

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ERIAN ALÍRIO DE OLIVEIRA ALVES - 3862
PEDRO CARDOSO DE CARVALHO MUNDIM - 3877

TRABALHO PRÁTICO 1 - REDES DE COMPUTADORES (CCF 452)

Primeiro Trabalho Prático da disciplina Redes de Computadores - CCF 452, do curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de Viçosa - Campus Florestal

Professora: Thais

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. Introdução | 1 |
| 2. Desenvolvimento: Tecnologia Ethernet | 2 |
| 2.1 Formato dos Quadros e seus Significados | 2 |
| 2.2 Envio dos Quadros na Ethernet | 3 |
| 2.3 Experimento no Wireshark | 3 |
| 3. Desenvolvimento: Tecnologia Wifi | 10 |
| 3.1 Formato dos Quadros e seus Significados | 10 |
| 3.2 Controle de Acesso ao Meio | 11 |
| 3.3 Experimento no Wireshark | 11 |
| 4. Considerações Finais | 19 |
| 5. Referências | 20 |

1. Introdução

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo dirigido sobre tecnologias utilizadas na camada hospedeiro-rede do modelo TCP/IP: Ethernet e Wifi. Para isso, será utilizada a ferramenta *Wireshark*.

Primeiramente, instalou-se o *Wireshark* como proposto na especificação. Ao iniciar a ferramenta para realizar as capturas, ela fornece algumas interfaces possíveis para monitoramento, em que é mostrado o tráfego sobre cada uma delas. A Figura 1, apresenta uma exemplificação de como são mostrados tais tráfegos.

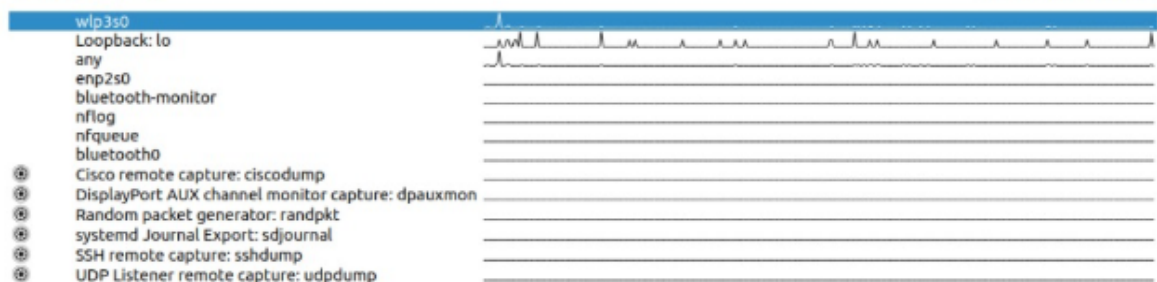


Figura 1: Interfaces Fornecidas no Monitoramento de Tráfegos do Wireshark.

Ao selecionar a interface desejada, o programa redireciona para uma nova tela, a qual contém informações mais detalhadas sobre o tráfego da rede (o que está sendo trafegado, de onde estão vindo, para onde estão indo, dentre outros.).

2. Desenvolvimento: Tecnologia Ethernet

Ethernet é uma arquitetura de interconexão cabeada para redes locais (LAN), baseada no envio de pacotes. Essa arquitetura, define cabeamento e sinais elétricos para a camada física, utilizando o formato de pacotes e protocolos para a subcamada de controle de acesso ao meio. A Ethernet foi padronizada pelo IEEE como 802.3. Para a realização desta atividade, foi necessário a conexão de rede cabeada (Ethernet).

2.1 Formato dos Quadros e seus Significados

Na Figura 2 a seguir é apresentado o formato dos quadros Ethernet. Os números em cada campo, revelam a quantidade de bytes que cada um deles possui.

IEEE 802.3

| | | | | | | |
|-----------|---------------------------------|------------------|-----------------|-------------|-------------------------|------------------------------------|
| 7 | 1 | 6 | 6 | 2 | 46 a 1500 | 4 |
| Preâmbulo | Delimitador de Início de Quadro | Endereço Destino | Endereço Origem | Comprimento | 802.2 Cabeçalho e Dados | Sequência de Verificação de Quadro |

Figura 2: Quadro IEEE 802.3. Fonte:

<http://deptal.estgp.pt:9090/cisco/ccna1/course/module5/5.1.2.3/5.1.2.3.html>

- **Campos Preâmbulo e Delimitador de início de quadro:** os campos Preâmbulo (7 bytes) e Delimitador de início de quadro (1 byte), são usados para a sincronização entre os dispositivos de envio e recebimento. Esses primeiros oito bytes são utilizados para chamar a atenção dos nós receptores. Eles informam aos receptores para se prepararem para receber um novo quadro.
- **Campo Endereço Destino:** esse campo de 6 bytes é o identificador do destinatário desejado.
- **Campo Endereço Origem:** esse campo de 6 bytes identifica a interface de origem do quadro.
- **Campo Comprimento:** o propósito do campo (2 bytes) é descrever qual é o protocolo de camada superior existente.
- **Campo Dados:** contém os dados (46 a 1500 bytes) encapsulados de um nível superior.

