Cássio Geraldo Freitas

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado no Curso de IPv6 a Distância - Turma 3, ministrado pela equipe do IPv6.br.

Teste prático com acesso a câmera IP, pela Internet, usando exclusivamente IPv6.

Agosto de 2013

1 Introdução

O protocolo IP está no centro das tecnologias que permitem que a Internet funcione como a conhecemos hoje. Em 2013, o IPv4, versão do protocolo que continua ativa e que sustentou as comunicações na Internet até então, completou 30 anos[1]. Não pela idade, mas pelo fato suportar apenas 2^{32} endereços únicos, o IPv4 já não é mais suficiente para manter o crescimento das redes e dispositivos conectados à grande rede, principalmente diante da demanda da "Internet das coisas"[2].

Assim como na era IPv4, na era IPv6 um requisito continua sendo fundamental: cada dispositivo necessita de um endereço único em toda a rede. Embora tenham sido desenvolvidas ferramentas, ao longo dos anos, que disfarçam essa necessidade (NAT por exemplo), ela continua presente. Nessa visão do futuro, aparece o IPv6, com seus 2^{128} endereços únicos possíveis. É bastante difícil prever, se assim como aconteceu com esse autor em relação ao IPv4, estaremos aqui para assistir à substituição do IPv6, já que presenciamos sua criação e estamos participando de sua implantação nas redes que continuam a fazer parte da Internet.

Nesse contexto, é fundamental que todas as pessoas conheçam o IPv6, ainda que em níveis diferentes. O treinamento em IPv6, na modalidade EAD, ministrado pela equipe do IPv6.BR[3] é uma ferramenta de significativa importância nessa tarefa. Assim, a motivação para esse trabalho foi a de apresentar o relato de uma experiência com IPv6, de forma a cumprir a última avaliação para o encerramento daquele treinamento.

Inicialmente o objetivo do trabalho era o de demonstrar uma rede que atendesse a conexões exclusivamente em IPv6, por meio de configurações e alterações em uma rede já existente, de forma a demonstrar o aproveitamento dos conteúdos discutidos no treinamento. No decorrer do curso, a convivência com alguns conceitos novos no IPv6, tais como os recursos de configuração automática; os desafios de segurança; e a necessidade de manter as redes IPv4 ativas enquanto se implementa a nova versão do protocolo, ensejaram uma mudança de escopo. Nessa nova definição, uma câmera IP, usando exclusivamente IPv6, seria acessada de um ponto qualquer da Internet, também com IPv6, mantendo o objetivo próximo do original. Ainda assim, mesmo esse escopo trouxe desafios e dificuldades adicionais que não eram esperadas.

Como esse texto pode vir a ser compartilhado, os endereços utilizados, as marcas e os modelos dos dispositivos usados nos experimentos foram substituídos por análogos ou por nomenclatura genérica, mantendo-se, no entanto, a coerência das configurações utilizadas. É importante destacar que a referência teórica, para todos os detalhes referentes a endereçamento IPv6, bem como considerável parte das técnicas usadas no desenvolvimento dos trabalhos, foram providas pela apostila básica sobre IPv6[4] disponibilizada pela equipe do IPv6.BR. No mesmo *site* há uma considerável quantidade de documentos sobre IPv6, os quais são valiosos no auxílio à expansão do uso do IPv6 nas redes brasileiras. Os conteúdos apresentados e discutidos durante as aulas também foram fundamentais para a realização do experimento.

Esse texto foi organizado de forma que o capítulo 1 faça uma introdução ao assunto discutido, e o capítulo 2 apresente os métodos, os materiais e o desenvolvimento, descrevendo os pontos principais, as observações relevantes e as dificuldades encontradas durante o trabalho. Por fim, no capítulo 3, estão as considerações finais do autor, relatando os resultados obtidos, os ajustes remanescentes e o estado final da experiência.

---

1 Fonte: http://ipv6.br/feliz-aniversario-tcpip-30-anos-de-ipv4-na-rede/
2 Fonte: http://www.cisco.com/web/BR/solucoes/executive/internet_of_things.html
3 Fonte: http://www.ipv6.br/
4 Fonte: http://ipv6.br/download/ApostilaIPv62012.zip

2 Metodologia e desenvolvimento

Com a mudança de escopo inicialmente prevista, os métodos e materiais utilizados no experimento descrevem apenas o contexto do objetivo adotado, quer seja: testar na prática o acesso a uma câmera IP, por meio da Internet, usando exclusivamente IPv6.

