaurando <i>Firmware</i> para o padrão de fábrica	43
3.3	FINALIZAÇÃO DOS TESTES	44
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERÊNCIAS	47
	ANEXO(S)	50

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão tratados os seguintes assuntos: tema, delimitação de estudo, o problema, os objetivos da pesquisa, a justificativa, os procedimentos metodológicos e a estrutura deste trabalho.

1.1 TEMA

A ideia de conectar várias redes de computadores começou na década de 1960 durante a Guerra Fria, devido ao medo que o governo dos Estados Unidos da América (EUA) tinha de sofrer ataques em suas bases militares e assim expor suas informações sigilosas. Essa situação gerou a necessidade da descentralização da informação e de garantir a comunicação mesmo na hipótese de destruição de um ou mais pontos da rede. Dessa maneira o EUA não ficaria vulnerável (BARROS, 2013).

Em 1969, surgiu a *internet* que era denominada de ARPANET, baseada na rede de conexão DARPA (Agência de Projetos de Pesquisa Avançada dos Estados Unidos). A ARPANET utilizava um sistema de chaveamento de pacotes, onde as informações eram fragmentadas em pequenos pacotes contendo os dados, endereçamento do destinatário e informações que permitiam montar novamente as informações recebidas (BARROS, 2013).

Na década de 70 surgiu o nome *Internet*, nesta época houve uma mudança fundamental no padrão da conexão, foi criado os protocolos TCP/IP. A partir da criação dos protocolos e da melhoria dos mesmos a rede começou a crescer exponencialmente (BARROS, 2013).

Em 1981 ocorreu a definição do IPv4 com a RFC (*Request for Comments*) 791, para facilitar a implementação de novas redes a serem conectadas entre si. Na época de sua criação a *internet* era fundamentalmente para uso acadêmico e não foram desenvolvidos quesitos de segurança e de crescimento astronômico. O protocolo de *internet* (IP) permitiu que todas as redes interconectadas trocassem arquivos e mensagens, surgindo assim os *backbones* e estabelecendo o modo de conexão (BARROS, 2013; BOULEVARD, 1981).

Quando houve a liberação da comercialização da *internet* em 1988, as indústrias, o comércio e residências passaram a utilizá-la de uma forma astronômica. Na década de 90 com a criação do “www” (*World Wide Web*) houve a explosão da *internet*, surgindo os protocolos de segurança, sites de pesquisa, mensageiros instantâneos, serviços de *e-mails* gratuitos entre outros e os padrões IEEE 802.11a e 802.11b (BARROS, 2013; IAN POOLE, [s.d.]).

No Brasil a partir do crescimento da utilização das redes sem fio e equipamentos móveis houve um aumento da utilização da *internet*. Hoje o país é o terceiro no mundo que fica mais tempo conectado à *internet*. Em questão de utilização com o número de habitantes o Brasil ocupa a décima nona colocação em comparação com outros países, tendo apenas 54% dos duzentos e quatro milhões de habitantes com acesso à rede (GIACOMELE, 2015).

Dos cento e dez milhões de brasileiros que acessam a rede, 77% utilizam computadores e *notebooks*, 20% celulares e *smartphones*, 3% *tablets* e 0,1% outros equipamentos (GIACOMELE, 2015).

Atualmente 46% da população está excluída digitalmente, devido à dificuldade da infraestrutura chegar em algumas regiões com população de baixa renda. Outro impedimento do acesso digital a população seria a densidade geográfica que encarece a instalação da infraestrutura física. Esses obstáculos apontam a necessidade de novas soluções de baixo custo e fácil implementação em áreas de difícil acesso a infraestrutura cabeada. (GIACOMELE, 2015; NERI, 2012; SAADE et al., 2007).

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O local escolhido para realização dos testes foi a Escola Municipal Ibraim Antônio Mansur (anexo A), localizado na Rua Nossa Senhora dos Remédios, 1360 – Fazenda Velha, Araucária, Paraná, esta escola tem em média de quinhentos alunos por turno e uma área total construída de aproximadamente três mil oitocentos e setenta e quatro metros quadrados possuindo somente andar térreo. O pavilhão onde será testado os equipamentos tem comprimento de aproximadamente cento e quatro metros.

O investimento total do projeto foi de dois mil reais com a aquisição de cinco roteadores sem fio TP-Link Archer C5 AC 1200.

1.3 PROBLEMA

A falta de infraestrutura sem fio para acesso à *internet* utilizando os *netbooks* do projeto UCA (um computador por aluno).

1.4 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados os objetivos geral e específicos do trabalho, relativos ao problema anteriormente apresentado.

1.4.1 Geral

Disseminar inclusão digital para escolas, comunidades e cidades que não possuam infraestrutura de acesso à *internet*.

1.4.2 Objetivos Específicos

Com intuito de alcançar o objetivo geral deste trabalho, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Escolher uma escola de médio a grande porte com o projeto UCA e um ponto de acesso à *internet*;
- Adquirir os roteadores sem fio de acordo com o espaço físico da escola;
- Configurar a rede sem fio com frequência 2.4 GHz para os clientes e a frequência 5.8 GHz com tecnologia 802.11ac para rede em malha;
- Verificar a velocidade atingida em cada salto;
- Analisar a perda de pacotes por salto;
- Analisar o tempo de envio de pacotes em cada salto.

1.5 JUSTIFICATIVA

As escolas em geral tem pelo menos um ou mais computadores conectados à *internet*, na maioria delas apenas na área administrativa. Algumas escolas possuem acesso à *internet* para os professores e poucas tem acesso para os alunos.

O projeto propõe a utilização de redes sem fio 802.11ac em malha através da implantação de equipamentos com dupla banda de baixo custo e *firmware* baseado em *Linux* para a disseminação da *internet*, podendo ser aplicado em diversas áreas como: educação, redes de sensores, emergência, saúde, empresas e comunidades brasileiras.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Acompanhando a linha de pensamento de (GIL, 2002) a respeito da classificação das pesquisas, considerando o objetivo de cada uma, este trabalho de monografia estará acompanhando os métodos técnicos de pesquisa bibliográfica e estudo de campo. A pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, composta de artigos científicos. A vantagem da pesquisa bibliográfica consiste no fato de permitir ao pesquisador a cobertura de uma série de fatos muito mais abrangentes (GIL, 2002).

O estudo de campo procura aprofundar as questões propostas do que a classificação das características da população conforme determinadas variáveis. O planejamento do estudo de campo é mais flexível, acontecendo mesmo que seus objetivos sejam reformulados no decorrer da pesquisa. Outra diferença está na investigação das informações, identificando as características dos elementos no universo pesquisado, facilitando a definição de seus segmentos (GIL, 2002).

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está organizado em quatro capítulos:

Capítulo 1 - Introdução: serão apresentados o tema, as delimitações do estudo, o problema, os objetivos da pesquisa, a justificativa, os procedimentos metodológicos e a estrutura do trabalho.

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica: será abordado sobre as normas IEEE 802.11, a rede 802.11, a camada física e subcamada MAC, os padrões 802.11 a, b, g, n, ac, o padrão 802.11s e protocolos e ainda sobre o *firmware* DD-WRT.

Capítulo 3 – Apresentação e análise dos resultados: será abordado a abertura do protocolo de liberação do projeto, configuração dos roteadores contemplando a instalação do *firmware* DD-WRT, configuração da rede em malha e restauração do *firmware* de fábrica.

Capítulo 4 – Considerações finais: será descrito como foram efetuados os testes e seus resultados. Além disto, será sugerido trabalhos futuros que poderão ser realizados a partir deste estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O início de uma comunicação necessita de duas ou mais pessoas, não sendo diferente na rede sem fio (*Wi-Fi*), que requer dois ou mais equipamentos para iniciar a conectividade e a comunicação entre si por meio do ar tendo como transporte as ondas eletromagnéticas.

A compreensão das normas de redes sem fio IEEE 802.11 e alguns de seus padrões são indispensáveis para a análise sobre redes sem fio em malha (*Wi-Mesh*). Dessa forma, serão abordados os padrões IEEE 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac e 802.11s.

2.1 NORMAS IEEE 802.11

O padrão sem fio IEEE 802.11 é amplamente utilizado para fornecer acesso a redes sem fio locais (*WLAN*), tanto para conexões temporárias em pontos de acesso (*hotspots*) em cafés, aeroportos, hotéis entre outros, bem como em escritórios e empresas. As redes sem fio estão bem estabelecidas em praticamente todos os novos computadores portáteis (*notebook*), no entanto celulares, *smartphones*, *tablets* e *BYOD* (traga seu próprio dispositivo ou equipamento) também possuem uma placa de conexão sem fio (CORPORATION, 2014; IAN POOLE, [s.d.]).

A norma IEEE 802.11 tem uma variedade de padrões, que abrangem os padrões sem fio, normas de segurança, qualidade de serviço, entre outros. Os padrões mais conhecidos são: 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n e agora também o 802.11ac. Abaixo segue uma breve descrição dos padrões IEEE 802.11 (IAN POOLE, [s.d.]):

- **802.11a** – Rede sem fio, operando na faixa ISM de 5 GHz com taxa de dados de até 54 Mbps;
- **802.11b** – Rede sem fio, operando na faixa ISM de 2.4 GHz com taxas de dados de até 11 Mbps;
- **802.11e** – Qualidade de serviço e priorização;

- **802.11f** – *Handover*;
- **802.11g** – Rede sem fio, operando na faixa ISM de 2.4 GHz com taxas de dados de até 54 Mbps;
- **802.11h** – Controle de potência;
- **802.11i** – Autenticação e criptografia;
- **802.11j** – Interfuncionamento;
- **802.11k** – Relatórios de medição;
- **802.11n** – Rede sem fio, operando nas faixas ISM 2.4 e 5 GHz com taxas de dados de até 600 Mbps;
- **802.11s** – redes em malha (*mesh*);
- **802.11ac** – Rede sem fio, operando abaixo de 6 GHz para fornecer taxas de dados de pelo menos 1 Gbps por segundo para uma operação multi-estação e 500 Mbps em uma única conexão;
- **802.11ad** – Rede sem fio, proporcionando um alto rendimento em frequências de até 60 GHz;
- **802.11af** – Rede sem fio nos espaços em branco do espectro de televisão (muitas vezes chamado *White-Fi*);
- **802.11ah** – Rede sem fio usando o espectro não licenciado abaixo de 1 GHz para fornecer comunicações de longo alcance e suporte para o *IoT* (internet das coisas).

2.2 REDE 802.11

O padrão IEEE 802.11 é o mais conhecido das redes sem fio locais, desde a aprovação do padrão 802.11b em 1999 que compreende redes de transmissão de dados via pacotes (BLANCO, 2012).

Os padrões operam nas faixas de frequência ISM (Industrial, Científico e Médico) 2.4 GHz e 5.8 GHz, que não necessitam de licenciamento para sua utilização. A comunicação das redes sem fio se torna possível através da camada física e da subcamada MAC da camada de enlace (BLANCO, 2012; IAN POOLE, [s.d.]).

2.2.1 Camada Física (PHY)

A camada física é a primeira camada do modelo OSI (*Open Systems Interconnection*), que define qual será o meio (cabo metálico, ondas de rádio ou fibra ótica) utilizado para transmissão da informação (BLANCO, 2012).

Entender como as ondas eletromagnéticas se comportam em um ambiente real e como proteger o sinal contra fatores externos são imprescindíveis para garantir a construção de redes sem fio estáveis e com alta velocidade. Devido ao elevado nível de complexidade deve ser padronizada (BLANCO, 2012).

Os padrões utilizam um ou mais tipos de modulação que compreendem o CCK (chaveamento de código complementar), DSSS (espectro de dispersão de sequência direta) e OFDM (modulação por divisão de frequência ortogonal) (IAN POOLE, [s.d.]).

2.2.2 Subcamada MAC

As ferramentas utilizadas para formar a camada física mais robusta nas redes sem fio são contempladas dentro da camada de enlace do modelo OSI, na subcamada MAC. Essa subcamada controla o acesso ao meio dos dispositivos ao mesmo tempo, evitando assim colisões dos pacotes e controlando o tráfego (BLANCO, 2012).

As técnicas de controle de acesso ao meio utilizada pelo padrão 802.11 são a CDMA/CA (Acesso múltiplo com verificação de portadora com anulação/prevenção de colisão) e o RTS/CTS (solicitar para enviar/libre para enviar) (BLANCO, 2012).

O CDMA/CA é um dos métodos para controlar o acesso ao meio sem fio. Os dispositivos de uma rede sem fio ouvem o meio, estando ocupado eles esperam até que libere o meio para poder transmitir, podendo transmitir, a estação envia um aviso de transmissão com o tempo que irá utilizar e assim prevenindo colisões (BLANCO, 2012; NASCIMENTO, 2012).

O RTS/CTS (figura 1) é opcional, neste método o transmissor envia uma mensagem RTS (solicitar para enviar) se o destino (receptor) estiver livre ele responde

com CTS (livre para enviar) após receber esta confirmação o transmissor envia o pacote de dados e aguarda a confirmação ACK (*acknowledgement*) para iniciar o processo novamente. Este método soluciona o problema do nó oculto na rede sem fio onde há três ou mais nós. (BLANCO, 2012; NASCIMENTO, 2012).

