
Implementação do IPv6 na rede interna da Libertas – Faculdades Integradas

Guilherme Luiz Ferreira

Graduando em Sistemas de Informação

Dorival Moreira Machado Junior

Mestre em Tecnologias da Inteligência e Design Digital

RESUMO

A rede mundial de computadores, mais conhecida como Internet, se tornou uma importante ferramenta na vida das pessoas. Os computadores para conseguirem se comunicar entre si nessa rede mundial, usam algumas linguagens, chamado protocolos. O protocolo mais importante usado na Internet é o IP (Protocolo de Internet). Ele teve sua origem na década de 70 e a versão do IP usada atualmente, é o IPv4. Nos últimos anos a internet cresceu rapidamente, e o IPv4 não conseguiu acompanhar esse crescimento por ser um protocolo limitado. A partir desta limitação, foi necessário colocar em funcionamento um novo protocolo que suporte a internet e todo seu crescimento durante os próximos anos, surgindo então o IPv6. Considerando a importância desse protocolo de rede para o bom funcionamento do acesso a internet, foi-se necessário estudá-lo e implementá-lo na rede interna da Libertas Faculdades Integradas. Busca-se como objetivo geral fazer com que o novo protocolo funcione na rede interna da Faculdade. Para atender o objetivo proposto, tem-se os seguintes objetivos específicos: (i) mapear toda a rede da faculdade; (ii) definir os IPs (Protocolo Internet), o DNS (*Domain Name Server*), o Gateway e o Firewall; (iii) executar as configurações; e (iv) realizar testes de interconexões.

Palavras-chave: IPv4, IPv6, Protocolo de Rede, Internet.**INTRODUÇÃO**

Toda a internet é provida através de protocolos, um dos protocolos mais importantes é o protocolo que está na camada de redes, o chamado IP (Protocolo de Internet). É ele que faz todo o endereçamento da rede, ou seja, que diz de onde vem e pra onde vão os pacotes de informação que chegam nela.

O protocolo de rede em uso é o IPv4. Quando foi inventado, em meados dos anos 70, acreditava-se que a quantidade de dispositivos que esse protocolo suportaria era suficiente para toda a demanda mesmo com o crescimento da internet.

Mas ela cresceu além do esperado e quantidade de dispositivos cresceu exponencialmente a partir dos anos 90, e os endereços do IPv4 já não são mais suficientes para suportar esse crescimento de toda a rede mundial.

A partir dessa insuficiência de endereços IPv4 para o bom funcionamento da internet, foi necessário colocar um novo protocolo de rede em funcionamento, dando início ao protocolo IPv6.

O IPv6 é a próxima geração dos protocolos da camada de rede. A pesquisa e a implementação a ser desenvolvida tem como objetivo fazer com que o protocolo IPv6 esteja implementado em toda rede interna da Libertas Faculdades Integradas.

Tendo em vista essa transição de protocolos de rede, surge a questão-problema que norteia este trabalho: Como implementar o IPv6 na rede interna da Libertas Faculdades Integradas?

Com o intuito de responder a esta pergunta de pesquisa, busca-se como objetivo geral fazer com que o novo protocolo funcione em toda a rede interna da Faculdade.

Para atender o objetivo proposto, tem-se os seguintes objetivos específicos: (i) mapear toda a rede da faculdade; (ii) definir os IP's (Protocolo Internet), o DNS(*Domain Name Server*), o Gateway e o Firewall; (iii) executar as configurações; e (iv) realizar testes de interconexões.

A realização desse trabalho se justifica pelo fato de que os estoques mundiais do protocolo de rede usado atualmente, o IPv4, se esgotaram. Se preparar para o período de transição que está por vir é a melhor saída para não se ter surpresas negativas quando isso ocorrer.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Conceito do IPv6

A internet originalmente não foi concebida para ser usada comercialmente como é usada atualmente.

Florentino (2012, p. 16): " O projeto militar conhecido como ARPANET deu origem a tudo em plena Guerra Fria, em que o objetivo era criar uma rede mundial de comunicação na qual não existisse um nó central, e que fosse semelhante a uma teia de aranha, onde cada nó pudesse se comunicar com qualquer outro nó por vários caminhos alternativos[...]".

Os norte-americanos deram continuidade ao ARPANET dentro dos centros de pesquisas de suas universidades, onde foi desenvolvido e aprimorado.

A figura 01 é um desenho da primeira rede entre computadores, mostra as quatro universidades americanas onde ficavam os quatro primeiros nós da Internet. 1) Universidade de Los Angeles(UCLA), 2) Universidade da Califórnia em Santa Bárbara (UCSB), 3) Instituto de Pesquisas de Sanford (SRI), 4) Universidade de Utah.

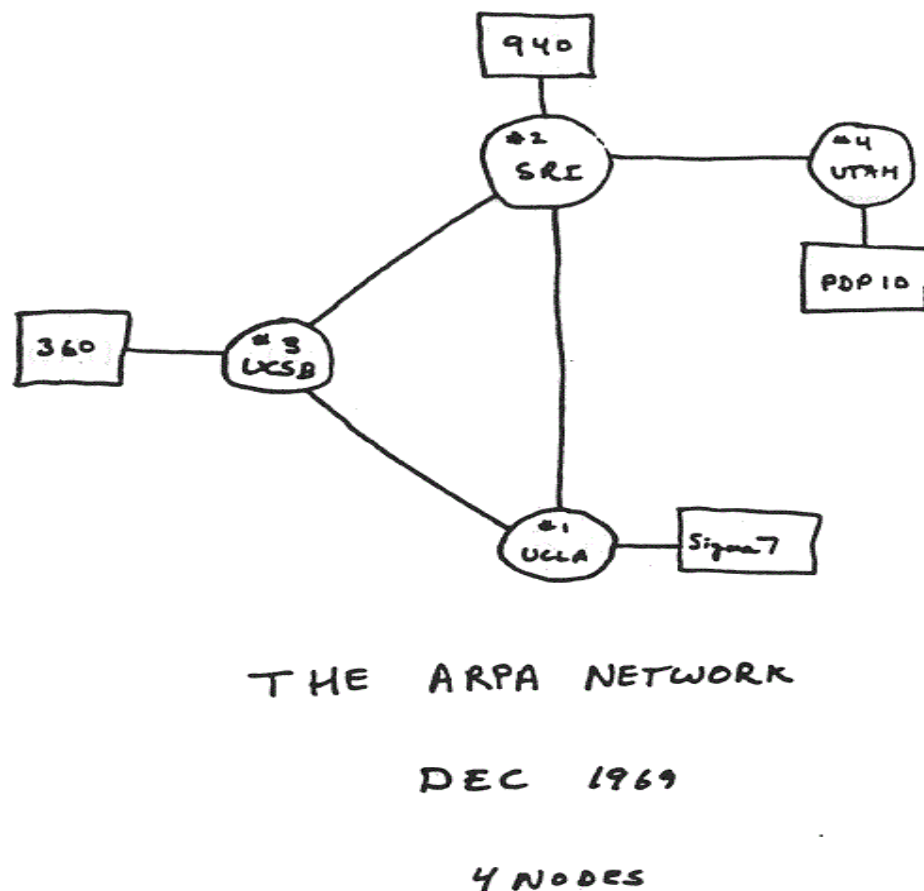


Figura 01 - As origens da Internet - apenas quatro nós inicialmente conectados.
Fonte: Florentino (2012).

O TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Protocol Internet*) como o próprio nome já diz, é um conjunto de protocolos (pilha de protocolos) como é mais conhecido, tendo o TCP e o IP como protocolos mais importantes. Ele foi adotado em 1983 pelo ICCB (*Internet Control and Configuration Board*) como protocolo oficial de uso na internet. Ele é um endereço com 32 bits e com mais de 4 bilhões de endereços possíveis, essa quantidade enorme de endereços parecia infinito na época, mas logo viram que os endereços do protocolo conhecido como

IPv4, iriam chegar ao fim em uma questão de tempo. Sítio eletrônico (CLUBEDOHARDWARE.COM, 2007).

No fim dos anos 80 o crescimento da internet atingia uma taxa de 15% ao mês. Nos anos 90 continuou esse crescimento exponencial e teve sua explosão a partir do início do século XXI, chegando em 2005 a aproximadamente trezentos milhões de computadores distribuídos em 209 países. Com isso os endereços IPv4 válidos foram se tornando cada vez mais escassos.(PRAZER, 2007).

Algumas soluções paliativas como: Definições de endereços Públicos e Privados, DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) e NAT (*Network Address Translation*), conseguiram estender os endereços válidos do IPv4 por mais alguns anos. Se não fossem essas soluções os endereços válidos já teriam se esgotado.(WIGGERS, 2012).

As empresas principalmente, utilizam a técnica NAT(*Network Address Translation*) para minimizar essa falta de IPs,(Protocolo de Internet), ele mapeia os endereços particulares para um único endereço de IP público. Publicado sítio eletrônico (TECHNET.MICROSOFT.COM, 2013).

Para se ter uma noção, apenas 1/3 (um terço) da população mundial tem acesso à Internet, 2/3 (dois terços) ainda esperam essa inclusão digital. Aqueles que tem acesso a ela tendem a consumir mais de um IP, principalmente nesse momento em que vivemos a chamada Internet das Coisas, que permite integrar casas, computadores, eletrodomésticos, celulares dentre outros a rede. Com isso cada dispositivo conectado necessita de um endereço diferente para que essa comunicação se realize, como o IPv4 é um endereço limitado, ele não conseguirá suprir toda essa demanda.

Florentino (2012, p. 18) "Com o grande volume de dispositivos como: tablets, smartphones, laptops e até eletrodomésticos e carros se conectando a rede mundial de computadores, os endereços IPv4 sofrerão a iminente ameaça de se esgotar em pouco tempo [...] comparo a situação dos profissionais de rede hoje com a dos programadores de uns 20 anos atrás que se viravam com poucos Kilobytes de memória para fazer seus programas serem executados, pois a memória era muito cara de difícil de obter. No futuro, cada usuário poderá receber um bloco de endereços em sua casa maior do que todo o bloco de endereços IPs válidos existentes em toda a Internet hoje."

Segundo o sítio eletrônico IPV6.BR " No dia 10 de junho de 2014, 3 anos após a Ásia e quase dois anos após a Europa, acabou o estoque de endereços IPv4 não alocados na nossa região (incluindo o Brasil e toda região do LACNIC* [...])."

A partir da necessidade de aumentar a quantidade de endereços disponíveis na rede, deu-se início a implementação de um novo protocolo de rede, o IP versão 6 (IPv6). Ele é um

novo protocolo, com algumas modificações em relação ao protocolo de internet da versão anterior (IPv4), ele representa uma nova geração de protocolos. Ele possui o tamanho fixo de 320 bits, totalizando 40 bytes e protocolo roteável de 128 bits, isso significa que ele consegue formar 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 de endereços possíveis, (cerca de 340 undecilhões). Para se ter uma idéia da diferença entre os dois protocolos, o IPv4 chega apenas a 4.294.967.296 de endereços possíveis, (cerca de 4 bilhões de endereços). (MOREIRAS, 2008).

(FRANCISCATTO, 2011) Os endereços IPv6 são representados através de caracteres em hexadecimal. No total são 32 caracteres, organizados em oito quartetos de 16 bits cada, os blocos são separados por dois pontos(:). Sendo assim ele é representado da seguinte forma: 2001:0DB8:00AD:000F:0000:0000:0000:0001. Para facilitar essa representação algumas regras foram definidas:

- Os zeros a esquerda em cada octeto podem ser omitidos. Exemplo: 2001:DB8:AD:F:0:0:0:1.
- Blocos vazios contínuos podem ser representados pelos caracteres (::). Exemplo: 2001:DB8:AD:F::1.

Os endereços IPv6 podem ser classificados em: Unicast, Multicast e Anycast:

- **Unicast:**

Identificam uma única interface (um-para-um). Com o grande número de endereços possíveis, este tipo de endereço viabiliza que todas os hosts do planeta possam ter conectividade fim-a-fim, sem a necessidade de se trabalhar com endereços públicos e privados. Na transmissão Unicast, há apenas um remetente e um receptor. Ela é a forma predominante de transmissão em redes locais e na Internet. Alguns exemplos de protocolos que usam transmissões Unicast estão HTTP, SMTP, FTP e Telnet. (PRISCILA, 2011).

Ele é dividido em 3 grandes grupos principais:

*LACNIC - *Latin America and Caribbean Network Information Centre*, é uma organização não governamental internacional, ela é responsável pela designação e administração dos recursos de numeração da internet (IPv4, IPv6) entre outros recursos para a América Latina e Caribe. Disponível em: <http://www.lacnic.net/pt/web/lacnic/acerca-lacnic>. Acesso em 10.06.2014.

