

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL - ZONA NORTE
CURSO: MANUTENÇÃO E SUPORTE EM INFORMÁTICA

CAIO RAFAEL ALEXANDRE CAMILO
JUSSENYKSON DJEYSON FERNANDES DE AMORIM

**UM COMPARATIVO DE *FIRMWARES* PARA ROTEADOR TPLINK – OPENWRT X
FIRMWARE PADRÃO**

NATAL
MARÇO/2018

CAIO RAFAEL ALEXANDRE CAMILO
JUSSENYKSON DJEYSON FERNANDES DE AMORIM

**UM COMPARATIVO DE *FIRMWARES* PARA ROTEADOR TPLINK – OPENWRT X
FIRMWARE PADRÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Manutenção e Suporte em Informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Técnico em Manutenção e Suporte e Informática.

Orientador: Prof. Rodolfo da Silva Costa

NATAL
MARÇO/2018

Camilo, Caio Rafael Alexandre.
C183c Um comparativo de *firmwares* para roteador TPlink – OpenWrt
x *firmware* padrão / Caio Rafael Alexandre Camilo, Jussenykson
Djeyson Fernandes de Amorim. – 2018.
60f : il. color.

Trabalho de Conclusão de curso (Técnico em Manutenção e
Suporte em Informática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

Orientador: Prof.^a Rodolfo da Silva Costa.

1. Rede de computadores. 2. Manutenção – Informática. 3.
Roteador Wi-Fi. 4. Firmware. 5. OpenWrt. I. Amorim, Jussenykson
Djeyson Fernandes de. II. Costa, Rodolfo da Silva. III. Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do
Norte. IV. Título.

CDU 004.7

Catálogo na Publicação elaborada pela Seção de Processamento Técnico da
Biblioteca José de Arimatéia Pereira do IFRN.

CAIO RAFAEL ALEXANDRE CAMILO
JUSSENYKSON DJEYSON FERNANDES DE AMORIM

**UM COMPARATIVO DE *FIRMWARES* PARA ROTEADOR TPLINK – OPENWRT X
FIRMWARE PADRÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico Subsequente em Manutenção e Suporte em Informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Técnico em Manutenção e Suporte e Informática

Trabalho apresentado e aprovado em ___/___/___, pela seguinte Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Rodolfo da Silva Costa - Presidente
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Aílton Torres Câmara. - Avaliador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dedico esse trabalho ao meu Avô Elias Alexandre (in memoriam), que infelizmente não pode estar presente neste momento tão feliz da minha vida, mas que não poderia deixar de lembrar, devo muitas coisas a ele por seus ensinamentos e valores passados me apoiando em todos os momentos.

Obrigada por tudo!

Saudades eternas!

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo expor o resultado comparativo entre dois tipos de *firmware*, o padrão já instalado de fábrica no roteador e um *firmware* modificado baseado em *Linux*, o Openwrt, qual obteve melhor desempenho. A metodologia aplicada foi exploratória composta por um levantamento bibliográfico onde buscamos trabalhos, artigos e matérias existentes que se relacionassem ao assunto, para que assim nos proporcionasse maior familiaridade com o tema em questão. Também foram efetuados testes com os *firmwares*, tanto o padrão quanto o Openwrt, onde realizamos uma avaliação básica nas características específicas de cada *firmware* para efeito de comparativo e testes de desempenho. Por último a coleta e análise dos dados recolhidos, avaliando qual o *firmware* obteve melhor desempenho nos testes em comparação ao outro. Os resultados foram muito interessantes, pois demonstram que o *firmware* Openwrt ainda precisa ser bastante explorado para que se saiba seu verdadeiro potencial. Deve-se ficar claro que o *firmware* padrão TP-link cumpre bem os requisitos de muitas de suas características. Com o comparativo esperamos que haja um maior fomento da utilização de *firmwares* modificados, podendo ser utilizado em vários locais como: escolas, empresas, residências ou quaisquer outros locais em que seja possível sua aplicação.

Palavras Chaves: Rede de Computadores, Roteador Wi-Fi, *firmware*, OpenWrt

ABSTRACT

The present work aims to show the comparative results between two types of *firmware*, the default already installed at the factory in the router and a modified *firmware* based on *Linux*, Openwrt, which obtained better performance. The applied methodology was an exploratory one composed by a bibliographical survey where we looked for works, articles and existing subjects that related to ours, so that it would give us greater familiarity with the subject in question. We also performed tests with the *firmwares*, both default one and Openwrt, where we performed a basic evaluation on the specific characteristics of each *firmware* for comparative effect and performance tests. Finally the gathering and analysis of the collected data, evaluating which the *firmware* obtained better performance in the tests in comparison to the other. The results were very interesting, as they demonstrate that the Openwrt *firmware* still needs to be extensively exploited to its true potential is known. It should be made clear that the default *firmware* TP-link fulfills well the requirements of many of its characteristics. With the comparative we hope that there is a greater promotion of the use of modified *firmware*, and it can be used in several places such as: schools, companies, residences or any other places in which its application is possible.

Keywords: Computer networks, Wi-Fi Router, *firmware*, OpenWrt

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 LAN - LOCAL ÁREA NETWORK	11
2.2 WLAN (WIRELESS LOCAL ÁREA NETWORK)	11
2.3 IPv4	12
2.4 IPv6	13
2.5 DHCP	13
2.6 IP ESTÁTICO (OU FIXO)	14
2.7 MÁSCARA DE SUB-REDE	14
2.8 GATEWAY	15
2.9 DNS	16
2.10 HTTP	16
2.11 TFTP	17
2.12 SSH	17
2.13 SCP	17
2.14 EQUIPAMENTOS DE REDE	17
2.14.1 Switch	17
2.14.2 Roteador	18
2.14.3 Modem	19
2.14.4 Access point	19
2.15 WINSOFT	20
2.16 PUTTY	21
2.17 WINAGENTS TFTP SERVER	22
2.18 PORTA SERIAL	22
2.19 SOFTWARE LIVRE	23
2.20 LINUX	23
2.21 OPENWRT	24
2.22 FIRMWARE	25
2.23 CFE BOOTLOADER	25
3 METODOLOGIA	26
3.1 TIPO DE PESQUISA	26
3.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	26
3.2.1 Pesquisa de referencial por meio eletrônico	26
3.2.1.1 Wi-Fi na Escola Politécnica de Pernambuco	27
3.2.1.2 Uma solução OpenWRT para futuras casas sem fio	27
3.2.1.3 Sistemas embarcados em segurança de redes – openwrt	27
3.2.2 Pesquisa de referencial por meio escrito	28
3.3 OPENWRT	28
3.3.1 Instalação por meio da interface gráfica	29
3.3.2 Instalação por linha de comando utilizando SSH	29
3.3.3 Atualização e instalação da interface gráfica	33
3.3.4 Voltando para o <i>firmware</i> de fábrica	35
3.3.5 Avaliação das funções básicas da interface	37
3.3.6 Identificação das características específicas	38
3.3.6.1 Gráficos de Tráfego na rede	39
3.3.6.2 Configuração de LEDs, Múltiplas Wifi's e Dual WAN	40
3.3.6.3 Atualizar, instalar e desinstalar pacotes pela interface	40
3.4 FIRMWARE PADRÃO	41

3.4.1 Avaliação das funções básicas da interface	42
3.4.2 Identificação das características específicas	43
3.4.2.1 Função passo a passo	43
3.4.2.2 Função WPS	43
3.4.2.3 Função firewall	44
3.4.2.4 Função Controle de banda	44
3.4.3 Equipamentos utilizados	45
3.4.3.1 Termopar	45
3.4.3.2 Termômetro infravermelho (pirômetro)	45
3.4.3.3 Wattímetro	46
3.4.4 Teste de Desempenho com <i>firmware</i> padrão	46
3.4.5 Teste de Desempenho <i>firmware</i> modificado	49
3.4.5.1 Teste de Desempenho OpenWrt <i>firmware</i> atualizado	51
4 RESULTADOS	53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

É indubitável o fato de que a internet, bem como os meios que a possibilitam, tornam-se altamente necessários à vida diária para os seres humanos. Porém para que sempre possamos desfrutar das vantagens que a tecnologia nos fornece, precisamos também buscar constantes melhorias no modo como lidamos com ela.

Nesse trabalho em questão, a melhoria almejada foi motivada por um problema enfrentado em roteadores, mais especificamente o modelo TPlink W8960N V1.5 ADSL, que depois de um tempo apresentou alterações repentinas nas configurações de servidor DNS, primário e secundário do roteador. Isso ocorre por meio de scripts em alguns sites, onde solicitam requisições ao equipamento, justamente para alterar o servidor DNS, caso o usuário tenha deixado as configurações padrões do roteador, exemplo: usuário: admin; senha: admin. Outra adversidade era que mesmo modificando usuário e senha, a alteração do DNS continuava acontecendo, sendo assim uma falha grave, possibilitando acesso a dados pessoais através de paginas falsas, conhecido como *phishing*.

Uma alternativa disponível no momento foi entrar em contato através de e-mail com o suporte da TP link relatando o problema, porém a resposta recebida é que eles não poderiam tomar nenhuma medida, por ser um equipamento que já teria sido descontinuado, não existindo mais correções ou atualizações. Isso forçava a compra de um novo roteador, já que o mesmo ainda apresentava bom funcionamento, não isentando que isso ocorresse em alguns anos novamente com um novo modelo.

A obsolescência programada, nesse caso, em *software*, obriga usuários a comprar um novo equipamento e ter que jogar fora outro em bom estado. Isto serviu como motivador para iniciarmos uma procura por alternativas foi quando encontramos o Openwrt, uma distribuição *Linux* embarcada em dispositivos tais como roteadores.

Após um estudo sobre o *firmware* do Openwrt, percebemos que ele poderia resolver esse problema, permitindo a utilização do aparelho e corrigindo a falha.

Nesse intuito fez-se necessário que esse comparativo fosse aplicado em roteadores, onde buscamos Identificar se *firmwares* modificados e baseados em *Linux* possuem melhor desempenho e maior liberdade de alterar suas aplicações, de modo a adaptar a sua necessidade, por ser um *software* livre, fomentando assim o seu uso e popularização.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

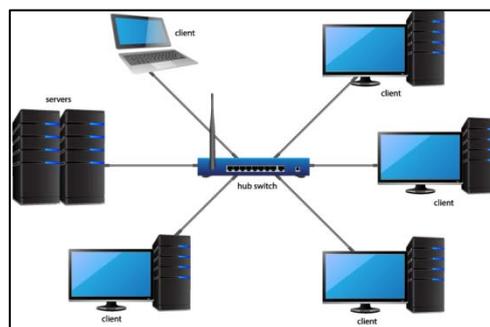
O conhecimento de conceitos básicos existentes na área de infraestrutura de computadores, bem como o de assuntos específicos mais relacionados ao nosso tema é de suma importância para o melhor entendimento da pesquisa em geral. A esse respeito, alguns fundamentos devem ser expostos para a compreensão de nossa pesquisa:

2.1 LAN - LOCAL ÁREA NETWORK

Pode-se dizer que é quando na rede local existem computadores conectados e muito próximos aos outros com o intuito de troca de informações. A esse respeito, (FOROUZEN, 2008) declara:

“Uma rede local (LAN) é privada e interliga dispositivos em um escritório, prédio ou campus”. Atualmente, o tamanho de uma LAN é limitado a alguns quilômetros. As LANs são projetadas para permitir que recursos computacionais sejam compartilhados por computadores pessoais ou estações de trabalho. Os recursos a serem compartilhados podem abranger o hardware (impressora), *software* (aplicativo) ou dados. (FOROUZEN, 2008, p.13)

Figura 1: Escopo de Rede Local - LAN



Fonte: <http://www.bosontreinamentos.com.br/redescomputadores/escopos-de-redes-curso-de-redes-de-computadores/>

2.2 WLAN (WIRELESS LOCAL ÁREA NETWORK)

Uma das principais características que identificam esse tipo de rede está no fato dela utilizar ondas de rádio para transmissão de dados e para conexão à Internet, tudo isso é feito sem a carência de utilizar cabos para a conexão dos aparelhos.

O padrão de transmissão WI-FI(Wireless Fidelity) é utilizado pela WLAN como uma de suas tecnologias ele permite que celulares, tablets, notebooks, entre outros se conectem, contanto que estejam próximos do access point.