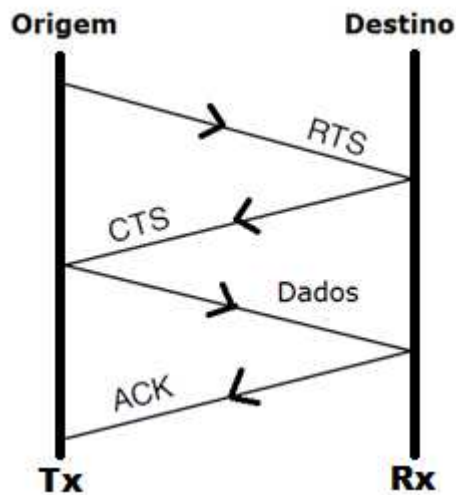


Figura 1: Sinalização RTS – CTS.
Fonte: (NASCIMENTO, 2012).

2.2.3 IEEE 802.11a

Este padrão foi lançado junto com o padrão 802.11b e não foi tão difundido devido ao custo de fabricação do *chipset* para os equipamentos. Ele opera na frequência ISM 5.8 GHz e transmite em 54 Mbps. Utiliza sinal OFDM compreendendo cinquenta e duas subportadoras, utilizando para transmitir apenas quarenta e oito (IAN POOLE, [s.d.]), entre outras informações descritas a seguir (tabela 1):

PARÂMETRO	VALOR
Data de aprovação padrão	Jul 1999
Taxa máxima de dados (Mbps)	54
Taxa de dados típica (Mbps)	25
Interior gama típica (Metros)	~ 30
Modulação	OFDM

PARÂMETRO	VALOR
RF Band (GHz)	5
Número de fluxos espaciais	1
A largura do canal (MHz)	20

Tabela 1: Tabela: Resumo do padrão 802.11a.
Fonte: (IAN POOLE, [s.d.]).

2.2.4 IEEE 802.11b

Foi o primeiro padrão de rede sem fio a ser amplamente difundido em vários equipamentos de rede sem fio. Apesar de utilizar uma menor velocidade (11 Mbps), possui baixo custo de fabricação do *chipset*. Ele trabalha na frequência ISM de 2.4 GHz (IAN POOLE, [s.d.]), entre outras informações a seguir (tabela 2):

PARÂMETRO	VALOR
Data de aprovação padrão	Jul 1999
Taxa máxima de dados (Mbps)	11
Taxa de dados típica (Mbps)	5
Interior gama típica (Metros)	~ 30
Modulação	CCK (DSSS)
RF Band (GHz)	2.4
A largura do canal (MHz)	20

Tabela 2: Resumo do padrão 802.11b.
Fonte: (IAN POOLE, [s.d.]).

2.2.5 IEEE 802.11g

Este padrão se difundiu rapidamente por ter uma velocidade de 54 Mbps sendo assim maior que o seu antecessor na frequência de 2.4 GHz que era de 11 Mbps. Os equipamentos com a tecnologia 802.11g também trabalham com a tecnologia 802.11b (IAN POOLE, [s.d.]). A seguir mais detalhes (tabela 3):

ATRAÇÕES DO IEEE 802.11G WI-FI	
CARACTERÍSTICA	802.11G
Data de aprovação padrão	Junho 2003
Taxa máxima de dados (Mbps)	54
Modulação	CCK, DSSS, OFDM
RF Band (GHz)	2.4
A largura do canal (MHz)	20

Tabela 3: Resumo do padrão 802.11g.
Fonte: (IAN POOLE, [s.d.]).

2.2.6 IEEE 802.11n

Houve um grande avanço no padrão 802.11n em questão da velocidade, sendo possível atingir até 600 Mbps em 5.8 GHz e 300 GHz em 2.4 GHz. Também é compatível com todas as versões anteriores de rede sem fio 802.11a/b/g (BLANCO, 2012; IAN POOLE, [s.d.]). Conforme detalhado a seguir (tabela 4):

IEEE 802.11N PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	
PARÂMETRO	IEEE 802.11N PADRÃO
Taxa máxima de dados (Mbps)	600
RF Band (GHz)	2.4 ou 5
Modulação	CCK, DSSS, OFDM
Número de fluxos espaciais	1, 2, 3, ou 4
A largura do canal (MHz)	20, ou 40

Tabela 4: Resumo do padrão 802.11n.
Fonte: (IAN POOLE, [s.d.]).

A necessidade de alcançar o objetivo de um desempenho superior, obrigou a incorporação das inovações destacadas a seguir (BLANCO, 2012; IAN POOLE, [s.d.]):

- Alterações na implementação do OFDM;
- Introdução do MIMO;

- Economia de energia MIMO;
- Largura de banda de canal mais amplo;
- Tecnologia da antena;
- Suporte reduzido para compatibilidade com versões anteriores.

Tendo em vista as características das versões anteriores, foram criados três modos para um ponto de acesso operar no padrão 802.11n, sendo legado (802.11 a, b e g), misto (802.11 a, b, g e n) e *greenfield* (apenas 802.11n) utilizando assim o máximo desempenho (IAN POOLE, [s.d.]).

O MIMO (figura 2) foi introduzido para melhorar a utilização do sinal, através de várias antenas tanto para transmissão quanto para recepção do sinal. O padrão 802.11n permite utilizar até quatro transmissores e quatro receptores (4 x 4: 4), mas há outras configurações (2 x 2: 2; 2 x 3: 2; 3 x 2: 2; a mais comum 3 x 3: 3) (BLANCO, 2012; IAN POOLE, [s.d.]; JUNIOR, 2013).

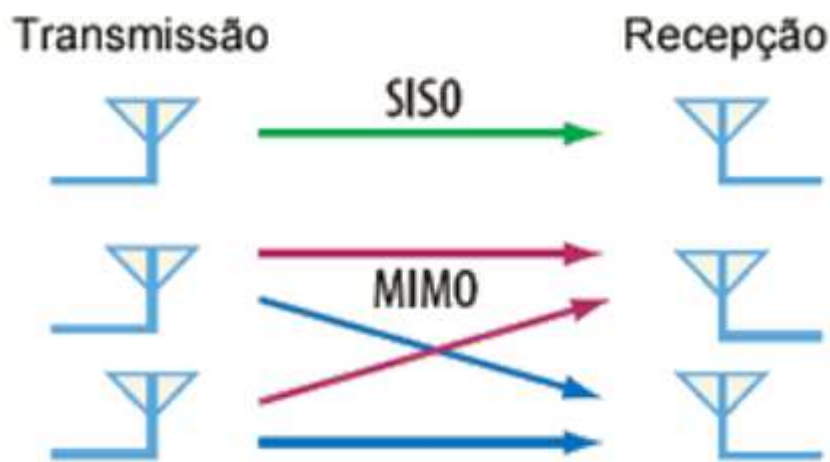


Figura 2: Comparação de comunicação com antenas simples (SISO) e utilizando a diversidade com a tecnologia MIMO.
 Fonte: (BLANCO, 2012).

Houve o aumento da largura de banda de 20 MHz utilizado nos padrões anteriores para 40 MHz. Apesar da frequência 2.4 GHz poder trabalhar com até três canais de 20 MHz, apenas um canal de 40 MHz pode ser acomodado (IAN POOLE, [s.d.]).

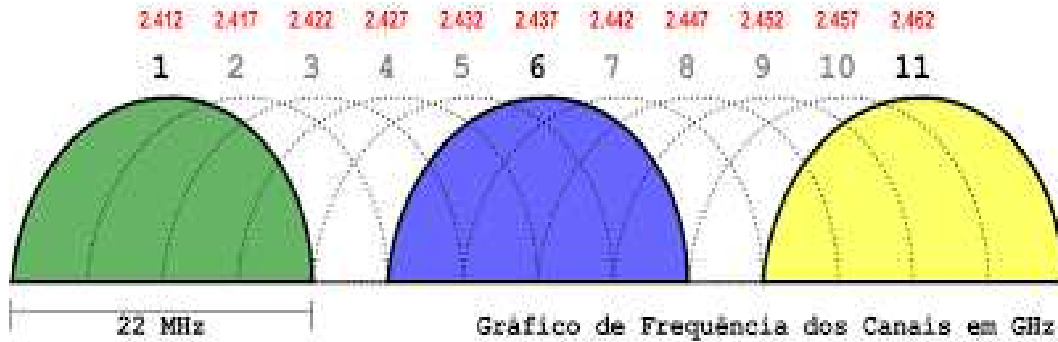


Figura 3: Gráfico de frequência dos canais de 2.4 GHz.
Fonte: (BRITO, 2013).

2.2.7 IEEE 802.11ac

O padrão 802.11ac tem um alto desempenho de até 7 Gbps possíveis e no mínimo cerca de 1 Gbps, mas só funciona na frequência ISM de 5.8 GHz. Para ser compatível com os padrões mais antigos os pontos de acesso (*access point*) devem ser *dual band* (duas bandas) com as frequências ISM de 2.4 GHz e 5.8 GHz (CO, 2014; IAN POOLE, [s.d.]; JUNIOR, 2013; PAPER, 2014). A baixo segue as principais características (tabela 5):

IEEE 802.11AC PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	
PARÂMETRO	DETALHES
Banda de frequência	5.8 GHz ISM (sem licença) banda
Max taxa de dados	6,93 Gbps
Largura de banda de transmissão	20, 40, 80 MHz e 160 e 80 + 80 MHz opcional
Formatos de modulação	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM 256-QAM opcional
Codificação FEC	LPDC (opcional) com taxas de codificação de 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 ou
MIMO	Ambos única e multi-usuário MIMO com até 8 fluxos espaciais.
Beamforming	Opcional

Tabela 5: Resumo do padrão 802.11ac.
Fonte: (IAN POOLE, [s.d.]).

A tabela 6 a seguir compara a evolução das redes cabeadas com as redes sem fio:

REDE LAN	REDE WLAN 802.11	PUBLICAÇÃO PADRÃO WIRELESS LAN
Ethernet – 10 Mbps	802.11b – 11 Mbps	1999
Fast Ethernet – 100 Mbps	802.11a / g – 54 Mbps	1999 / 2003
Gigabit Ethernet – 1000 Mbps	802.11n – 75 – 600 Mbps	2009
10 Gigabit Ethernet – 10 Gbps	802.11ac – 3,46 Gbps e além	2012

Tabela 6: Comparativo da evolução das redes cabeadas e sem fio.
Fonte: (JUNIOR, 2013).

O gráfico 1 a seguir mostra a evolução cronológica quanto a velocidade das redes sem fio:

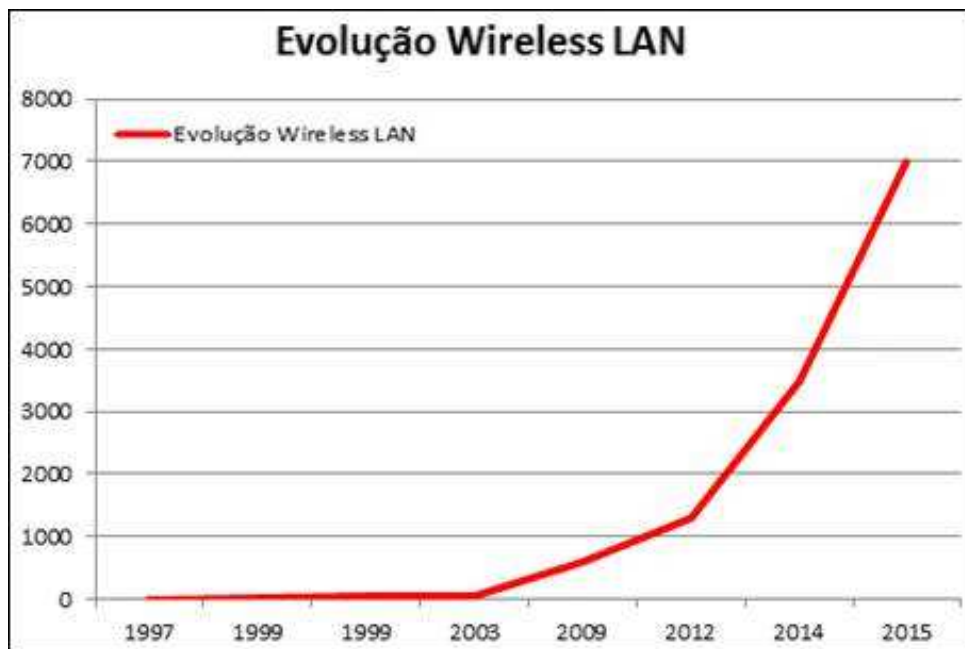


Gráfico 1: Evolução da tecnologia de rede sem fio.
Fonte: (JUNIOR, 2013).