- **Campo Sequência de verificação de quadro:** campo Sequência de verificação de quadro (FCS) (4 bytes) é usado para detectar erros em um quadro. Ele usa uma verificação de redundância cíclica (CRC).

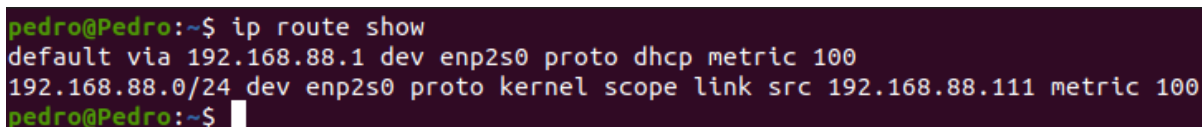
2.2 Envio dos Quadros na Ethernet

A Ethernet usa CSMA/CD como método de acesso para a transmissão e recepção de pacotes de dados. Ele que organiza a forma como os dispositivos de rede compartilham o canal utilizando a tecnologia Ethernet.

- **CS (Carrier Sense):** Capacidade de identificar se está ocorrendo transmissão.
- **MA (Multiple Access):** Capacidade de múltiplos nós concorrerem pela utilização da mídia.
- **CD (Collision Detection):** É responsável por identificar colisões na rede.

2.3 Experimento no Wireshark

Primeiramente, fez-se uso do comando *ip route show* para a obtenção do endereço IP do Gateway padrão configurado. A Figura 3 exibe o resultado do comando citado, sendo o IP em questão 192.168.88.1.



```
pedro@Pedro:~$ ip route show
default via 192.168.88.1 dev enp2s0 proto dhcp metric 100
192.168.88.0/24 dev enp2s0 proto kernel scope link src 192.168.88.111 metric 100
pedro@Pedro:~$
```

Figura 3: Resultado do comando *ip route show*.

Em seguida, foi iniciada a captura de pacotes utilizando a interface Ethernet, da máquina de um dos integrantes da dupla, como mostrado na Figura 4. Por meio da imagem é possível observar que o nome da interface em questão é *enp2s0*.