Dentre as dificuldades percebidas durante o curso, a necessídade de manter as configurações de IPv4 ativas foi uma das principais. Dessa forma, a primeira decisão do experimento foi a de usar o recurso de pilha dupla, permitindo assim o uso simultâneo de endereços IPv4 e endereços IPv6, nos recursos de rede envolvidos. Como os testes foram feitos em um ambiente de produção, ainda que de forma controlada, planejada, monitorada, temporária e adequadamente discutida, foi decisiva essa escolha, já que não havia outra possiblidade para os testes no ambiente escolhido.

Assim, a primeira providência foi separar a câmera IP (já disponível) para os testes. Essa câmera, doravante referenciada como CAM-1, conforme documentação do fabricante, suporta endereços IPv6. Na rede de testes existe um *firewall*, que suporta IPv6. A conexão de Internet que atende o local dos testes oferece conectividade IPv6. Embora o *switch* presente no local de instalação da CAM-1 não suporte IPv6, esse suporte não era necessário para o experimento. Para as configurações da CAM-1 utilizou-se um *notebook* configurado para usar IPv6 automático.

Com os componentes identificados e separados para o teste, partiu-se para a configuração da CAM-1. O suporte a IPv6 da CAM-1 apresenta muito poucas opções de configuração, permitindo o uso de uma configuração automática ou a inserção manual dos endereços de *interface*, de servidor de DNS e de roteador. A configuração automática designa um endereço no formato `fe80::/64` para o dispositivo. Os testes de conectividade, entre o *notebook* e a CAM-1, usando os endereços *link local*, foram bem sucedidos. Como o objetivo do teste era usar exclusivamente IPv6 e não havia outras opções de configuração no dispositivo (um segundo endereço para a *interface*, por exemplo), foi alocado para o equipamento um endereço no formato `2001:db8:cccc:2/48`. A opção pelo uso de um `/48` foi puramente em função da característica experimental dos testes. Em uma instalação definitiva uma divisão planejada e estudada dos endereços disponíveis seria obrigatória. A Figura 1 ilustra esta topologia.

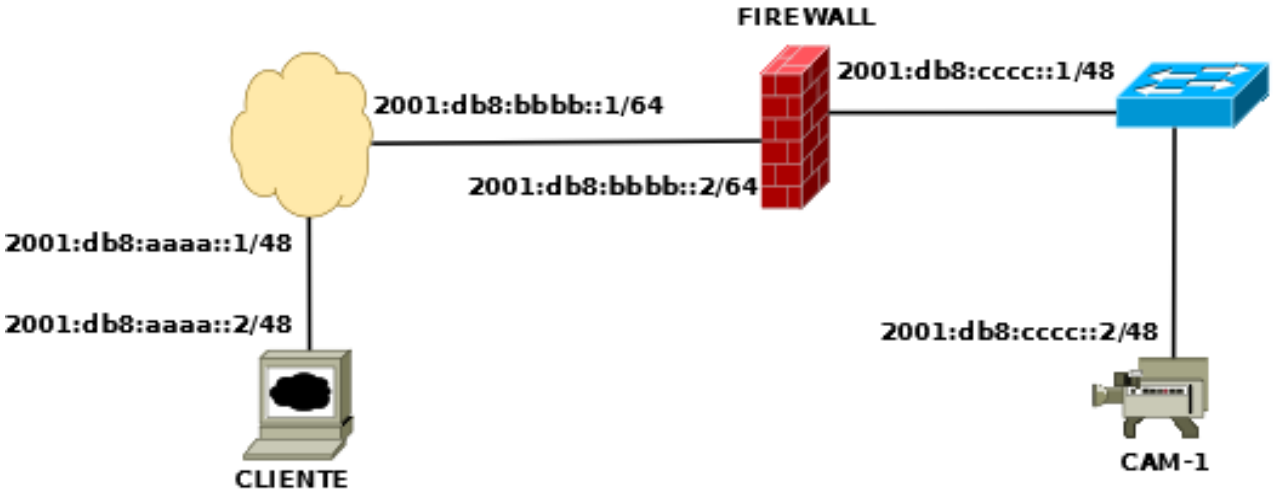

Figura 1: topologia original.