O figura 4 a seguir mostra a evolução da velocidade das redes sem fio:

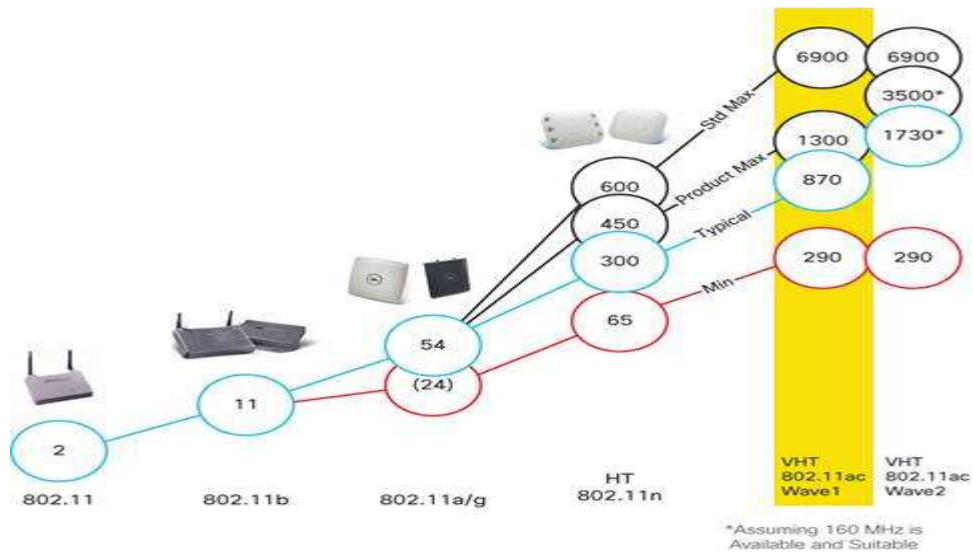


Figura 4: Evolução dos pontos de acesso 802.11.
Fonte: (PAPER, 2014).

Serão citadas algumas das evoluções do padrão 802.11ac, que permitem a melhora do desempenho das redes sem fio (IAN POOLE, [s.d.]; JUNIOR, 2013; LOBO, 2014; NASCIMENTO, 2012; PAPER, 2014):

- **Modulação:** o aumento de 64 QAM para 256 QAM, passando de seis bits para oito bits, obtendo aumento de símbolos transmitidos em maior quantidade de dados e o aumento da transmissão tornando o sinal mais sensível a ruídos. Fazendo-se necessário um sinal maior entre (54 – 59 dBm), resultando em um menor alcance conforme figura 5 abaixo:

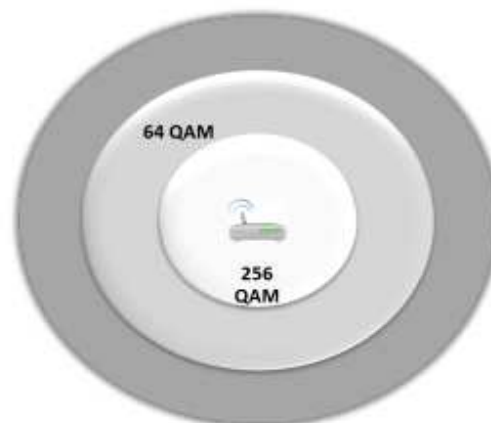


Figura 5: Comparação da área de abrangência da modulação entre 256 QAM e 64 QAM.
Fonte: (CORPORATION, 2014).

- **Canais mais largos** (figura 6 e 7): o padrão 802.11ac primeira fase permite canais de 80 MHz e a segunda fase com canais de 160 MHz aumentando a velocidade de transmissão de dados;

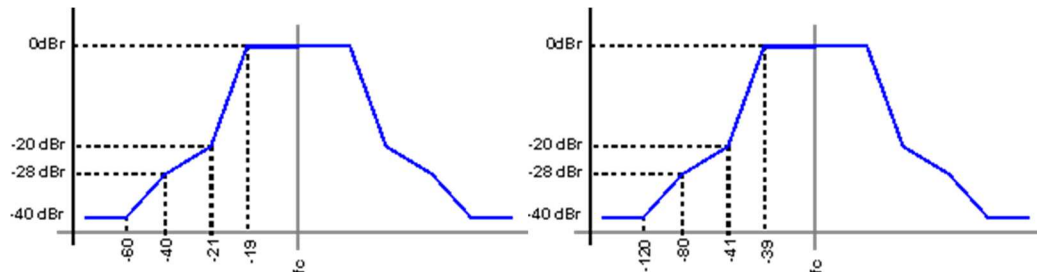


Figura 6: A primeira máscara espectral é de 40 MHz e a segunda é de 80 MHz.

Fonte: (IAN POOLE, [s.d.]).

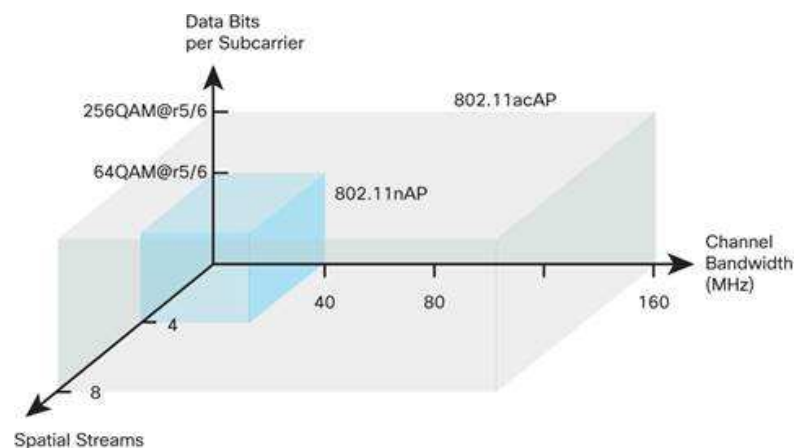


Figura 7: Comparação entre o padrão 802.11n com o 802.11ac.

Fonte: (JUNIOR, 2013; PAPER, 2014).

- **Operação:** o padrão 802.11ac irá operar apenas na frequência de 5.8 GHz, devido a menor interferência. A frequência de 2.4 GHz só pode operar no máximo um canal de 40 MHz e no máximo três canais (figura 3 e 8) de 20 MHz sem sobreposição, além da interferência produzida por micro-ondas, *bluetooth* entre outros equipamentos que operam na frequência de 2.4 GHz.

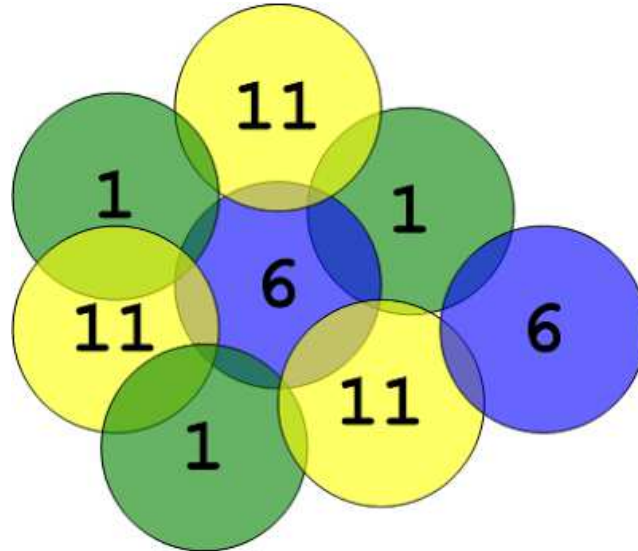


Figura 8: Utilização dos canais de 2.4 GHz sem sobreposição.
Fonte: (BRITO, 2013).

- **Maior número de antenas:** passando de quatro antenas do padrão 802.11n para até oito antenas. Quanto maior o número de antenas utilizados, maior velocidade alcançada. O problema é que os dispositivos móveis utilizam uma ou no máximo duas antenas, não aproveitando assim o máximo da tecnologia, conforme tabela 7 abaixo:

Dispositivo/fluxos	802.11n 20 MHz	Vinculação de canal de 40 MHz	802.11ac 40 MHz	Vinculação de canal de 80 MHz
Smartphone (um fluxo)	72 Mbps	150 Mbps	200 Mbps	433 Mbps
Tablet (dois fluxos)	144 Mbps	300 Mbps	400 Mbps	866 Mbps
Notebook (três fluxos)	216 Mbps	450 Mbps	600 Mbps	1300 Mbps

Tabela 7: Comparativo do padrão 802.11n com o 802.11ac.
Fonte: (CORPORATION, 2014).

- **MIMO e MU-MIMO:** na fase um do padrão 802.11ac a tecnologia MIMO é obrigatória para todos os equipamentos, mas mesmo com o MIMO e a alta velocidade o ponto de acesso não deixa de ser um HUB (ponto central). Já com a fase dois virá a tecnologia MU-MIMO no qual o ponto de acesso irá transmitir para vários usuários como o *switch*, conforme figura 9 abaixo:

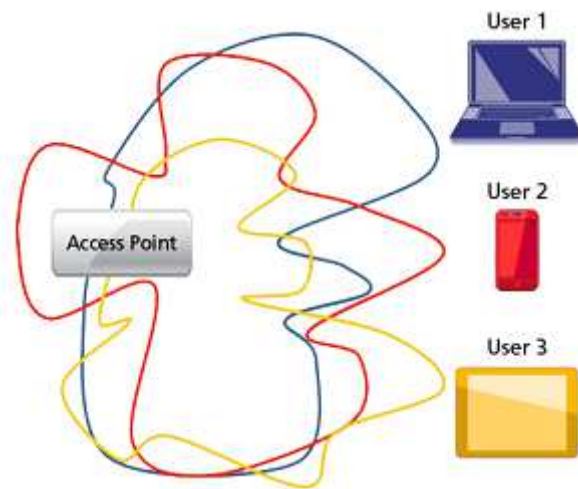


Figura 9: Demonstração da tecnologia MU-MIMO.
Fonte: (CORPORATION, 2014).

- **Beamforming:** outra importante evolução foi a padronização do *beamforming* para rede sem fio. Essa tecnologia direciona o sinal para os clientes aumentando a potência conforme figura 10 abaixo:



Figura 10: Comparativo sinal da rede sem fio sem e com *Beamforming*.
Fonte: (PLAZA, 2014).

- **Canal:** o canal atingido pelas tecnologias anteriores eram fixas e agora passaram a variar automaticamente de 160 MHz até 20 MHz, reduzindo assim o risco de interferência entre os canais, conforme figura 11 abaixo:

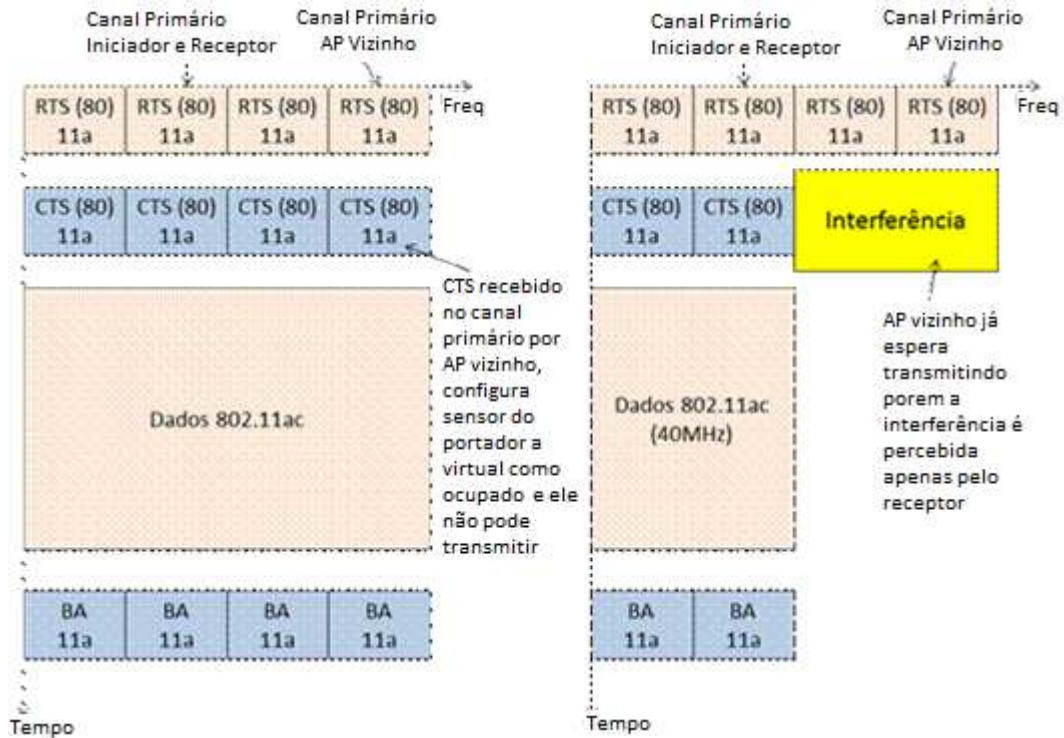


Figura 11: Comparativo sinal com e sem interferência.
 Fonte: (JUNIOR, 2013).

2.2.8 IEEE 802.11s

O padrão 802.11s teve seu primeiro lançamento em março de 2006, mas só foi incorporado na norma IEEE 802.11 em 2012. De acordo com o padrão 802.11s os componentes que fazem parte da rede sem fio em malha são (CARVALHO, 2014):

- **Cliente (STA):** estes equipamentos não tem o recurso *mesh*, mas efetuam conexão à rede através dos pontos de acesso *mesh*;
- **Nó Mesh (MP):** estes nós formam a rede no padrão 802.11s, sendo através deles que ocorre a propagação dos pacotes *mesh*;
- **Ponto de Acesso Mesh (MAP):** além de ser um ponto de acesso, ele também tem a função de nó na rede. Os clientes se conectam ao ponto de acesso, por onde os pacotes do padrão 802.11s são encaminhados para o próximo salto. Convertendo assim os quadros *mesh* em não *mesh*, ou vice-versa;

- **Portal Mesh (MPP):** é um nó com a função *gateway*. Ele faz a interligação entre duas redes diferentes, interligando a um roteador que prove a conexão com a *internet*. Anuncia aos outros nós através dos pacotes GANN (*gate announcement*) ou RANN (*root announcement*) informando que é o nó raiz;
- **Nó Raiz (RM):** é um nó que utiliza o protocolo de roteamento somente no modo pró-ativo. Ele se anuncia através do pacote PREQ (solicitação de caminho) ou através do RANN, construindo assim o caminho até o nó raiz.

