Redes de Computadores

Ângela Cardoso e Bruno Madeira

21 de Dezembro de 2015

Sumário

Este relatório tem como objectivo reportar o segundo trabalho prático relativo a Redes de Computadores da Licenciatura com Mestrado em Engenharia Informátia e Computação que consiste na configuração de uma rede e na implementação de uma aplicação de download de ficheiros.

Conteúdo

1 Introdução

No âmbito da unidade curricular de Redes de Computadores foi-nos proposta a realização de um trabalho prático cujo objetivo principal era configurar uma rede e compreender os vários aspetos dessa configuração. Além de realizarmos essa configuração, implementamos também uma aplicação de download de ficheiros, por forma a testar uma parte da rede.

A primeira secção deste relatório incide sobre a aplicação desenvolvida. A aplicação de download de ficheiro foi implementada fora das aulas práticas e o relatório tenta esclarecer detalhes de implementação da mesma a fim de eliminar possíveis dúvidas que possam surgir face à mesma.

A segunda secção do relatório incide sob os sete exercícios realizados nas aulas práticas relacionados com a configuração de rede. O relatório evita relatar os exercícios detalhadamente uma vez que estes podem ser consultados no guião do trabalho e tenta focar-se mais na análise e interpretação dos resultados obtidos com o software Wireshark.

2 Aplicação

A aplicação desenvolvida realiza o download de um ficheiro fazendo uso do protocolo FTP, cuja especificação se encontra em RFC959. Para tal são usadas duas sockets, uma para comandos e outra para dados, de acordo com o modelo descrito na secção 2.3 do protocolo RFC959. Os comandos usados podem ser verificados na secção 4 (páginas 25 a 34) e na página 47 do protocolo RFC959. É usado o comando PASV sendo que o servidor não usa a porta default para os dados (porta 20) e fica à espera que o cliente estabeleça a ligação.

Todas as funcionalidades desenvolvidas ligadas ao protocolo FTP podem ser verificadas no ficheiro `ftp.c` e `ftp.h` disponíveis nos anexos D.3 e D.2. Apesar de existir uma função denominada `ftp_abort` esta não envia um comando `ABORT` (embora esta tenha sido a funcionalidade inicialmente pensada para o mesmo). Esta função apenas fecha as sockets em caso de erro.

Para efectuar ligação ao servidor a aplicação deve também receber um URL no formato estabelecido no protocolo RFC1738. Não consideramos utilizadores anónimos como é referido na secção 3.2.1. do protocolo RFC1738. No ficheiro `downloader.c` (ver anexo D.1) é realizado o parsing do `url` ficando guardado numa estrutura o nome de utilizador, a sua password, o nome do host, o caminho até ao ficheiro e o nome do ficheiro.

Uma vez realizado o parsing tenta-se obter o IP do destino e cria-se uma ligação TCP para a porta 21 do servidor a fim de enviar os comandos para pedir a recepção do ficheiro. As funções usadas para obter o IP e para estabelecer são as disponibilizadas nos exemplos do moodle da disciplina. A conexão é realizada com a função `connect` e não com a função `bind` uma vez que a aplicação está do lado do cliente. É utilizada a função `gethostbyname` para obter o IP, que funciona mas está depreciada segundo o Beej's Guide to Network Programming.

Em termos de estrutura foram desenvolvidos apenas 4 múdulos que apresentamos seguidamente.

- `downloader` - Onde se encontra a função `main` da aplicação. Também é responsável pelo parsing e por obter o IP do destino.
- `ftp` - Implementa e disponibiliza comandos do protocolo FTP. Os file descriptors das sockets também se encontram neste módulo.
- `socket` - Apenas disponibiliza uma função para conectar sockets.
- `utilities` - Apenas disponibiliza funções auxiliares para debug.

3 Experiências

3.1 Experiência 1 - Configurar uma Rede IP

Nesta experiência criou-se uma rede LAN com o tux1 e o tux4 na mesma rede, tendo sido configurados os seus endereços IP. Usando o comando `ping` na etapa 7, pudemos verificar o envio de um comando ARP em broadcast pelo tux1 que procurava o endereço físico do tux4, necessário ao protocolo ethernet usado para poder comunicar dentro de uma mesma rede local. Seguidamente verificou-se a resposta do tux4 e foi realizado o ping com sucesso.

Atentando nos pacotes capturados com o Wireshark do anexo C.1, é possível verificar que os pacotes ARP são identificáveis pelo cabeçalho Ethernet x0806, enquanto que os pacotes IP têm o cabeçalho x0800. As mensagens de ping podem ser identificadas pelo cabeçalho Ethernet correspondente ao protocolo IP e pelo cabeçalho de IP x01 que corresponde ao protocolo ICMP.

...
TODO frame length

Na lista de pacotes recebidos existe também pacotes do tipo loopback. Este são pacotes são redireccionados para a máquina que os emitiu, tipicamente com a finalidade de verificar se esta se encontra em estado operacional. Neste caso, os pacotes recebidos aparentam ser do switch, tendo como endereço de origem e destino o CiscoInc_3a:f1:03.

3.2 Experiência 2 - Implementar 2 LANs num switch

Foram criadas duas LANs. A primeira, com o tux1 e o tux4 na rede 172.16.60.0 (máscara de 24 bits), corresponde à experiência 1. A outra, com o tux2, na rede 172.16.61.0. Foram atribuídos endereços IP às máquinas relativos à rede em que se deviam encontrar e configurando o switch de modo a funcionarem como 2 redes distintas. Constatou-se que apenas os computadores que se encontravam na mesma rede virtual local podiam comunicar entre si.

Nos anexos C.2.2 e C.2.3 verifica-se que pings realizados do tux1 em broadcast (alínea 7 do trabalho prático) chegam ao tux4 mas não ao tux2. Similarmente, não foi possível encontrar pacotes de ICMP no tux1 e no tux4 quando realizado ping a partir do tux2 como se pode observar nos restantes anexos da Secção C.2.

3.3 Experiência 3 - Configurar um Router em Linux

No seguimento da experiência anterior, foi configurada a rede de modo a que o tux4 funcionasse como um router entre as duas LANs criadas. O tux4.eth0 continuou com o endereço 172.16.60.254 e ao tux4.eth1 foi atribuído o endereço 172.16.61.253. Foram também reconfigurados o tux1 e tux2 de modo a fazerem uso do router (tux4) para poderem comunicar entre si.

Nas tabelas de encaminhamento (forwarding tables) do tux1 e tux2 aparecem, respectivamente, os gateways 172.16.60.254 e 172.16.61.253 para aceder à rede vizinha. Estes gateways são os endereços para os quais devem ser encaminhados os pacotes IP que apresentam um endereço da rede vizinha como destino. Os ARPs enviados quando o tux1 pretende comunicar com o tux2 (ou vise-versa), percorrem apenas a LAN na qual foram emitidos com o objectivo de descobrir o endereço MAC do gateway. Os

pacotes capturados pelo Wireshark no anexo C.3.1 ilustram esta situação. No anexo referido estamos à escuta no tux4.eth0 e podemos verificar que é recebido um ARP de origem no tux1 a perguntar pelo endereço MAC do tux4.eth0. O tux1 quer realizar ping ao tux2 como se pode concluir pelos pacotes ICMP seguintes, e, só o faz depois de receber a resposta do tux4 ao seu ARP, que é necessário ao protocolo ethernet na camada de enlace (data-link layer).

Relativamente aos endereços dos pacotes ICMP é possível verificar que apresentam sempre o mesmo endereço IP de origem e destino na camada de rede (network layer), mas que o endereço MAC de origem e destino varia consoante a rede em que se encontram. Um pacote de ping ICMP proveniente do tux1 para o o tux2 apresenta inicialmente o endereço de origem do tux1.eth0 e de destino o tux4.eth0 (gateway). Depois de recebido pelo gateway (tux4) é enviado para o tux2 com os endereços MAC de origem em tux4.eth1 e destino tux2.eth0. O anexo C.3.2 mostra esta última situação.

3.4 Experiência 4 - Configurar um Router Comercial e Implementar NAT

...TODO...
O NAT (Network Address Translation) permite criar uma separação entre uma rede LAN e uma outra rede (tipicamente maior, WAN por exemplo). Esta separação permite usar IPs dentro da LAN que podem já estar em uso fora desta. Funciona como solução ao limite de endereços do IPv4 e confere alguma segurança adicional à rede não permitindo acessos directos às máquinas desta. Na prática ele mapeia portas do gateway a pares de endereço e porta dentro da LAN. Na experiência 7 veremos um pouco melhor tudo isto.
...blababla...
B.1. ...blablabla...

3.5 Experiência 5 - DNS

3.6 Experiência 6 - Conexões TCP

Nesta experiência usámos a aplicação desenvolvida para realizar o download de um ficheiro. Foi chamada a aplicação inicialmente no tux1 e seguidamente após um pequeno intervalo de tempo no tux2. Sendo assim, o tux1 começou sozinho, depois há uma parte em que ambos os downloads são simultâneos e, finalmente, o tux2 termina o download sozinho.

Como esperado, devido ao protocolo FTP, pudemos verificar o *3-way handshake* de duas conexões TCP. O primeiro relativo à ligação usada para envio de comandos e o segundo relativo a de envio de dados que podem ser verificados no anexo C.6.1. O estabelecimento de conexão consiste no pedido do cliente ao servidor para estabelecer ligação (SYN) seguido da resposta do servidor (SYN, ACK) e de uma confirmação final pelo cliente (ACK) que podem ser melhor observados no anexo C.6.2, onde é mostrado também o número de sequência e de confirmação em cada pacote.

O mecanismo de ARQ (Automatic Repeat Request) do protocolo TCP é uma variante do Go-Back-N onde o servidor envia confirmações relativas a cada segmento que recebe.

TODO...

Pouco depois do tux1 atingir o seu plateu máximo de tráfego, entre os 14 e 15 segundos do gráfico C.6.4, podem ser observadas vários pacotes do tipo [duplicate ACK], [Previous Segment not cap-

tured], [Fast Retransmission] e [Retransmission] que parecem indicar congestionamento. Segundo o RFC2581 o receptor deve enviar um duplicate ACK quando é recebido um segmento fora de ordem e pode ocorrer uma retransmissão, *fast retransmit*, após a recepção de 3 confirmações duplicadas (duplicate ACKs) pelo transmissor. Na experiência foram capturados pelo Wireshark pacotes que parecem demonstrar este comportamento como se pode pelo anexo C.6.3.