Tabela 1: Padrões de rede wireless

Padrão	Taxa máxima de transmissão	Frequência	Compatibilidades
802.11a	54 Mbps	5 GHz	Não
802.11b	11 Mbps	2.4 GHz	Não
802.11g	54 Mbps	2.4 GHz	802.11b
802.11n	600 Mbps	2.4 GHz ou 5 GHz	802.11b/g
802.11ac	1.3 Gbps	2.4 GHz e 5.5 GHz	802.11b/g/n
802.11ad	7 Gbps	2.4 GHz, 5 GHz e 60 GHz	802.11b/g/n/ac

Fonte:<https://inforticsite.wordpress.com/tipos-de-padroes-de-redes-wireless/>

2.3 IPV4

Segundo Morimoto (2005) o protocolo IP é dividido em duas versões o IPV4 que é a versão atual, utilizada na maioria das situações, e o IPV6 que é a versão atualizada, que prevê um número brutalmente maior de endereços e deve começar a se popularizar a partir de 2010 ou 2012 quando os endereços IPV4 começarem a se esgotar. “No IPV4, os endereço IP são compostos por 4 blocos de 8 bits (32 bits no total), que são representados através de números de 0 a 255, como "200.156.23.43" ou "64.245.32.11".”(MORIMOTO, 2005).

No geral existem dois tipos de endereços IP chamados de IPs privados e Públicos. Os IPs privados são aqueles pertencentes a uma rede ethernet, já os públicos pertencem a rede mundial de computadores, como exemplo temos um IP obtido da Internet: 187.68.30.131. A seguir vemos uma tabela que demonstra melhor o IP privado:

Tabela 2: Classes de endereçamentos de IPs privados.

Classe A	10.0.0.0 até 10.255.255.255
Classe B	172.16.0.0 até 172.31.255.255
Classe C	192.168.0.0 até 192.168.255.255

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

2.4 IPV6

Com o anúncio de que os endereços IPV4 livres se esgotaram surgiu a necessidade de evitar a falta de IPs livres para a conexão de mais dispositivos assim foi criado o IPV6. A esse respeito, é preciso considerar que:

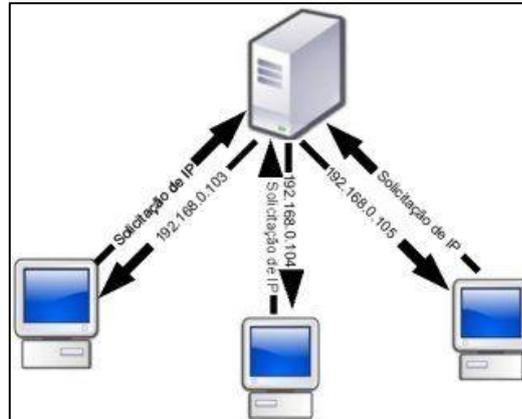
O IPV6 surgiu, com um espaço para endereçamento de 128 bits, podendo obter 340.282.366.920.938.463.374.607.431.768.211.456 endereços (2128). Este valor representa aproximadamente 79 octilhões ($7,9 \times 10^{28}$) de vezes a quantidade de endereços IPV4 e representa, também, mais de 56 octilhões ($5,6 \times 10^{28}$) de endereços por ser humano na Terra, considerando-se a população estimada em 6 bilhões de habitantes. (BRASIL, 2012).

2.5 DHCP

Por meio do DHCP é possível fazer uma configuração automática e dinâmica de computadores que estejam ligados a uma rede TCP/IP, fornecendo informações mínimas para que um computador funcione nela. A principal vantagem de se utilizar o DHCP é a redução da complexidade do trabalho de reconfigurar grande quantidade de máquinas. A esse respeito, Morimoto (2005) declara:

O DHCP ("Dynamic Host Configuration Protocol" ou "protocolo de configuração dinâmica de endereços de rede") permite que todos os micros da rede recebam suas configurações de rede automaticamente a partir de um servidor central, sem que você precise ficar configurando os endereços manualmente em cada um. (MORIMOTO, 2005)

Figura 2: Funcionamento Básico do DHCP



Fonte: <https://faqinformatica.com/que-e-o-dhcp-como-funciona/>

2.6 IP ESTÁTICO (OU FIXO)

A principal característica do IP estático é o fato de ele ser dado de forma manual por seu usuário. A esse respeito, Alecrim (2011) declara:

É um endereço IP dado permanentemente a um dispositivo, ou seja, seu número não muda, exceto se tal ação for executada manualmente. Como exemplo, há casos de assinaturas de acesso à internet via ADSL onde o provedor atribui um IP estático aos seus assinantes. Assim, sempre que um cliente se conectar, usará o mesmo IP. (ALECRIM, 2011)

2.7 MÁSCARA DE SUB-REDE

A máscara de sub-rede pode ser definida como um item de configuração para redes funcionando de forma que comunique quais partes irão identificar a rede e quais irão identificar a máquina. A esse respeito, Morimoto (2007) declara:

É ela que explica para o sistema operacional como é feita a divisão do endereço, ou seja, quais dos 4 octetos compõem o endereço da rede e quais contêm o endereço do host, isto é, o endereço de cada micro dentro da rede.

Ao contrário do endereço IP, que é formado por valores entre 0 e 255, a máscara de sub-rede é formada por apenas dois valores: 0 e 255, como em 255.255.0.0 ou 255.0.0.0, onde um valor 255 indica a parte do endereço IP referente à rede, e um valor 0 indica a parte do endereço IP referente ao host dentro da rede. (MORIMOTO, 2007).

A seguir vemos um padrão comum usado para máscaras de rede:

Tabela 3: Classes de Máscara de Rede

Classe A	255.0.0.0
Classe B	255.255.0.0
Classe C	255.255.255.0

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

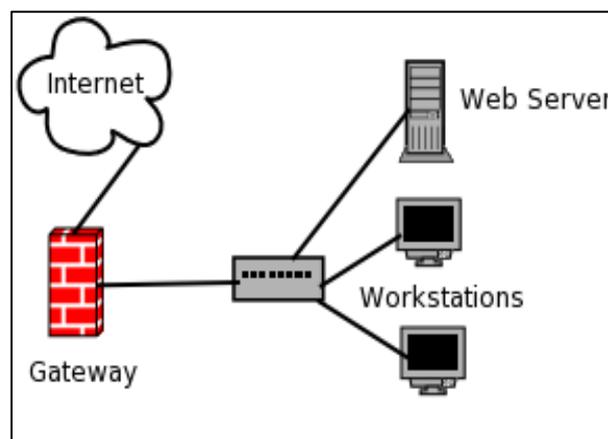
2.8 GATEWAY

De forma simples pode-se definir gateway como uma máquina que interliga a rede interna a outras redes como a internet por exemplo.

“Pode ser traduzido como "portão de entrada". O gateway pode ser um PC com duas (ou mais) placas de rede, ou um dispositivo dedicado, utilizado para unir duas redes.” (MORIMOTO, 2005).

“Existem vários usos possíveis, desde interligar duas redes que utilizam protocolos diferentes, até compartilhar a conexão com a Internet entre várias estações.” (MORIMOTO, 2005).

Figura 3: Esquema para melhor entendimento do conceito de Gateway



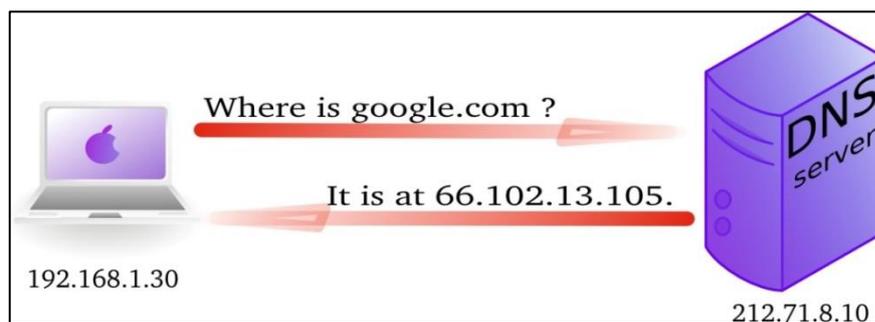
Fonte: <https://beginlinux.wordpress.com/2008/08/03/what-is-a-gateway/>

2.9 DNS

O protocolo DNS, ou Sistema de Resolução de Nomes, se encarrega de traduzir os nomes de endereços de forma distribuída, para que as máquinas possam entender e assim fazer a localização mais rápida. A esse respeito, Forouzen (2008) declara:

A Internet usa o endereço IP para identificar uma entidade da rede, o qual identifica unicamente a conexão de um host na internet. Entretanto, as pessoas preferem usar nomes em vez de endereços números. Sendo assim, precisamos de um sistema que possa mapear um nome de endereço e vice-versa. Outra solução, usada atualmente, é dividir esta quantidade enorme de informações em partes menores e armazená-las em computadores diferentes distribuídos mundo afora. (FOROUZEN, 2008,p.603).

Figura 4: Exemplo de funcionamento do servidor DNS



Fonte: <http://linux-training.be/servers/ch04.html>

2.10 HTTP

O protocolo HTTP é um protocolo utilizado para manter uma comunicação entre sistemas de informação possibilitando que ocorra uma troca de dados entre os computadores em rede. “É usado principalmente para acessar dados na World Wide Web. O protocolo permite a transferência de dados na forma de textos simples, hipertexto, áudio, vídeo e muitas outras formas.” (FOROUZEN, 2008,p.641)

O HTTP funciona como uma combinação do FTP com o STFP. Ele se parece com o FTP por- que permite a transferência de arquivos e usa os serviços do TCP. Entretanto, as semelhanças param por ai, porque ele é muito mais simples que o FTP usa apenas uma conexão TCP (a porta número 80). (FOROUZEN, 2008, p.641).

2.11 TFTP

O TFTP é um protocolo bem mais simples que o FTP, porém semelhante a este. Realiza a transferência de arquivos menores entre as máquinas de uma rede e utiliza o protocolo UDP sendo assim baseado em um modelo de transferência em tempo real.

2.12 SSH

O SSH é um protocolo de comunicação segura que fornece um ambiente protegido permitindo que se tenha acesso direto a várias funcionalidades do servidor que no geral não estão disponíveis no FTP. Ele mantém seu enfoque na proteção, cuidando da autenticação, criptografia e integridade dos dados. A esse respeito, é preciso considerar que:

“O SSH é uma espécie de versão evoluída do Telnet, que também permite executar arquivos remotamente, mas com várias vantagens, a sigla vem de Secure Shell.” O SSH permite ter acesso completo ao sistema via terminal, seja via rede ou via Internet, limitado aos privilégios do login usado. Além de oferecer acesso via linha de comando, o SSH permite rodar aplicativos gráficos remotamente, caso as duas máquinas rodem *Linux*. (MORIMOTO, 2005),

2.13 SCP

O SCP possui um pouco mais de complexidade em sua conceituação por referir-se simultaneamente ao protocolo e ao programa, porém pode-se afirmar que ele é um meio seguro de se transferir dados entre máquinas fazendo uso do protocolo SSH.

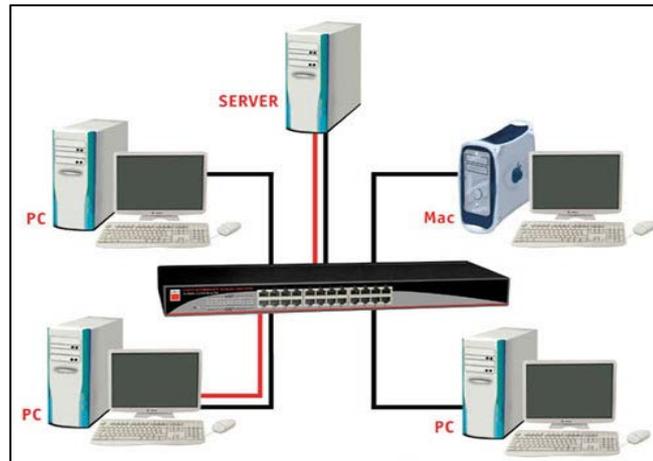
2.14 EQUIPAMENTOS DE REDE

2.14.1 **Switch**

Pode-se dizer que o switch é um equipamento de multiportas que interliga os computadores fazendo a comunicação entre diferentes redes. Os cabos de rede de cada computador se ligam a ele, que então direciona os dados enviados de um computador especificamente para outro. A esse respeito, Alecrim (2004) declara:

Os switches criam uma espécie de canal de comunicação exclusiva entre a origem e o destino. Dessa forma, a rede não fica "presa" a um único computador no envio de informações. Isso aumenta o desempenho da rede já que a comunicação está sempre disponível, exceto quando dois ou mais computadores tentam enviar dados simultaneamente à mesma máquina. Essa característica também diminui a ocorrência de erros (colisões de pacotes, por exemplo). (ALECRIM, 2004).