2.2.8.1 Protocolos

Uma das características da rede *mesh* é a capacidade de estabelecer múltiplas rotas de forma simples e se adequar às necessidades da rede através dos protocolos de roteamento. Dessa forma a rede se adapta rapidamente as mudanças em sua topologia. Os processos abaixo fazem esta adaptação da rede (BLANCO, 2012):

- **Descobrimto de nós:** encontrar nós em uma rede de acordo com as mudanças da topologia;
- **Descobrimto da fronteira:** achar os limites da rede;
- **Medição de enlace:** examinar o desempenho e qualidade de um enlace;
- **Cálculo de rotas:** localizar a melhor rota;
- **Endereçamento IP:** alocação de endereços IP;
- **Rede principal:** gerenciar a conexão com outras redes.

O protocolo padrão definido no IEEE 802.11s para descoberta do melhor caminho é HWMP (*Hybrid Wireless Mesh Protocol*), e a métrica para escolha do melhor caminho é a *Air Link Metric* (métrica de ligação aérea). Mesmo o protocolo HWMP sendo o padrão, outros tipos de protocolos são suportados (CARVALHO, 2014).

O protocolo HWMP pode trabalhar em três modos (CARVALHO, 2014):

- **Modo reativo** (figura 12): este modo a funcionalidade sempre estará disponível, independente se o nó raiz estiver configurado. A rota deste modo é descoberta no momento que será enviado o pacote.

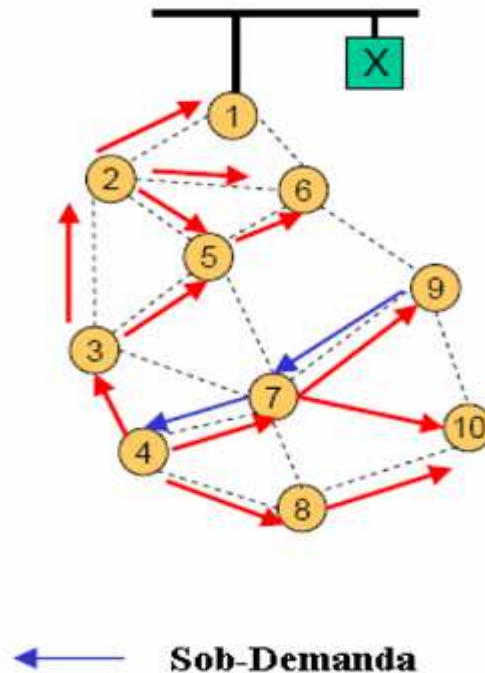


Figura 12: Protocolo HWMP – modo reativo.
Fonte: (BAUER, 2012).

- **Modo proativo:** para o funcionamento deste modo o nó raiz tem que ser configurado para se anunciar periodicamente na rede.
- **Modo Híbrido:** ele utiliza os dois modos descritos anteriormente. Enviando os anúncios imediatamente sobre o nó raiz (modo proativo) e descobrindo o caminho mais curto (modo reativo).

Outro protocolo proativo é o OLSR (*Optimized Link State Routing*) é baseado no estado de enlace, previne a redundância de informação. Escolhe estações para executarem funções especiais que são chamados de MPRs (*Multipoint relays*). O OLSR diminui consideravelmente o *overhead* causado por outros protocolos proativos que enviam seu anúncios via inundação (*broadcast*), utilizando a técnica de escolha de estações MPR conforme figura 13 (BAUER, 2012; GOMES; VASCONCELOS, 2006).

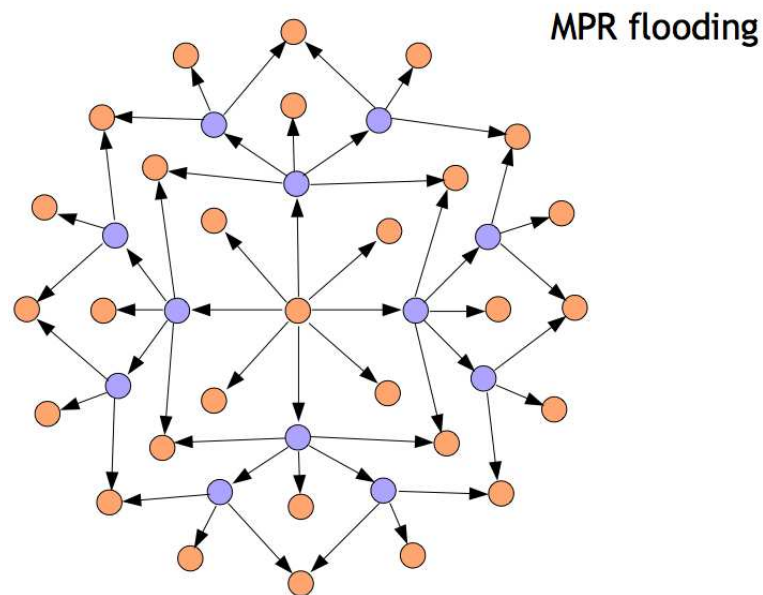


Figura 13: Técnica MPR.
Fonte: (UFPE, 2008).

2.3 FIRMWARE DD-WRT

O DD-WRT é um *firmware* (programa básico de controle de um dispositivo eletrônico) alternativo, baseado em *Linux* e suportado por uma variedade de roteadores sem fio. Ele adiciona várias funcionalidades comparado com o *firmware* original, além da facilidade de uso e manipulação (GOTTSCHALL et al., 2015).

A interface gráfica tem acesso via a um navegador de *internet*, por isso tanto os técnicos como outras pessoas podem utilizá-lo. Além disso, o DD-WRT é veloz e estável, suprimindo as exigências para implantação profissional (GOTTSCHALL et al., 2015).

Esse *firmware* tem uma enorme comunidade de usuários e desenvolvedores, por este motivo as falhas são detectadas rapidamente. Em questão de ajuda ou para sugestões o usuário não tem somente o suporte, mas também o fórum e a wiki. Ele pode ser utilizado gratuitamente para fins privados, mas para uso comercial necessita de uma licença paga que varia de quase doze euros a vinte e cinco euros (GOTTSCHALL et al., 2015).

Atualmente o *firmware* DD-WRT suporta mais de duzentos roteadores, todos os padrões de rede sem fio 802.11 a, b, g, n, ac entre outros, VPN (rede virtual privada) e interface do usuário multilíngue (GOTTSCHALL et al., 2015).

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 ABERTURA PROTOCOLO PARA OS TESTES

A pedido da Diretora da Escola Municipal Ibraim Antônio Mansur, foi aberto um protocolo junto a Prefeitura Municipal de Araucária, para análise jurídica e liberação dos testes do referente projeto na escola.

Já passaram mais de dois meses e ainda aguarda-se a resposta do protocolo junto a Prefeitura. Situação que prejudica o andamento do projeto. Enquanto aguardava-se a resposta do protocolo, iniciou-se a configuração dos roteadores.

3.2 CONFIGURAÇÃO DO ROTEADOR

O roteador sem fio adquirido foi o *AC1200 Wireless Dual Band Gigabit Router* da marca TP-Link, modelo Archer C5 e versão 1.20 do *firmware*. Este modelo possui (anexo B) três antenas externas de 5 dBi com frequência de 5.8 GHz, três antenas internas com frequência de 2.4 GHz, uma porta RJ45 de entrada da *internet* (WAN) 1 Gbps, quatro portas RJ45 *ethernet* para rede local com 1 Gbps e duas portas USB (HONGLIANG, 2014).

O *firmware* DD-WRT foi escolhido por ser de fácil configuração, mas ainda está na versão de testes (*beta*). Foi baixado o *factory-to-ddwrt.bin* e *tplink_archer-c5-v1.bin* do site <http://www.dd-wrt.com>, clicado em *support*, *other downloads*, *betas*, 2015, 04-09-2015-r26653, *tplink_archer-c5-v1* (GOTTSCHALL et al., 2015).

3.2.1 Instalando o *Firmware* DD-WRT

O *firmware* foi instalado no roteador primeiramente conectando via cabo de rede (UTP Cat 5) no computador, depois acessando via navegador de *internet* o endereço: <http://tplinkwifi.net> (figura 14) e inserindo o *login* e senha “admin” (figura

15). Após clicou-se em *system tools*, *firmware upgrade* (figura 16), *browse...* (figura 17) e acessou-se o local onde foi salvo o *firmware* factory-to-ddwrt.bin. Prosseguindo o procedimento em *upgrade* (figura 17) e aguardou-se até o roteador reiniciar (HONGLIANG, 2015).

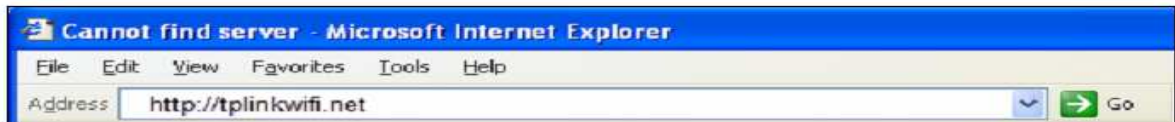


Figura 14: Acessando o roteador via navegador de *internet*.
Fonte: (HONGLIANG, 2015).



Figura 15: Acessando o roteador com *login* e senha.
Fonte: (HONGLIANG, 2015).

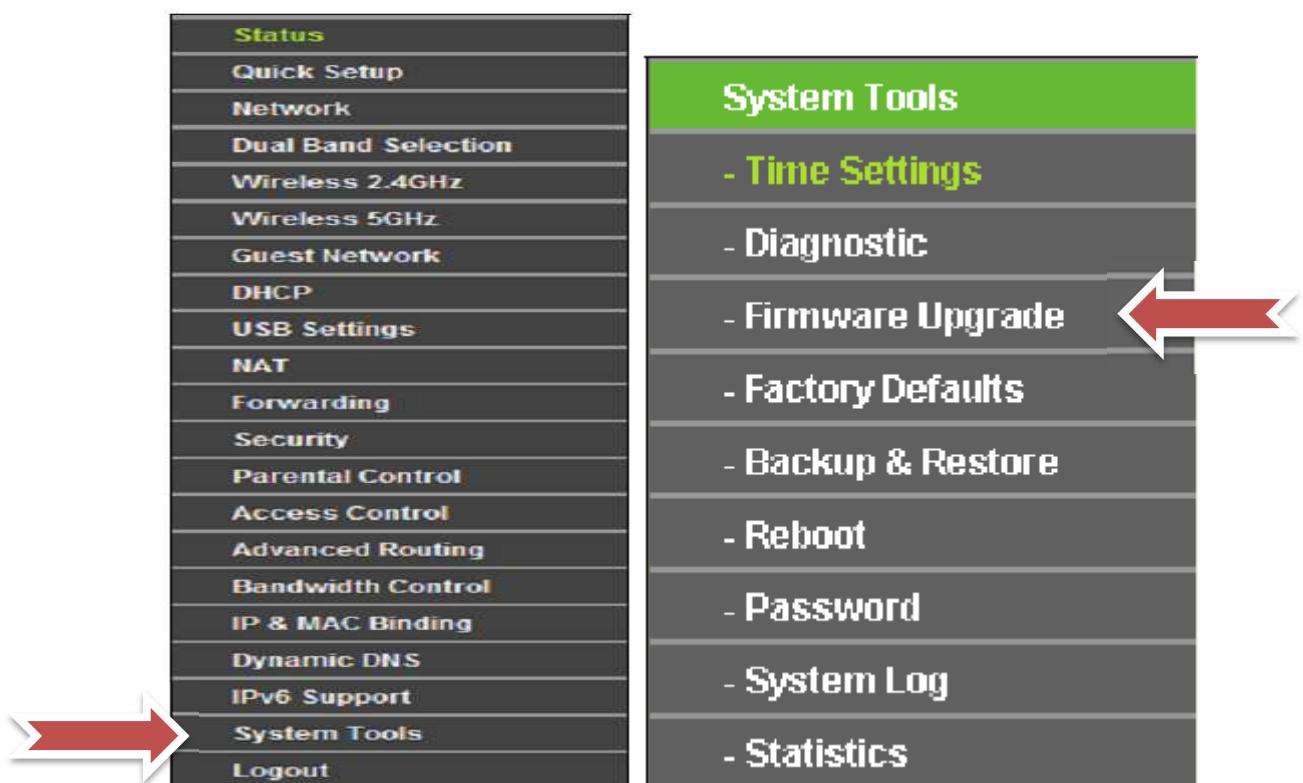


Figura 16: Acessando o *System Tools* e *Firmware Upgrade*.
Fonte: (HONGLIANG, 2015).