TODO...

Na realização da última alínea pudemos verificar que a recepção de dados quando usada uma segunda ligação no tux2 era afectada. Pode observar-se nos anexos C.6.4 e C.6.5 que a recepção tende para um plateu máximo no tux1 que é quebrado devido à ligação estabelecida pelo tux2. Observando o gráfico relativo ao tux2 podemos ver que este atinge um plateu máximo perto do final da sua ligação, que ocorre devido ao tux1 já ter terminado o download. Além deste plateu máximo podemos verificar que os gráficos são complementares no sentido em que a soma das funções dos dois gráficos, alinhando-os consoante os seus pontos mínimos e máximos dado que as leituras em Wireshark não foram iniciadas em simultâneo, resulta aproximadamente numa função constante que apresenta uma recepção entre 10000 e 12000 packets por segundo.

3.7 Experiência 7 - Implementar NAT em Linux

TODO intro ...

Verificou-se que usando o NAT no tux4 os endereços IP origem e destino da camada de Rede nos pacotes TCP variavam consoante a rede em que se encontravam. O encaminhamento só é realizado devido às portas indicadas na camada de transporte (TCP) sendo que o tux4 re-encaminhou para o tux1 pacotes associados à porta 37351 como se pode ver no anexo C.7.1.

sebem entendi UDP devia dar pk usa ports tb e ICMP nao pk nao tem ports??? mas ha icmp com resposta na cena! antes de aprecerem os udp... hmmmmmmmmmm not sure how 2 go about this TODO ... UDP e ICMP ...

4 Conclusões

5 Esclarecimentos

Apesar de deste relatório referir muitas vezes o tux2, da experiência 4 até à 7, qualquer referência ao tux2 corresponde na realidade ao tux3 uma vez que o tux2 deixou de estar disponivel apartir de dada altura. Para que o relatório respeite os nomes referidos no guião e usados nos anexos, mantendo a continuidade entre experiências, decidimos continuar a referir-nos ao terceiro computador usado na rede como sendo o tux2.

Anexos

A Enderaços MAC

- tux1 eth0: 00:0f:fe:8c:af:71
- tux2 eth0: 00:21:5a:5a:7d:9c
- tux3 eth0: 00:21:5a:61:2f:4e
- tux4 eth0: 00:21:5a:c5:61:bb
- tux4 eth1: 00:c0:df:04:20:8c

B Console logs

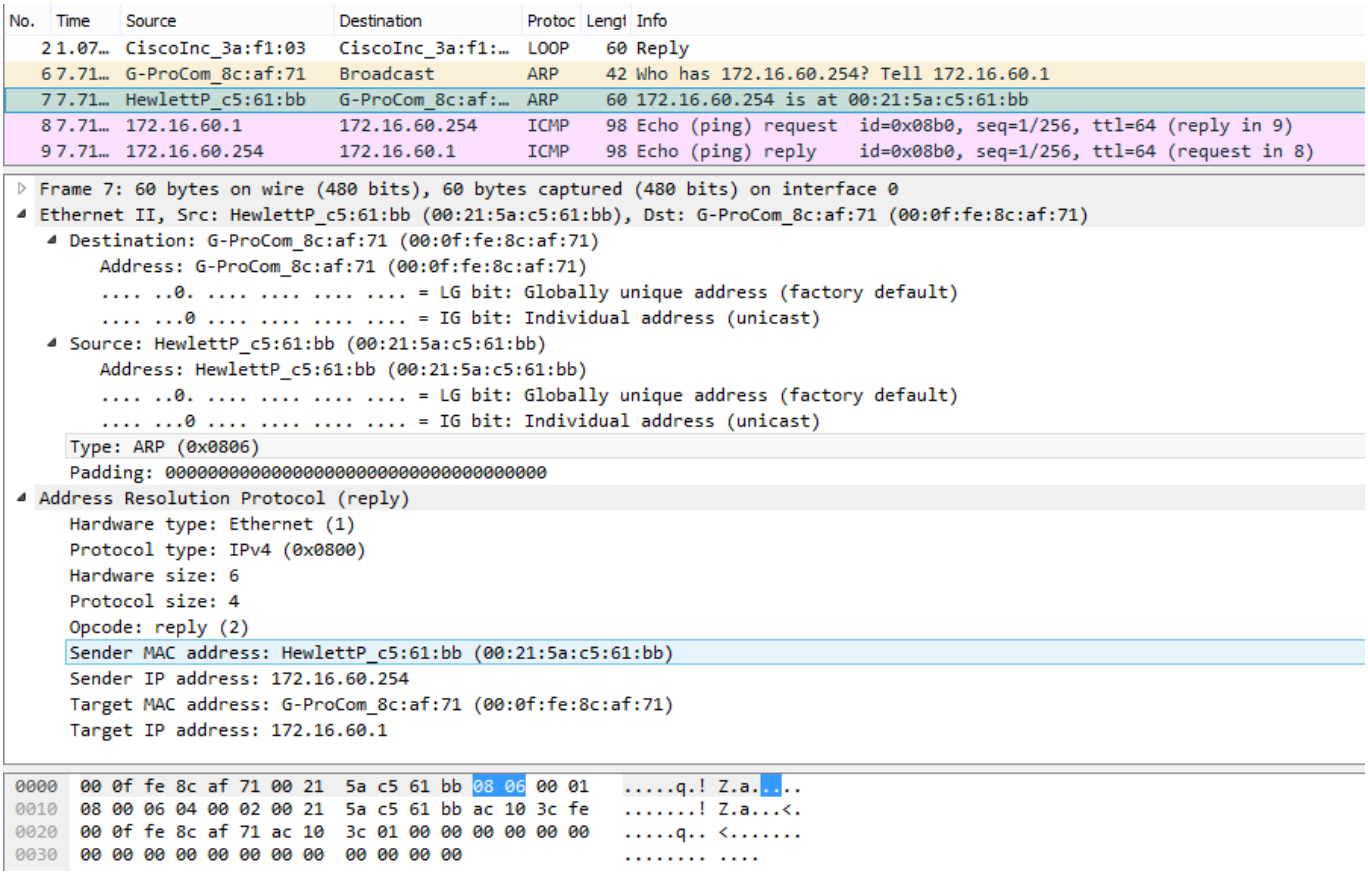
B.1 Ex4 alínea 4 (redirect)

```
tux63:~/Desktop/RCOM/scripts# route -n
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use
    Iface
0.0.0.0         172.16.61.254   0.0.0.0         UG    0      0        0
    eth0
172.16.61.0     172.16.61.254   255.255.255.0   UG    0      0        0
    eth0
172.16.61.0     0.0.0.0         255.255.255.0   U     0      0        0
    eth0
tux63:~/Desktop/RCOM/scripts# traceroute 172.16.60.1
traceroute to 172.16.60.1 (172.16.60.1), 30 hops max, 60 byte packets
 1  172.16.61.254 (172.16.61.254)  0.498 ms  0.548 ms  0.587 ms
 2  172.16.61.253 (172.16.61.253)  0.873 ms  0.500 ms  0.506 ms
 3  172.16.60.1 (172.16.60.1)  0.799 ms  0.792 ms  0.784 ms
tux63:~/Desktop/RCOM/scripts# ping 172.16.60.1
PING 172.16.60.1 (172.16.60.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 172.16.60.1: icmp_seq=1 ttl=62 time=0.629 ms
64 bytes from 172.16.60.1: icmp_seq=2 ttl=62 time=0.594 ms
64 bytes from 172.16.60.1: icmp_seq=3 ttl=62 time=0.587 ms
64 bytes from 172.16.60.1: icmp_seq=4 ttl=62 time=0.569 ms
64 bytes from 172.16.60.1: icmp_seq=5 ttl=62 time=0.623 ms
^C
--- 172.16.60.1 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 4000ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.569/0.600/0.629/0.031 ms
tux63:~/Desktop/RCOM/scripts# traceroute 172.16.60.1
traceroute to 172.16.60.1 (172.16.60.1), 30 hops max, 60 byte packets
 1  172.16.61.253 (172.16.61.253)  0.465 ms  0.343 ms  0.344 ms
 2  172.16.60.1 (172.16.60.1)  0.666 ms  0.662 ms  0.654 ms
tux63:~/Desktop/RCOM/scripts# route -n
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use
    Iface
0.0.0.0         172.16.61.254   0.0.0.0         UG    0      0        0
    eth0
172.16.61.0     172.16.61.254   255.255.255.0   UG    0      0        0
    eth0
172.16.61.0     0.0.0.0         255.255.255.0   U     0      0        0
    eth0
tux63:~/Desktop/RCOM/scripts#
```