Figura 5: funcionamento do switch



Fonte: <http://switchesredes.blogspot.com.br/2012/09/definicao.html>

2.14.2 Roteador

O roteador tem a capacidade de manter a comunicação entre diferentes redes. Ele também já é bastante intuitivo quando se observa o seu nome, e o fato de ele ter a propensão de buscar e definir a melhor rota para que o sinal chegue ao dispositivo desejado. “É como se a rede fosse uma cidade grande e o roteador escolhesse os caminhos mais curtos e menos congestionados. Daí o nome de roteador.” (ALECRIM, 2004). A esse respeito, (MORIMOTO, 2008) declara:

Os roteadores operam no nível 3 do modelo OSI, procurando por endereços IP em vez de endereços MAC. Usando roteadores, é possível interligar um número enorme de redes diferentes, mesmo que situadas em países ou mesmo continentes diferentes. Note que cada rede possui seu próprio roteador e os vários roteadores são interligados entre si. É possível interligar inúmeras redes diferentes usando roteadores, e não seria de se esperar que todos os roteadores tivessem acesso direto a todos os outros roteadores a que estivesse conectado. (MORIMOTO, 2008)

“Os roteadores são capazes de interligar várias redes e geralmente trabalham em conjunto com hubs e switches. Ainda, podem ser dotados de recursos extras, como firewall, por exemplo.” (ALECRIM, 2004)

Figura 6: Roteador wireless



Fonte: <https://dlink.com.br/produto/roteadores/dir-615>

2.14.3 Modem

O modem é um aparelho que recebe o sinal de internet de algum provedor e modela-o de forma digital para que seu computador possa acessar os dados e também enviá-los de volta a rede. Sendo assim pode-se dizer que ele é um modulador e demodulador por isso chamado modem. Para Morimoto:

O termo modem também é usado em relação a outros aparelhos que modulam sinais digitais na forma de sinais analógicos, como por exemplo, o modem usado nos sistemas de acesso à Internet via cabo ou ADSL, assim como em algumas arquiteturas de rede. (MORIMOTO, 2005).

Figura 7: Esquema de funcionamento do Modem



Fonte: <https://blog.melhorescolha.com/entenda-a-diferenca-entre-modemeroteador/>

2.14.4 Access point

O access point possui a funcionalidade de transformar o sinal recebido pelo seu cabo em um sinal wifi e distribuí-lo para dispositivos sem fio conectando-os a

sua rede. Em outras palavras sua função acaba sendo única e especificamente a conversão do sinal. A esse respeito, é preciso considerar que:

Em uma rede wireless, o hub é substituído pelo ponto de acesso (access-point em inglês). Ele tem basicamente a mesma função: retransmitir os pacotes de dados, de forma que todos os micros da rede os recebam. Podem ser configurados através de uma interface de administração via web. Você se conecta num endereço específico usando o navegador (que muda de aparelho para aparelho, mas pode ser encontrado facilmente no manual), loga-se usando uma senha padrão e altera as configurações (e senhas!) de acordo com as necessidades da sua rede. (MORIMOTO, 2005)

Figura 8: Access Point

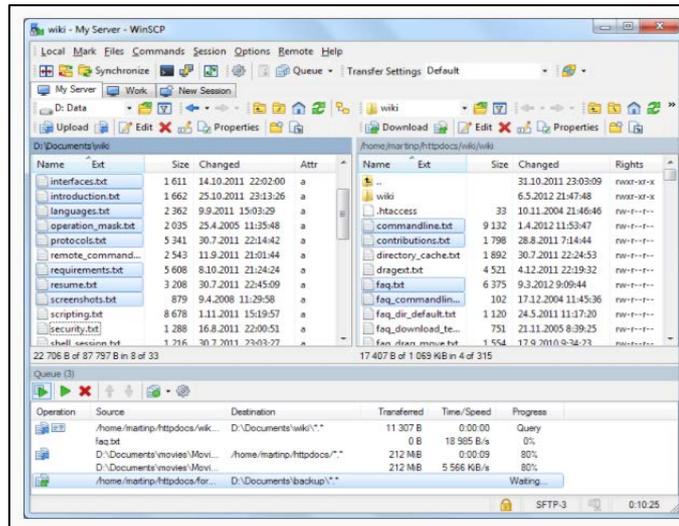


Fonte: <http://www.dlink.com/mk/mk/products/dap-2310-airpremier-n-high-port-access-point>

2.15 WINSOCP

Segundo Prikryl: (2017) a principal função do WinSCP é a cópia segura de arquivos entre um computador local e um computador remoto. Além desta função básica, o WinSCP gerencia algumas outras ações com arquivos. “O WinSCP é um protocolo SFTP gratuito (protocolo de transferência de arquivos SSH), FTP (protocolo de transferência de arquivos) e cliente SCP (Secure Copy) para Windows usando SSH (Secure Shell).” (PRIKRYL:, 2017).

Figura 9: Interface do WinSCP.

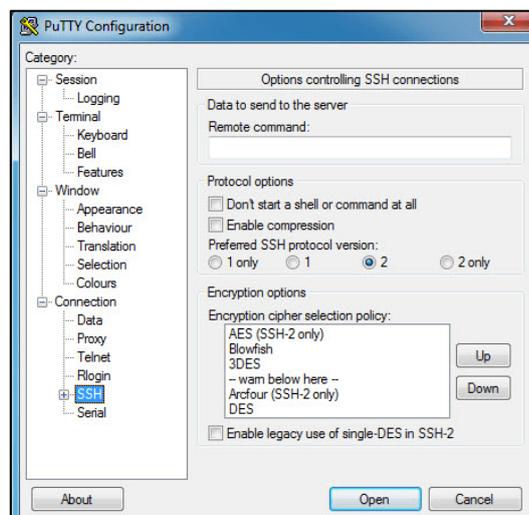


Fonte: <https://sourceforge.net/projects/winscp/>

2.16 PUTTY

O Putty é um programa de configuração utilizado para obter acesso SSH, Telnet, e Serial que utiliza linha de comando. Segundo Tatham (2017) pode-se dizer também que o Putty é um *software* de código aberto que está disponível com o código-fonte e é desenvolvido e suportado por um grupo de voluntários.

Figura 10: Interface do Putty

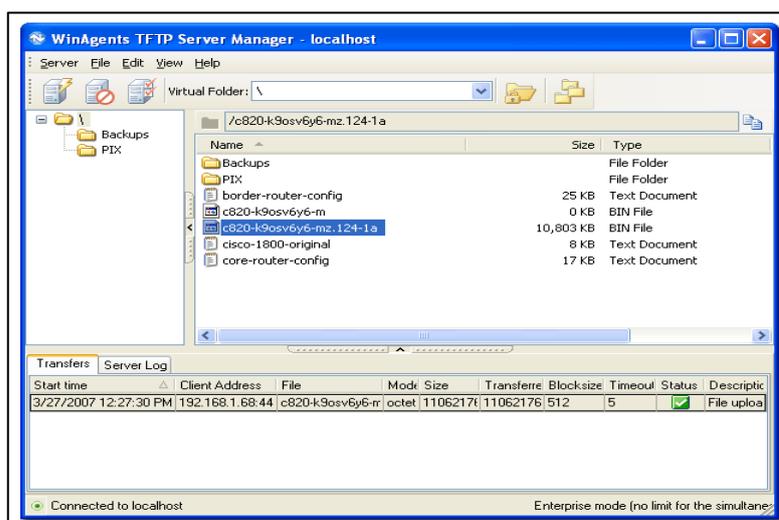


Fonte: <https://putty.en.softonic.com/>

2.17 WINAGENTS TFTP SERVER

Na nossa pesquisa o WinAgents TFTP Server foi usado mais especificamente para criar um servidor local e copiar o *firmware* para posterior instalação. O WinAgents TFTP Server é um servidor TFTP multiprocessamento de alto desempenho com suporte a opções TFTP completas.

Figura 11: Interface do WinAgents TFTP Server



Fonte: <http://www.tftp-server.com/tftp-server-help/tftp-server-manager-overview.html>

2.18 PORTA SERIAL

A porta serial é um mecanismo que possibilita a conexão de vários periféricos aos computadores pessoais. Ela também recebe o nome de RS-232, e permite tanto que se receba, quanto que se envie informações por meio de uma estrutura simples de cabeamento, por isso pode-se dizer que ela opera em duas direções. De forma simples pode-se entender o seu funcionamento quando observada sua pinagem, se considerarmos que os pinos 2, 3 e 5 têm o papel fundamental de manter a comunicação entre os aparelhos conectados ao computador, enquanto os outros fazem o fluxo de dados.

Figura 12: Funções dos RS-232 pinos

PIN	Sinal	In / Out	Descrição
1	DCD	Dentro	Detecção de portador de dados
2	RxD	Dentro	Receber dados
3	TxD	Fora	Dados de Transmissão
4	DTR	Fora	Terminal de dados pronto
5	GND	-	Terra
6	DSR	Dentro	Conjunto de dados pronto
7	RTS	Fora	Solicitação de envio
8	CTS	Dentro	Limpar para enviar
9	RI	Dentro	Indicador de anel

Fonte: <http://pinouts.ws/db9-rs232-pinout.html>

2.19 SOFTWARE LIVRE

Segundo a definição criada pela Free Software Foundation é qualquer programa de computador que pode ser usado, copiado, estudado, modificado e redistribuído com algumas restrições. A liberdade de tais diretrizes é central ao conceito, o qual se opõe ao conceito de *software* proprietário, mas não ao *software* que é vendido almejando lucro (*software* comercial). A maneira usual de distribuição de *software* livre é anexar a este uma licença de *software* livre, e tornar o código fonte do programa disponível.

2.20 LINUX

Segundo a Fundação *Linux* pode-se conceituar *Linux* como um sistema operacional, que possui como principal vantagem sua confiabilidade sem custos de *software* ou licenciamento de servidor. Contudo ainda deve-se considerar que:

Linux é ao mesmo tempo um kernel (ou núcleo) e o sistema operacional que roda sobre ele, dependendo do contexto em que você encontrar a referência. O kernel *Linux* foi criado em 1991 por Linus Torvalds, então um estudante finlandês, e hoje é mantido por uma comunidade mundial de desenvolvedores (que inclui programadores individuais e empresas como a IBM, a HP e a Hitachi), coordenada pelo mesmo Linus, agora um desenvolvedor reconhecido mundialmente e mais representativo integrante da *Linux* Foundation. (CAMPOS, 2017).

“Hoje em dia, um sistema operacional *Linux* completo (ou uma "distribuição de *Linux*") é uma coleção de *softwares* (livres ou não) criados por indivíduos, grupos

e organizações ao redor do mundo, tendo o *Linux* como seu núcleo.” (CAMPOS, 2017).

Figura 13: 4 telas do sistema operacional *Linux* em ambiente PC desktop.

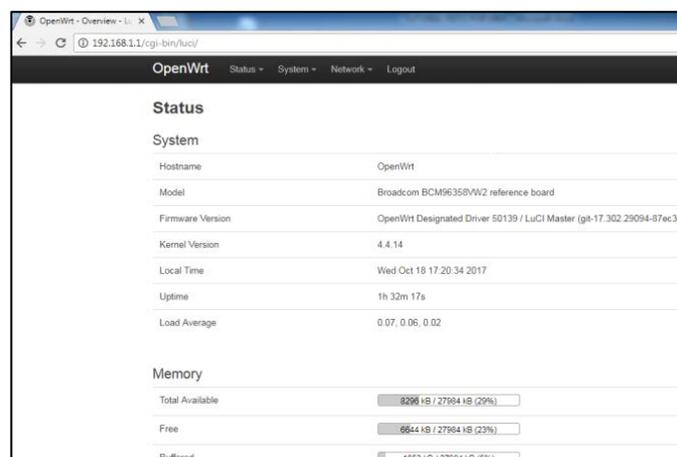


Fonte: <https://br-linux.org/2008/01/faq-linux.html>

2.21 OPENWRT

“O Openwrt é descrito como uma distribuição *Linux* para dispositivos incorporados. Em vez de tentar criar um único *firmware* estático, o Openwrt fornece um sistema de arquivos totalmente gerenciável com gerenciamento de pacotes.” (EQUIPE OPENWRT, 2017).