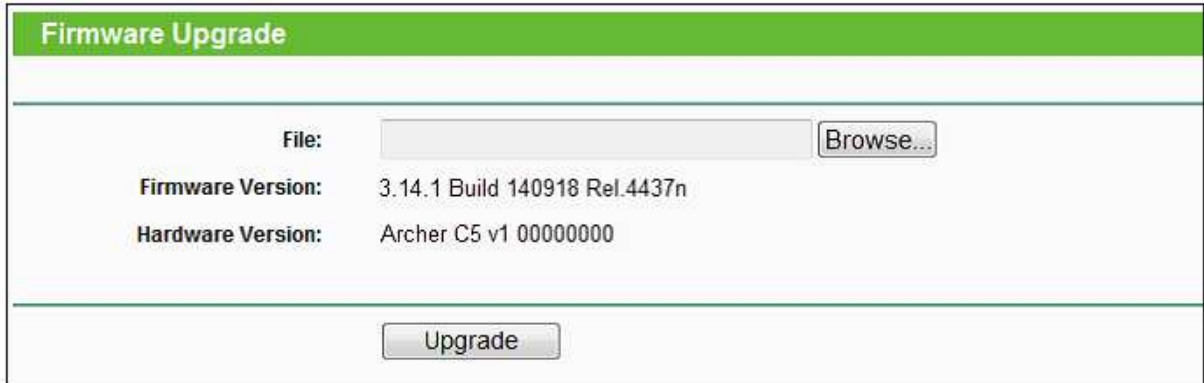


Figura 17: Atualizando o *firmware*.
 Fonte: (HONGLIANG, 2015).

O roteador pediu *Router Username*, *Router Password* e *Re-enter to confirm* (figura 18) que foram preenchidos. Após clicou-se na aba *Administration*, *Management*, *Language Selection*, alterou-se a linguagem padrão para português (brasileiro) e em seguida confirmou-se as informações em *save* (GOTTSCHALL et al., 2015; HONGLIANG, 2014).

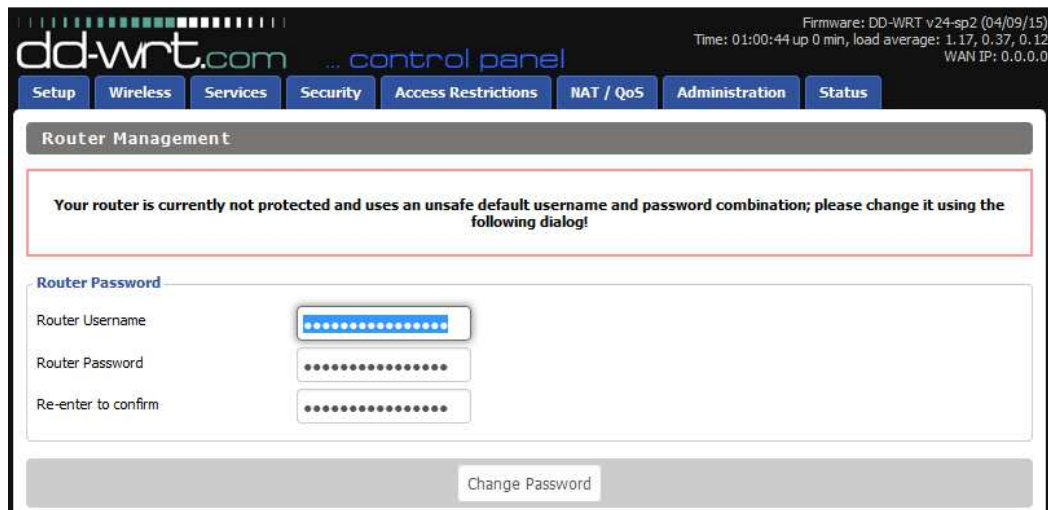


Figura 18: Capturado a tela da inicialização da configuração do DD-WRT.

A atualização completa do *firmware* depende de outra atualização com todas as funcionalidades para o roteador. Efetuando a atualização clicou-se em administração, atualizar *firmware*, selecionar arquivo..., acessou-se o local onde foi salvo o *firmware*, clicou-se em atualizar (figura 19) e aguardou-se o roteador reiniciar novamente (GOTTSCHALL et al., 2015).

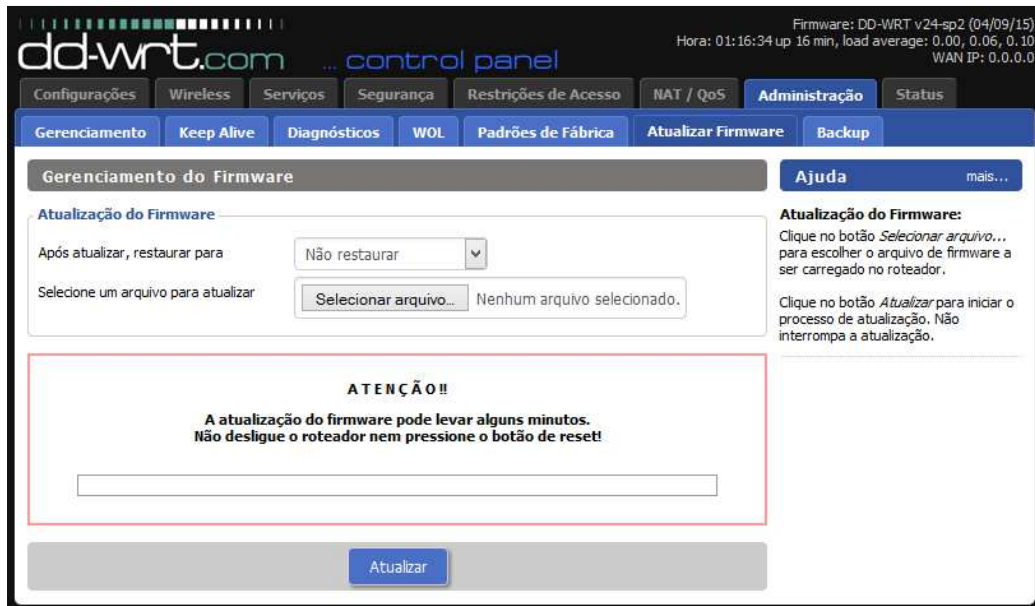


Figura 19: Capturado a tela para atualização do *firmware* para *tplink_archer-c5-v1.bin*.

3.2.2 Configurando a rede em malha

Após o reinício foi configurado o fuso horário do servidor NTP. Clicou-se em configurações, configurações básicas e escolheu-se o fuso horário (America/São_Paulo). Como foi utilizado um roteador ADSL com o mesmo IP 192.168.1.1, configurou-se o roteador TP-Link AC 1200 com IP 192.168.10.1, o próximo com IP 192.168.20.1 e assim sucessivamente até o quinto roteador com o IP 192.168.50.1, após clicou-se em salvar configurações e aplicar configurações. Foi desativado o *firewall* (figura 20) para iniciar a configuração da rede em malha no roteadores. Dessa forma, clicou-se em segurança, *firewall*, desabilitar, salvar configurações e aplicar configurações (GOTTSCHALL et al., 2015).

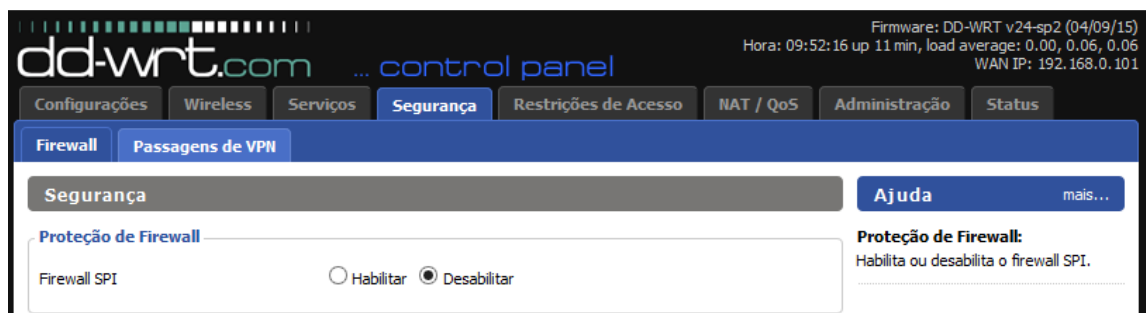


Figura 20: Capturado a tela desabilitando *firewall*.

Iniciou-se a configuração da rede sem fio em malha com tecnologia 802.11ac, clicando em *wireless* e configurações básicas, por se tratar de um roteador com duas bandas apareceu a interface física *wireless* ath0 [2.4 GHz] e a interface física *wireless* ath1 [5.8 GHz] conforme a figura 21. Configurou-se a interface ath0 para acesso dos clientes, mantendo o modo *wireless* como ponto de acesso, o modo de rede *wireless* como misto (802.11 b, g e n), na largura do canal alterou-se para dinâmico (20/40 MHz) porque se tiverem conectados apenas clientes com a tecnologia 802.11n que suportem o canal de 40 MHz, esses terão sua conexão de até 300 Mbps.

No canal *wireless* deixou-se como automático para poder oscilar entre os canais de 20 e 40 MHz. No nome da rede *wireless* (SSID) colocou-se cliente_mesh01 para o primeiro roteador e assim sucessivamente até o quinto roteador com o nome de cliente_mesh05 e nas configurações avançadas (figura 22) alterou-se o domínio regulatório para *Brazil*.

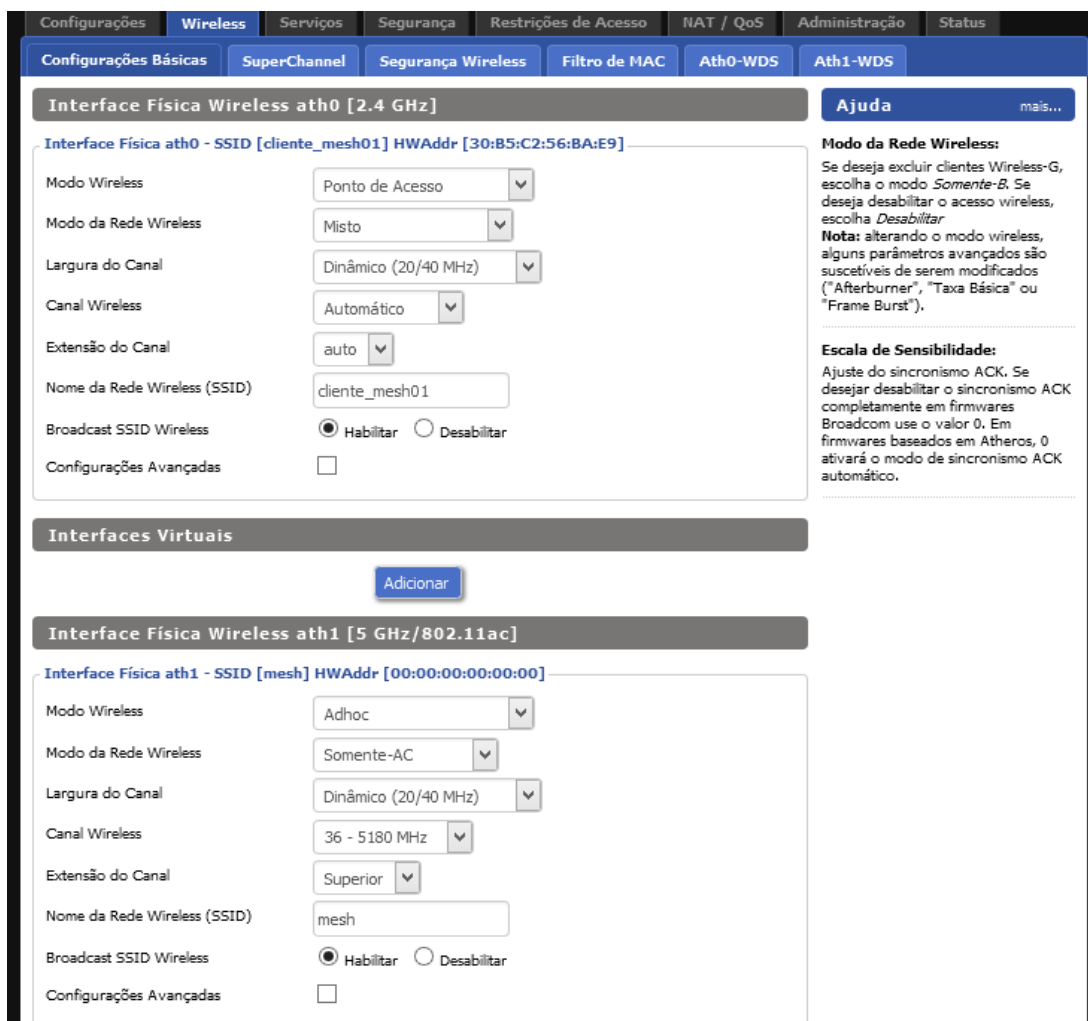


Figura 21: Capturado a tela da configuração *wireless*.

A interface ath1 foi configurada para rede sem fio em malha. No modo *wireless* colocou-se a opção Adhoc (sem infraestrutura), no modo de rede *wireless* selecionou-se a opção somente-AC e na largura do canal escolheu-se a opção dinâmico (20/40 MHz). No canal *wireless* deixou-se fixo nos cinco roteadores a opção 36 – 5180 MHz, na extensão do canal colocou-se a opção superior e sempre o mesmo SSID. Nas configurações avançadas (figura 22) alterou-se o domínio regulatório para *Brazil*, na configuração de rede optou-se pelo *unbridged*, inseriu-se o endereço IP 10.1.1.1/24 e assim sucessivamente até o quinto roteador com o IP 10.1.1.5/24, após isso salvar configurações e aplicar. Há outras configurações que podem ser feitas nas configurações avançadas (figura 22), porém não serão detalhadas (GOTTSCHALL et al., 2015).