- **Endereços Globais:**

Moreiras, dos Santos, Reis e Rocha(2011) dizem que os Endereços Globais (Global Unicast) são endereços visíveis na Internet, equivalente aos endereços públicos IPv4. Eles são globalmente roteáveis e acessíveis na internet IPv6. Sua estrutura foi projetada para utilizar os

64 bits mais a esquerda para identificação da rede e os 64 bits mais a direita para identificação da interface. Portanto, exceto em casos específicos, todas as sub-redes em IPv6 tem o mesmo tamanho de prefixo, 64 bits (/64) o que possibilita 18.446.744.073.709.551.616 (cerca de 18 quintilhões) de dispositivos por sub-rede. A IANA* alocou apenas 13% dos IPs possíveis como endereços globais, mais precisamente a faixa de IPs que vai de 2000::/3 até 3FFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF. Os outros 87% restantes estão reservados para uso futuro. Sendo assim qualquer endereço IPv6 publicado na Internet fará parte desta categoria

▪ Endereços Link Local:

São endereços que identificam um host apenas em uma rede local. Todo dispositivo IPv6 possui um endereço IP automaticamente gerado assim que o drive IPv6 é ativado na interface, este endereço IP sempre pertence à rede fe80::/10. O MAC (*Media Access Control*) é utilizado na geração automática dos 64 bits menos significativos dos IPs automáticos das placas de rede, porém o MAC possui apenas 48 bits para gerar 64 bits, a partir dele segue-se a receita do padrão EUI-64* que insere os 16 bits 0xFFFE no meio dos 48 bits e inverte o 7º bit mais significativo do valor final. (MARTINEZ, 2012).

```

IPv6 Address . . . . . : 2001:1291:200:8123::1
IPv6 Address . . . . . : 2001:1291:200:8123:e1cd:5088:29a:7b36
Temporary IPv6 Address . . . . . : 2001:1291:200:8123:500b:85fa:2fa:da5f
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::e1cd:5088:29a:7b36%10
IPv4 Address . . . . . : 10.0.0.10
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Default Gateway . . . . . : 10.0.0.138

```

Figura 02 - IPv6 Link-Local gerado automaticamente.

Fonte: Martinez (2012).

*IANA - *Internet Assigned Numbers Authority*), é a organização que, a nível mundial, funciona como a maior autoridade na atribuição "dos números" na Internet. Entre os números que gere a IANA estão os das portas e dos endereços IP. Disponível em: <http://www.arsys.pt/ajuda/directorio/infraestructura-tecnica/enderecos-ip.htm>. Acesso em 30.06.2014.

*EUI-64 - O endereço EUI-64 de 64 bits é definido pelo Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos(IEEE). Os endereços EUI-64 são atribuídos a um adaptador de rede ou derivados de endereços IEEE 802. Disponível em: [http://technet.microsoft.com/pt-br/library/cc736439\(v=ws.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/pt-br/library/cc736439(v=ws.10).aspx). Acesso em 16.07.2014.

▪ Endereços Unique Local (ULA):

Podem ser utilizados para se criar um plano de endereçamento local. Os endereços ULA não devem ser publicados na Internet e são uma alternativa para se criar segmentos de

redes apartados da Internet global. É criado utilizando um ID global alocado pseudo-aleatoriamente, sendo composto pelas seguintes partes:

- Ele deriva do bloco FC00::/7.
- Flag Local (L): Se o valor for 1 (FD), o prefixo é atribuído localmente. Se for 0 (FC), é atribuído por uma organização central.
- Identificador Global: Identificador de 40 bits usado para criar um prefixo globalmente único.
- Identificador da Interface: Identificador de 64 bits (Deve ser único dentro do mesmo prefixo de sub-rede).

Sua utilização permite que qualquer enlace possua um prefixo de /48 privado e único globalmente. É independente de provedor, podendo ser utilizado na comunicação dentro do enlace mesmo que não haja conexão com a internet. (IPv6.BR, 2012).

- **Multicast:**

O Multicast tem a função de endereçar um grupo de uma ou mais interfaces na rede. Identificam um grupo de hosts que recebem o mesmo fluxo de pacotes (um-para-muitos). O Multicast possui vantagens para conexões que necessitem de economia de largura de banda e tenham diversos ouvintes que irão receber os mesmos dados simultaneamente. Muito usado para transmissão de áudio e vídeo para diversas localidades e em alguns protocolos de roteamento. Ele deriva do bloco FF00::/8. (REDE NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA, 2001).

- **Anycast:**

É usado para identificar um grupo de interfaces (tipicamente pertencendo a nós diferentes). Tem como função entregar pacotes apenas para a interface mais perto da origem que tem esse endereço. Os endereços Anycast, quando usados como parte de uma sequência de rota, permitem a um nó selecionar qual dos diversos provedores existentes deve carregar o seu tráfego. Isto seria executado configurando anycast para identificar o conjunto de roteadores que pertencem aos provedores selecionados (por exemplo, um endereço do anycast por o provedor). Com ele é possível descobrir serviços na rede, como Servidores DNS, DHCP mais próximo e Proxy, dentre outros. (TELECO, 2014).

Quanto as informações adicionais dos cabeçalhos, eles são tratados através de cabeçalhos de extensão, estes cabeçalhos localizam-se entre o cabeçalho base e o cabeçalho de transporte, não há quantidade ou tamanho fixo para estes cabeçalhos de extensão. A utilização dos cabeçalhos de extensão, visa aumentar a velocidade de processamento nos roteadores, visto que, que o único cabeçalho de extensão processado em cada roteador é o hop-by-hop. (CRUZ, 1999).

Existem seis cabeçalhos de extensão:

- HOP-BY-HOPS OPTIONS - Carrega informações que devem ser processadas por todos os nós ao longo do caminho do pacote.
- ROUTING - Faz parte do mecanismo de suporte à mobilidade do IPv6.
- FRAGMENTATION - Carrega informações sobre os fragmentos dos pacotes IPv6.
- AUTHENTICATION HEADER – Utilizado pelo IPSec (Protocolo de Segurança IP) para prover autenticação e garantia de integridade aos pacotes IPv6.
- ENCAPSULATING SECURITY PAYLOAD – Também utilizado pelo IPSec, garante a integridade e a confidencialidade dos pacotes.
- DESTINATION OPTIONS - Carrega informações que devem ser processadas pelo nó de destino do pacote. Com base nessas informações, conseguimos olhar os cabeçalhos anteriores e identificá-los nos novos cabeçalhos da rede IPv6.