Figura 14: Openwrt interface gráfica



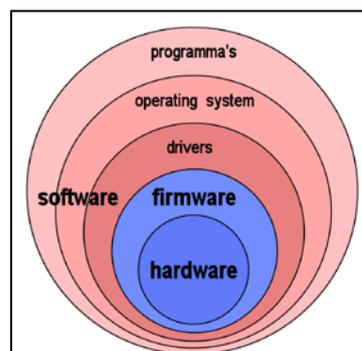
Fonte: Autoria própria

2.22 FIRMWARE

O *firmware* é um tipo de *software* que vem associado a um hardware a partir de sua programação, sendo comumente instalado diretamente em chips de memória. A esse respeito, é preciso considerar que:

A maioria dos componentes de um computador, como as unidades de CD, discos rígidos, placas de rede e afins, exigem um *software* mantido em um módulo de memória do próprio componente com o objetivo de estabelecer sua comunicação com a placa-mãe. Esse *software* é conhecido como *firmware*. Na maioria dos casos, o *firmware* é instalado de forma permanente no componente. Já em outros casos, principalmente em placas de rede, o *firmware* é copiado para o componente pelo driver (ou seja, pelo módulo do kernel) quando o módulo é carregado.” (AHRENS, 2009).

Figura 15: Esquema do *firmware* visto em camadas



Fonte: <https://www.technorms.com/64686/firmware-update-improve-device-performace>

2.23 CFE BOOTLOADER

Pode-se afirmar que o Ambiente de *Firmware* Comum ou CFE é uma interface de inicialização de *firmwares* produzida pela Broadcom. A esse respeito, (LICHTENBERG, 2004) declara:

O Common *Firmware* Environment (CFE) é uma coleção de módulos de *software* para inicialização e bootstrap de projetos que incorporam processadores Broadcom MIPS64™. CFE pode ser usado no início do desenvolvimento de projetos usando processadores Broadcom para criar e mais tarde ser usado para inicializar o sistema operacional em um ambiente de produção. (LICHTENBERG, 2004)

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE PESQUISA

Este trabalho utilizou metodologia exploratória, que nos possibilitou fazer uma análise do problema em questão, bem como chegar a uma conclusão a partir de possíveis hipóteses construídas no decorrer da pesquisa.

3.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Buscamos dividir a nossa pesquisa em etapas para uma melhor compreensão, também para uma maior organização e entendimento dos envolvidos no momento da sua realização. Dentre as etapas existentes a primeira a ser realizada foi a de Levantamento bibliográfico, que também foi subdividida em duas etapas são elas: pesquisa de referencial por meio eletrônico e Pesquisa de referencial por meio escrito.

O nosso intuito ao fazer isso foi se aprofundar mais no assunto através de uma pesquisa por trabalhos, artigos científicos ou tecnologias já existentes que pudessem dar embasamento no momento inicial de nosso trabalho.

3.2.1 Pesquisa de referencial por meio eletrônico

Na pesquisa de referencial por meio eletrônico foram utilizados sites de pesquisa voltados para o meio acadêmico como o portal de periódicos da CAPES, Google Acadêmico, Repositório da UFRN entre outros.

A pesquisa mostrou-se muito proveitosa e comprovou que existe uma infinidade de materiais relacionados ao tema proposto.

Entre os materiais colhidos alguns chamaram mais atenção em especial os quais são citados a seguir:

3.2.1.1 Wi-Fi na Escola Politécnica de Pernambuco

No artigo em questão alunos da Escola Politécnica de Pernambuco na Universidade de Pernambuco fizeram uma pesquisa bibliográfica onde se propunham a realizar melhorias em seu laboratório de Redes Wi-Fi.

Esta pesquisa foi importante, pois nela eles propõem a utilização do mesmo *firmware* utilizado por nós o OpenWrt como forma de melhoria em seus laboratórios comprovando a possibilidade de uma futura implementação e fomento de *firmwares* baseados em sistema *Linux*. (MOSTRA DE EXTENSÃO, INOVAÇÃO E PESQUISA, 2016).

3.2.1.2 Uma solução OpenWRT para futuras casas sem fio

No trabalho citado pesquisadores se propõem a criar um protótipo que vai aumentar a velocidade do transporte de dados melhorando a qualidade de tráfego em aplicativos baseados em TCP abrindo possibilidade de utilização em casas baseadas em tecnologia sem fio.

O grande ponto a ser destacado neste artigo é o fato de *firmwares* baseados em *software* livre como o OpenWRT possuírem variadas possibilidades de utilização nos mais variados projetos, áreas e ramos de atuação. (PALAZZI; BRUNATI; ROCSETTI, 2010).

3.2.1.3 Sistemas embarcados em segurança de redes – openwrt

Aqui vemos uma pesquisa mais direcionada a um roteador em específico e com o objetivo de aumentar a segurança em sua utilização. Os alunos envolvidos demonstram a possibilidade real de uma instalação e configuração prática que possibilitará uma melhora nos níveis de segurança do ambiente utilizado.

Nesta pesquisa o ponto de destaque fica nas inúmeras possibilidades de configuração que o firewall do OpenWRT proporciona aos seus usuários criando um maior nível de segurança ao hardware. Também demonstra na prática a

possibilidade de benefícios ao se utilizar esses *firmwares* saindo mais do patamar teórico habitual. (DEBONI; BORBA, 2007).

3.2.2 Pesquisa de referencial por meio escrito

A pesquisa de referencial por meio escrito se focou na busca de livros que envolvessem assuntos que pudessem melhorar nosso entendimento em relação ao tema. Damos prioridade a autores cujos livros se voltassem a conteúdos relacionados à matéria de redes de computadores. Esta pesquisa foi feita na biblioteca José de Arimatéia Pereira do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte no Campus Natal – Zona Norte.

Ela foi de suma relevância na elaboração do referencial teórico contido neste trabalho a partir de autores citados como Carlos E. Morimoto entre outros que enriqueceram nossos conhecimentos sobre esse tema.

3.3 OPENWRT

A OpenWrt possui vários *firmwares* específicos para cada tipo de roteador, neste teste em especial fizemos uso de um *firmware* voltada para um roteador Tplink modelo TL-WR740N versão 4.23 . Este *firmware* pode ser baixado em (https://wiki.openwrt.org/toh/hwdata/tp-link/tp-link_tl-wr740n_v4.23).

Um ponto relevante a ser observado para evitar futuros problemas é conhecer a compatibilidade do *firmware* com o dispositivo que se pretende fazer a instalação. Pode se encontrar uma lista que contém os dispositivos da TP-Link, entre outras marcas e modelos suportados pela OpenWrt em (<https://wiki.openwrt.org/toh/start>). Durante nossos testes fizemos dois tipos de instalação, a primeira por meio da interface gráfica e a segunda que pode ser considerada um pouco mais complexa para usuários com pouco ou nenhum conhecimento, por linha de comando utilizando *SSH*. Todas as duas instalações foram feitas usando o sistema operacional Windows. Vale ainda salientar que a instalação do *firmware* por linha de comando é mais utilizada em roteadores com pouco espaço ou modelos mais antigos onde geralmente não vem com interface

HTTP, sendo necessário instalar e ativar via *SSH*. Os dois processos são descritos a seguir.

3.3.1 Instalação por meio da interface gráfica

Após escolher o *firmware* adequado ao modelo do roteador no próprio site da OpenWrt, acessamos a interface da TP-link através do navegador digitando o endereço para acesso ao roteador *192.168.1.1*, em seguida carregamos o *firmware* baixado da openwrt para a instalação, depois de alguns segundos já poderá ter acesso a interface da Openwrt como mostra na figura 17.

Figura 16: Tela de instalação do *Firmware* via interface gráfica.



Fonte: Autoria própria

Caso não seja possível realizar a instalação através da interface do TPlink por incompatibilidade com o arquivo da Openwrt ou outro problema do gênero, deve-se fazer a instalação através de *SSH*.

3.3.2 Instalação por linha de comando utilizando *SSH*

Para que não ocorra nenhuma dificuldade na realização deste procedimento é importante que antes de iniciá-lo você tenha alguns programas e arquivos. Em relação aos programas que já devem estar instalados de antemão podemos citar os três principais que são: *Putty* que pode ser baixado pelo link (<https://www.putty.org/>),

Tftps pelo link (<http://www.tftp-server.com/tftp-download.html>) e *Winscp* disponível em (<http://www.tftp-server.com/tftp-download.html>). Já que neste processo também fazemos uso do *adaptador TTL* é importante que o driver do adaptador seja instalado (http://www.prolific.com.tw/US/ShowProduct.aspx?p_id=225&Pcid=41). Se isso não acontecer é provável que ele não reconheça a porta COM a qual ele faz uso. Também deve-se frisar que antes de todo o procedimento de instalação do *firmware* deve-se realizar a soldagem dos pinos na placa do roteador para a utilização do adaptador TTL. O link (https://wiki.openwrt.org/toh/tp-link/tl-wr740n#uart_on_v423) informa com detalhes a realização do procedimento.

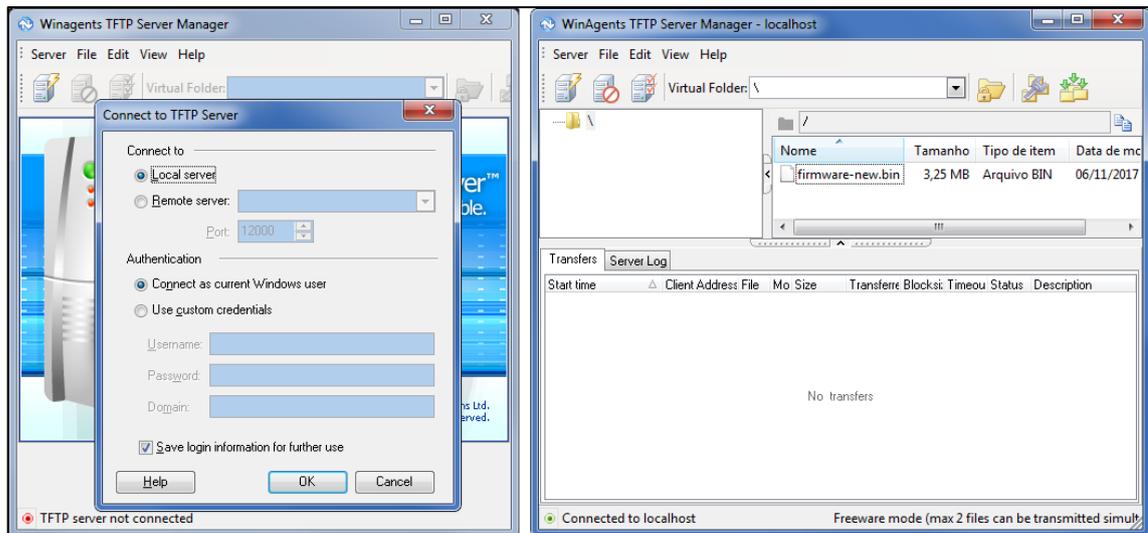
Figura 17: Exemplo do processo de solda na placa do roteador



Fonte: https://wiki.openwrt.org/_media/media/tp-link/tl-wr740n/tl-wr740n-v423-board-downside-uart.jpg

Outro ponto bastante importante é que antes de iniciar a instalação o usuário já tenha baixado o *firmware* OpenWrt pelo link recomendado anteriormente. Já com todos esses programas baixados e instalados podemos dar início a instalação do OpenWrt propriamente dita. Primeiramente conectamos os pinos do roteador no adaptador TTL, assim como descreve no site da Openwrt, para não haver erros conectamos VCC na entrada de 3,3v do adaptador TTL, então interligamos o cabo de rede ao PC, após isso configuramos a Conexão de rede para IP estático. Abrimos o *TFTP Server*, criando um servidor local e copiamos o *firmware* a ser instalado para dentro do programa.