Configurações Avançadas	<input checked="" type="checkbox"/>
Domínio Regulatório	BRAZIL
Potência de TX	16 dBm
Ganho da Antena	0 dBi
Modo de Proteção	None
Limiar de RTS	<input type="radio"/> Habilitar <input checked="" type="radio"/> Desabilitar
Preâmbulo Curto	<input type="radio"/> Habilitar <input checked="" type="radio"/> Desabilitar
Banda Outdoor	<input type="radio"/> Habilitar <input checked="" type="radio"/> Desabilitar
TX Antena Chains	1+2+3
RX Antena Chains	1+2+3
Isolamento AP	<input type="radio"/> Habilitar <input checked="" type="radio"/> Desabilitar
Intervalo Beacon	100
Intervalo DTIM	2
Suporte WMM	<input checked="" type="radio"/> Habilitar <input type="radio"/> Desabilitar
Deteção Radar	<input type="radio"/> Habilitar <input checked="" type="radio"/> Desabilitar
ScanList	default
Escala de Sensibilidade (Sincronismo ACK)	2000 (Padrão: 2000 metros)
Número Máximo de Clientes Associados	256 (Padrão: 256 Clientes Wireless)
Compatibilidade MTik	<input type="radio"/> Habilitar <input checked="" type="radio"/> Desabilitar
Configuração de Rede	<input checked="" type="radio"/> Unbridged <input type="radio"/> Bridged
Encaminhamento Multicast	<input type="radio"/> Habilitar <input checked="" type="radio"/> Desabilitar
Mascaramento / NAT	<input checked="" type="radio"/> Habilitar <input type="radio"/> Desabilitar
Isolamento da Rede	<input type="radio"/> Habilitar <input checked="" type="radio"/> Desabilitar
Forced DNS Redirection	<input type="radio"/> Habilitar <input checked="" type="radio"/> Desabilitar
Endereço IP	10 . 1 . 1 . 1
Máscara de Sub-Rede	255 . 255 . 255 . 0

Figura 22: Capturado a tela das configurações avançadas.

Configurou-se o protocolo de roteamento utilizado nas redes sem fio em malha, clicou-se em configurações, roteamento avançado (figura 23), em modo de operação selecionou-se o protocolo OLSR e habilitou-se o modo *gateway*. No item interface nova deveria aparecer a opção interface ath1 para ser adicionada, pois ela tem que propagar o protocolo. No entanto, constatou-se que não havia a interface ath1 conforme a figura 23 (GOTTSCHALL et al., 2015).

The image shows the Mikrotik Router configuration interface for Advanced Routing (Roteamento Avançado). The interface is divided into several sections:

- Modo de Operação:** A dropdown menu is set to "Roteador OLSR".
- Roteamento OLSR (Optimized Link State Routing):**
 - Modo Gateway:** Radio buttons for "Habilitar" (selected) and "Desabilitar".
 - Anunciar Rede Host:** An empty text input field.
 - Taxa de Poll:** A text input field containing "0.1".
 - Redundância TC:** A dropdown menu set to "2".
 - Cobertura MPR:** A text input field containing "7".
 - Qualidade de Link Fish Eye:** Radio buttons for "Habilitar" (selected) and "Desabilitar".
 - Qualidade de Link Aging:** A text input field containing "0.1".
 - Smart Gateway:** Radio buttons for "Habilitar" and "Desabilitar" (selected).
 - Nível de Qualidade de Link:** A dropdown menu set to "2".
 - Histerese:** Radio buttons for "Habilitar" and "Desabilitar" (selected).
 - Interface Nova:** A dropdown menu with a list of options: "ath0", "br0", "eth0", and "eth1". A red arrow points to the "ath0" option.
- Roteamento Dinâmico:**
 - Interface:** A dropdown menu set to "Desabilitar".
- Roteamento Estático:**
 - Selecione um Número de Registro:** A dropdown menu set to "1 ()" with an "Apagar" button.
 - Nome da Rota:** An empty text input field.
 - Métrica:** A text input field containing "0".
 - Endereço IP da LAN de Destino:** Four text input fields, each containing "0".
 - Máscara de Sub-Rede:** Four text input fields, each containing "0".
 - Gateway:** Four text input fields, each containing "0".
 - Interface:** A dropdown menu set to "LAN & WLAN".
 - Mostrar Tabela de Roteamento:** A blue button.

Figura 23: Capturado a tela do roteamento avançado.

Acessou-se o roteador via telnet (figura 24) com o *login* “root” e a senha que foi configurada na inicialização do DD-WRT no roteador e executou-se o comando “ifconfig” para visualizar as interfaces de rede. Não apareceu também a interface ath1, então efetuou-se o comando “ifconfig ath1 up” e constatou-se que também não subiu a interface. Via interface web, no status da conexão, apareceu como desconectada a interface e sem endereço de *hardware* (MAC) conforme figura 21.



```

DD-WRT v24-sp2
http://www.dd-wrt.com

=====

BusyBox v1.23.2 (2015-04-09 03:39:04 CEST) built-in shell (ash)

root@DD-WRT:~# ifconfig
ath0    Link encap:Ethernet HWaddr 30:B5:C2:56:BA:E9
        UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
        RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
        TX packets:126 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
        collisions:0 txqueuelen:1000
        RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:15884 (15.5 KiB)

br0     Link encap:Ethernet HWaddr 30:B5:C2:56:BA:E9
        inet addr:192.168.10.1 Bcast:192.168.10.255 Mask:255.255.255.0
        UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
        RX packets:67562 errors:0 dropped:176 overruns:0 frame:0
        TX packets:71884 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
        collisions:0 txqueuelen:0
        RX bytes:62662410 (59.7 MiB)  TX bytes:40113155 (38.2 MiB)

br0:0   Link encap:Ethernet HWaddr 30:B5:C2:56:BA:E9
        inet addr:169.254.255.1 Bcast:169.254.255.255 Mask:255.255.0.0
        UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1

eth0    Link encap:Ethernet HWaddr 30:B5:C2:56:BA:EB
        inet addr:192.168.0.101 Bcast:192.168.0.255 Mask:255.255.255.0
        UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
        RX packets:35893 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
        TX packets:45067 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
        collisions:0 txqueuelen:1000
        RX bytes:4539654 (4.3 MiB)  TX bytes:61105729 (58.2 MiB)
        Interrupt:4

eth1    Link encap:Ethernet HWaddr 30:B5:C2:56:BA:EA
        UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
        RX packets:67678 errors:0 dropped:48 overruns:0 frame:0
        TX packets:71882 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
        collisions:0 txqueuelen:1000
        RX bytes:63617870 (60.6 MiB)  TX bytes:40113047 (38.2 MiB)
        Interrupt:5

lo      Link encap:Local Loopback
        inet addr:127.0.0.1 Mask:255.0.0.0
        UP LOOPBACK RUNNING MULTICAST  MTU:65536  Metric:1
        RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
        TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
        collisions:0 txqueuelen:0
        RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)

root@DD-WRT:~#

```

Figura 24: Capturado a tela do comando ifconfig via telnet.

Nos sites de pesquisa e no próprio DD-WRT não foi possível encontrar qual o motivo do rádio da frequência 5.8 GHz não funcionar quando ativado a função de rede ad-hoc. Iniciou-se a configuração da rede sem fio em malha na frequência 2.4 GHz. Resetou-se o roteador para configura-lo novamente, efetuou-se a mesma configuração até adicionar a interface ath0 na configuração do roteamento avançado. Deixou-se fixo a frequência no canal seis e o SSID como mesh2.4. (GOTTSCHALL et al., 2015).

Verificou-se que não houve nenhum problema com a interface de rede ath0, então foi configurado outro roteador para iniciar os testes de conexão. Realizou-se a pesquisa de redes *wireless* vizinhas (figura 25) e verificou-se que um roteador estava enxergando o outro. Na aba configurações, roteamento avançado, consultou-se a tabela de roteamento conforme figura 26.

SSID	Mode	Endereço MAC	Canal(Frequência)	Rssi	Ruído	beacon	Aberto	dtim	Taxa	Ingressar na Rede
GVT-7317	AP	2C:E4:12:A8:73:1B	1 (2412 MHz)	-79	-91	100	Não		0 300(b/g/n)	Ingressar
GVT-3430	AP	84:E0:58:13:34:30	1 (2412 MHz)	-63	-91	100	Não		0 300(b/g/n)	Ingressar
Ookla	AP	00:0C:C3:F6:66:9C	1 (2412 MHz)	-74	-91	100	Não		0 300(b/g/n)	Ingressar
mesh2.4	AP	30:B5:C2:56:BA:E9	6 (2437 MHz)	-43	-95	100	Sim		0 450(b/g/n)	Ingressar

Figura 25: Capturado a tela das consulta das redes vizinhas.

Endereço IP da LAN de Destino	Máscara de Sub-Rede	Gateway	Marcas	Métrica	Interface
10.2.2.0	255.255.255.0	*	U	0	ath0
169.254.0.0	255.255.0.0	*	U	0	LAN & WLAN
192.168.20.0	255.255.255.0	*	U	0	LAN & WLAN

Figura 26: Capturado a tela da tabela de roteamento.

Acessou-se novamente o roteador via telnet, efetuou-se o teste de ping para todos os IPs configurados no roteador e pingou normalmente para todos, então testou-se o ping para o roteador adjacente, mas sem êxito. O outro roteador estava conectado a um modem ADSL via porta WAN, por isso tentou-se acessar o site do Google, mas sem sucesso. Na aba status, *wireless* e nas informações dos pacotes *wireless*, verificou-se que o roteador somente enviava pacotes e não recebia nenhum pacote.

Efetuuou-se a ativação do roteamento NAT em ambos os roteadores com os comandos abaixo (GOTTSCHALL et al., 2015):

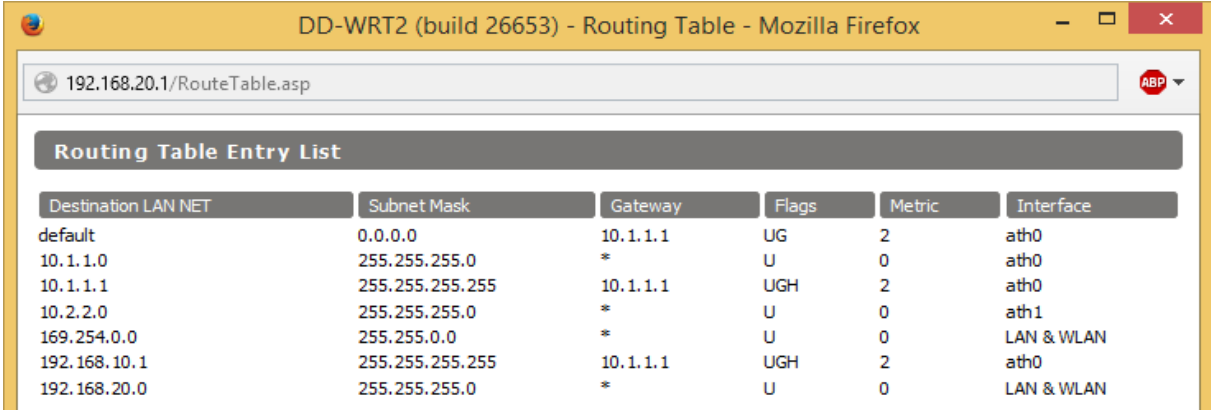
```
#iptables -t nat -A POSTROUTING -o $(nvram get wan_ifname) -j MASQUERADE
#iptables -t nat -A POSTROUTING -o $(nvram get wl0_ifname) -s $(nvram get ath0_ipaddr)/$(nvram get ath0_netmask) -d $(nvram get ath0_ipaddr)/$(nvram get ath0_netmask) -j MASQUERADE
#iptables -t nat -A POSTROUTING -o $(nvram get lan_ifname) -s $(nvram get lan_ipaddr)/$(nvram get lan_netmask) -d $(nvram get lan_ipaddr)/$(nvram get lan_netmask) -j MASQUERADE
```

Na aba administração selecionou-se a opção diagnósticos e em seguida comandos. Neste último colou-se os comandos acima e clicou-se em salvar *firewall*. Efetuou-se os testes novamente, mas não houve alteração na tabela de roteamento entre os roteadores.

Verificou-se que o `ip_forward` estava habilitado (com bit "1") caso não estivesse ligado deveria efetuar o comando `echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward` (FONTOURA, 2013). Inseriu-se no roteador o IP 192.168.20.1 a rota padrão para interface `ath0`, pois o roteador só terá a conexão com a internet através da rede em malha. No roteador com IP 192.168.10.1 que estava conectado ao modem ADSL via porta WAN, adicionou-se a rota "192.168.20.0/24" via interface `ath0`. Depois disso salvou-se as configurações e reiniciou-se os roteadores (GOTTSCHALL et al., 2015).