A figura 03 demonstra a estrutura do IPv4 e do IPv6 respectivamente:

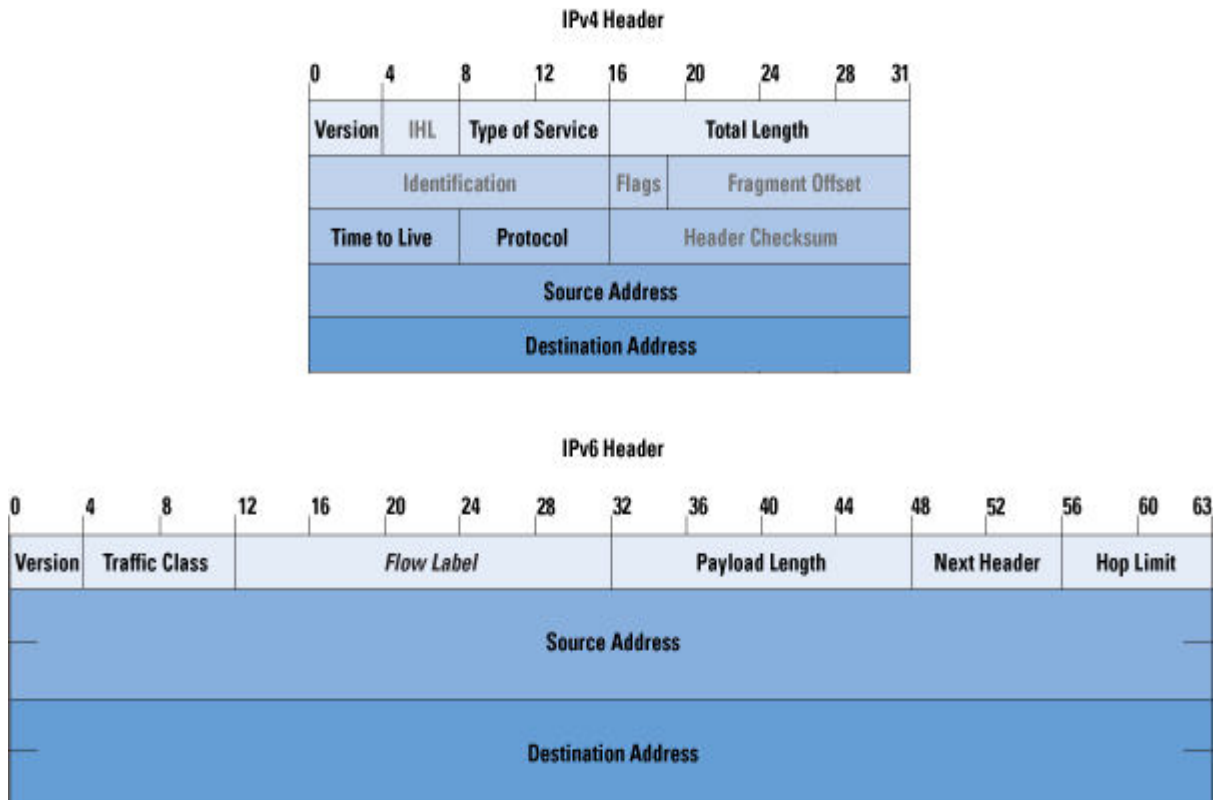


Figura 03 - Estrutura do IPv4 e do IPv6.
Fonte: Cisco (2011).

Como o IPv6 é um protocolo de rede novo, não é recomendável usar uma rede puramente IPv6, pois certamente deixaria de acessar uma grande parte da internet que ainda está implementada somente no protocolo anterior, o IPv4. Uma solução é suportar as duas pilhas de protocolo, o que é chamado de Dual Stack (pilha dupla), de forma que as máquinas consigam acessar tanto os endereços do mundo IPv4 como o do mundo IPv6, falando ao mesmo tempo com os dois protocolos.(ISAAC, 2011).

1.2 Objetivo do IPv6

O principal objetivo do IPv6 é aumentar a capacidade de endereçamento e encaminhamento da rede, para suprir a falta de endereços na rede mundial de computadores decorrente do aumento significativo de dispositivos conectados a ela.

"[...] enquanto no IPv4 temos 32 bits que nos possibilitam cerca de 4 bilhões de combinações(2³²), no IPv6 temos mais de 340 undecilhões(340 seguidos de 36 zeros) de endereços possíveis, Para se ter uma idéia do que isso representa, se convertêssemos cada IPv6 possível em um cm², poderíamos envolver toda a superfície do planeta Terra com 7 camadas de endereços."(FLORENTINO, 2012, p.33).

1.3 Vantagens

As vantagens são as melhorias na capacidade de qualidade de serviço, uma maior capacidade de providenciar autenticação e privacidade aos endereços, uma melhor eficiência na segurança da rede e um suporte melhor à entrega de dados em tempo real, suporte a múltiplas LANs (Local Area Network), estrutura simplificada dos cabeçalhos, configuração automática dos equipamentos, dispensa os NATs públicos ou privados: os domínios são sempre públicos dentre outros. (CAMPOLARGO, 2014).

1.4 Desvantagens

Os profissionais ainda possuem algumas dúvidas sobre o IPv6, por ser um protocolo relativamente novo e por não ter muitas publicações sobre o mesmo. Outro problema é que o IPv6 modificou muitas coisas, é necessário com que os outros protocolos (como ICMP e DHCP) sejam adaptados para que consigam trabalhar corretamente com esta versão do protocolo, além de ser necessário reescrever os protocolos, é necessário desenvolver aplicativos que suportem o IPv6.(PEREIRA, 2011).

1.5 Obrigatoriedade do IPv6

A adoção do IPv6 ainda não é obrigatória. Mas a partir do momento em que os endereços da rede IPv4 se esgotarem, os usuários dessa rede, se quiserem continuar crescendo serão obrigados a migrarem para a nova rede. A migração para o IPv6 deverá ser vista pelas equipes de TI (Tecnologia da Informação) das empresas com a mesma preocupação e ansiedade que a problemática do ano 2000 (o bug do milênio), com a agravante de não ter data marcada, ou, pelo contrário, o não ter data permite uma não obrigatoriedade e um adiamento *ad eternum* dessa migração.(VALENTE, 2014).

2 METODOLOGIA

Esta seção descreve como será realizado a metodologia de pesquisa. Ela será desenvolvida como um estudo prático na forma de implantação do IPv6 na rede interna da Libertas Faculdades Integradas.

Para a conclusão desse projeto foram definidas algumas fases de implantação, são elas:

2.1 Mapeamento da Rede

Mapeamento da rede é fazer uma representação de como os computadores estão distribuídos na rede interna da Faculdade. Ele foi feito manualmente, e está representado através de um mapa feito no programa DIA.