O primeiro problema encontrado com a CAM-1 foi que o dispositivo não permitia a configuração de um roteador arbitrário em IPv6. Nesse caso, o endereço do roteador deveria ser `2001:db8:cccc:1/48`, que foi o endereço designado para o *firewall,* o qual assumiu a função de roteador naquele segmento de rede. As formas de escrita do endereço IPv6 foram testadas, mas o

dispositivo sempre apresentava erro, solicitando um endereço IP válido. O *firmware* do dispositivo foi atualizado para a última versão disponibilizada pelo fabricante, mas o problema persistiu. Como o escopo não permitia alterações na rede ou a adição de serviços tais como aqueles disponibilizados por um servidor DHCPv6, buscou-se nova câmera para os testes. Essa nova câmera será referenciada, doravante, como CAM-2.

Todos os testes com a CAM-2 obtiveram os mesmos resultados alcançados com a CAM-1, mesmo após a atualização do *firmware*. As duas câmeras são do mesmo fabricante, mas de modelos diferentes. O suporte do fabricante, no Brasil, não conseguiu resolver o problema e nem identificar uma possível explicação para a falha. Encarregou-se de apresentar a questão ao fabricante, que não é brasileiro. Dessa forma, como não havia outras câmeras com suporte a IPv6 disponíveis, o projeto teve que ser ajustado novamente. Alterar o *firewall*, para que ele disponibilizasse servidores DHCPv6 ou para que assumisse as funções de configuração automática, presentes em roteadores IPv6, não era uma opção, por razões internas à rede em uso. A adição de elementos de rede, para essas funções, pelas mesmas razões, também não era uma opção disponível. Uma observação relevante, considerada positiva, foi a de que a CAM-2 só apresentou suporte a IPv6 após a atualização do *firmware*, demonstrando que a necessidade pela nova versão do protocolo já havia aparecido para aquele modelo.

Antes que esse entrave mudasse os rumos do projeto, a intenção era que o *firewall* da rede, funcionando com pilha dupla, permitisse que um cliente qualquer, usando a Internet, exclusivamente com IPv6, fizesse acessos diretos à câmera IP e capturasse, pelo menos, uma imagem real do local onde ela estava instalada. Como nem CAM-1, nem CAM-2 permitiram a inclusão de um roteador IPv6, essa experiência não foi possível, porque sem um roteador disponível, os pacotes IPv6 enviados pela câmera não conseguiriam voltar para a Internet, por meio do roteador, que nesse caso seria o *firewall* em questão. Ainda assim, mesmo usando o endereço *unicast* global (`2001:db8:cccc:2/48`), foi possível comprovar que as câmeras podiam ser acessadas, na rede local, via IPv6 exclusivamente, a partir do *firewall*. Isso comprovou que a comunicação, via IPv6, entre o *firewall* e a câmera estava funcional.

A forma escolhida para resolver o problema foi o uso de um *proxy* reverso, instalado no *firewall*, adequando-se os endereços IPv6 utilizados para a comunicação com a câmera IP. Com a autorização para a ativação desse recurso no *firewall*, a escolha foi pelo `nginx-1.5.3`[5]. Como esse aplicativo suporta IPv6 (usando-se a opção `--with-ipv6` no comando `./configure`, antes da compilação), ele serviria ao propósito da nova configuração para os testes. Ele foi compilado, instalado e configurado, conforme orientações do *site* oficial[6]. Não faz parte do escopo do trabalho discutir as configurações do `nginx`, mas naquele endereço há informações detalhadas para isso. A escolha da solução baseada em um *proxy* reverso levou em conta a possibilidade de uso, na mesma *interface*, de mais de um endereço IPv6, mesmo que de tipos (contextos) diferentes. A escolha, para o outro tipo de IPv6 a ser usado na *interface*, foi pelos endereços `fc00::/7` (*unicast unique local*). Dessa forma, o endereço utilizado em CAM-1 foi `fc00::2/7` e no *firewall* foi `fc00::1/7`.

O uso do `nginx`, sendo executado no *firewall*, permitiria que os acessos fossem feitos para o endereço IPv6 *unicast global* do *firewall*, que por sua vez faria o acesso a CAM-1, por meio do endereço `fc00::1/7`. Obviamente que os endereços IPv6 do *firewall*, dentro do contexto, estavam em *interfaces* diferentes. Dessa forma, a ausência de um roteador (ou *gateway* padrão) na configuração IPv6 de CAM-1 não seria um impeditivo, porque a comunicação, em IPv6, entre o *firewall* e a CAM-1 aconteceria na mesma rede local e com endereços da mesma *subnet*, dispensando, portanto, a necessidade de roteamento. Como o escopo não pretendia configurar resolução DNSv6 em CAM-1, esse detalhe não foi tratado no momento.