Efetuuou-se os testes novamente verificou-se que não havia funcionado o roteamento. Resetou-se os roteadores para verificar se estavam funcionando e efetuou-se os testes da rede sem fio 2.4 GHz como ponto de acesso e outra como

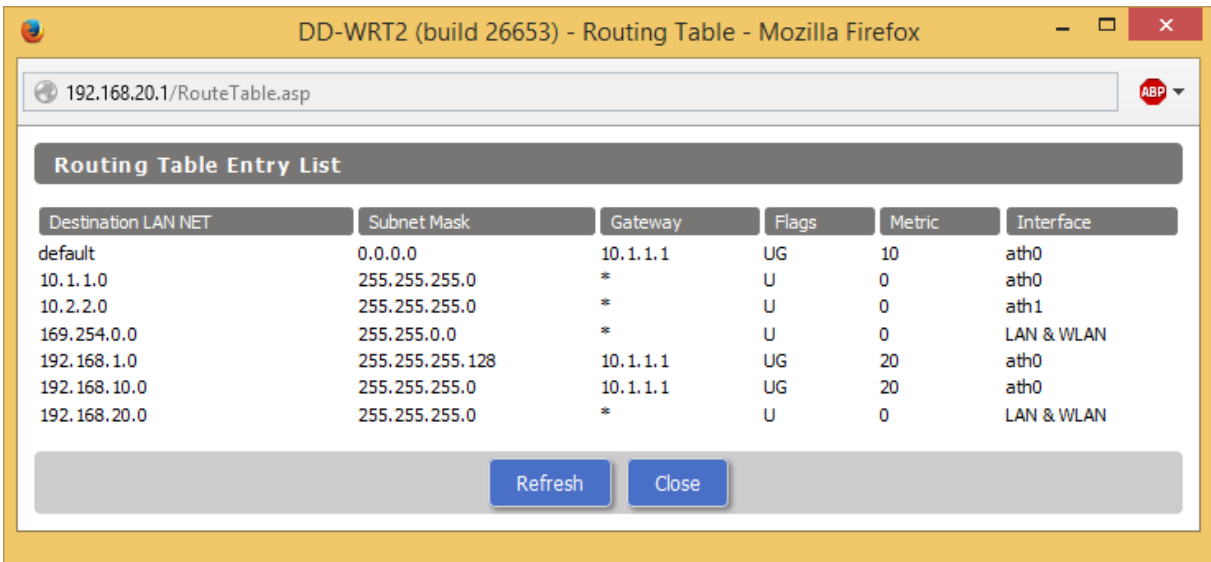
cliente. Realizou-se os testes novamente com o protocolo OLSR e verificou-se a formação da tabela de roteamento conforme figura 27. Efetuou-se o teste com o ping para o outro roteador, mas sem sucesso.



Destination LAN NET	Subnet Mask	Gateway	Flags	Metric	Interface
default	0.0.0.0	10.1.1.1	UG	2	ath0
10.1.1.0	255.255.255.0	*	U	0	ath0
10.1.1.1	255.255.255.255	10.1.1.1	UGH	2	ath0
10.2.2.0	255.255.255.0	*	U	0	ath1
169.254.0.0	255.255.0.0	*	U	0	LAN & WLAN
192.168.10.1	255.255.255.255	10.1.1.1	UGH	2	ath0
192.168.20.0	255.255.255.0	*	U	0	LAN & WLAN

Figura 27: Capturado a tela tabela roteamento OLSR.

Alterou-se os teste para o protocolo OSPF, além de montar as tabelas de roteamento (figura 28), funcionou o teste de ping e a comunicação com o outro roteador. Em ambos os protocolos o roteador recebia e enviava pacotes.



Destination LAN NET	Subnet Mask	Gateway	Flags	Metric	Interface
default	0.0.0.0	10.1.1.1	UG	10	ath0
10.1.1.0	255.255.255.0	*	U	0	ath0
10.2.2.0	255.255.255.0	*	U	0	ath1
169.254.0.0	255.255.0.0	*	U	0	LAN & WLAN
192.168.1.0	255.255.255.128	10.1.1.1	UG	20	ath0
192.168.10.0	255.255.255.0	10.1.1.1	UG	20	ath0
192.168.20.0	255.255.255.0	*	U	0	LAN & WLAN

Figura 28: Capturado a tela tabela roteamento OSPF.

Realizou-se o teste com a rede sem fio 5.8 GHz configurando um roteador como ponto de acesso e outro como cliente. Habilitou-se a tecnologia 802.11ac, com largura de canal VHT (80+80 MHz) e o canal 36-5180 MHz. Utilizou-se o protocolo OLSR que não montou a tabela de roteamento e não enxergava as

redes vizinhas, mas com a alteração do protocolo para OSPF os testes funcionaram normalmente.

Testou-se com a rede 2.4 GHz no modo ad-hoc e os protocolos OLSR e OSPF. Quando colocava os roteadores em modo ad-hoc não recebiam os pacotes e somente enviavam, por este motivo não montava a tabela de roteamento.

Atualizou-se o *firmware* DD-WRT (item 3.1.1) que estava na versão 04-09-2015-r26653 para versão 07-09-2015-r27506, efetuou-se todos os testes novamente e verificou-se que estavam da mesma forma dos testes anteriores.

Observou-se o não funcionamento dos testes para ativação da rede em malha, podendo ser por causa do *firmware* DD-WRT para o roteador TP-Link AC1200 V1.2 (Archer C5) ainda estar na versão de testes. Por isso, iniciou-se a troca do *firmware*.

3.2.3 Restaurando *Firmware* para o padrão de fábrica

Baixou-se o *firmware* ArcherC5v1_en_3_13_34_up_boot(140424).bin da TP-Link para voltar para o *firmware* padrão de fábrica e efetuou-se o procedimento do item 3.1.1. Após reiniciar o roteador não tinha voltado para o *firmware* original do roteador. Tentou-se efetuar a atualização para *firmware* *FreiFunk* (OpenWrt-g-freifunk-1.7.4-pt.bin) que é baseado em OPENWRT e é voltado para redes sem fio em malha com protocolo OLSR. Após reiniciar o roteador não funcionou. Efetuado tentativa do *hard reset*, não obtendo êxito, sendo assim verificou-se que o equipamento só pode ser atualizado via serial (BLANCO, 2012; GOTTSCHALL et al., 2015).

Tentou-se efetuar a troca de *firmware* do segundo roteador, efetuado a instalação do serviço TFTP no *Windows* 8.1 via comandos executados no *prompt* de comando como administrador (MICROSOFT, 2015):

```
C:\DISM /Online /Enable-Feature /FeatureName:NetFx3 /All /LimitAccess  
/Source:d:\sources\sxs
```

```
C:\DISM /Online /Enable-Feature /FeatureName:TFTP /All /LimitAccess  
/Source:d:\sources\sxs
```

Na instalação do TFTP no *Windows* 8.1, inseriu-se a mídia de instalação, instalou-se primeiro o *.NET Framework* 3.5 (NetFx3) e por segundo o Cliente TFTP (MICROSOFT, 2015).

Acessou-se o roteador via telnet e executou-se o comando “mtd erase linux” e “reboot”. Após reiniciar verificou-se que o roteador não atribuiu um IP ao computador via DHCP, então inseriu-se o IP 192.168.1.99/24 manualmente no computador e efetuou-se o ping para o IP 192.168.1.1, mas não houve resposta. Executou-se o ping novamente com os parâmetros `-t -w 2` e o IP 192.168.1.1 e também não houve resposta. Verificou-se então a tabela ARP com o comando “arp -a” e também não constava nada na tabela. A partir do endereço de *hardware* 30-b5-c2-56-bb-ca que se encontra de baixo do roteador, efetuou-se os seguintes comandos (GOTTSCHALL et al., 2015):

```
C:\arp -s 192.168.1.1 30-b5-c2-56-bb-ca
C:\ping 192.168.1.1
C:\tftp -i 192.168.1.1 PUT ArcherC5v1_en_3_13_34_up_boot(140424).bin
```

Os comando acima citados retornaram erro, sendo assim mais um roteador que só pode ser atualizado via serial (GOTTSCHALL et al., 2015).

3.3 FINALIZAÇÃO DOS TESTES

A responsável pela escola que possui o projeto UCA e ponto de acesso à internet liberou a realização dos testes, mas não houve autorização da Prefeitura Municipal de Araucária em tempo hábil para a verificação da disposição e instalação dos roteadores para implementação do projeto. Dessa forma, realizou-se os testes em laboratório.

Foram adquiridos cinco roteadores sem fio que suportavam o espaço físico da escola e permitiam configuração a rede sem fio com frequência 2.4 GHz para os clientes e a frequência 5.8 GHz com tecnologia 802.11ac para rede sem fio em malha. No decorrer do projeto utilizou-se dois roteadores para o teste das configurações, mas o *firmware* utilizado não supriu as necessidades mínimas para o funcionamento da rede sem fio em malha. Os três roteadores restantes não foram

utilizados quando percebeu-se que na tentativa de trocar o *firmware* dois roteadores foram inutilizados.

A finalidade do projeto era verificar a velocidade atingida em cada salto, analisar a perda de pacotes e o tempo de envio desses pacotes em cada salto, mas esses objetivos não foram alcançados pela impossibilidade de configuração da rede sem fio em malha e sua implantação na respectiva escola em prazo oportuno.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As redes sem fio em malha atualmente estão crescendo exponencialmente junto com as comunidades do mundo de *firmware's* baseados em *Linux*.

Realizou-se a escolha dos roteadores sem fio, *dual band*, com tecnologia 802.11ac devido ao seu baixo custo e com o objetivo de verificar se havia um ganho quanto a velocidade e perda de pacotes em relação aos testes referenciados em artigos e monografias.

A partir da análise do *firmware Linux* foi escolhido o *firmware DD-WRT* por sua interface *web*. No início do projeto mesmo ainda estando na versão *beta* era um dos únicos que tinham suporte para o roteador TP-Link AC 1200 v.1.2.

No projeto verificou-se a necessidade de efetuar testes com outros *firmware's* já com o padrão 802.11s nativo que suportam o roteador acima citado. O *firmware DD-WRT* não supriu as necessidades, porque ainda tem incompatibilidade com o *hardware* do roteador e não tem o padrão 802.11s nativo em seu sistema.

A tecnologia do padrão 802.11ac ainda não é muito difundida, por isso há escassez de material de apoio. A partir do crescimento desta tecnologia no mercado, acredita-se que surgirão novos *firmware's* que suportarão seu *hardware*.

A demora na tramitação dos documento do processo de liberação do projeto no respectivo órgão público foi uma das dificuldades encontradas e que impediu o desenvolvimento do projeto como planejado. Outro obstáculo na execução do projeto foi de não existir um procedimento de fácil implementação para retornar o *firmware* original no roteador utilizado e por isso ocorreu a anulação de dois roteadores.

Verificou-se a necessidade da aquisição de um adaptador PL2303 USB UART para restaurar o *firmware* via conexão serial para poder efetuar os testes com outros *firmware's*, mas não foi adquirido por falta de tempo hábil para realização do teste.

Na realização de estudos futuros seria indicado a utilização do *firmware FreiFunk* que vem com o protocolo OLSR nativo e é baseado em OpenWrt. Devem ser utilizados roteadores com tecnologia 802.11ac *dual band* que sejam suportados por este *firmware*.

REFERÊNCIAS

BARROS, T. **Internet completa 44 anos; relembre a história da web**. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/04/internet-completa-44-anos-relembre-historia-da-web.html>>. Acesso em: 4 jul. 2015.

BAUER, M. **Redes Sem Fio**. IFSC, p. 1–65, 2012.

BLANCO, C. **Implementação e Avaliação do Desempenho de Redes Wi-Mesh de Baixo Custo**. Fundação Edson Queiroz Universidade de Fortaleza, 2012.

BOULEVARD, W. **RFC 791**. IETF, 1981.

BRITO, S. H. B. **Padrão IEEE 802.11ac de Redes Wireless a 1Gbps**. Disponível em: <<http://labcisco.blogspot.com.br/2013/03/padrao-ieee-80211ac-de-redes-wireless.html>>. Acesso em: 4 jul. 2015.

CARVALHO, D. F. **MESTRADO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO AIGA : Um Ambiente Integrado de Gerência para Redes em Malha Sem Fio IEEE 802 . 11s AIGA : Um Ambiente Integrado de Gerência para Redes em Malha Sem Fio IEEE 802 . 11s**. UFRN, 2014.

CO, T.-L. T. **Roteador Wireless Gigabit Dual Band AC1200**. Disponível em: <<http://www.tp-link.com.br/products/details/?model=Archer+C5#over>>. Acesso em: 4 jul. 2015.

CORPORATION, F. **Documentos: O impacto das redes sem fio 802.11ac sobre os técnicos de rede**. Disponível em: <<http://pt.flukenetworks.com/content/white-paper-impact-80211ac-wireless-networks-network-technicians>>.

FONTOURA, M. DA. **Roteamento estático no GNU/Linux**. Disponível em: <<http://www.vivaolinux.com.br/dica/Roteamento-estatico-no-GNULinux>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

GIACOMELE, S. **Relatório/Resumo: A Internet no Brasil em 2015**. Disponível em: <<http://blog.pmweb.com.br/a-internet-no-brasil-em-2015/>>. Acesso em: 4 jul. 2015.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. [s.l.] Editora Atlas, 2002.

GOMES, S.; VASCONCELOS, A. B. **Análise do Roteamento em uma Topologia de Rede em Malha Sem Fio**. Centro Universitario Ritter dos Reis, 2006.

GOOGLE. **Google Maps**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Escola+Municipal+Ibrain+Ant%C3%B4nio+Mansur/@-25.5768787,-49.406545,117m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x0:0x476505a1a4d5b4e5!6m1!1e1>>.

GOTTSCHALL, S. et al. **DD-WRT**. Disponível em: <<http://www.dd-wrt.com/site/content/about>>. Acesso em: 11 jul. 2015.