A figura 4 demonstra como estão distribuídos os computadores na rede interna da faculdade:

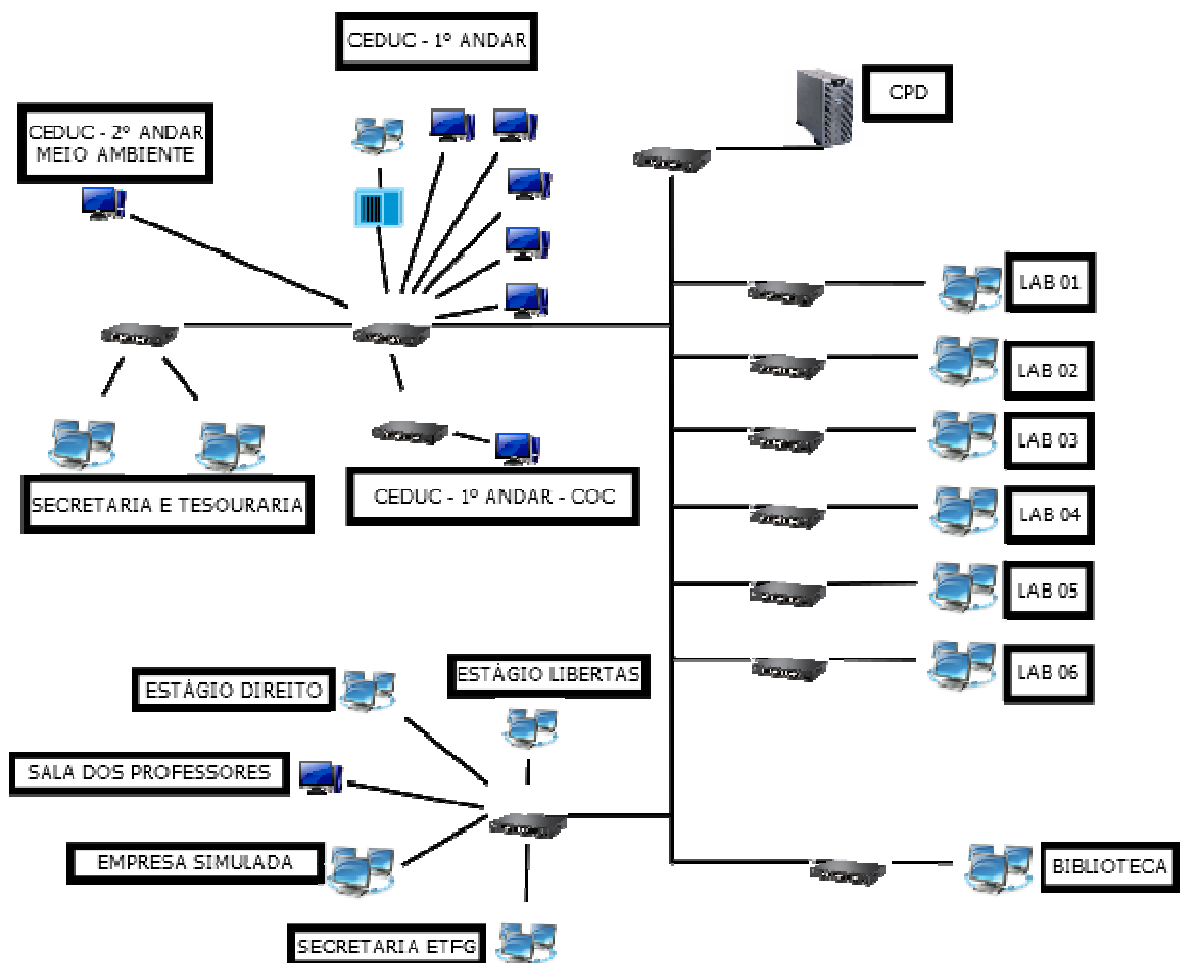


Figura 4 - Mapa da distribuição dos Computadores na rede da faculdade.
Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2 Definição dos Novos IPv6 a serem atribuídos nas máquinas

Os Ip's (Protocolo de Internet) usados foram da classe de endereços Unique Local Address (Único Endereço Local) que faz parte da classe de endereços Unicast.

Como a rede interna da faculdade possui duas redes distintas, a disposição de endereços ficaram da seguinte forma:

- Rede 1- Do IPv6 FC00::1:2/64 ao IPv6 FC00::1:141/64.
- Rede2- Do IPv6 FC00::2:2/64 ao IPv6 FC00::1:23/64.

2.3 Definição Específica de DNS

Os DNS (*Domain Name Server*) usados foram os disponibilizados pelo Google, e que são:

- 2001:4860:4860::8888 e 2001:4860:4860::8844.

2.4 Definição Específica de Gateway

Para Gateway foram usados os IPs ULA (Unique Local Address) FC00::1:1 e FC00::2:1. Trata-se de um endereço da mesma sub-rede, assim como é feito no IPv4.

2.5 Definição Específica de Firewall

Os IPs usados para ser o Firewall da rede foram os IPs FC00::1:1 e FC00::2:1, que conforme estrutura da rede interna, é a mesma máquina responsável pelo NAT e replicação do DNS.

2.6 Testes de Interconexão IPv6 Dentro da Rede Interna

- o Figura 05: Download Web usando IPv6 com um arquivo de 14 Megabytes (biblioteca para firewall):

```

root@Dell-Vostro-3450:/home/djunior# wget http://[fc00::1:101]/cobaia.zip
--2014-07-10 19:03:54-- http://[fc00::1:101]/cobaia.zip
Conectando em [fc00::1:101]:80... conectado.
A requisição HTTP foi enviada, aguardando resposta... 200 OK
Tamanho: 14047126 (13M) [application/zip]
Salvando em: "cobaia.zip.3"

100%[=====>] 14.047.126 11,1MB/s em 1,2s

2014-07-10 19:03:55 (11,1 MB/s) - "cobaia.zip.3" salvo [14047126/14047126]

```

Figura 05 - Download IPv6 de um arquivo 14 Megabytes (biblioteca / firewall).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ping gerado na Figura 05 foi testado a transferência de um arquivo de 14 Megabytes da Biblioteca para o Firewall pelo IPv6. Foi gasto 1,2 segundos a uma taxa de transferência de 11,1Mb/segundo.

- Figura 06: Download Web usando IPv6 com um arquivo de 706 Megabytes (biblioteca para firewall):

```

root@Dell-Vostro-3450:/home/djunior# wget http://[fc00::1:101]/cobaia2.iso
--2014-07-10 19:05:34-- http://[fc00::1:101]/cobaia2.iso
Conectando em [fc00::1:101]:80... conectado.
A requisição HTTP foi enviada, aguardando resposta... 200 OK
Tamanho: 706609152 (674M) [application/x-iso9660-image]
Salvando em: "cobaia2.iso.3"

100%[=====] 706.609.152 11,1MB/s em 62s

2014-07-10 19:06:37 (10,8 MB/s) - "cobaia2.iso.3" salvo [706609152/706609152]

```

Figura 06 - Download IPv6 de um arquivo de 706 Megabytes (biblioteca / firewall).
Fonte: Elaborado pelo autor.

O Ping gerado na Figura 06 foi testado a transferência de um arquivo de 706 Megabytes da Biblioteca para o Firewall pelo IPv6. Foi gasto 62 segundos a uma taxa de transferência de 11,1Mb/segundo.