C Wireshark logs and statistics

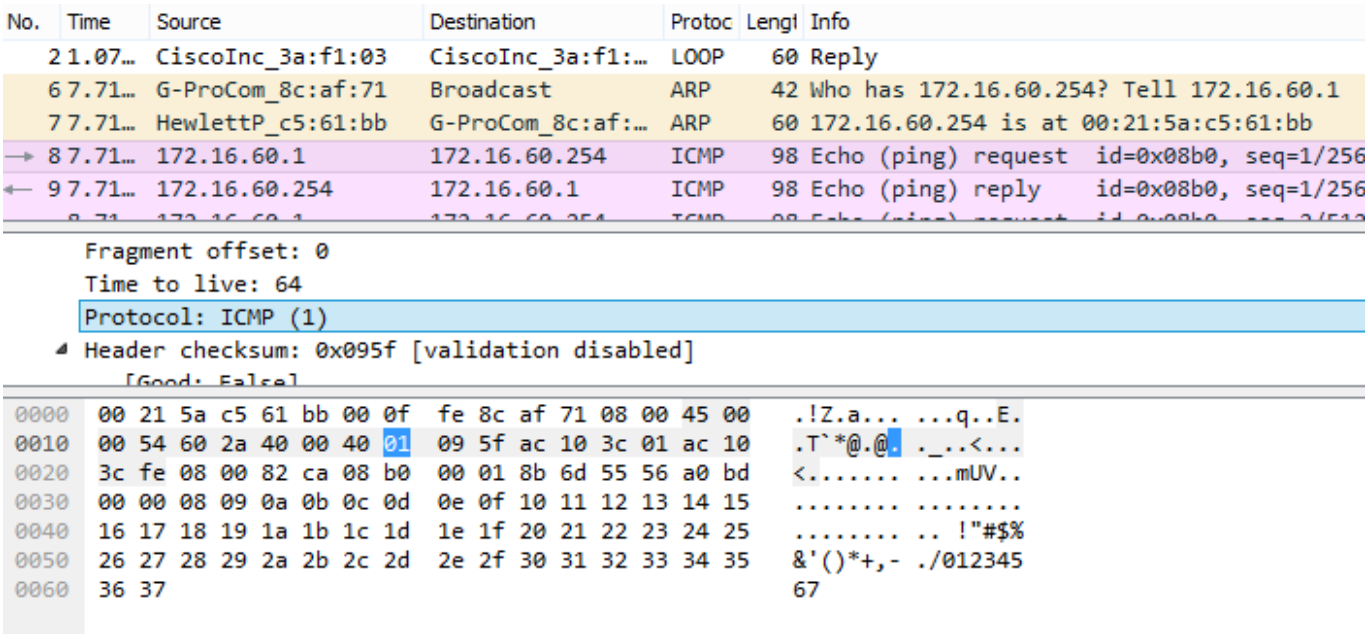
C.1 Ex1

C.1.1 Captura no tux1 - ARP



```
No.  Time     Source              Destination         Protoc Lengt Info
   2 1.07…    CiscoInc_3a:f1:03   CiscoInc_3a:f1:…    LOOP      60 Reply
   6 7.71…    G-ProCom_8c:af:71   Broadcast           ARP       42 Who has 172.16.60.254? Tell 172.16.60.1
   7 7.71…    HewlettP_c5:61:bb   G-ProCom_8c:af:…    ARP       60 172.16.60.254 is at 00:21:5a:c5:61:bb
   8 7.71…    172.16.60.1         172.16.60.254       ICMP      98 Echo (ping) request  id=0x08b0, seq=1/256, ttl=64 (reply in 9)
   9 7.71…    172.16.60.254       172.16.60.1         ICMP      98 Echo (ping) reply    id=0x08b0, seq=1/256, ttl=64 (request in 8)

▷ Frame 7: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0
◢ Ethernet II, Src: HewlettP_c5:61:bb (00:21:5a:c5:61:bb), Dst: G-ProCom_8c:af:71 (00:0f:fe:8c:af:71)
  ◢ Destination: G-ProCom_8c:af:71 (00:0f:fe:8c:af:71)
      Address: G-ProCom_8c:af:71 (00:0f:fe:8c:af:71)
      .... ..0. .... .... .... .... = LG bit: Globally unique address (factory default)
      .... ...0 .... .... .... .... = IG bit: Individual address (unicast)
  ◢ Source: HewlettP_c5:61:bb (00:21:5a:c5:61:bb)
      Address: HewlettP_c5:61:bb (00:21:5a:c5:61:bb)
      .... ..0. .... .... .... .... = LG bit: Globally unique address (factory default)
      .... ...0 .... .... .... .... = IG bit: Individual address (unicast)
    Type: ARP (0x0806)
    Padding: 000000000000000000000000000000000000
◢ Address Resolution Protocol (reply)
    Hardware type: Ethernet (1)
    Protocol type: IPv4 (0x0800)
    Hardware size: 6
    Protocol size: 4
    Opcode: reply (2)
    Sender MAC address: HewlettP_c5:61:bb (00:21:5a:c5:61:bb)
    Sender IP address: 172.16.60.254
    Target MAC address: G-ProCom_8c:af:71 (00:0f:fe:8c:af:71)
    Target IP address: 172.16.60.1

0000  00 0f fe 8c af 71 00 21  5a c5 61 bb 08 06 00 01   .....q.! Z.a.....
0010  08 00 06 04 00 02 00 21  5a c5 61 bb ac 10 3c fe   .......! Z.a...<.
0020  00 0f fe 8c af 71 ac 10  3c 01 00 00 00 00 00 00   .....q.. <.......
0030  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00               ........ ....
```

C.1.2 Captura no tux1 - ICMP



```
No.  Time     Source              Destination         Protoc Lengt Info
   2 1.07…    CiscoInc_3a:f1:03   CiscoInc_3a:f1:…    LOOP      60 Reply
   6 7.71…    G-ProCom_8c:af:71   Broadcast           ARP       42 Who has 172.16.60.254? Tell 172.16.60.1
   7 7.71…    HewlettP_c5:61:bb   G-ProCom_8c:af:…    ARP       60 172.16.60.254 is at 00:21:5a:c5:61:bb
→  8 7.71…    172.16.60.1         172.16.60.254       ICMP      98 Echo (ping) request  id=0x08b0, seq=1/256
←  9 7.71…    172.16.60.254       172.16.60.1         ICMP      98 Echo (ping) reply    id=0x08b0, seq=1/256

    Fragment offset: 0
    Time to live: 64
    Protocol: ICMP (1)
  ◢ Header checksum: 0x095f [validation disabled]
      [Good: False]

0000  00 21 5a c5 61 bb 00 0f  fe 8c af 71 08 00 45 00   .!Z.a... ...q..E.
0010  00 54 60 2a 40 00 40 01  09 5f ac 10 3c 01 ac 10   .T`*@.@. ._..<...
0020  3c fe 08 00 82 ca 08 b0  00 01 8b 6d 55 56 a0 bd   <....... ...mUV..
0030  00 00 08 09 0a 0b 0c 0d  0e 0f 10 11 12 13 14 15   ........ ........
0040  16 17 18 19 1a 1b 1c 1d  1e 1f 20 21 22 23 24 25   ........ .. !"#$%
0050  26 27 28 29 2a 2b 2c 2d  2e 2f 30 31 32 33 34 35   &'()*+,- ./012345
0060  36 37                                             67
```

C.2 Ex2

C.2.1 Alínea 7 - Captura no tux1

No.	Time	Source	Destination	Protoc	Length	Info
5	6.659…	CiscoInc_3a:f1:03	CiscoInc_3a:f1:03	LOOP	60	Reply
	16.66…	CiscoInc_3a:f1:03	CiscoInc_3a:f1:03	LOOP	60	Reply
	22.72…	CiscoInc_3a:f1:03	CDP/VTP/DTP/PAgP/U…	CDP	453	Device ID: tux-sw6 Port ID: FastEthernet0/1
	26.67…	CiscoInc_3a:f1:03	CiscoInc_3a:f1:03	LOOP	60	Reply
	36.67…	CiscoInc_3a:f1:03	CiscoInc_3a:f1:03	LOOP	60	Reply
	37.69…	172.16.60.1	172.16.60.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x1031, seq=1/256, ttl=64 (no response found!)
	37.69…	172.16.60.254	172.16.60.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x1031, seq=1/256, ttl=64
	38.69…	172.16.60.1	172.16.60.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x1031, seq=2/512, ttl=64 (no response found!)
	38.69…	172.16.60.254	172.16.60.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x1031, seq=2/512, ttl=64
	39.69…	172.16.60.1	172.16.60.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x1031, seq=3/768, ttl=64 (no response found!)
	39.69…	172.16.60.254	172.16.60.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x1031, seq=3/768, ttl=64
	40.69…	172.16.60.1	172.16.60.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x1031, seq=4/1024, ttl=64 (no response found!)
	40.69…	172.16.60.254	172.16.60.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x1031, seq=4/1024, ttl=64
	41.69…	172.16.60.1	172.16.60.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x1031, seq=5/1280, ttl=64 (no response found!)
	41.69…	172.16.60.254	172.16.60.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x1031, seq=5/1280, ttl=64
	42.69…	172.16.60.1	172.16.60.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x1031, seq=6/1536, ttl=64 (no response found!)
	42.69…	172.16.60.254	172.16.60.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x1031, seq=6/1536, ttl=64
	42.70…	HewlettP_c5:61:bb	G-ProCom_8c:af:71	ARP	60	Who has 172.16.60.1? Tell 172.16.60.254
	42.70…	G-ProCom_8c:af:71	HewlettP_c5:61:bb	ARP	42	172.16.60.1 is at 00:0f:fe:8c:af:71
	43.69…	172.16.60.1	172.16.60.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x1031, seq=7/1792, ttl=64 (no response found!)
	43.69…	172.16.60.254	172.16.60.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x1031, seq=7/1792, ttl=64

C.2.2 Alínea 7 - Captura no tux2

No.	Time	Source	Destination	Protoc	Length	Info
2	0.461…	CiscoInc_3a:f1:04	CDP/VTP/DTP/PAgP/U…	CDP	453	Device
3	0.881…	CiscoInc_3a:f1:04	CiscoInc_3a:f1:04	LOOP	60	Reply
9	10.88…	CiscoInc_3a:f1:04	CiscoInc_3a:f1:04	LOOP	60	Reply
	20.89…	CiscoInc_3a:f1:04	CiscoInc_3a:f1:04	LOOP	60	Reply
	30.89…	CiscoInc_3a:f1:04	CiscoInc_3a:f1:04	LOOP	60	Reply
	40.90…	CiscoInc_3a:f1:04	CiscoInc_3a:f1:04	LOOP	60	Reply
	50.90…	CiscoInc_3a:f1:04	CiscoInc_3a:f1:04	LOOP	60	Reply
	60.46…	CiscoInc_3a:f1:04	CDP/VTP/DTP/PAgP/U…	CDP	453	Device
	60.91…	CiscoInc_3a:f1:04	CiscoInc_3a:f1:04	LOOP	60	Reply