HONGLIANG, Y. **Archer C5 AC1200 Wireless Dual Band Gigabit Router**. TP-Link, p. 5–7, 2014.

HONGLIANG, Y. **User Guide Archer C5 AC1200 Wireless Dual Band Gigabit Router**. TP-Link, 2015.

IAN POOLE. **IEEE 802.11 Wi-Fi Standards**. Disponível em: <<http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/ieee-802-11-standards-tutorial.php>>. Acesso em: 4 jul. 2015.

JUNIOR, A. DE C. **Redes WLAN: IEEE 802.11ac – A Gigabit Wireless LAN**. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorial802-11ac/default.asp>>. Acesso em: 4 jul. 2015.

LOBO, F. **O novo padrão 802.11ac e as redes corporativas**. Disponível em: <<http://cio.com.br/tecnologia/2014/05/06/o-novo-padrao-802-11ac-e-as-redes-corporativas/>>. Acesso em: 4 jul. 2015.

MICROSOFT. **Pré-instalar aplicativos usando o DISM**. Disponível em: <<https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/dn387084.aspx>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

NASCIMENTO, M. **Acesso aos Meios em WLANs: CSMA/CA – CCNA**. Disponível em: <<http://www.dltec.com.br/blog/cisco/acesso-aos-meios-em-wlans-csmaca-ccna/>>. Acesso em: 5 jul. 2015.

NERI, M. **Mapa da inclusão digital**. Fundação Getúlio Vargas, p. 1–45, 2012.

PAPER, T. W. **802 . 11ac : The Fifth Generation of Wi-Fi**. Cisco, n. March, p. 1–25, 2014.

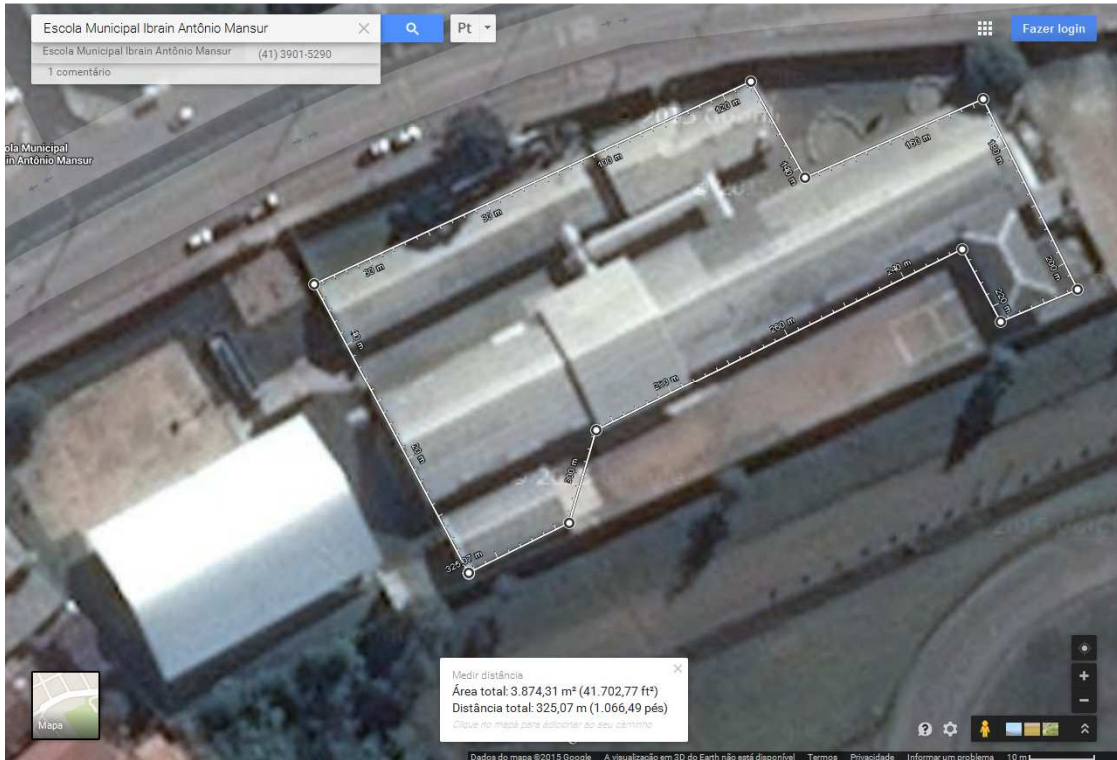
PLAZA, W. R. **Entendendo o Wi-Fi 802.11ac**. Disponível em:
<<http://www.hardware.com.br/artigos/entendendo-wifi-802.11-ac/>>. Acesso em: 3 jul.
2015.

SAADE, D. C. M. et al. **Redes em Malha : Solução de Baixo Custo para Popularização do Acesso à Internet no Brasil**. XXV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, p. 3–6, 2007.

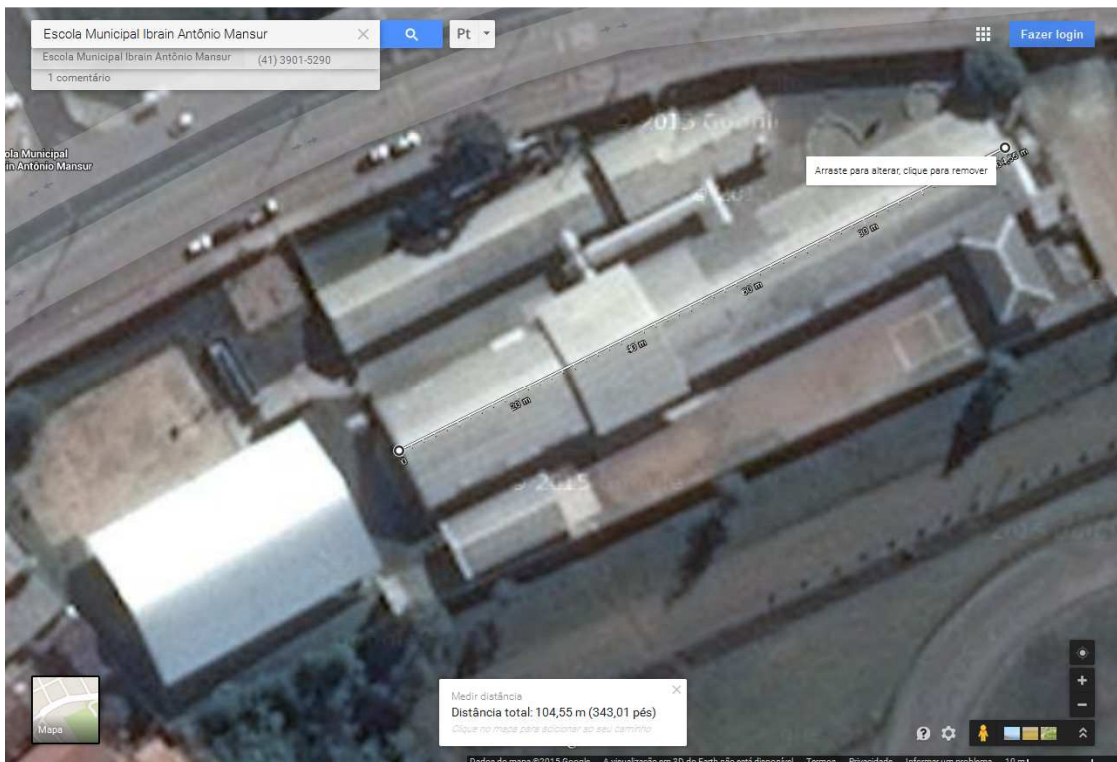
UFPE. **OLSR (Optimized Link State Routing Protocol)**Seminário da Disciplina de Redes UFPE, , 2008. Disponível em:
<www.cin.ufpe.br/~if738/arquivos/seminarios/Sem-OLSR.ppt>

ANEXO(S)

ANEXO A – Vista aérea da Escola Municipal Ibraim Antônio Mansur.



Fonte: (GOOGLE, 2015)



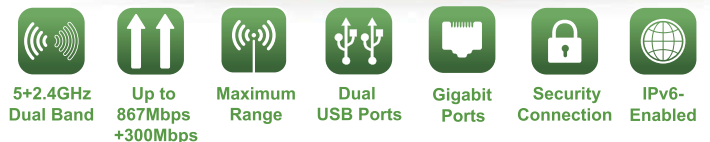
Fonte: (GOOGLE, 2015)

ANEXO B – Folder com o descritivo do roteador TP-Link AC1200.
Fonte: (HONGLIANG, 2014)

Archer C5 AC1200 Wireless Dual Band Gigabit Router

⦿ Features:

- The next generation of Wi-Fi, leading 802.11ac standard
- Simultaneous 5GHz 867Mbps and 2.4GHz 300Mbps connections for 1.2Gbps of total available bandwidth
- Full gigabit ports ensure ultra fast data transfer speeds
- 3*5dBi external antennas and 3 internal antennas provide maximum whole directional wireless coverage and reliability
- Dual USB Ports - easily share printers, files or media with your friends or family locally or over the internet
- The device's built-in print server supports wireless printing from different computers by connecting a USB printer to the router
- Guest Network Access provides secure Wi-Fi access for guests sharing your home or office network
- Supports IPv6 (Internet Protocol Version 6)
- Wireless On/Off Switch lets you simply turn the wireless radio on or off
- Easy one-touch wireless security encryption with the WPS button
- Parental Control allows administrators to establish restricted access for children or staff



⦿ Description:

The TP-LINK's Archer C5 upgrades your network to the next generation of Wi-Fi. With combined wireless speeds of up to 1.2Gbps and 6 antennas, the device provides ultra-fast speeds and wireless range. You can run multiple bandwidth intensive applications in a large home or office. Simple tasks like sending e-mails or web browsing can be handled by the 2.4GHz band while bandwidth intensive tasks like online gaming or HD video streaming can be processed by the 5GHz band- all at the same time.

If you prefer a wired connection, the Archer C5 boasts five gigabit ports to provide a lightning-fast and lag-free experience. The two USB 2.0 ports will allow you to power a robust home Internet network by sharing printers, flash storage, ftp servers, or media players.

Archer C5 AC1200 Wireless Dual Band Gigabit Router

Ⓞ Specifications:

HARDWARE FEATURES	
Interface	4 10/100/1000Mbps LAN Ports 1 10/100/1000Mbps WAN Port 2 USB 2.0 Port
Button	WPS/Reset Button Wireless On/Off Switch Power On/Off Button
External Power Supply	12VDC / 2.5A
Antenna type	3 * 5GHz 5dBi detachable antennas (RP-SMA) 3 * 2.4GHz internal antennas
WIRELESS FEATURES	
Wireless Standards	IEEE 802.11a/n/ac, 5GHz IEEE 802.11b/g/n, 2.4GHz
Frequency	2.4GHz and 5GHz
Signal Rate	5GHz: Up to 867Mbps 2.4GHz: Up to 300Mbps
EIRP	<20dBm
Reception Sensitivity	5GHz 11a 6Mbps: -96dBm, 11a 54Mbps: -79dBm 11ac HT20: -71dBm, 11ac HT40: -66dBm, 11ac HT80: -63dBm, 11n HT20: -72dBm, 11n HT40: -71dBm 2.4GHz 11g 54M: -77dBm 11n HT20: -74dBm, 11n HT40: -72dBm
Wireless Functions	Enable/Disable Wireless Radio, WDS Bridge, WMM, Wireless Statistics
Wireless Security	WEP, WPA / WPA2, WPA-PSK/ WPA2-PSK encryption
SOFTWARE FEATURES	
WAN Type	Dynamic IP/Static IP/PPPoE/PPTP(Dual Access)/L2TP(Dual Access)/BigPond
DHCP	Server, Client, DHCP Client List, Address Reservation
Quality of Service	WMM, Bandwidth Control
Port Forwarding	Virtual Server, Port Triggering, UPnP, DMZ
Dynamic DNS	DynDns, Comexe, NO-IP
VPN Pass-Through	PPTP, L2TP, IPSec
Access Control	Parental Control, Local Management Control, Host List, Access Schedule, Rule Management
Firewall Security	DoS, SPI Firewall IP Address Filter/MAC Address Filter/Domain Filter IP and MAC Address Binding
USB Sharing	Support Samba(Storage)/FTP Server/Media Server/Printer Server
Management	Access Control Local Management Remote Management
Internet Protocol	IPv4, IPv6

Archer C5 AC1200 Wireless Dual Band Gigabit Router

◎ Specifications:

OTHERS	
Certifications	CE, FCC, RoHS
System Requirements	Microsoft Windows 8/7/Vista/XP/2000/NT/98SE, MAC OS, NetWare, UNIX or Linux.
Dimensions (W X D X H)	9.6 x 6.4 x 1.3 in. (243 x 160.6 x 32.5mm)
Environment	Operating Temperature: 0°C~40°C (32°F~104°F) Storage Temperature: -40°C~70°C (-40°F~158°F) Operating Humidity: 10%~90% non-condensing Storage Humidity: 5%~90% non-condensing

◎ Diagram:



Package:

- Archer C5 AC1200 Wireless Dual Band Gigabit Router
- 3 detachable antennas
- Power supply unit
- Resource CD
- Ethernet Cable
- Quick Installation Guide

Related Products:

- Archer T4U AC1200 Wireless Dual Band USB Adapter
- Archer T2U AC600 Wireless Dual Band USB Adapter