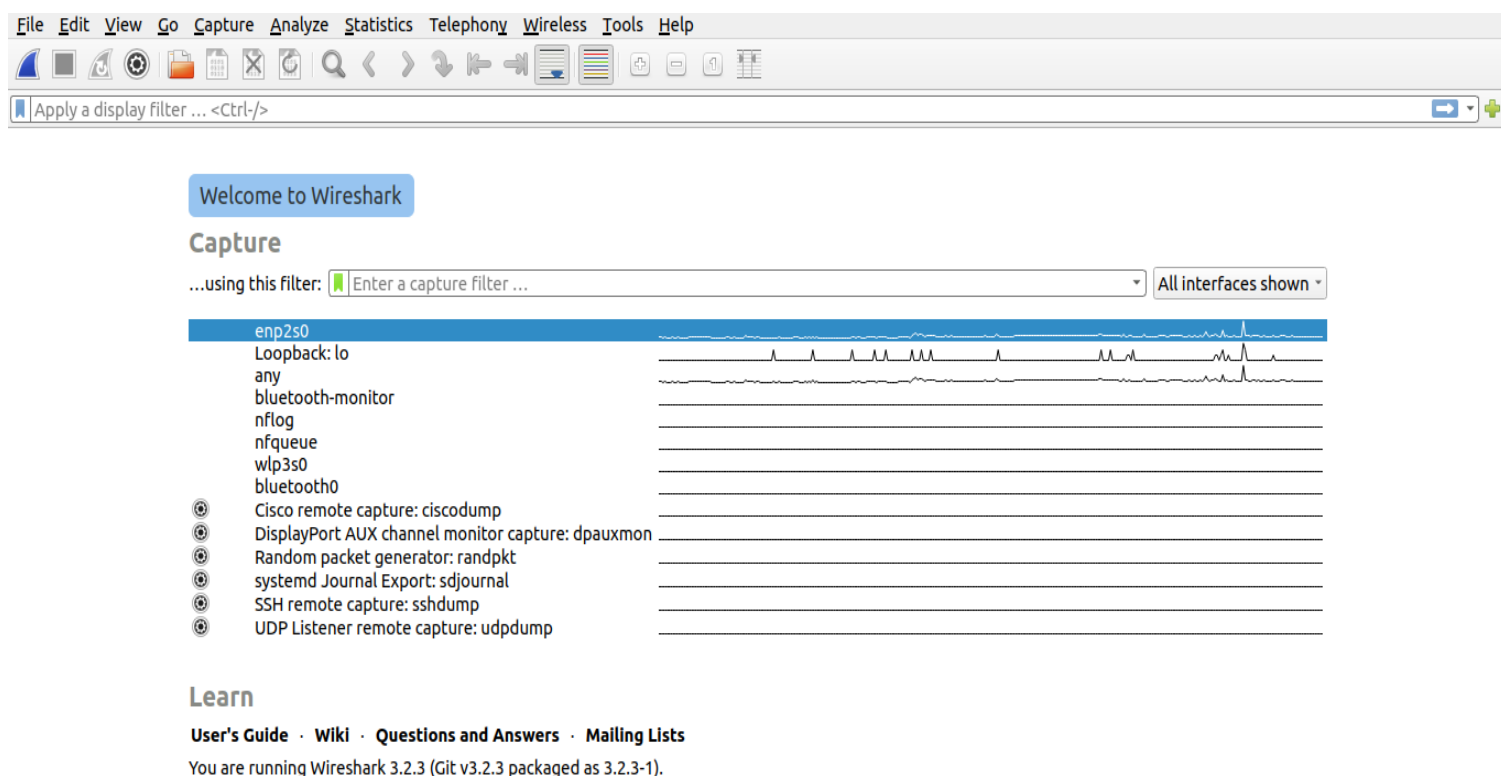


Figura 4: Iniciando a captura no Wireshark com a interface Ethernet.

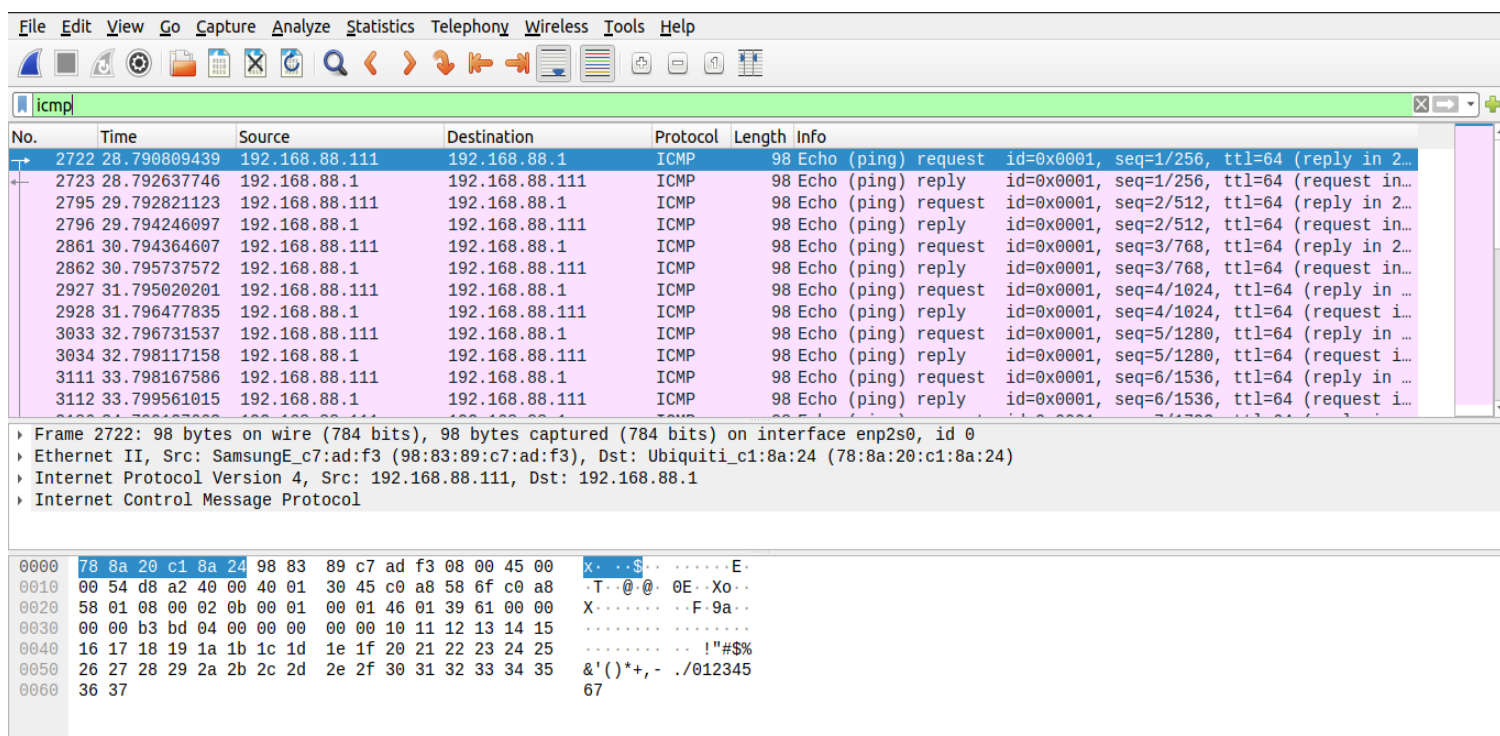
Após o início da captura, foi utilizado o comando ping em conjunto com o endereço IP do Gateway Padrão obtido para produzir um tráfego específico de pacotes na rede que pudesse ser analisado na ferramenta de captura.