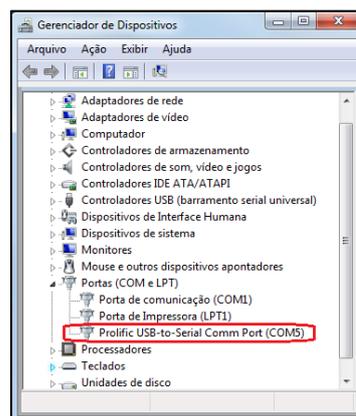
Figura 18: Abertura do TFTP Server e arquivo copiado



Fonte: Autoria própria

Após realizar esses passos conectamos o adaptador *TTL* no computador. Após a instalação dos drivers é importante conferir no gerenciador de dispositivos qual a porta COM o adaptador está utilizando. Esse dado é importante, pois é uma condição para o uso do *Putty*. A seguir vemos o procedimento de verificação da porta, no caso COM5.

Figura 19: Verificação da porta COM



Fonte: Autoria própria

A partir desse momento começamos a utilizar o *Putty*, para acesso ao *CFE bootloader*, instalação do *firmware* e demais configurações, usando em conjunto com *Tftpserver* que vai disponibilizar o *firmware* através de um servidor local. Com o *Putty* aberto foi configurado a porta COM que conferimos no gerenciador de

3.3.3 Atualização e instalação da interface gráfica

Esse procedimento só é necessário caso a versão de *firmware* instalado, não possua interface e caso necessite utilizar uma das portas LAN como porta WAN, assim sendo possível o acesso a internet, atualização e instalação da interface do OpenWrt.

Caso o roteador não possua a porta WAN nativa no equipamento seria necessário modificar as configurações utilizando o comando *vi* para editar o arquivo no caminho */etc/config/network* e também dá *wireless*, de forma que, a porta 1 do roteador fique como porta WAN e ativar a wireless, podemos ver as configurações editadas na figura seguinte:

Figura 22: Alteração das pastas network e wireless

Antes	Depois
<pre> config interface 'lan' option type 'bridge' option ifname 'eth1' option proto 'static' option ipaddr '192.168.1.1' option netmask '255.255.255.0' option ip6assign '60' config interface 'wan' option ifname 'eth0' option proto 'dhcp' config switch option name 'switch0' option reset '1' option enable_vlan '1' config switch_vlan option device 'switch0' option vlan '1' option ports '0 1 2 3 5' </pre>	<pre> config interface 'lan' option type 'bridge' option ifname 'eth1' option proto 'static' option ipaddr '192.168.1.1' option netmask '255.255.255.0' option ip6assign '60' config interface 'wan' option ifname 'eth1.2' option proto 'dhcp' config switch option name 'switch0' option reset '1' option enable_vlan '1' config switch_vlan option device 'switch0' option vlan '1' option ports '0 1 2 5' config switch_vlan option device 'switch0' option vlan '2' option ports '3 5t' </pre>

Fonte: Autoria própria

Já que no OpenWrt o usuário tem a liberdade de modificar quase todas as configurações a sua vontade, existe uma série de procedimentos que podem ser feitos para habilitar a wifi do roteador utilizado. A seguir demonstramos a maneira utilizada nesse teste.

Já dentro do arquivo */etc/config/wireless* editamos o nome da rede, adicionamos o código de encriptação de segurança, que no exemplo foi psk2 (wpa2)

e removemos a linha *option disabled 1* para habilitar o wifi e a adicionado a senha da wifi, salvamos e atualizamos as configurações.

Figura 23: Adição da chave de segurança

```

config wifi-device radio0
    option type      mac80211
    option channel   11
    option hwmode    11g
    option path      'pci0000:00/0000:00:01.0/ssb0:0'
    option htmode
    # REMOVE THIS LINE TO ENABLE WIFI:

config wifi-iface
    option device    radio0
    option network   lan
    option mode      ap
    option ssid      caioteste
    option encryption psk2
    option key 1234567890

```

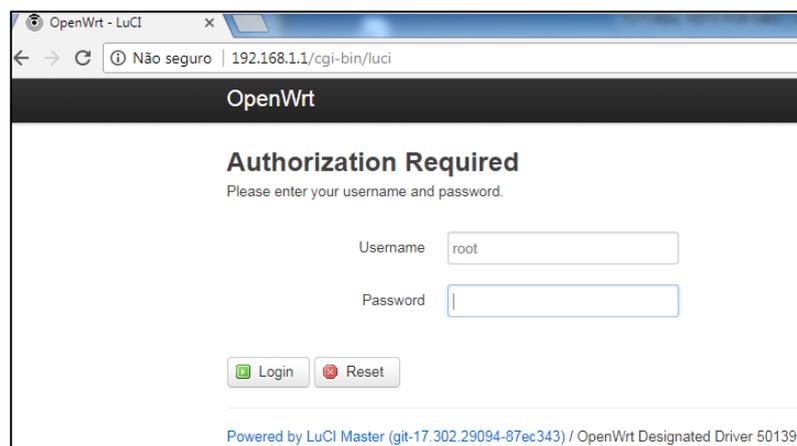
chave de segurança necessária para o roteador

Fonte: Autoria própria

Para a realização desses procedimentos a seguir precisamos que existisse conexão a internet na porta WAN.

Ainda através de *SSH* no *Putty* foi utilizado o gerenciador de pacotes *OPKG*, nativo do *Openwrt*, para atualizar o repositório local, sendo possível baixar os pacotes e instalar a interface *LuCI*, após isso, basta habilitar e ativar a interface */etc/init.d/uhttpd enable* e */etc/init.d/uhttpd start*. Depois de concluir o processo acessamos e conferimos o resultado.

Figura 24: Interface HTTP já instalada.



Fonte: Autoria própria

3.3.4 Voltando para o *firmware* de fábrica

Os usuários que desejam fazer a instalação do OpenWrt já devem estar cientes que devem verificar como voltar ao *firmware* original, pois em certos casos dependendo do roteador é necessário um alto conhecimento para isso, pois em nosso caso ao tentar recuperar o roteador para o seu *firmware* original de fábrica encontramos problemas. Sempre que realizado o procedimento padrão de recuperação para a imagem anterior, carregando o arquivo da TPlink através da interface da Openwrt, ocorria um erro enquanto ele carregava, antes que o processo fosse concluído. Resolvemos insistir utilizando o método através de *SSH*, onde ocorreu o maior problema, na figura a seguir vemos o erro.

Figura 25: Erro na instalação do *firmware* via *SSH*

```
root@OpenWrt:~# cd /tmp
root@OpenWrt:/tmp# mtd -r write wr740nv4_br.bin firmware
Unlocking firmware ...

Writing from wr740nv4_br.bin to firmware ... [e]Failed to erase block
root@OpenWrt:/tmp#
```

Fonte: Autoria própria

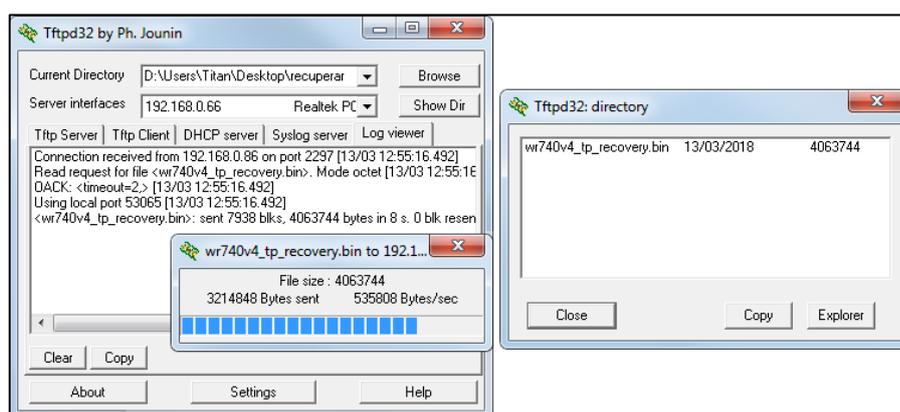
Após desligar e religar o dispositivo ele acendia a luz de power e todas as outras luzes ficavam acendendo e apagando ao mesmo tempo, o equipamento ficou travado conhecido como *soft brick*, onde o equipamento liga, mas não funciona ou apresenta mal funcionamento por ter seu *firmware* corrompido e nesse caso não estava sendo mais possível conexão por cabo.

Conseguimos solucionar o problema e fazer o roteador funcionar novamente, com um procedimento descrito na wiki do Openwrt (https://wiki.openwrt.org/toh/hwdata/tp-link/tp-link_tl-wr740n_v4.23), nele ensina a voltar ao original sem a necessidade de realizar solda no roteador, de acordo com algumas informações em fóruns é uma função que este modelo suporta chamado de *anti-bricking* evitando que o equipamento tenha perda total e sendo possível recuperar sem a necessidade de abrir o equipamento.

Conectamos o cabo de rede no roteador, configurado o adaptador de rede local como estático, especificamente tem que ser o *IP: 192.168.0.66* e *máscara: 255.255.255.0*.

Baixamos o arquivo de recuperação binário que está disponível no site da TP-Link (http://www.tp-link.com/br/download/TLWR740N_V4.html#Firmware) o arquivo foi colocado dentro uma pasta de forma que fique somente ele dentro. Carregamos o arquivo baixado no programa *tftpd32*, com o roteador desligado, segurar o botão reset ao apertar o power, até uma barra de progresso aparecer no *tftpd32*, após isso só aguardamos o roteador reiniciar.

Figura 26: Arquivo carregado no programa tftpd32



Fonte: Autoria própria

Retornamos a configuração de rede IPv4 para obter ip automaticamente e assim conseguimos acessar a interface Tplink normalmente.

Para que não seja necessário realizar sempre esse procedimento acima, sendo assim possível voltar aos padrões de fábrica, tendo apenas que carregar o *firmware* dentro da interface da Openwrt, é necessário utilizar um editor hexadecimal para que possa fazer a manipulação do arquivo da Tplink. Nesse caso teria que realizar um corte no início do arquivo de 131584 bytes ou 0x20200 bytes, em hexadecimal, esse corte estaria apagando o Boot (gerenciador de boot) que é necessário quando já temos a interface Tplink e precisamos apenas atualiza-la. Depois de realizar o corte é só carregar o *firmware* normalmente dentro da interface do Openwrt ou por *SSH*.

Existe outra maneira também de realizar esse procedimento de uma forma mais simples e rápida usando um sistema *Linux* ou através de *SSH* no Openwrt, usando o *WinSCP* copiamos o arquivo *.bin* baixado do site da TP-Link para o roteador e colocamos o arquivo dentro da pasta */tmp*.

Após isso conectamos o roteador via *SSH*, entramos no diretório */tmp*, para confirmar, verificamos se o arquivo possui o gerenciador de boot através do comando *hexdump* junto com o *DD* que já vem nativo no Openwrt, a resposta do comando deveria aparecer com vários zeros para mostrar que não teria gerenciador de boot, neste caso foi necessário realizar o corte e a confirmação novamente, o que efetuamos com sucesso. Seria recomendável realizar uma cópia do arquivo cortado, assim, poderá voltar para a versão de fábrica sem enfrentar problemas, agora com o *firmware* modificado pode realizar tanto pela interface como por *SSH*, como já estávamos no *SSH*, foi realizado a atualização por ele mesmo. A seguir vemos uma imagem com todo o processo na linha de comando.