C.2.3 Alínea 7 - Captura no tux4

No.	Time	Source	Destination	Protoc	Length	Info
3	2.608…	CiscoInc_3a:f1:06	CiscoInc_3a:f1:06	LOOP	60	Reply
9	12.61…	CiscoInc_3a:f1:06	CiscoInc_3a:f1:06	LOOP	60	Reply
	13.62…	172.16.60.1	172.16.60.255	ICMP	98	Echo (ping) request
	13.62…	172.16.60.254	172.16.60.1	ICMP	98	Echo (ping) reply
	14.62…	172.16.60.1	172.16.60.255	ICMP	98	Echo (ping) request
	14.62…	172.16.60.254	172.16.60.1	ICMP	98	Echo (ping) reply
	15.62…	172.16.60.1	172.16.60.255	ICMP	98	Echo (ping) request
	15.62…	172.16.60.254	172.16.60.1	ICMP	98	Echo (ping) reply
	16.62…	172.16.60.1	172.16.60.255	ICMP	98	Echo (ping) request
	16.62…	172.16.60.254	172.16.60.1	ICMP	98	Echo (ping) reply
	17.62…	172.16.60.1	172.16.60.255	ICMP	98	Echo (ping) request

C.2.4 Alínea10 - Captura no tux1

No.	Time	Source	Destination	Protoc	Length	Info
3	2.102…	CiscoInc_3a:f1:03	CiscoInc_3a:f1:03	LOOP	60	Reply
9	12.11…	CiscoInc_3a:f1:03	CiscoInc_3a:f1:03	LOOP	60	Reply
	22.11…	CiscoInc_3a:f1:03	CiscoInc_3a:f1:03	LOOP	60	Reply
	32.11…	CiscoInc_3a:f1:03	CiscoInc_3a:f1:03	LOOP	60	Reply
	37.99…	CiscoInc_3a:f1:03	CDP/VTP/DTP/PAgP/U…	CDP	453	Device ID
	42.11…	CiscoInc_3a:f1:03	CiscoInc_3a:f1:03	LOOP	60	Reply
	52.13…	CiscoInc_3a:f1:03	CiscoInc_3a:f1:03	LOOP	60	Reply
	62.13…	CiscoInc_3a:f1:03	CiscoInc_3a:f1:03	LOOP	60	Reply
	72.13…	CiscoInc_3a:f1:03	CiscoInc_3a:f1:03	LOOP	60	Reply

C.2.5 Alínea10 - Captura no tux2

No.	Time	Source	Destination	Protoc	Length	Info
3	2.344…	CiscoInc_3a:f1:04	CiscoInc_3a:f1:04	LOOP	60	Reply
8	11.75…	CiscoInc_3a:f1:04	CDP/VTP/DTP/PAgP/U…	CDP	453	Device ID: tux-sw6 Port ID: FastEthernet0/2
	12.34…	CiscoInc_3a:f1:04	CiscoInc_3a:f1:04	LOOP	60	Reply
	19.31…	172.16.61.1	172.16.61.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x11b6, seq=1/256, ttl=64 (no response found!)
	20.31…	172.16.61.1	172.16.61.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x11b6, seq=2/512, ttl=64 (no response found!)
	21.31…	172.16.61.1	172.16.61.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x11b6, seq=3/768, ttl=64 (no response found!)
	22.31…	172.16.61.1	172.16.61.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x11b6, seq=4/1024, ttl=64 (no response found!)
	22.35…	CiscoInc_3a:f1:04	CiscoInc_3a:f1:04	LOOP	60	Reply
	23.31…	172.16.61.1	172.16.61.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x11b6, seq=5/1280, ttl=64 (no response found!)
	24.31…	172.16.61.1	172.16.61.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x11b6, seq=6/1536, ttl=64 (no response found!)
	25.31…	172.16.61.1	172.16.61.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x11b6, seq=7/1792, ttl=64 (no response found!)
	26.31…	172.16.61.1	172.16.61.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x11b6, seq=8/2048, ttl=64 (no response found!)
	27.31…	172.16.61.1	172.16.61.255	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x11b6, seq=9/2304, ttl=64 (no response found!)

C.2.6 Alínea10 - Captura no tux4

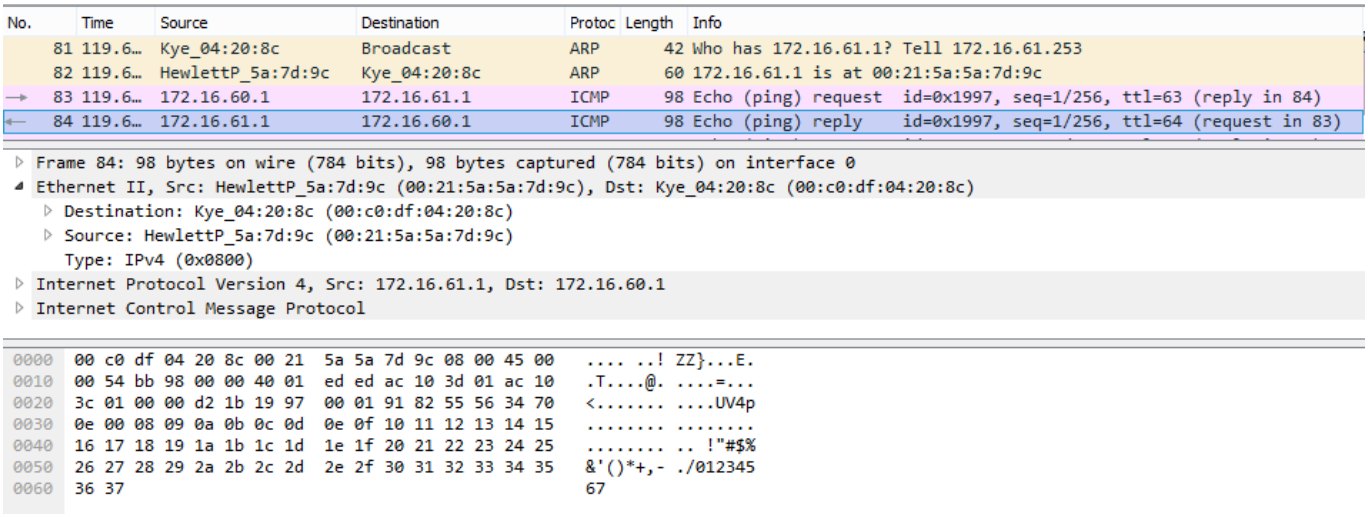
No.	Time	Source	Destination	Protoc	Length	Info
3	2.085…	CiscoInc_3a:f1:06	CiscoInc_3a:f1:06	LOOP	60	Reply
9	12.08…	CiscoInc_3a:f1:06	CiscoInc_3a:f1:06	LOOP	60	Reply
	22.08…	CiscoInc_3a:f1:06	CiscoInc_3a:f1:06	LOOP	60	Reply
	23.71…	CiscoInc_3a:f1:06	CDP/VTP/DTP/PAgP/U…	CDP	453	Device
	32.09…	CiscoInc_3a:f1:06	CiscoInc_3a:f1:06	LOOP	60	Reply
	42.10…	CiscoInc_3a:f1:06	CiscoInc_3a:f1:06	LOOP	60	Reply
	52.11…	CiscoInc_3a:f1:06	CiscoInc_3a:f1:06	LOOP	60	Reply
	62.10…	CiscoInc_3a:f1:06	CiscoInc_3a:f1:06	LOOP	60	Reply
	72.11…	CiscoInc_3a:f1:06	CiscoInc_3a:f1:06	LOOP	60	Reply

C.3 Ex3

C.3.1 Capturas no tux4.eth0

No.	Time	Source	Destination	Protoc	Length	Info
103	139.3…	G-ProCom_8c:af:71	Broadcast	ARP	60	Who has 172.16.60.254? Tell 172.16.60.1
104	139.3…	HewlettP_c5:61:bb	G-ProCom_8c:af:71	ARP	42	172.16.60.254 is at 00:21:5a:c5:61:bb
105	139.3…	172.16.60.1	172.16.61.1	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x1997, seq=1/256,
106	139.3…	172.16.61.1	172.16.60.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x1997, seq=1/256,
107	140.3…	172.16.60.1	172.16.61.1	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x1997, seq=2/512,
108	140.3…	172.16.61.1	172.16.60.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x1997, seq=2/512,

C.3.2 Capturas no tux4.eth1



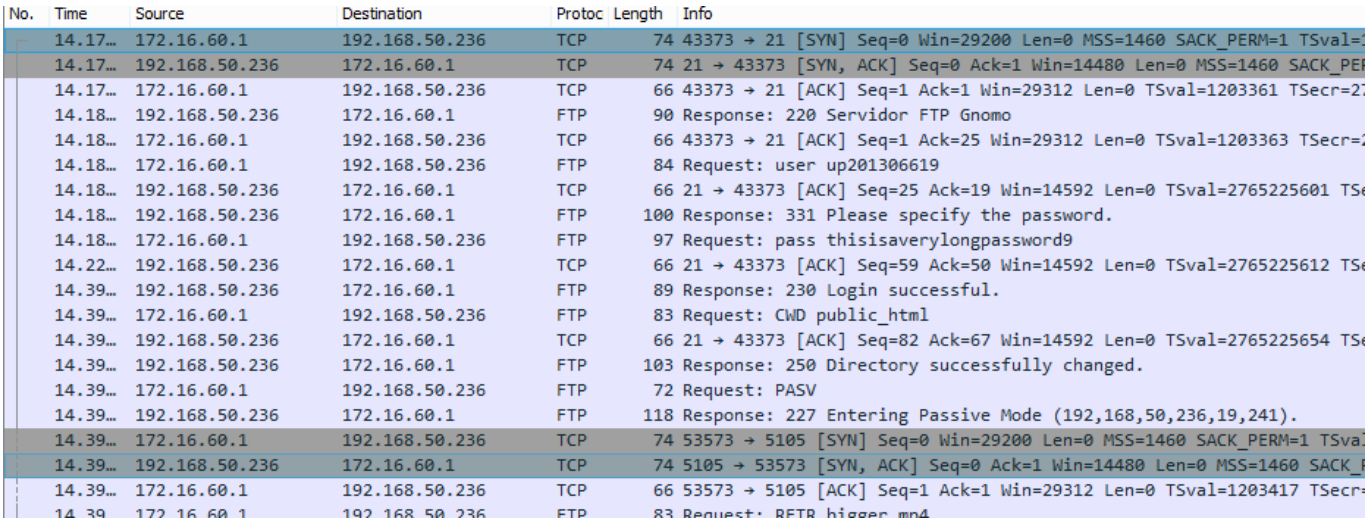
```
No.  Time    Source            Destination       Protoc Length Info
  81 119.6…  Kye_04:20:8c       Broadcast         ARP        42 Who has 172.16.61.1? Tell 172.16.61.253
  82 119.6…  HewlettP_5a:7d:9c  Kye_04:20:8c      ARP        60 172.16.61.1 is at 00:21:5a:5a:7d:9c
  83 119.6…  172.16.60.1        172.16.61.1       ICMP       98 Echo (ping) request  id=0x1997, seq=1/256, ttl=63 (reply in 84)
  84 119.6…  172.16.61.1        172.16.60.1       ICMP       98 Echo (ping) reply    id=0x1997, seq=1/256, ttl=64 (request in 83)

▷ Frame 84: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface 0
◢ Ethernet II, Src: HewlettP_5a:7d:9c (00:21:5a:5a:7d:9c), Dst: Kye_04:20:8c (00:c0:df:04:20:8c)
  ▷ Destination: Kye_04:20:8c (00:c0:df:04:20:8c)
  ▷ Source: HewlettP_5a:7d:9c (00:21:5a:5a:7d:9c)
    Type: IPv4 (0x0800)
▷ Internet Protocol Version 4, Src: 172.16.61.1, Dst: 172.16.60.1
▷ Internet Control Message Protocol

0000  00 c0 df 04 20 8c 00 21  5a 5a 7d 9c 08 00 45 00   .... ..! ZZ}...E.
0010  00 54 bb 98 00 00 40 01  ed ed ac 10 3d 01 ac 10   .T....@. ....=...
0020  3c 01 00 00 d2 1b 19 97  00 01 91 82 55 56 34 70   <....... ....UV4p
0030  0e 00 08 09 0a 0b 0c 0d  0e 0f 10 11 12 13 14 15   ........ ........
0040  16 17 18 19 1a 1b 1c 1d  1e 1f 20 21 22 23 24 25   ........ .. !"#$%
0050  26 27 28 29 2a 2b 2c 2d  2e 2f 30 31 32 33 34 35   &'()*+,- ./012345
0060  36 37                                             67
```