- Figura 07: Download Web usando IPv6 (Laboratório 03 para Firewall):

```

root@Dell-Vostro-3450:/home/djunior# wget http://[fc00::1:101]/cobaia.zip
--2014-07-10 18:49:42-- http://[fc00::1:101]/cobaia.zip
Conectando em [fc00::1:101]:80... conectado.
A requisição HTTP foi enviada, aguardando resposta... 200 OK
Tamanho: 14047126 (13M) [application/zip]
Salvando em: "cobaia.zip.1"

100%[=====] 14.047.126 72,8MB/s em 0,2s

2014-07-10 18:49:42 (72,8 MB/s) - "cobaia.zip.1" salvo [14047126/14047126]

root@Dell-Vostro-3450:/home/djunior# wget http://[fc00::1:101]/cobaia2.iso
--2014-07-10 18:49:51-- http://[fc00::1:101]/cobaia2.iso
Conectando em [fc00::1:101]:80... conectado.
A requisição HTTP foi enviada, aguardando resposta... 200 OK
Tamanho: 706609152 (674M) [application/x-iso9660-image]
Salvando em: "cobaia2.iso.1"

100%[=====] 706.609.152 51,8MB/s em 14s

2014-07-10 18:50:05 (49,0 MB/s) - "cobaia2.iso.1" salvo [706609152/706609152]

root@Dell-Vostro-3450:/home/djunior# █

```

Figura 07 - Download IPv6 (laboratório 03 / firewall).
Fonte: Elaborado pelo autor.

O Ping gerado na Figura 07 foi testado a transferência de dois arquivos, um de 14 Megabytes e outro de 706 Megabytes do Laboratório 03 para o Firewall pelo IPv6. No arquivo de 14 Mb foi gasto 0,2 segundos a uma taxa de transferência de 72,8Mb/segundos e no arquivo de 706 Mb foi gasto 14 segundos a uma taxa de transferência de 51,8Mb/s.

2.7 Testes de Interconexão IPv4 Dentro da Rede Interna

- Figura 08: Download Web usando IPv4 com um arquivo de 14 Megabytes (biblioteca para firewall):

```
root@Dell-Vostro-3450:/home/djunior# wget http://192.168.1.1/cobaia.zip
--2014-07-10 19:03:37-- http://192.168.1.1/cobaia.zip
Conectando-se a 192.168.1.1:80... conectado.
A requisição HTTP foi enviada, aguardando resposta... 200 OK
Tamanho: 14047126 (13M) [application/zip]
Salvando em: "cobaia.zip.2"

100%[=====] 14.047.126 11,2MB/s em 1,2s

2014-07-10 19:03:38 (11,2 MB/s) - "cobaia.zip.2" salvo [14047126/14047126]
```

Figura 08 - Download IPv4 de um arquivo 14 Megabytes (biblioteca / firewall)..
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 08 o arquivo de 14 Megabytes foi transferido da Biblioteca para o Firewall usando o IPv4. Ele gastou 1,2 segundos a uma taxa de transferência de 11,2Mb/segundo.

- Figura 09: Download Web usando IPv4 com um arquivo de 706 Megabytes (biblioteca para firewall):

```
root@Dell-Vostro-3450:/home/djunior# wget http://192.168.1.1/cobaia2.iso
--2014-07-10 19:04:13-- http://192.168.1.1/cobaia2.iso
Conectando-se a 192.168.1.1:80... conectado.
A requisição HTTP foi enviada, aguardando resposta... 200 OK
Tamanho: 706609152 (674M) [application/x-iso9660-image]
Salvando em: "cobaia2.iso.2"

100%[=====] 706.609.152 11,2MB/s em 62s

2014-07-10 19:05:16 (10,8 MB/s) - "cobaia2.iso.2" salvo [706609152/706609152]
```

Figura 09 - Download IPv4 de um arquivo 706 Megabytes (biblioteca / firewall).
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 09 o arquivo de 706 Megabytes foi transferido da Biblioteca para o Firewall usando o IPv4. Ele gastou 62 segundos a uma taxa de transferência de 11,2Mb/segundo.

- Figura 10: Download Web usando IPv4 (Laboratório 03 para Firewall):

```

root@dell-Vostro-3450:/home/djunior# wget http://192.168.1.1/cobaia.zip
--2014-07-10 18:48:51-- http://192.168.1.1/cobaia.zip
Conectando-se a 192.168.1.1:80... conectado.
A requisição HTTP foi enviada, aguardando resposta... 200 OK
Tamanho: 14047126 (13M) [application/zip]
Salvando em: "cobaia.zip"

100%[=====] 14.047.126 45,4MB/s em 0,3s

2014-07-10 18:48:51 (45,4 MB/s) - "cobaia.zip" salvo [14047126/14047126]

root@dell-Vostro-3450:/home/djunior# wget http://192.168.1.1/cobaia2.iso
--2014-07-10 18:49:04-- http://192.168.1.1/cobaia2.iso
Conectando-se a 192.168.1.1:80... conectado.
A requisição HTTP foi enviada, aguardando resposta... 200 OK
Tamanho: 706609152 (674M) [application/x-iso9660-image]
Salvando em: "cobaia2.iso"

100%[=====] 706.609.152 29,7MB/s em 15s

2014-07-10 18:49:19 (43,9 MB/s) - "cobaia2.iso" salvo [706609152/706609152]

root@dell-Vostro-3450:/home/djunior# █

```

Figura 10 - IPv4 (laboratório 03 / firewall).
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 10 dois arquivos foram usados para o teste, foi feito Laboratório 03 para o Firewall, agora pelo IPv4. O arquivo de 14 Mb gastou 0,3 segundos a uma taxa de transferência de 45,4Mb/segundo. O arquivo de 706 gastou 15 segundos a uma taxa de transferência de 29,7Mb/segundo.

2.8 Comparação de ping usando IPv4 e Ipv6

- No Gráfico 01, está a comparação do teste de conexão de IPv4 e IPv6 da Biblioteca até o Firewall:

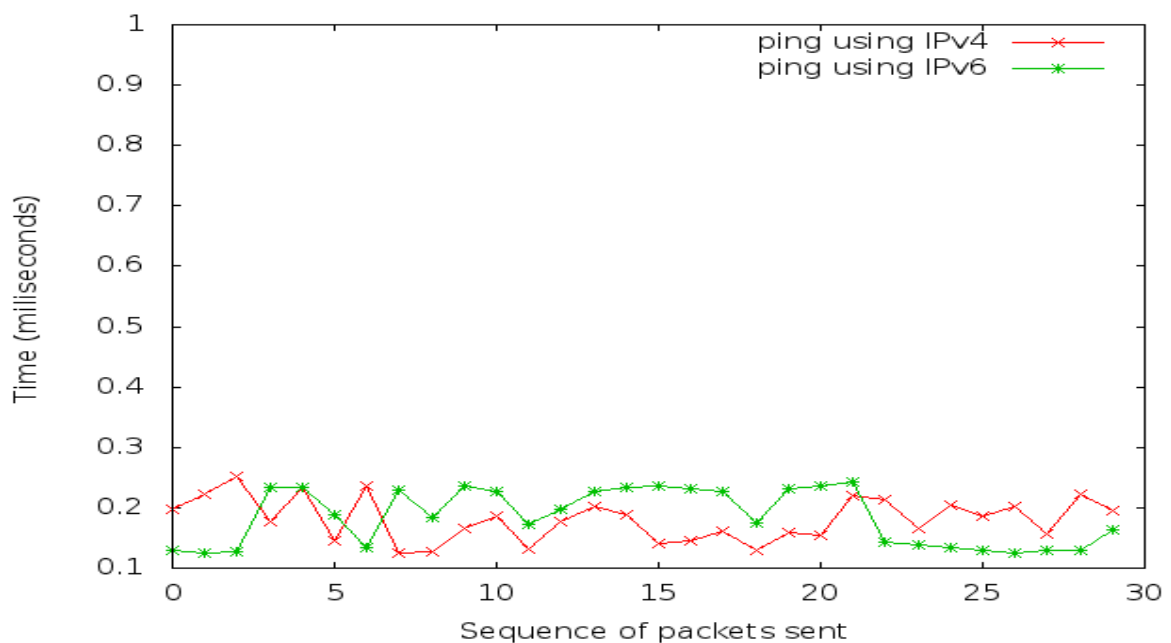


Gráfico 01 - Comparação IPv4 versus IPv6 (biblioteca / firewall).

Fonte: Dmachadojr (2014).

O Gráfico 01 mostra a comparação de velocidade de ping do IPv4 e IPv6, sendo executado entre os pontos Biblioteca e o Firewall. Observa-se que houve uma grande variação de velocidade entre os dois protocolos, concluindo-se que IPv6 foi mais rápido na maior parte do tempo de execução. O script utilizado na geração do teste está disponível em: <https://github.com/dmachadojr/ipv6>.

- No Gráfico 02, está a comparação do teste de conexão de IPv4 e IPv6 da Laboratório 03 até o Firewall:

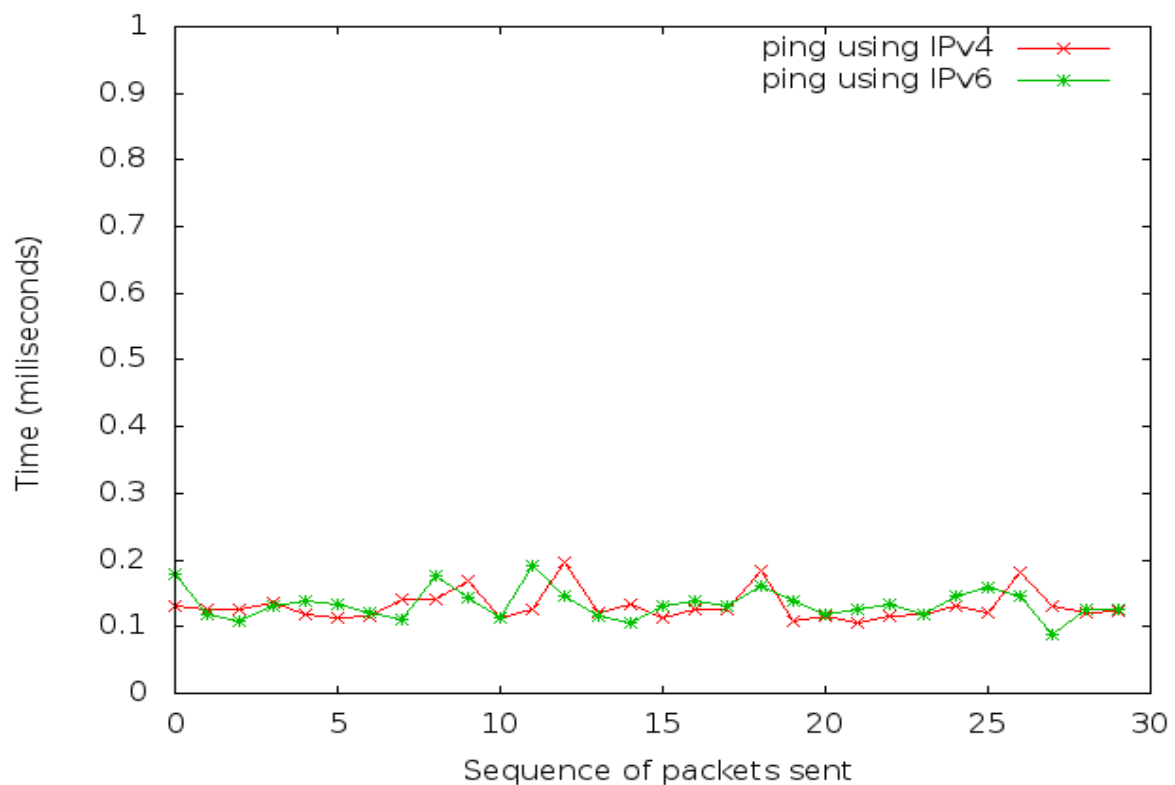


Gráfico 02 - Comparação IPv4 versus IPv6 (laboratório 03 / firewall).
Fonte: Dmachadojr (2014).

O Gráfico 02 mostra a comparação de velocidade do IPv4 X IPv6 do Laboratório 03 até o Firewall, houve uma pequena variação de velocidade entre os dois protocolos. Concluiu-se que pela pequena distância entre as máquinas testadas a velocidade foi basicamente igual, tendo pouca oscilação entre os dois protocolos. O script utilizado na geração do teste está disponível em: <https://github.com/dmachadojr/ipv6>.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não é novidade que a rede mundial de computadores vem sofrendo uma transição do protocolo IPv4 para IPv6 de modo que nos próximos anos, o IPv4 caia em desuso. As Instituições que não se adequarem, provavelmente não terão acesso à Internet. Grandes corporações como Google e Facebook já adequaram suas redes internas para IPv6.

Desta forma, fez-se necessário realizar a implementação do novo protocolo, o IPv6 na rede interna da faculdade. Neste trabalho foram apresentados os passos de como foi implementado o IPv6 na rede interna.

Foi concluído primeiramente que os provedores de internet que distribui o acesso a rede da faculdade, ainda não repassam o acesso pelo novo protocolo, portanto não é possível ainda que a rede interna se comunique diretamente com uma rede puramente IPv6, mesmo com os IPs versão 6 configurados nas máquinas.

Nos testes concluiu-se que houve uma mínima diferença em relação ao download HTTP, e no ping praticamente não houve diferença.

Com o mapeamento feito, foi constatado que a rede interna da faculdade possui 162 computadores no total, sendo que 140 estão funcionando na rede 1 da faculdade (192.168.1.1) e 22 computadores na rede 2 (192.168.2.1).