---

5 Fonte: http://nginx.org/

6 Fonte: http://wiki.nginx.org/FullExample

Estabelecida a nova topologia, conforme se observa na Figura 2, os testes de comunicação entre *firewall* e CAM-1 obtiveram sucesso. Dessa forma, restava o acesso ao endereço global do *firewall*, de forma a atingir a porta usada pelo `nginx`, permitindo assim que as solicitações chegassem a CAM-1. Como exercício adicional, usou-se um domínio `.eti.br`, já existente. Como o objetivo previa o acesso usando exclusivamente o IPv6, os servidores de DNS autoritativos do domínio foram alterados para usar o serviço de DNS gratuito provido pelo Registro.BR[7]. A razão para a escolha foi o suporte a registros do tipo `AAAA`, disponível naquele serviço. Isso eliminou a necessidade de instalação de um servidor DNSv6 na rede de testes ou a modificação dos já existentes para essa função. Essa modificação não era uma opção viável durante os testes, pelas razões já expostas anteriormente. Dessa forma, configurou-se um registro `AAAA` para `camera.exemplo.eti.br`, cujo endereço IPv6 referia-se ao endereço configurado no *firewall*, no qual o `nginx` foi configurado para atender solicitações de acesso na porta 80 (TCP), via HTTP. Dessa forma, os acessos usando IPv6, para o endereço global do *firewall*, seriam redirecionados pelo `nginx` para os endereços IPv6 utilizados no segmento de rede onde estava instalada a CAM-1.

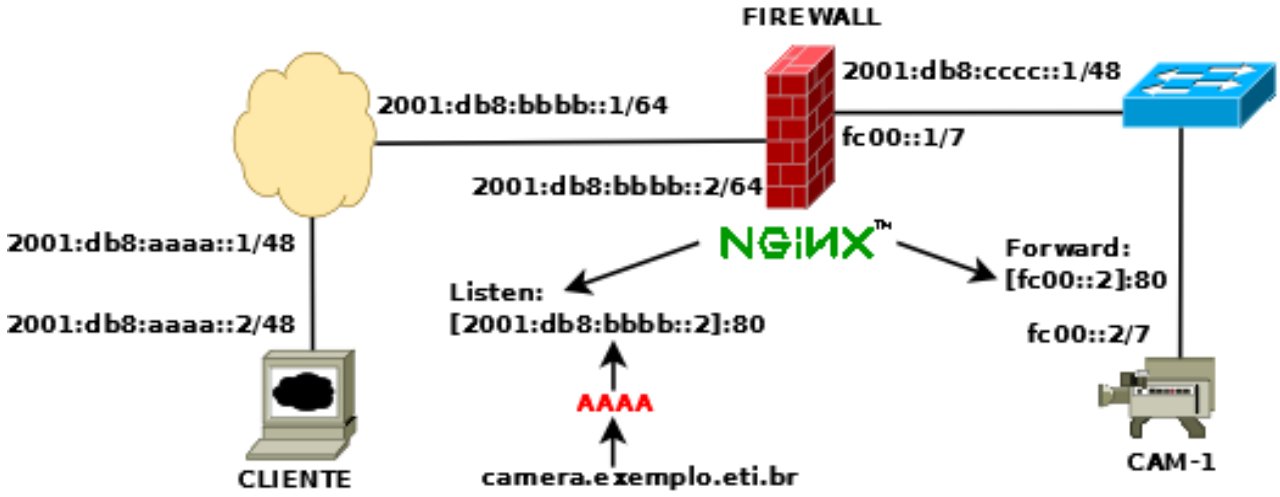

Figura 2: topologia alternativa.

O resultado obtido nos testes foi exatamente o esperado, ou seja, os acessos foram redirecionados pelo `nginx` para a CAM-1, permitindo que objetivo proposto fosse alcançado, apesar das dificuldades apresentadas.