C.4 Ex4

C.5 Ex5

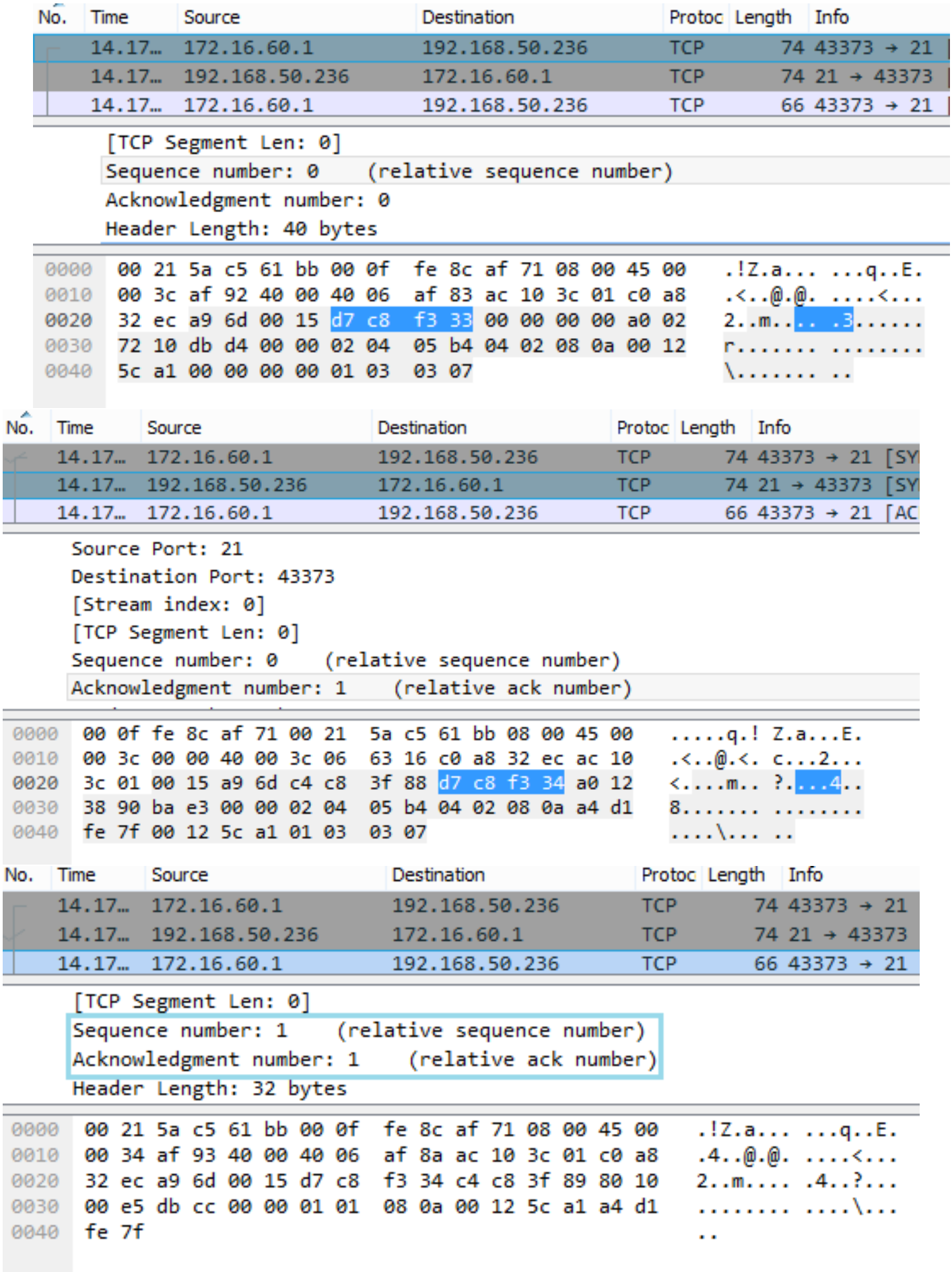
C.6 Ex6

C.6.1 Capturas dos 'hanshakes' no tux1

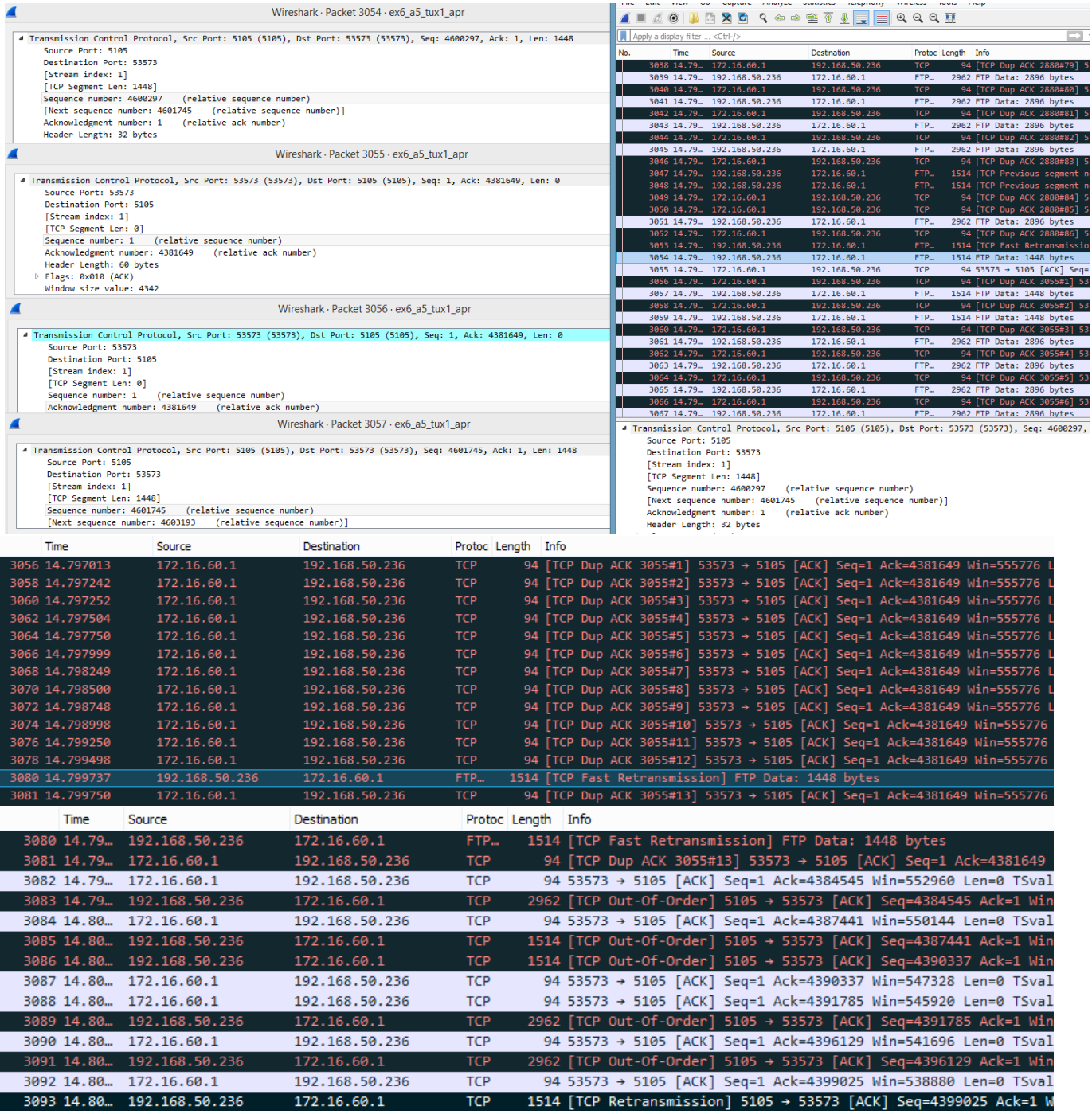


```
No.  Time    Source          Destination     Protoc Length Info
  14.17…  172.16.60.1      192.168.50.236  TCP        74 43373 → 21 [SYN] Seq=0 Win=29200 Len=0 MSS=1460 SACK_PERM=1 TSval=
  14.17…  192.168.50.236   172.16.60.1     TCP        74 21 → 43373 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=14480 Len=0 MSS=1460 SACK_PE
  14.17…  172.16.60.1      192.168.50.236  TCP        66 43373 → 21 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=29312 Len=0 TSval=1203361 TSecr=2
  14.18…  192.168.50.236   172.16.60.1     FTP        90 Response: 220 Servidor FTP Gnomo
  14.18…  172.16.60.1      192.168.50.236  TCP        66 43373 → 21 [ACK] Seq=1 Ack=25 Win=29312 Len=0 TSval=1203363 TSecr=
  14.18…  172.16.60.1      192.168.50.236  FTP        84 Request: user up201306619
  14.18…  192.168.50.236   172.16.60.1     TCP        66 21 → 43373 [ACK] Seq=25 Ack=19 Win=14592 Len=0 TSval=2765225601 TS
  14.18…  192.168.50.236   172.16.60.1     FTP       100 Response: 331 Please specify the password.
  14.18…  172.16.60.1      192.168.50.236  FTP        97 Request: pass thisisaverylongpassword9
  14.22…  192.168.50.236   172.16.60.1     TCP        66 21 → 43373 [ACK] Seq=59 Ack=50 Win=14592 Len=0 TSval=2765225612 TS
  14.39…  192.168.50.236   172.16.60.1     FTP        89 Response: 230 Login successful.
  14.39…  172.16.60.1      192.168.50.236  FTP        83 Request: CWD public_html
  14.39…  192.168.50.236   172.16.60.1     TCP        66 21 → 43373 [ACK] Seq=82 Ack=67 Win=14592 Len=0 TSval=2765225654 TS
  14.39…  192.168.50.236   172.16.60.1     FTP       103 Response: 250 Directory successfully changed.
  14.39…  172.16.60.1      192.168.50.236  FTP        72 Request: PASV
  14.39…  192.168.50.236   172.16.60.1     FTP       118 Response: 227 Entering Passive Mode (192,168,50,236,19,241).
  14.39…  172.16.60.1      192.168.50.236  TCP        74 53573 → 5105 [SYN] Seq=0 Win=29200 Len=0 MSS=1460 SACK_PERM=1 TSval
  14.39…  192.168.50.236   172.16.60.1     TCP        74 5105 → 53573 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=14480 Len=0 MSS=1460 SACK_P
  14.39…  172.16.60.1      192.168.50.236  TCP        66 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=29312 Len=0 TSval=1203417 TSecr=
  14.39   172.16.60.1      192.168.50.236  FTP        83 Request: RETR bigger.mp4
```