Figura 27: Comandos usados na modificação do arquivo

```

root@OpenWrt:~# cd /tmp
root@OpenWrt:/tmp# ls *.bin
wr740nv4_br.bin
root@OpenWrt:/tmp# dd bs=4 count=1 skip=37 'if=wr740nv4_br.bin' | hexdump -v -n 4
4
1+0 records in
1+0 records out
00000000 0000 c25b
00000004
root@OpenWrt:/tmp# dd if=wr740nv4_br.bin of=recuperar.bin skip=257 bs=512
7680+0 records in
7680+0 records out
root@OpenWrt:/tmp# dd bs=4 count=1 skip=37 'if=recuperar.bin' | hexdump -v -n 4
1+0 records in
1+0 records out
00000000 0000 0000
00000004
root@OpenWrt:/tmp# sysupgrade -n recuperar.bin

```

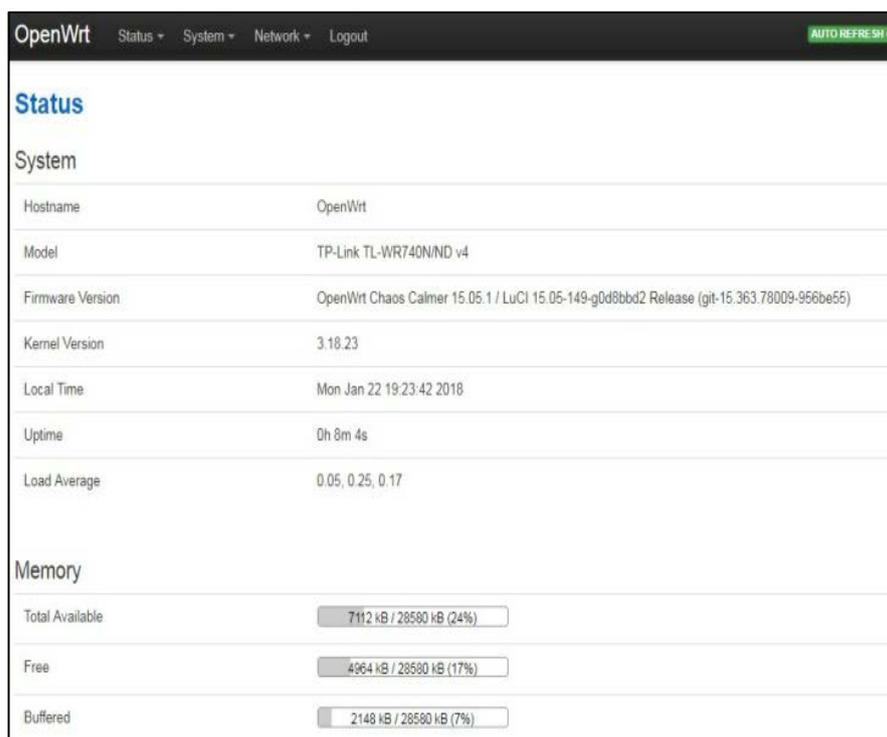
Fonte: Autoria própria

3.3.5 Avaliação das funções básicas da interface

Um detalhe inicialmente percebido no OpenWrt, é que ele não vem por padrão traduzido para o idioma português brasileiro se comparado ao *firmware* padrão da TP-Link, o que não impede a instalação do idioma através de linha de comando ou até mesmo pela interface.

Outra diferença na tela inicial do OpenWrt, é que ela por ser voltada para usuários mais avançados, mostra a quantidade de memória total a memória livre e a memória em buffer fora as informações comuns como vemos na imagem a seguir:

Figura 28: Tela inicial OpenWrt



The screenshot shows the OpenWrt web interface. At the top, there is a navigation bar with 'OpenWrt', 'Status', 'System', 'Network', and 'Logout' menus, and an 'AUTO REFRESH ON' button. The main content area is titled 'Status' and is divided into two sections: 'System' and 'Memory'. The 'System' section contains a table with the following data:

System	Value
Hostname	OpenWrt
Model	TP-Link TL-WR740N/ND v4
Firmware Version	OpenWrt Chaos Calmer 15.05.1 / LuCI 15.05-149-g0d8bbd2 Release (git-15.363.78009-956be65)
Kernel Version	3.18.23
Local Time	Mon Jan 22 19:23:42 2018
Uptime	0h 8m 4s
Load Average	0.05, 0.25, 0.17

The 'Memory' section contains three rows, each with a progress bar indicating usage:

Memory	Value
Total Available	7112 kB / 28580 kB (24%)
Free	4964 kB / 28580 kB (17%)
Buffered	2148 kB / 28580 kB (7%)

Fonte: Autoria própria

As funções existentes no OpenWrt estão disponíveis na tela inicial na parte superior em quatro categorias: status, sistema, rede e sair e não possuem nenhum tutorial ou explicação ao contrário das do *firmware* padrão que ficam na parte lateral esquerda. Porém sempre é bom salientar o fato de que este é um *firmware* voltado para usuários com um conhecimento avançado em redes, e que dispõe de inúmeras possibilidades de modificação.

3.3.6 Identificação das características específicas

Uma característica específica notada ao lidar com o OpenWrt é que você pode ver todos os processos que estão sendo utilizados no momento e também finalizar eles, assim como é feito em um gerenciador de tarefas do Windows. Cada processo possui uma descrição detalhada de seu consumo em quantidade de

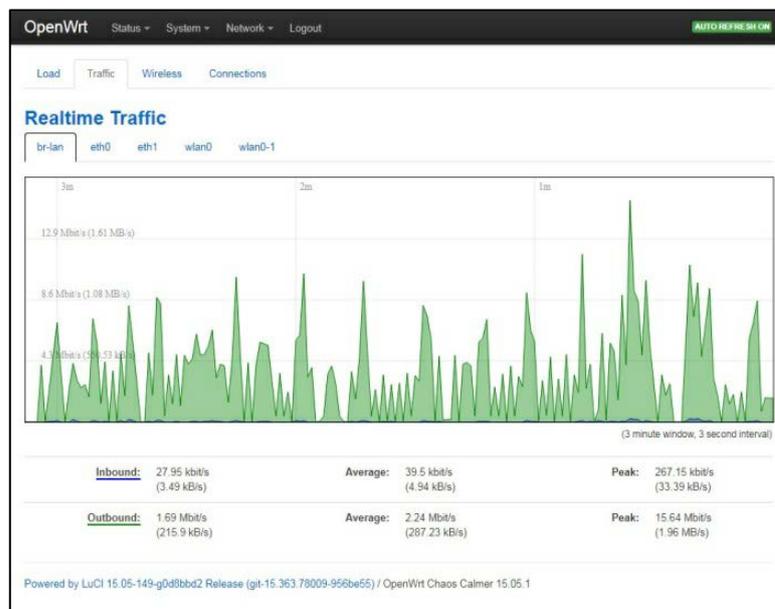
processamento e memória utilizada sendo uma vantagem para usuários que trabalham com *Linux*.

Na tela inicial diferente do *firmware* padrão existe a opção de *auto refresh* que mantém todas as configurações aplicadas em coerência com o que está sendo visto, não precisando, portanto que o usuário atualize a página a todo o momento. Em *firmwares* padrão da TP-Link é necessário reinicializar o roteador após fazer qualquer configuração para que elas sejam aplicadas, sendo esta uma desvantagem em relação ao OpenWrt que ao invés de reinicializar o hardware apenas atualiza o *firmware* sendo bem mais econômico nesse quesito.

3.3.6.1 Gráficos de Tráfego na rede

Outra especificidade observada está relacionada aos inúmeros gráficos característicos desse *firmware*. Existem gráficos do tráfego da wireless na rede, gráfico de análise de pacotes entre outros uma vantagem que muitas pessoas buscam e que aqui podemos encontrar.

Figura 29: Gráfico do tráfego em tempo real



Fonte: Autoria própria

3.3.6.2 Configuração de LEDs, Múltiplas Wifi's e Dual WAN

Existe a opção de se configurar ainda os leds disponíveis no roteador, necessitando somente dedicar um momento para se aprofundar nessa função. Outra possibilidade é a de criação de mais de uma rede wifi no mesmo roteador, sendo possível também criar uma Dual WAN podendo combinar duas conexões de internet, o que não foi encontrada no *firmware* padrão. A seguir vemos uma imagem que ilustra como seria exibida a tela ao se criar duas redes wifi:

Figura 30: visão geral de wireless e estações associadas

The screenshot shows the OpenWrt web interface. At the top, there are navigation tabs: Status, System, Network, and Logout. A green 'AUTO REFRESH ON' button is in the top right. The main heading is 'Wireless Overview'. Below it, there's a section for 'Generic MAC80211 802.11bgn (radio0)' with a 'Scan' button and an 'Add' button. Two wireless networks are listed:

- SSID: Teste_TCC | Mode: Master
100% BSSID: E8:94:F6:9D:12:2C | Encryption: WPA2 PSK (CCMP) [Disable] [Edit] [Remove]
- SSID: Teste_TCC_01 | Mode: Master
100% BSSID: EA:94:F6:9D:12:2C | Encryption: WPA2 PSK (CCMP) [Disable] [Edit] [Remove]

Below this is the 'Associated Stations' section with a table:

SSID	MAC-Address	IPv4-Address	Signal	Noise	RX Rate	TX Rate
Teste_TCC	88:07:4B:B0:B8:3D	192.168.1.183	-37 dBm	-95 dBm	1.0 Mbit/s, MCS 0, 20MHz	72.2 Mbit/s, MCS 7, 20MHz
Teste_TCC_01	88:9B:39:AF:1F:F5	192.168.1.203	-39 dBm	-95 dBm	1.0 Mbit/s, MCS 0, 20MHz	72.2 Mbit/s, MCS 7, 20MHz

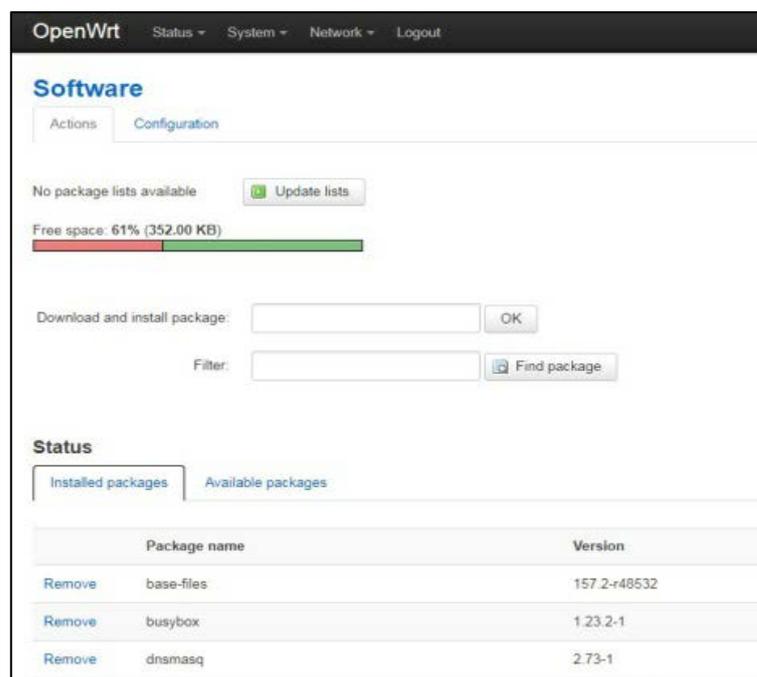
At the bottom, it says: 'Powered by LuCI 15.05-149-g0d8bbd2 Release (git-15.363.78009-956be55) / OpenWrt Chaos Calmer 15.05.1'

Fonte: Autoria própria

3.3.6.3 Atualizar, instalar e desinstalar pacotes pela interface

Também percebemos um local específico nas funções, dedicado somente para fazer a atualização e remoção de arquivos, este local oferece uma alternativa para pessoas que não gostam de utilizar linha de comando. Na aba system na subcategoria *software* você tem a opção de visualizar cada pacote instalado, pesquisa, remover ou adicionar novos pacotes de acordo com a sua necessidade.

Figura 31: Aba de pacotes instalados



Fonte: Autoria própria

Uma grande vantagem do OpenWrt relacionada a segurança, é a opção de remover a interface gráfica do *firmware*, evitando assim possíveis ataques de pessoas mal intencionadas, que roubam senhas através de phishings em forma de pop-ups na tela. Testamos essa possibilidade com sucesso através dos comandos: `/etc/init.d/uhttpd stop /etc/init.d/uhttpd disable`.

3.4 FIRMWARE PADRÃO

Para os processos subsequentes de teste e instalação do *firmware* modificado para análises e comparações futuras, foi necessário que inicialmente houvesse uma avaliação das funções básicas já existentes na interface gráfica já instalada de fábrica, bem como a identificação das características específicas dessa interface que a diferenciam das de outros roteadores que possuem sistemas *Linux*. Esses procedimentos são detalhados a seguir:

3.4.1 Avaliação das funções básicas da interface

Fizemos uso de um roteador Tplink modelo TL-WR740N versão 4.23 e da interface pré-instalada da TP-Link para esta prática. A avaliação consistiu em uma observação e utilização de cada uma das funções disponibilizadas pelo *firmware* padrão da TP-Link.