São indicados como trabalhos futuros a definição de pilha dupla (Dual Stack) na rede interna da faculdade, para que tanto o IPv4 quanto o IPv6 funcionem nessa rede, e testes de interconexão da rede IPv6 interna com IPv6 na internet externa.

Esse estudo contribuirá para que quando o antigo protocolo IPv4 estiver desativado ou em desuso, a rede interna já configurada em IPv6 continue se comunicando com a Internet normalmente.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Rubens Queiroz de. **Protocolo IPv6**, 18 mar 2005. Disponível em: <<http://www.pop-ba.rnp.br/IPv6/FundamentosIPv610>>. Acesso em: 15 out. 2013
- APOSTILA “Curso IPv6 básico”, 03 jan 2014. Disponível em: <<http://www.ipv6.br/pub/IPv6/MenuIPv6CursoPresencial/roteiro-lab-firewall.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2013
- CAMPOLARGO, Mário. **VANTAGENS do IPv6**, 2014. Disponível em: <<http://www.telecom.pt/ipv6/vants.html>>. Acesso em: 25 jun 2014.
- CONFIGURANDO Vários Gateways em uma rede**. 10 jan 2014. Disponível em: <<http://windows.microsoft.com/pt-br/windows-vista/configuring-multiple-gateways-on-a-network>> Acesso em: 23 nov.2013.
- CRUZ, Ademar. **Características**, 31 dez 1999. Disponível em: <<http://civil.fe.up.pt/acruz/Mi99/asr/Caracteristicas.htm>>. Acesso em: 22 jun 2014.
- ENDEREÇAMENTO**, 15 mai 2012. Disponível em: <<http://ipv6.br/entenda/enderecamento/>>. Acesso em: 20 jun.2014.
- ENTENDA o protocolo IP e a diferença entre IPv4 e IPv6**, 30 jan. 2011. Disponível em: <<http://tecnologia.terra.com.br/internet/entenda-o-protocolo-ip-e-a-diferenca-entre-ipv4-e-ipv6,3a98fe32cdbda310VgnCLD200000bbcecb0aRCRD.html>>. Acesso em: 15 jun 2014.
- FLORENTINO, Adilson Aparecido. **IPv6 na Prática**. 1ª. ed. São Paulo:Linux New. Media do Brasil Editora Ltda, 2012.
- FRANCISCATTO, Roberto. **Projeto e Instalação de Servidores IPv6**. 2011. Disponível em: <<http://www.cafw.ufsm.br/~roberto/wp-content/uploads/2011/09/Aula-4-IPv6.pdf>>. Acesso em: 15 jun 2014.
- INTRODUÇÃO**, 15 mai 2012. Disponível em: <<http://ipv6.br>>. Acesso em: 19 jun.2014.
- INTRODUÇÃO ao IPv6**. 31 jan 2005. Disponível em: <[http://technet.microsoft.com/pt-r/library/cc739688\(v=ws.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/pt-r/library/cc739688(v=ws.10).aspx)>. Acesso em: 21 nov.2013.

- IPv6: Endereço e Roteamento**, 2014. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialipv6/pagina_3.asp>. Acesso em: 15 jun 2014.
- ISAAC, Credson. **Método de Transição Pilha Dupla IPv4/IPv6**, 30 out 2011. Disponível em: <<http://tecnologiaredesseguranca.blogspot.com.br/2011/10/metodo-de-transicao-pilha-dupla.html>>. Acesso em: 30 jun 2014.
- JUNIOR, Dorival Moreira Machado. **Script comparativo de IPv4 x IPv6**, 2014. Disponível em: <<https://github.com/dmachadojr/ipv6>>. Acesso em: 11 jul 2014.
- MARTINEZ, Hernan. **Conectividade IPv6 em casa - Parte 2**. 2012. Disponível em: <<http://www.bitabit.eng.br/2012/05/13/conectividade-ipv6-em-casa-%E2%80%93-parte-2/>>. Acesso em: 15 jul 2014.
- MARTINS, Luciano et. al. **Funcionamento do processo de multicast IPv6 em LANs usando o protocolo de controle Multicast Listener Discovery**. 2001. Disponível em: <<http://www.rnp.br/newsgen/0111/mld5.html#inicio>>. Acesso em: 26 jul 2014.
- MOREIRAS, Antonio M. **IPv6 A nova geração do Protocolo Internet**. 2008. Disponível em: <<http://www.ceptro.br/pub/CEPTRO/PalestrasPublicacoes/IPv6-semanatec.pdf>>. Acesso em: 03 mai 2014.
- MORIMOTO, Carlos E. **IPv6**. 26 Jun 2005. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/termos/ipv6>>. Acesso em: 15 out. 2013
- PEREIRA, Pedro Augusto de Oliveira. **O IPv6**, 2011. Disponível em: <<http://www.ricardomartins.com.br/o-ipv6/>>. Acesso em: 15 jul 2014.
- PRAZER, Elisnaldo Santiago. **IPv6 versus IPv4 Características, instalação e compatibilidade**. 2007. Disponível em: <<http://portal.dataprev.gov.br/wp-content/uploads/2009/12/TCC-Elisnaldo-Prazer.pdf>>. Acesso em: 11 jun 2014.
- PRISCILA, Keilly. **NO MUNDO DAS REDES, Diferença entre Unicast, multicast e broadcast**. 2011. Disponível em: <<http://nomundodasredes.blogspot.com.br/2011/12/diferenca-entre-unicast-multicast-e.html>>. Acesso em: 19 jun 2014.
- ROCHA, Ailton Soares da. et. al. **Curso IPv6 Básico**, 2011. Disponível em: <<http://eriberto.pro.br/files/IPv6-apostila-teorica.pdf>>. Acesso em: 29 jun 2014.
- TORRES, Gabriel. **COMO o protocolo TCT/IP Funciona - Parte 1**. 16 abr 2007. Disponível em: <<http://www.clubedohardware.com.br/artigos/Como-o-Protocolo-TCP-IP-Funciona-Parte-1/1351>>. Acesso em: 10 mai 2014.
- VALENTE, Paulo. **Se o IPv6 não está na sua agenda, coloque-o**, 2014. Disponível em: <<http://www.cisco.com/web/PT/press/opiniao/110628a.html>>. Acesso em: 01 jul 2014.
- WIGGERS, Ana Lúcia Rodrigues. **Escalonamento de Endereço IP NAT e DHCP**. 2012. Disponível em: <<http://paginas.unisul.br/carlos.luz/redes/Parte%209%20-%20Escalonamento%20de%20Endere%C3%A7os%20IP%20-%20NAT%20e%20DHCP.pdf>>. Acesso em: 21 jun 2014.