C.6.2 Primeiro 'Handshake' no tux1 em Detalhe



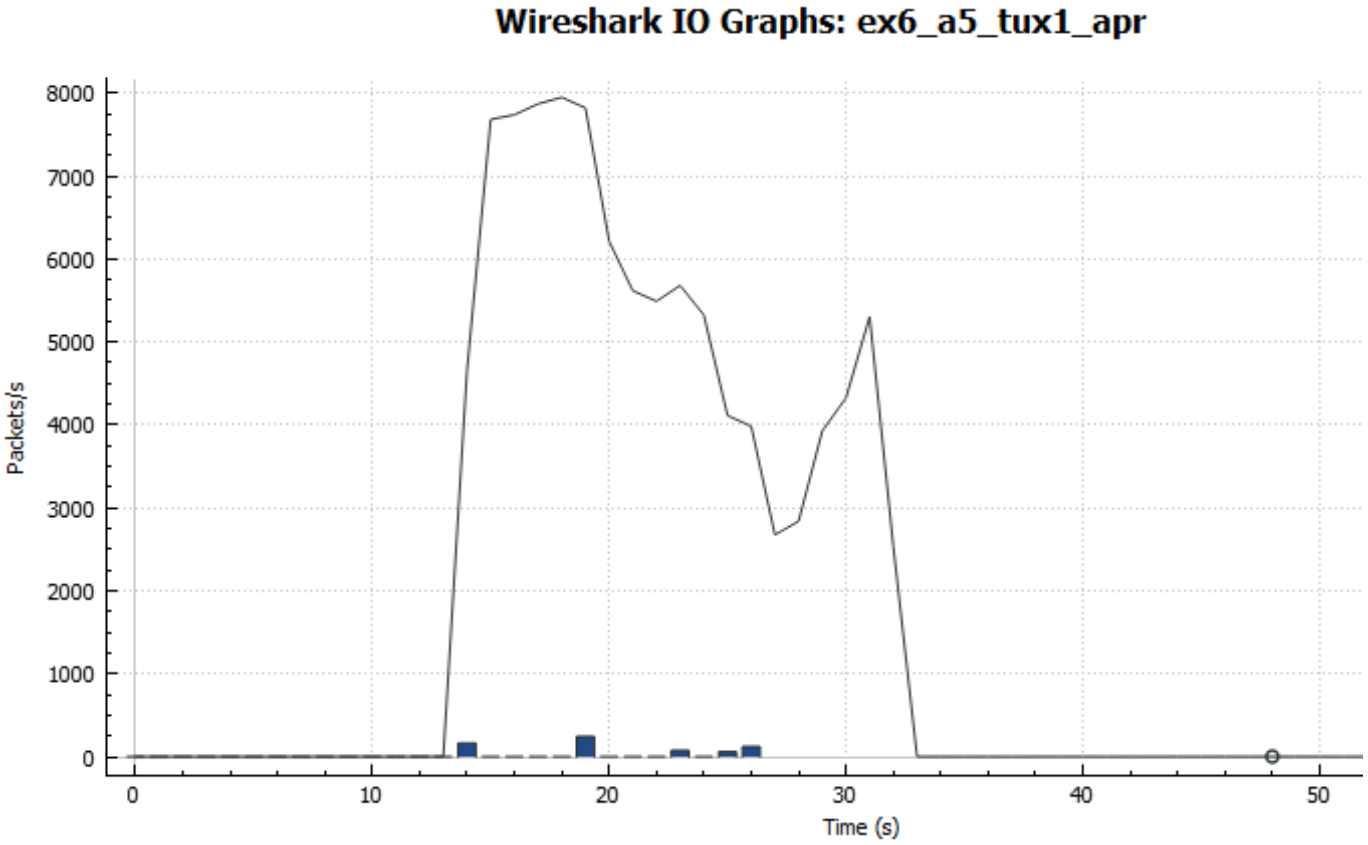
C.6.3 Capturas no tux1 de Dup ACK, Fast Retransmission e Retransmission



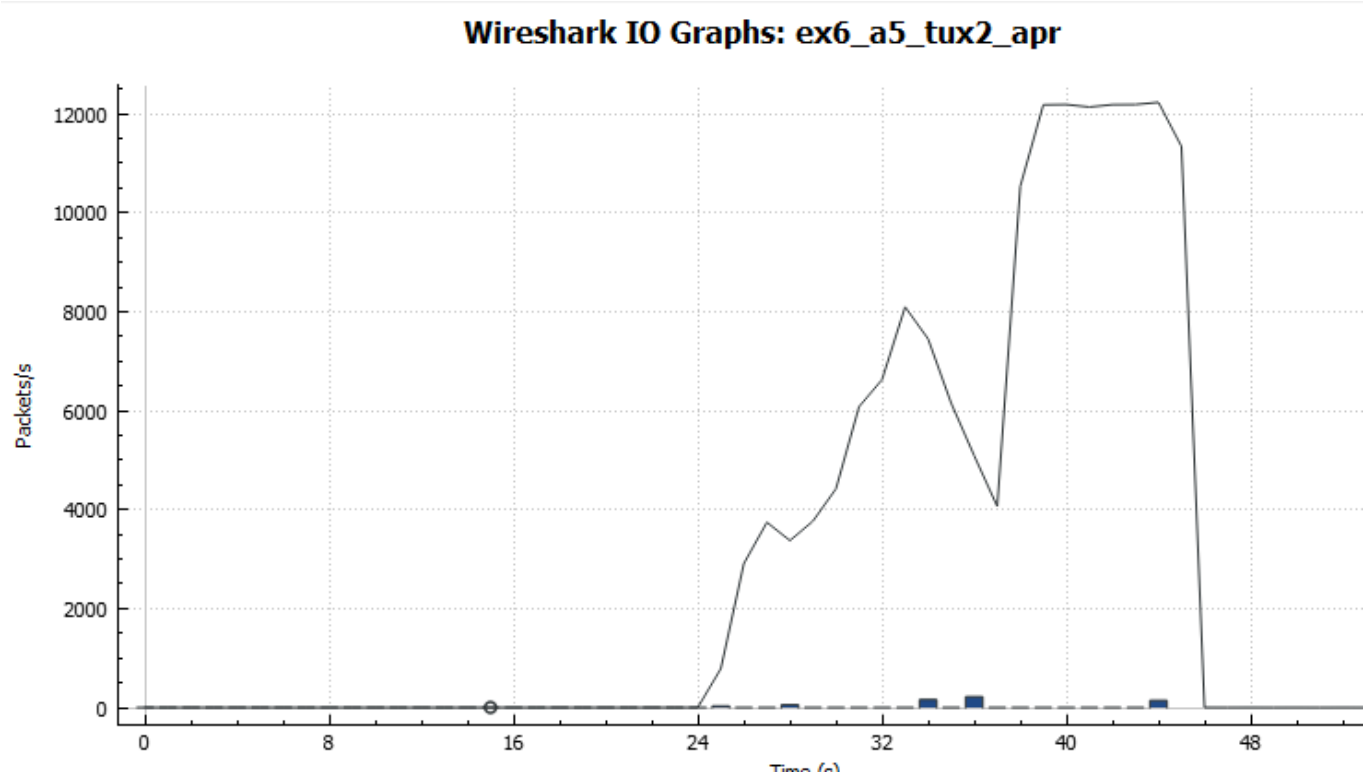
No.	Time	Source	Destination	Protoc	Length	Info
3056	14.797013	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	[TCP Dup ACK 3055#1] 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4381649 Win=555776 L
3058	14.797242	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	[TCP Dup ACK 3055#2] 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4381649 Win=555776 L
3060	14.797252	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	[TCP Dup ACK 3055#3] 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4381649 Win=555776 L
3062	14.797504	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	[TCP Dup ACK 3055#4] 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4381649 Win=555776 L
3064	14.797750	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	[TCP Dup ACK 3055#5] 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4381649 Win=555776 L
3066	14.797999	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	[TCP Dup ACK 3055#6] 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4381649 Win=555776 L
3068	14.798249	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	[TCP Dup ACK 3055#7] 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4381649 Win=555776 L
3070	14.798500	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	[TCP Dup ACK 3055#8] 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4381649 Win=555776 L
3072	14.798748	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	[TCP Dup ACK 3055#9] 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4381649 Win=555776 L
3074	14.798998	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	[TCP Dup ACK 3055#10] 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4381649 Win=555776
3076	14.799250	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	[TCP Dup ACK 3055#11] 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4381649 Win=555776
3078	14.799498	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	[TCP Dup ACK 3055#12] 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4381649 Win=555776
3080	14.799737	192.168.50.236	172.16.60.1	FTP…	1514	[TCP Fast Retransmission] FTP Data: 1448 bytes
3081	14.799750	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	[TCP Dup ACK 3055#13] 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4381649 Win=555776