Em uma primeira observação é perceptível o fato de esta interface ser bem mais intuitiva e de fácil manipulação para um usuário com pouco ou nenhum conhecimento na área de redes, se comparada com a do Openwrt. Isso se deve pelo fato dela ter a opção de ser traduzida para o português brasileiro, ter por padrão suas opções organizadas do lado esquerdo, todas as suas informações e tutoriais de utilização explicada em textos do lado direito, para uma futura dúvida do usuário. Este fato torna essa interface bem autoexplicativa sendo um ponto positivo se comparado às outras como vemos na figura a seguir:

Figura 32: TP link interface intuitiva e autoexplicativa

TP-LINK®		Roteador Wireless N 150M Modelo TL-WR740N / TL-WR740ND
<ul style="list-style-type: none"> Informações Passo a passo QSS Interfaces LAN / WAN Wireless DHCP - Configurações - Lista de Clientes - Reserva de Endereços Direcionar Portas Firewall Controle de País Controle de Acesso Roteamento Controle de Banda Proteção ARP DNS Dinâmico Ferramentas do Sistema 	<h4>DHCP - Configurações</h4> <p>Servidor DHCP: <input type="radio"/> Desabilitado <input checked="" type="radio"/> Habilitado</p> <p>Primeiro Endereço IP: <input type="text" value="192.168.1.100"/></p> <p>Último Endereço IP: <input type="text" value="192.168.1.199"/></p> <p>Tempo de Renovação do Endereço: <input type="text" value="120"/> minutos (de 1 a 2880 minutos. Valor padrão: 120).</p> <p>Gateway Padrão: <input type="text" value="192.168.1.1"/> (opcional)</p> <p>Domínio Padrão: <input type="text" value="Tplink"/> (opcional)</p> <p>DNS Primário: <input type="text" value="8.8.8.8"/> (opcional)</p> <p>DNS Secundário: <input type="text" value="8.8.4.4"/> (opcional)</p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Salvar"/></p>	<h4>Ajuda sobre DHCP - Configurações</h4> <p>Por padrão de fábrica, o Roteador está habilitado como um servidor DHCP (Protocolo de Configuração do Computador Dinâmico), que configura automaticamente o protocolo TCP/IP para todas as estações que estiverem conectadas à interface LAN do Roteador.</p> <ul style="list-style-type: none"> Servidor DHCP - Desabilitado ou Habilitado. Por padrão, o servidor DHCP está habilitado para configurar automaticamente o endereço IP de cada computador conectado à interface LAN do roteador. Se o servidor DHCP for desabilitado, será necessário ter um outro servidor DHCP conectado na rede local, caso contrário as configurações do protocolo TCP/IP deverão ser feitas manualmente. Primeiro Endereço IP - Este campo especifica o primeiro endereço na faixa de endereços a serem distribuídos automaticamente. Último Endereço IP - Este campo especifica o último endereço na faixa de endereços a serem distribuídos automaticamente. Tempo de Renovação do Endereço - período em que um usuário da rede estará autorizado a utilizar o mesmo Endereço IP atribuído pelo servidor DHCP. Após este período, o endereço IP de todos os computadores será renovado. O limite máximo de tempo de renovação é de 2880 minutos (48 horas). Valor padrão é de 120 minutos (2 horas).

Fonte: A autoria própria

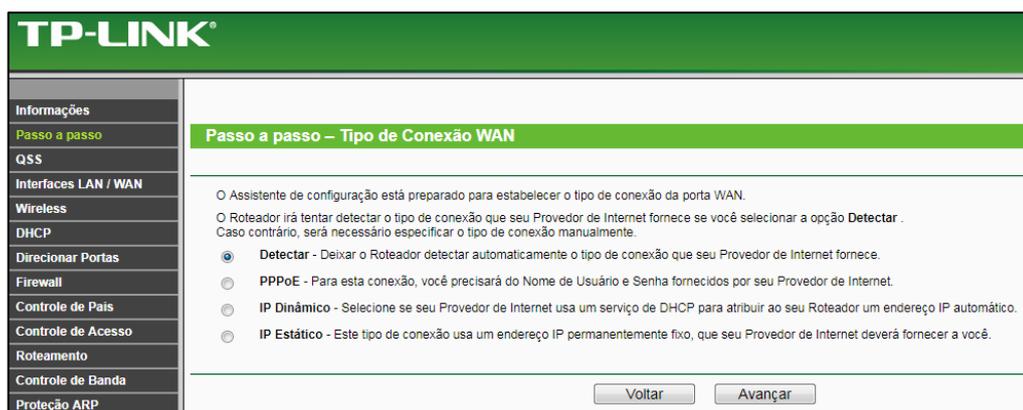
Vale salientar que isso não obrigatoriamente impossibilita que um *firmware* baseado em *Linux* possua essa opção, ou que ela possa ser implementada, somente demonstra que no momento presente o *firmware* avaliado não vem com essa opção integrada, o que não pode ser afirmado se comparado a um *firmware* que apenas disponibiliza correções em suas atualizações, não adicionando novas opções para seus usuários, e nem permitindo que esses o façam.

3.4.2 Identificação das características específicas

3.4.2.1 Função passo a passo

A primeira função observada que difere o *firmware* padrão da TP-Link do *firmware* OpenWrt é o passo a passo que é um assistente de configuração das conexões de internet mais populares. É claro que o motivo do OpenWrt não possuir essa opção se dá pelo fato dele ser um *firmware* modificado para aqueles que possuem conhecimento em rede sendo essa função desnecessária para muitas situações. A seguir vemos o passo a passo selecionado entre as opções disponíveis na interface:

Figura 33: TP link passo a passo



Fonte: Autoria própria

3.4.2.2 Função WPS

A segunda função observada foi o WPS que é chamado pela TP-Link de QSS sendo no caso uma desvantagem se comparado com o OpenWrt. Isso pode ser afirmado se observarmos que a facilidade de conexão por outros usuários é bastante conveniente em certas situações pode trazer riscos abrindo uma vulnerabilidade ao permitir que qualquer um tenha acesso a sua rede. A seguir temos um exemplo visual de como é a tela de opção do WPS.

Figura 34: TP link QSS (WPS)



Fonte: Autoria própria

3.4.2.3 Função firewall

O firewall do roteador TP-Link tem como qualidade sua simplicidade, pois o que vem junto ao OpenWrt possui complexidade em suas variadas opções de configuração disponibilizadas para usuários iniciantes. O firewall do OpenWrt atende a expectativa do usuário que possui a necessidade de auto controle do acesso à rede através dele, podendo por exemplo bloquear portas, sites, domínios entre outras opções.

3.4.2.4 Função Controle de banda

E por fim a outra característica importante percebida, que é disponibilizada nesse modelo da TP-Link analisado, é o Controle de banda que determina valores para a capacidade de conexão, o qual não está presente em alguns *firmwares* de roteadores mais antigos da própria TP-Link. Como podemos ver na figura a seguir ela está disponível nessa versão.

Figura 35: TP link Controle de banda



Fonte: Autoria própria

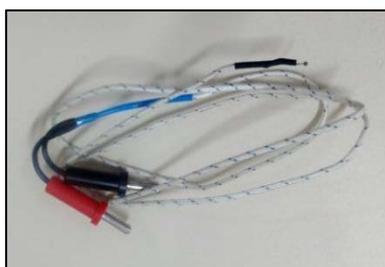
3.4.3 Equipamentos utilizados

Os equipamentos detalhados neste tópico foram utilizados principalmente para os testes de desempenho, focando-se nas medições de temperatura e potência de consumo. A seguir vemos mais informações sobre cada um deles:

3.4.3.1 Termopar

É uma junção de dois metais que cria uma tensão elétrica em função da temperatura. Utilizamos ele para fazer uma medição mais precisa por manter um contato direto com o equipamento.

Foto 1: Termopar utilizado



Fonte: Autoria própria

3.4.3.2 Termômetro infravermelho (pirômetro)

Para efeito de comparativo utilizamos um termômetro a laser para fazer a medição da temperatura através da radiação assim não mantendo contato direto com o roteador para analisarmos se os resultados diferiam um do outro. Percebemos no decorrer dos testes que quanto menor a distância maior a precisão.

Foto 2: Termômetro infravermelho utilizado



Fonte: Autoria própria

3.4.3.3 Wattímetro

É um aparelho que mede tensão corrente e potência ao se manter conectado ao aparelho e a rede. Ele foi usado no teste para medir a potência de consumo, monitorar e descobrir qual *firmware* fará o roteador consumir menos energia, observando o momento em que ele se encontra ocioso e aquele em que ele está em sua potência máxima de trabalho. Isso ajudou a descobrir se o *firmware* modificado possibilita uma maior vida útil ao roteador evitando a obsolescência programada comum em alguns aparelhos.

Foto 3: wattímetro utilizado



Fonte: A autoria própria

3.4.4 Teste de Desempenho com *firmware* padrão

No teste em questão, com o *firmware* padrão já instalado, utilizamos um multímetro junto a um termopar para que ele funcionasse como um medidor de temperatura por contato que ficou em cima do chip principal do roteador. Também fizemos uso de um termômetro a laser (pirômetro) medindo a temperatura a distância e um wattímetro para medir a potência do equipamento. Todos os equipamentos que utilizamos foram conectados simultaneamente ao roteador analisado, após isso ele foi ligado e sem realizar nenhuma tarefa foi observada sua temperatura máxima ao atingir estabilidade sem utilização considerando uma temperatura ambiente de aproximadamente 23° C. O multímetro mediu valores entre 33° e 34° graus Celsius, estabilizados em 34° graus, o wattímetro marcou 1 watt de potência, tudo isso após um período de 20 minutos ligado.

Foto 4: temperatura máxima ao atingir estabilidade sem utilização.

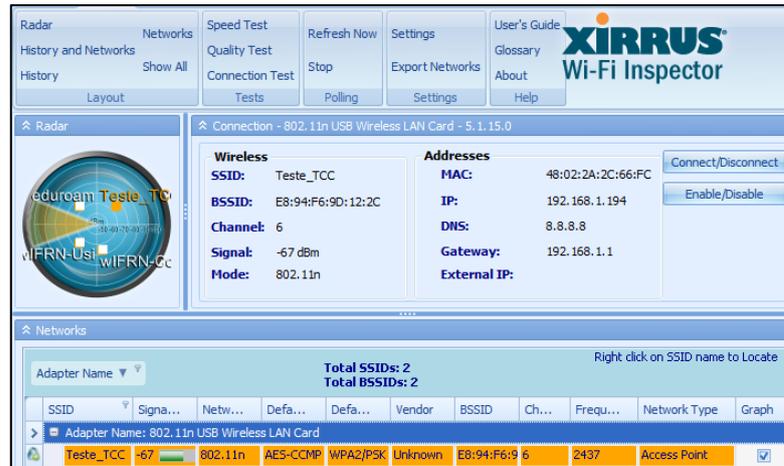


Fonte: Autoria própria

Utilizamos dois notebooks para realizar a transferência dos arquivos. Um notebook modelo HP14r050br transferiu os arquivos através da wifi a uma distância de aproximadamente 6,5 m com uma barreira (parede) para o outro notebook modelo HP DV6 3040BR que estava conectado a um cabo de rede de 1,5 m ligado ao roteador wireless N 150M modelo TL-WR740N/ TL-WR740ND, todos nivelados a uma distância de 92 cm do solo.

Antes de realizar a transferência fizemos a medição da potência de sinal pelo programa Xirrus Wi-Fi Inspector confirmamos que a potência do sinal onde o notebook ficou foi de -67 dbm. Decidimos a partir dessa constatação utilizar o canal 6 tendo como principal motivo o fato de a maioria dos sinais no momento do teste utilizarem o canal 11 dessa forma evitamos alguma possível interferência entre os sinais. Também desligamos o sinal wifi do notebook que ficou próximo ao roteador para evitar também uma possível interferência tentando se conectar ao roteador de alguma forma. A seguir vemos um print da tela principal do Xirrus Wi-fi Inspector onde nossa rede wifi recebeu o nome de Teste TCC:

Figura 36: tela principal do Xirrus Wi-Fi Inspector



Fonte: Autoria própria

Foram transferidos vários arquivos de vídeo, áudio, imagem e documentos totalizando 4,15 Gigabytes em arquivos a uma velocidade de transferência média de 4,7 MB/s levando um tempo estimado de 14 minutos e 58 segundos em uma quantidade total de 635 arquivos enviados. Durante a transferência enquanto o equipamento estava sendo utilizado a temperatura estabilizou-se em 36° graus Celsius como vemos na figura a seguir:

Foto 5: Temperatura máxima durante a transferência



Fonte: Autoria própria

Após a análise e testes realizados no *firmware* padrão da TP-Link e instalação do OpenWrt, fizemos o mesmo procedimento de avaliação das funções porém desta vez com o *Firmware* modificado para também identificar características específicas dessa interface que a diferenciava da anterior. Esses procedimentos são especificados a seguir:

3.4.5 Teste de Desempenho *firmware* modificado

Neste teste buscamos manter as mesmas condições e características do teste de desempenho anterior, e também realizá-lo da mesma forma e utilizando as mesmas ferramentas. No caso o que utilizamos foi um multímetro junto a um termopar como um medidor de temperatura por contato, um termômetro a laser (pirômetro), e um wattímetro para medir a potência do equipamento. Com os equipamentos conectados simultaneamente ao roteador o ligamos, e sem realizar nenhuma tarefa observamos sua temperatura máxima após esta se estabilizar. Também consideramos a temperatura ambiente de aproximadamente 23° C. Nesse teste o multímetro mediu valores entre 32° e 33° graus Celsius estabilizados em 33° graus, o wattímetro marcou o mesmo 1 watt de potência, tudo após um período de 20 minutos ligado.