7 Fonte: http://registro.br/suporte/servico-dns.html

3 Considerações finais

Durante o treinamento, quanto mais o conteúdo avançava, quanto mais testes e discussões eram realizados, maior era a certeza de que a implantação de IPv6, em uma rede em operação com IPv4, não seria uma tarefa trivial. O novo protocolo, embora guarde muitas semelhanças com o antigo, traz modificações importantes e consideráveis, exigindo atualização de conhecimentos, testes, experimentos e ajustes que só podem ser obtidos no cotidiano, com a experiência em ambientes reais e com estudos gradativos e contínuos das modificações que são demandadas.

Neste trabalho, em função dessa complexidade, o escopo foi bastante reduzido, de forma a torná-lo exequível no curto prazo disponibilizado para a tarefa. Uma das curiosidades observadas foi a de que o conhecimento do curso seria necessário para a realização deste trabalho, mas ele deveria ser entregue antes do final do treinamento. Assim, as partes apreendidas durante o treinamento foram sendo aplicadas na solução do problema escolhido. Embora simples e restrito, o experimento apresentou dificuldades e complicações consideráveis, as quais resultaram em mudanças na topologia pretendida inicialmente.

Dentre as dificuldades encontradas destacaram-se as seguintes: as duas câmeras experimentadas, apesar do suporte a IPv6, não permitiram a configuração de um roteador arbitrário, inviabilizando o uso na topologia pretendida inicialmente; e a indisponibilidade de um terceiro, em uma rede externa à utilizada nos testes, com suporte a IPv6 nativo, nos momentos adequados, atrasou a comprovação, por um terceiro, do funcionamento do experimento.

Apesar dos resultados obtidos não terem sido exatamente os esperados, as observações durante os experimentos foram positivas e geraram aprendizado e conhecimento, não só para o autor, como também para uma instituição potencial usuária de IPv6. Os problemas de configuração das câmeras demonstraram que não basta a documentação dos dispositivos informarem compatbilidade com o IPv6; é necessário que o suporte seja detalhado nas especificações e que a implementação seja testada em funcionamento. Assim, questionamento similar deve ser aplicado a outras soluções que anunciam suporte ao IPv6, a fim de comprovar a ausência desse tipo de problema de implementação.

O exercício de configuração do *firewall* apontou inúmeros ajustes complexos que terão que ser feitos nas regras de acesso, de forma a permitir o funcionamento não só do IPv6, como também do IPv4, na modalidade de pilha dupla. A observação dos tráfegos de ICMPv6 e de pacotes para endereços *multicast*, demonstraram que o uso de regras que utilizam endereços de destino e origem específicos em IPv4 exigirão consideravelmente mais trabalho para serem desenvolvidas para o IPv6, em virtude das alterações nos protocolos. Dessas alterações, destaca-se, principalmente, o fato de que em IPv6 não há uso de endereços IP para *broadcast*, tendo sido esse contexto substituído por contextos de *multicast* com diferentes funções.

Um outro comportamento observado foi o uso do ICMPv6, que no novo protocolo assume funções que com IPv4 eram desempenhadas por outros protocolos. Dentre tais funções, destaca-se o uso de ICMPv6 para a determinação de endereços MAC, que antes era feito por meio do protocolo ARP. Além disso, o ICMPv6 também é usado para a descoberta de vizinhança, a qual é fundamental para o funcionamento de configurações automáticas de endereços IPv6 e até mesmo para a detecção de endereços IPv6 duplicados na rede. Nos experimentos foi possível perceber que esse comportamento é fundamental para o funcionamento das redes que usam o IPv6.

A necessidade do uso do `nginx` forneceu experiência adicional, não prevista no projeto, ao demonstrar que esse tipo de solução é viável para determinadas circunstâncias de transição entre as redes IPv4 e as redes IPv6. Durantes as configurações, observou-se que o `nginx` pode ser usado

para fazer a interligação de redes IPv4 e IPv6. Tanto as conexões entrantes (as solicitações de acesso) quanto as conexões redirecionadas para os servidores de destino podem utilizar, simultaneamente, IPv4 e IPv6. Obviamente essa interligação ficará restrita aos protocolos suportados pelo `nginx`. Instruções sobre configurações e sobre melhores práticas em instalações da solução podem ser encontradas na *wiki* do projeto[8].