No.	Time	Source	Destination	Protoc	Length	Info
3080	14.79…	192.168.50.236	172.16.60.1	FTP…	1514	[TCP Fast Retransmission] FTP Data: 1448 bytes
3081	14.79…	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	[TCP Dup ACK 3055#13] 53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4381649
3082	14.79…	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4384545 Win=552960 Len=0 TSval
3083	14.79…	192.168.50.236	172.16.60.1	TCP	2962	[TCP Out-Of-Order] 5105 → 53573 [ACK] Seq=4384545 Ack=1 Win
3084	14.80…	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4387441 Win=550144 Len=0 TSval
3085	14.80…	192.168.50.236	172.16.60.1	TCP	1514	[TCP Out-Of-Order] 5105 → 53573 [ACK] Seq=4387441 Ack=1 Win
3086	14.80…	192.168.50.236	172.16.60.1	TCP	1514	[TCP Out-Of-Order] 5105 → 53573 [ACK] Seq=4390337 Ack=1 Win
3087	14.80…	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4390337 Win=547328 Len=0 TSval
3088	14.80…	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4391785 Win=545920 Len=0 TSval
3089	14.80…	192.168.50.236	172.16.60.1	TCP	2962	[TCP Out-Of-Order] 5105 → 53573 [ACK] Seq=4391785 Ack=1 Win
3090	14.80…	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4396129 Win=541696 Len=0 TSval
3091	14.80…	192.168.50.236	172.16.60.1	TCP	2962	[TCP Out-Of-Order] 5105 → 53573 [ACK] Seq=4396129 Ack=1 Win
3092	14.80…	172.16.60.1	192.168.50.236	TCP	94	53573 → 5105 [ACK] Seq=1 Ack=4399025 Win=538880 Len=0 TSval
3093	14.80…	192.168.50.236	172.16.60.1	TCP	1514	[TCP Retransmission] 5105 → 53573 [ACK] Seq=4399025 Ack=1 W

C.6.4 Alínea 5 - Gráfico de Tráfego no tux1

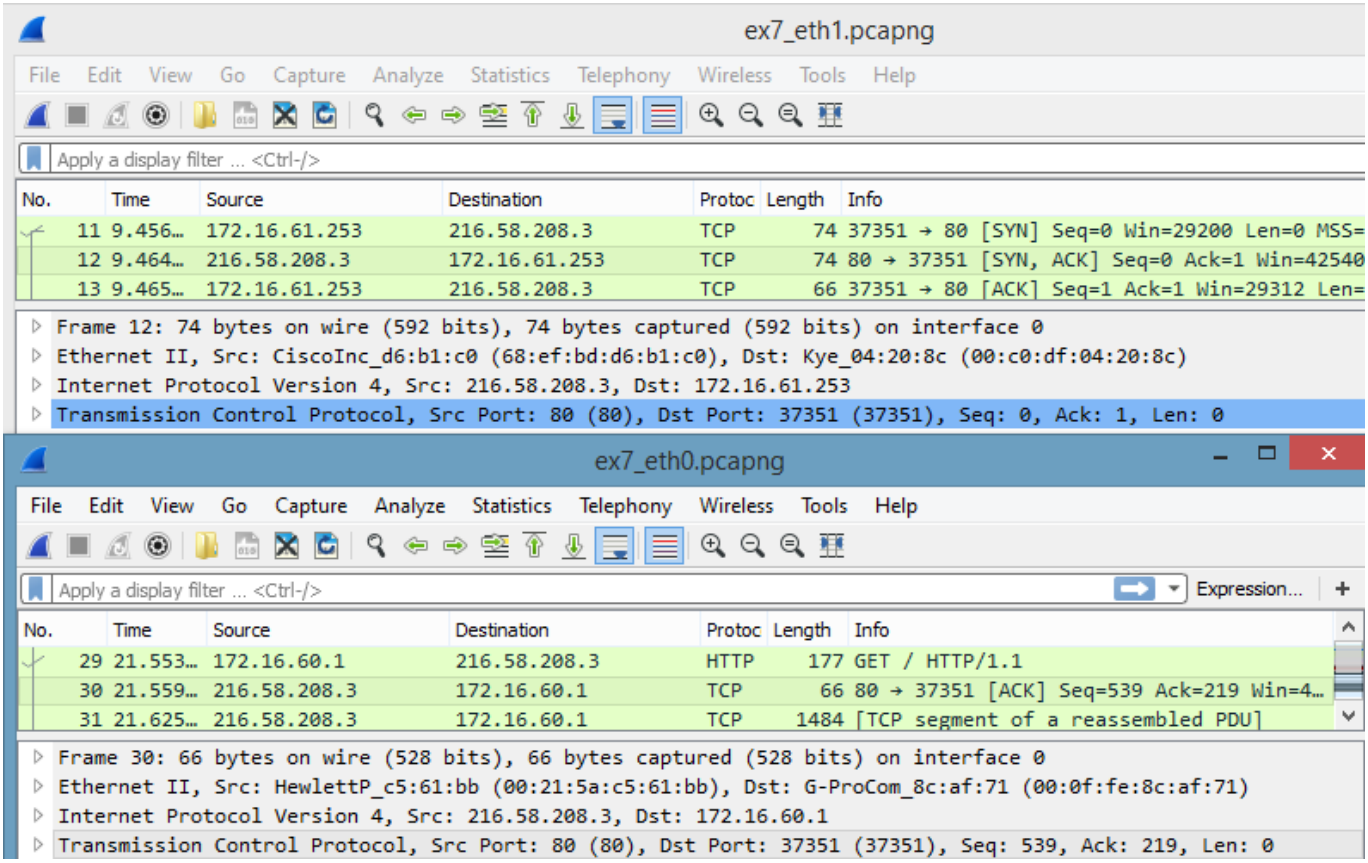


C.6.5 Alínea 5 - Gráfico de Tráfego no tux2



C.7 Ex7

C.7.1 Capturas TCP no tux4.eth0 e tux4.eth1



D Código Fonte

D.1 downloader.c

```
#include <string.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <netdb.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <errno.h>
#include <sys/types.h>
#include "utilities.h"
#include "ftp.h"

//VARS AND STRUCTS
   ------------------------------------------------------------------------------

#define FTP_PORT    21
#define MAX_STRING_SIZE 200
struct /*???*/Info{
  char username[MAX_STRING_SIZE];
  char password[MAX_STRING_SIZE];
  char host_name[MAX_STRING_SIZE];
  char url_path[MAX_STRING_SIZE];
  char filename[MAX_STRING_SIZE];
  char ip[MAX_STRING_SIZE];
};

//AUX FUNCS CODE
   ------------------------------------------------------------------------------

int parse(char *str, struct Info* info) {

  //http://docs.roxen.com/pike/7.0/tutorial/strings/sscanf.xml
    if(4 != sscanf(str, "ftp://[%[^:]:%[^@]@]%[^/]/%s\n", info->
       username, info->password, info->host_name, info->url_path)) {
        return 1;
    }

  //get filename http://stackoverflow.com/questions/32822988/get-the-
     last-token-of-a-string-in-c
      char *last = strrchr(info->url_path, '/') ;
      if(last!=NULL)
      {
    memcpy(info->filename, last+1, strlen(last)+1);
    memset(last,0,strlen(last)+1);
      }
      else {
    strcpy(info->filename,info->url_path);
    memset(info->url_path,0,sizeof(info->url_path));
      }

    return 0;
}

int get_ip(struct Info* info) {
    struct hostent* host;
```

```
    if ((host = gethostbyname(info->host_name)) == NULL) {
        perror("gethostbyname");
        return 1;
    }

    char* ip = inet_ntoa(*((struct in_addr *)host->h_addr));
    strcpy(info->ip, ip);

    printf("Host name  : %s\n", host->h_name);
    printf("IP Address : %s\n", info->ip);

    return 0;
}


//MAIN
   ------------------------------------------------------------------------

#define DEBUG_ALL 1
int main(int argc,char **argv)
{
  struct Info info;

  // ftp message composition: ftp://[<user>:<password>@]<host>/<url-
     path>

    // ---- URL stuff ----

    //parse
    if(parse(argv[1],&info)!=OK)
    {
      printf("\nINVALID ARGUMENT! couldn't be parsed properly.\n");
      return 1;
    }
    DEBUG_SECTION(DEBUG_ALL,
    printf("\nuser:%s\n",info.username);
    printf("pass:%s\n",info.password);
    printf("host:%s\n",info.host_name);
    printf("urlpath:%s\n",info.url_path);
    printf("filename:%s\n",info.filename);
    );

    //- - - - - -
    get_ip(&info);

    // ---- FTP stuff -----

printf("\n connecting... \n");

    if(ftp_connect(info.ip, FTP_PORT)!=OK)
{ftp_abort(); return 1;}

printf("\n logging in... \n");

    if(ftp_login(info.username, info.password)!=OK)// Send user n pass
{ftp_abort(); return 1;}



    if(strlen(info.url_path)>0) {
      printf("\n changing dir... \n");

      if(ftp_changedir(info.url_path)!=OK)// change directory
      {ftp_abort(); return 1;}
    }

printf("\n passive mode... \n");

    if(ftp_pasv()!=OK)// passive mode
```

```
{ftp_abort(); return 1;}

printf("\n asking for file... \n");

    if(ftp_retr(info.filename)!=OK)// ask to receive file
{ftp_abort(); return 1;}

printf("\n downloading file... \n");

    if(ftp_download(info.filename)!=OK)// receive file
{ftp_abort(); return 1;}

printf("\n disconecting... \n");

    if(ftp_disconnect()!=OK)// disconnect from server
{ftp_abort(); return 1;}

printf("\n downloader terminated ok! \n");

    return 0;
}
```