Foto 6: temperatura máxima estável sem utilização (OpenWrt).



Fonte: Autoria própria

Os dois notebooks utilizados no teste anterior foram novamente usados neste teste. Um deles transferiu os arquivos através da wifi a uma distância de aproximadamente 6,5 m com uma barreira (parede) para o outro notebook que estava conectado a um cabo de rede de 1,5 m ligado ao roteador wireless novamente a uma distância de 92 cm do solo. A seguir vemos uma foto com todos os equipamentos já devidamente conectados:

Foto 7: equipamentos de testes já conectados



Fonte: Autoria própria

Como antes fizemos a medição da potência de sinal pelo programa Xirrus Wi-Fi Inspector que dessa vez foi de -62 dbm. Continuamos utilizando o canal 6 como padrão e desligamos o sinal wifi do notebook que ficou próximo ao roteador como anteriormente evitando assim alguma interferência entre os sinais. A seguir vemos um print da tela principal do Xirrus Wi-Fi Inspector onde nossa rede wifi foi nomeada de Teste TCC:

Figura 37: print da tela principal do Xirrus Wi-Fi Inspector



Fonte: Autoria própria

Buscamos transferir a mesma quantidade tipo e tamanho de arquivos anteriormente transferidos. Dessa forma no total foi feita a transferência de 4,15 Gigabytes em arquivos a uma velocidade de transferência média de 3,5 MB/s levando um tempo estimado de 20 minutos e 10 segundos em uma quantidade total de 635 arquivos enviados. Durante a transferência enquanto o equipamento estava sendo utilizada a temperatura variou entre 35° e 36° graus estabilizando em 36° graus como vemos na figura a seguir:

Foto 8: Temperatura máxima durante a transferência (OpenWrt).



Fonte: Autoria própria

Deduzimos que caso utilizássemos versões de *firmwares* atualizadas haveria melhoras significativas nos resultados do teste de desempenho. Por esse motivo decidimos refaze-lo apenas com o *firmware* Openwrt.

Diferentemente do teste anterior foi realizada uma atualização no roteador, substituindo a versão anterior de *firmware* que era 15.05, pela versão 15.05.1, essa versão teve uma melhoria na transferência de arquivos na rede, comprovada pela realização de um novo teste de transferências de arquivos descrito a seguir.

3.4.5.1 Teste de Desempenho OpenWrt *firmware* atualizado

Mantivemos neste teste as mesmas condições dos anteriores. Um notebook modelo HP DV6 3040BR, transferiu os arquivos através da wifi a uma distância de aproximadamente 6,5 m com uma barreira (parede) para o outro notebook modelo Acer E5-571-535H, conectado ao mesmo cabo de rede de 1,5 m ligado ao roteador da Tplink modelo TL-WR740N versão 4.23, todos nivelados a uma distância de 92 cm do solo.

Fizemos a medição da potência de sinal pelo programa Xirrus Wi-Fi Inspector confirmamos que a potência do sinal onde o notebook ficou foi de -50 dBm. Dessa vez o canal 1 foi o mais viável evitando interferências entre os sinais. A seguir vemos um print da tela principal do Xirrus Wi-Fi Inspector:

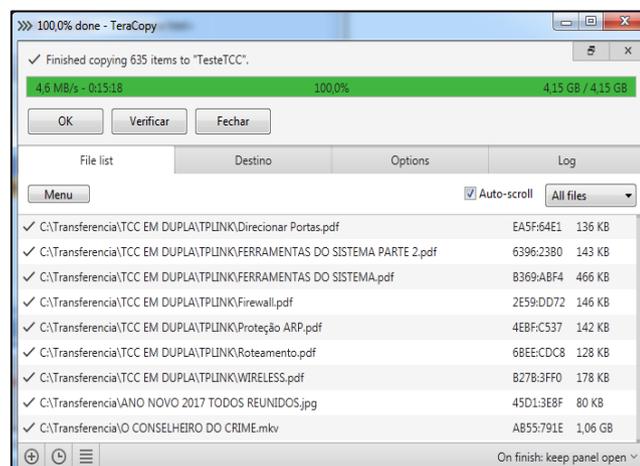
Figura 38: print com informações Xirrus Wi-Fi Inspector



Fonte: Autoria própria

Foram transferidos os mesmos arquivos, vídeos, áudios, imagens e documentos utilizados nos testes anteriores totalizando 4,15 Gigabytes. A velocidade de transferência média foi de 4,6 MB/s levando um tempo estimado de 15 minutos e 18 segundos em uma quantidade total de 635 arquivos enviados. A seguir vemos uma foto do programa utilizado para a cópia o TeraCopy:

Figura 39: Informações de transferência no TeraCopy



Fonte: Autoria própria

4 RESULTADOS

Em suma, nosso trabalho demonstrou uma série de procedimentos para instalação do *firmware* bem como os posteriores testes para o comparativo.

Avaliando o *firmware* padrão em contraste com Openwrt, tivemos pouquíssimas diferenças ou nenhuma em relação à temperatura, potência de sinal, e potência de consumo. Inicialmente o original tinha a maior vantagem por conseguir uma taxa de transferência mais alta em relação ao modificado, que com a atualização mais nova trouxe uma grande melhoria sobre o anterior trazendo proximidade com o original, este podendo também ser melhorado com a aplicação de alguns scripts. A seguir uma tabela onde é exposto o resultado com todos os valores dos testes realizados nos dois *firmwares*:

Tabela 4: Dados dos testes

	Sinal em dBm	Tempo de transferência	Velocidade média	Temperatura em repouso/uso em °C	Potência consumida repouso/uso
Tplink	-67	14 min 58s	4,7 MB/s	34° / 36°	1,0 / 1,5 W
Openwrt	-62	20 min 10s	3,5 MB/s	33° / 36°	1,0 / 1,5 W
Openwrt Atualizado	-50	15 min 18s	4,6 MB/s	-	1,0 / 1,5 W

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Nesta tabela, a coluna de temperatura da nova atualização do Openwrt, não foi apresentada, pois o teste era apenas para mostrar a melhoria na taxa de transferência, outro motivo é que as condições do local onde foi realizado o teste, não tinha um controle de temperatura ambiente aplicado nos anteriores.

Sobre o *firmware* padrão da TP-Link não se pode deixar de expor que ele não deixa a desejar em muitos quesitos de suas características, como o fato de ser bem intuitivo e autoexplicativo trazendo bastante simplicidade para seus usuários. Um ponto que ainda merece atenção é o da função WPS, chamado pela TP-Link de QSS, que vem ativado por padrão, onde pode trazer riscos, abrindo uma

vulnerabilidade ao permitir que qualquer um tenha acesso a sua rede, caso o usuário não saiba da importância de desativá-la.

Os resultados foram muito interessantes, pois demonstram que o *firmware* Openwrt ainda precisa ser bastante explorado para que se saiba seu verdadeiro potencial. Claro que ainda existem algumas dificuldades e facilidades no momento da instalação do *firmware*, contudo a liberdade de adicionar, modificar e até mesmo de criar aplicações, ainda é um ponto bastante interessante. A vantagem principal que deve ser exposta e dá sentido ao trabalho gasto é o fato dele evitar a obsolescência das máquinas onde for instalado, tendo em vista a possibilidade de instalar e atualizar pacotes (programas, bibliotecas de funções, etc.) permitindo que continue-se utilizando o equipamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante esse tempo que passamos desempenhando as atividades, tivemos a possibilidade de revisar, bem como praticar tudo o que aprendemos durante o do Curso Técnico em Manutenção e Suporte em Informática do Campus Natal Zona Norte, principalmente na área de redes de computadores, sendo isso extremamente gratificante por nos dar possibilidade de adquirir uma rica experiência nesta área para futuras oportunidades profissionais.

Com o comparativo, esperamos que haja um maior fomento da utilização de *firmwares* modificados em vários locais como: escolas, empresas, residências ou quaisquer outros locais em que seja possível sua aplicação.

Futuramente espera-se a realização de novos testes ou até outros testes diferentes nas opções ainda não exploradas, como uma melhor análise das possibilidades que o firewall em cada *firmware* pode proporcionar. Ainda existe a sugestão de uma pesquisa mais aprofundada em relação à segurança de *firmwares* originais de fábrica, se considerar que houve êxito em algumas tentativas de invasão. Por isso futuramente seria pertinente à elaboração de um projeto de pesquisa extra mais focado nesse tema.

REFERÊNCIAS

AHRENS, Benedikt. **GNewSense - o Ubuntu livre**. 2009. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/artigos/gnewsense/>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

ALECRIM, Emerson. **Diferenças entre Hub, Switch e Roteador**. 2004. Disponível em: <<https://www.infowester.com/hubswitchrouter.php>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

_____. **Endereço IP (Internet Protocol)**. 2011. Disponível em: <<https://www.infowester.com/ip.php>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

BRASIL. NUCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR. . **Endereçamento IPV6**. 2012. Disponível em: <<http://ipv6.nic.br/post/enderecamento/>>. Acesso em: 23 mar. 2018.

CAMPOS, Augusto. **O que é Linux**. Disponível em: <<https://br-linux.org/2008/01/faq-linux.html>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

_____. **O que é Linux**. BR-Linux. Florianópolis, março de 2006. Disponível em <<http://br-linux.org/faq-linux>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

DEBONI, Felipe Loureiro; BORBA, Rafael Ferreira. **SISTEMAS EMBARCADOS EM SEGURANÇA DE REDES – OPENWRT**. 2007. 102 f. Monografia (Especialização) - Curso de Segurança de Redes de Computadores., Faculdade Salesiana de Vitória, Vitória, 2007.

EQUIPE OPENWRT. **O que é o OpenWrt?** Disponível em: <<https://openwrt.org/>>. Acesso em: 06 dez. 2017.

FOROUZEN, Behrouz A.. **Comunicação de Dados e Rede de Computadores**. 4. ed. Porto Alegre: Mcgraw-hill, 2008.

LICHTENBERG, Mitch. **Common Firmware Environment (CFE): Functional Specification**. Irvine CA: Broadcom Corporation, 2004. 135 p. Disponível em: <<https://melbourne.wireless.org.au/files/wrt54/cfe.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

MORIMOTO, Carlos E.. **Modem**. 2005. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/termos/modem>>. Acesso em: 26 jun. 2005.

_____. **Faixas de endereços IP, CIDR e máscaras de tamanho variável**. 2007. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/tutoriais/endereco-ip-cidr/>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

_____. **Hardware, o Guia Definitivo**. 2007. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/livros/hardware/configuracao-rede.html>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

_____. **Índice do dicionário técnico: Gateway**. 2005. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/termos/gateway>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

_____. **Redes, Guia Prático 2ª Ed. (Atualização)**. 2008. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/livros/redes/hubs-switches-bridges-roteadores.html>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

MOSTRA DE EXTENSÃO, INOVAÇÃO E PESQUISA, 2016, Recife. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada. Recife: Mostra de Extensão, Inovação e Pesquisa, 2016. 500 p.

PALAZZI, Claudio E.; BRUNATI, Matteo; ROCSETTI, Marco. **An OpenWRT solution for future wireless homes**. 2010. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5583223/>>. Acesso em: 13 jan. 2018.

PRIKRYL, Martin. **WinScp**. Disponível em: <http://download.cnet.com/WinScp/3000-2160_4-10400769.html>. Acesso em: 05 dez. 2017.

TATHAM, Simon. **Putty**. Disponível em: <<http://www.putty.org/>>. Acesso em: 05 dez. 2017.