Por fim, embora os testes não tenham chegado ao resultado exato esperado, considera-se que o objetivo foi atingido, porque o uso do recurso `validador.ipv6.br`, aliado ao uso dos aplicativos `tcpdump (tcpdump -s0 -n -i any host 2001:0db8::0 or net fc00::0/7) e Wireshark`, permitiu observar que as solicitações de acesso, em IPv6, que chegavam ao *firewall*, na porta utilizada pelo `nginx`, eram direcionadas a CAM-1, conforme esperado. Esse comportamento pode ser observado na Figura 3, onde o endereço IPv6 *global unicast* do *firewall* foi apagado por segurança. Para trabalhos futuros, espera-se que o fabricante das câmeras corrija o problema apontado na configuração de IPv6, o que permitirá os testes pretendidos no escopo inicial.

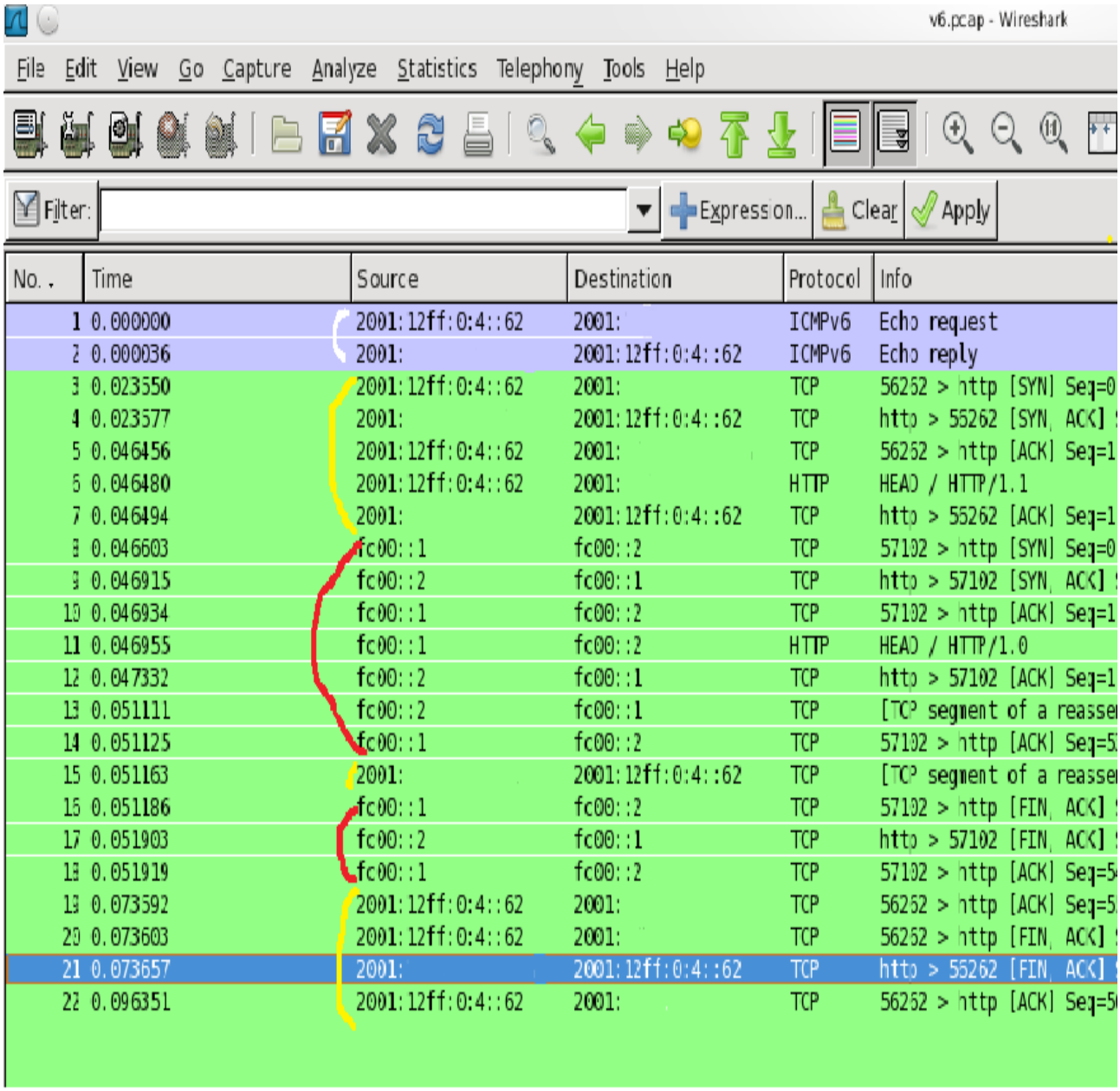

Figura 3: tela com dados de captura de tráfego no *firewall*.