D.2 ftp.h

```
#ifndef FTP
#define FTP

int ftp_connect( const char* ip, int port);
int ftp_disconnect();

int ftp_login( const char* user, const char* password);
int ftp_changedir( const char* path);
int ftp_pasv();
int ftp_retr( const char* filename);
int ftp_download( const char* filename);

void ftp_abort();

#endif
```

D.3 ftp.c

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>

#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>


#include "ftp.h"
#include "socket.h"
#include "utilities.h"

#define MAX_STRING_SIZE 500

int control_socket_fd;
int data_socket_fd;


//
   ------------------------------------------------------------------------

// READ AND SEND
#if 1
```

```
int ftp_read(char* str,unsigned long str_total_size)
{
    int bytes = 0;
    if( (bytes = recv(control_socket_fd,str,str_total_size,0)) < 0  )
      {
    perror("ftp_read: recv failed\n");
    return -1;
      }
    return bytes;
}

int ftp_send( const char* str,unsigned long str_size)
{
        int bytes = 0;
    if( (bytes = send(control_socket_fd,str,str_size,0)) < 0  )
      {
    perror("ftp_read: recv failed\n");
    return -1;
      }
    return bytes;
}

#endif


//
   ------------------------------------------------------------------------

// CONECT AND DISCONECT
#if 1

int ftp_connect( const char* ip, int port) {

    int socket_fd;
    char read_bytes[MAX_STRING_SIZE];

    //open control socket
    if ((socket_fd = connect_socket_TCP(ip, port)) < 0)
    {
        printf("ftp_connect: Failed to connect socket\n");
        return 1;
    }

    control_socket_fd = socket_fd;
    data_socket_fd    = 0;

    //Try to read with control socket
    if (ftp_read(read_bytes, sizeof(read_bytes))<0)
    {
        printf("ftp_connect: Failed to read\n");
        return 1;
    }

    return 0;
}

int ftp_disconnect() {
    char aux[MAX_STRING_SIZE];

    //read discnnect
        if (ftp_read(aux, sizeof(aux))<0) {
        printf("ftp_disconnect: Failed to disconnect\n");
        return 1;
    }
    //send disconnect
    sprintf(aux, "QUIT\r\n");
    if (ftp_send(aux, strlen(aux))<0) {
        printf("ftp_disconnect: Failed to output QUIT");
        return 1;
```

```
    }

    close(control_socket_fd);

    return 0;
}

#endif

//
   ------------------------------------------------------------------------

// MAIN OPERATIONS
#if 1

int ftp_login( const char* user, const char* password) {

    char aux[MAX_STRING_SIZE];

    //send username
    sprintf(aux, "user %s\r\n", user);
    if (ftp_send( aux, strlen(aux))< 0) {
        printf("ftp_login: ftp_send failure.\n");
        return 1;
    }
    //receive answer to username
    if (ftp_read( aux, sizeof(aux))<0) {
        printf( "ftp_login:Bad response to user\n");
        return 1;
    }

    //send password
    memset(aux, 0, sizeof(aux));//reuse 2send
    sprintf(aux, "pass %s\r\n", password);
    if (ftp_send( aux, strlen(aux))< 0) {
        printf("ftp_login: failed to send password.\n");
        return 1;
    }
    //receive answer to password
    if (ftp_read( aux, sizeof(aux))<0)
    {
        printf( "ftp_login:Bad response to pass\n");
        return 1;
    }

    return 0;
}

int ftp_changedir(const char* path) {

    char aux[MAX_STRING_SIZE];

    //send cwd command
    sprintf(aux, "CWD %s\r\n", path);
    if (ftp_send(aux, strlen(aux))< 0) {
        printf("ftp_changedir:Failed to send\n");
        return 1;
    }

    //get response
    if (ftp_read(aux, sizeof(aux))< 0) {
        printf("ftp_changedir:Failed to get a valid response\n");
        return 1;
    }

    return 0;
}

#define DEBUG_PASV 1
```

```
int ftp_pasv() {

    char aux[MAX_STRING_SIZE] = "PASV\r\n";

    //send pasv msg
    if (ftp_send(aux, strlen(aux))< 0) {
        printf("ftp_pasv: Failed to enter in passive mode\n");
        return 1;
    }

    //receive response
    if (ftp_read(aux, sizeof(aux))<0) {
        printf("ftp_pasv: Failed to receive information to enter
           passive mode\n");
        return 1;
    }

        DEBUG_SECTION(DEBUG_PASV,printf("pasv():received:%s\n",aux);
    );

    // info was received. scan it
    int ip_bytes[4];
    int ports[2];

    if ((sscanf(aux, "%*[^(](%d,%d,%d,%d,%d,%d)",
    ip_bytes,&ip_bytes[1], &ip_bytes[2], &ip_bytes[3], ports, &ports
       [1]))
        !=6 )
    {
        printf("ftp_pasv: Cannot process received data, must receive 6
           bytes\n");
        return 1;
    }

    // reuse aux and get ip
    memset(aux, 0, sizeof(aux));
    if ((sprintf(aux, "%d.%d.%d.%d",
    ip_bytes[0], ip_bytes[1], ip_bytes[2], ip_bytes[3]))
        <7)
    {
        printf("ftp_pasv: Cannot compose ip address\n");
        return 1;
    }

        DEBUG_SECTION(DEBUG_PASV,printf("pasv():ip:%s\n",aux);
    );

    // calculate port
    int portResult = ports[0] * 256 + ports[1];

    printf("IP: %s\n", aux);
    printf("PORT: %d\n", portResult);

    if ((data_socket_fd = connect_socket_TCP(aux, portResult)) < 0) {
        printf( "ftp_pasv: Failed to connect data socket\n");
        return 1;
    }

    return 0;
}

#define DEBUG_RETR 1
int ftp_retr(const char* filename) {
    char aux[MAX_STRING_SIZE];

    //send retr
    sprintf(aux, "RETR %s\r\n", filename);
    //sprintf(aux, "LIST %s\r\n", "");
    if (ftp_send(aux, strlen(aux))< 0) {
```

```
        printf("ftp_retr: Failed to send \n");
        return 1;
    }

    //get respones
    if (ftp_read(aux, sizeof(aux))< 0) {
        printf("ftp_retr: Failed to get response\n");
        return 1;
    }

    DEBUG_SECTION(DEBUG_PASV,printf("ftp_retr_debug_1:%s\n",aux););

    return 0;
}

#define DEBUG_DOWNLOAD 0
int ftp_download(const char* filename) {

  printf("\ndata_%d__cont_%d\n",data_socket_fd,  control_socket_fd);

    FILE* file;
    int bytes;

    //create n open file
    if (!(file = fopen(filename, "w"))) {
        printf("ftp_download: Failed to create/open file\n");
        return 1;
    }


    char buf[MAX_STRING_SIZE];
    while ((bytes = recv(data_socket_fd,buf,MAX_STRING_SIZE,0))>0) {
        if (bytes < 0) {
            perror("ftp_download: Failed to receive from data socket\n"
               );
            fclose(file);
            return 1;
        }

        DEBUG_SECTION(DEBUG_DOWNLOAD,
                  printf("bytes:%d\n",bytes);
                      printf("rec:%s\n",buf);
                 );

        //output received bytes to file
        if ((bytes = fwrite(buf, bytes, 1, file)) < 0) {
            perror("ftp_download: Failed to write data in file\n");
            return 1;
        }
    }

    //close file and data socket
    fclose(file);
    close(data_socket_fd);

    return 0;
}

void ftp_abort()
{
    printf("\n ABORTED! \n");
    if(data_socket_fd) close(data_socket_fd);
    if(control_socket_fd) close(control_socket_fd);

}

#endif
```

D.4 socket.h

```
#ifndef SOCKET
#define SOCKET

/*return socket fd*/
int connect_socket_TCP(const char* ip, int port);

#endif
```

D.5 socket.c

```
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>
//#include <netdb.h>
#include <strings.h>
#include <stdio.h>


#include "socket.h"

int connect_socket_TCP(const char* ip, int port)
{
    //adapted from clientTCP.c

    int socket_fd;
    struct sockaddr_in server_addr;

    // server address handling
    bzero((char*) &server_addr, sizeof(server_addr));
    server_addr.sin_family = AF_INET;
    server_addr.sin_addr.s_addr = inet_addr(ip); /*32 bit Internet
       address network byte ordered*/
    server_addr.sin_port = htons(port); /*server TCP port must be
       network byte ordered */

    // open an TCP socket
    if ((socket_fd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
        perror("connect_socket:socket()");
        return -1;
    }

    // connect to the server
    if (connect(socket_fd, (struct sockaddr *) &server_addr, sizeof(
       server_addr)) < 0) {
        perror("connect_socket:connect()");
        return -1;
    }

    return socket_fd;
}
```

D.6 Utilities.h

```
#ifndef UTILITIES
#define UTILITIES

// section: should be a definition created by the programmer that must
   be equal to zero to avoid running the debug code.

#define DEBUG_SECTION(SECT,CODE) {\
if (SECT != 0)\
{\
CODE\
}\
}

#ifndef TYPEDEF_BOOLEAN_DECLARED_
#define TYPEDEF_BOOLEAN_DECLARED_
typedef int bool;
#endif /* TYPEDEF_BOOLEAN_DECLARED_*/

#define TRUE  1
#define YES   1
#define FALSE 0
#define NO    0
#define OK    0

#define PRINTBYTETOBINARY "%d%d%d%d%d%d%d%d"
#define BYTETOBINARY(byte)\
(byte & 0x80 ? 1 : 0),\
(byte & 0x40 ? 1 : 0),\
(byte & 0x20 ? 1 : 0),\
(byte & 0x10 ? 1 : 0),\
(byte & 0x08 ? 1 : 0),\
(byte & 0x04 ? 1 : 0),\
(byte & 0x02 ? 1 : 0),\
(byte & 0x01 ? 1 : 0)

#endif /* UTILITIES */
```