8 Fonte: http://wiki.nginx.org/

Em outra abordagem, no futuro, as funções de configuração automáticas para IPv6 devem ser instaladas e testadas, de forma a comprovar se a configuração automática de endereços IPv6 funcionam adequadamente em CAM-1 e CAM-2. Encerrando o texto, registrem-se os testes efetuados por terceiros, utilizando IPv6, com ilustrações feitas pelo colega de turma Luzemário (Figura 4) e pelo professor do treinamento Eduardo (Figura 5). Embora sem ilustração, registre-se, também, que um contato técnico da ALGAR Telecom, provedora da conexão IPv6 utilizada nos testes, contribuiu com um teste de `ping` em IPv6 e com o auxílio na determinação das alocações de IPv6 corretas para aquela rede. Registro, portanto, meus agradecimentos pela colaboração na composição deste texto. As imagens foram capturadas em 19/08/2013 e foram editadas para a alteração do domínio real usado para os testes.

Figura 4: captura de tela de teste real efetuado pelo colega Luzemário.

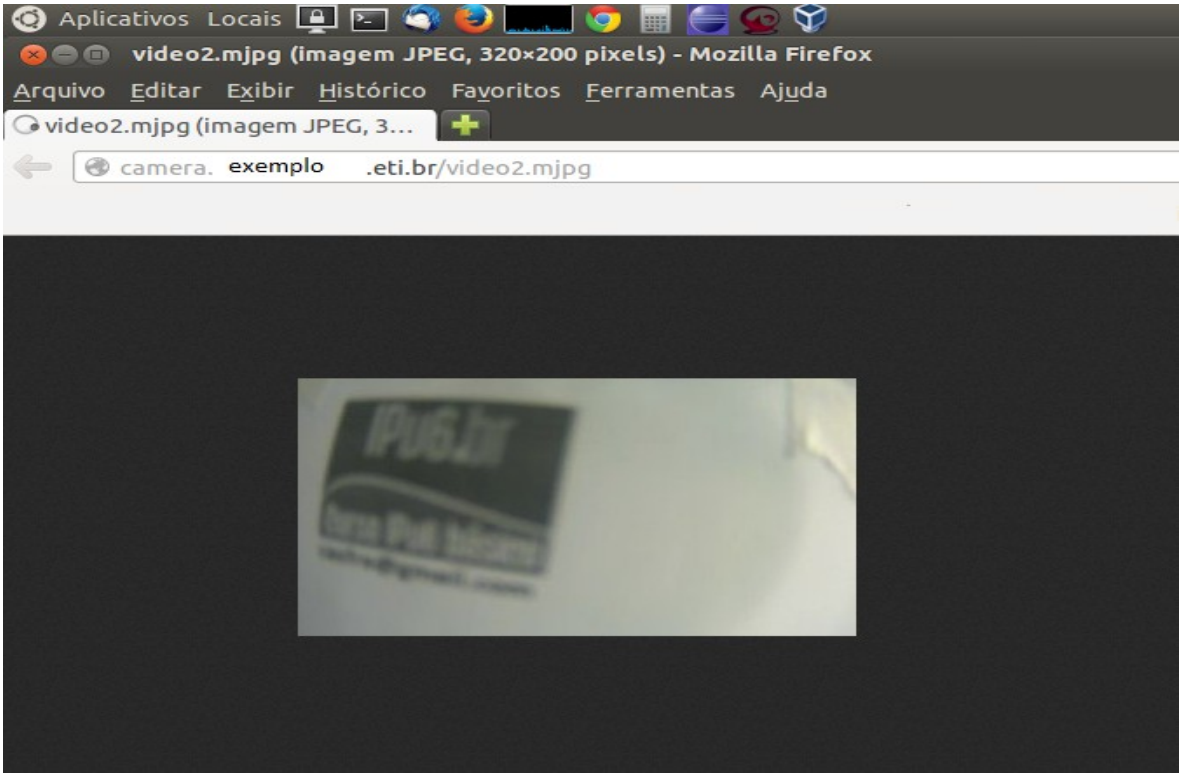

Figura 5: captura de tela de teste real efetuado pelo professor Eduardo.