O comando ping, que será demonstrado a seguir, é utilizado na medição do tempo de resposta da conexão do computador, o qual encontra-se unido com outros dispositivos na rede local ou Internet. Pequenos pacotes de dados são enviados para sites ou endereços de IP. É então calculado quantos milissegundos (ms) o alvo demora para responder. A Figura 5 demonstra a utilização deste comando.

```
pedro@Pedro:~$ ping 192.168.88.1
PING 192.168.88.1 (192.168.88.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes de 192.168.88.1: icmp_seq=1 ttl=64 tempo=1.85 ms
64 bytes de 192.168.88.1: icmp_seq=2 ttl=64 tempo=1.44 ms
64 bytes de 192.168.88.1: icmp_seq=3 ttl=64 tempo=1.39 ms
64 bytes de 192.168.88.1: icmp_seq=4 ttl=64 tempo=1.50 ms
64 bytes de 192.168.88.1: icmp_seq=5 ttl=64 tempo=1.41 ms
64 bytes de 192.168.88.1: icmp_seq=6 ttl=64 tempo=1.41 ms
64 bytes de 192.168.88.1: icmp_seq=7 ttl=64 tempo=1.32 ms
64 bytes de 192.168.88.1: icmp_seq=8 ttl=64 tempo=1.49 ms
64 bytes de 192.168.88.1: icmp_seq=9 ttl=64 tempo=1.37 ms
64 bytes de 192.168.88.1: icmp_seq=10 ttl=64 tempo=1.54 ms
64 bytes de 192.168.88.1: icmp_seq=11 ttl=64 tempo=1.44 ms
64 bytes de 192.168.88.1: icmp_seq=12 ttl=64 tempo=1.45 ms
64 bytes de 192.168.88.1: icmp_seq=13 ttl=64 tempo=1.63 ms
^C
--- 192.168.88.1 estatísticas de ping ---
13 pacotes transmitidos, 13 recebidos, 0% perda de pacote, tempo 12017ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.320/1.479/1.848/0.130 ms
```

Figura 5: Resultado do comando *ping*.

Após o encerramento da captura de pacotes, é possível selecionar aqueles gerados devido ao comando *ping* por meio da ferramenta de filtro presente na aplicação (wireshark). Como os pacotes gerados pelo comando citado são caracterizados pela presença do protocolo ICMP, basta utilizar essa informação e verificar nas colunas seguintes para confirmar a origem destes pacotes. A Figura 6 ilustra o contexto descrito. Além disso, vale ressaltar a existência de mais duas seções que exibem informações relacionadas aos pacotes.



The screenshot shows the Wireshark network protocol analyzer interface. The top menu bar includes File, Edit, View, Go, Capture, Analyze, Statistics, Telephony, Wireless, Tools, and Help. Below the menu is a toolbar with various icons for file operations, capture control, and analysis. The main display area is divided into three panes:

- Filter:** The filter bar at the top of the packet list pane contains the text `icmp`.
- Packet List:** A table showing a list of captured packets. The columns are No., Time, Source, Destination, Protocol, Length, and Info. The list shows several ICMP Echo (ping) requests and replies between 192.168.88.111 and 192.168.88.1. Packet 2722 is selected.
- Packet Details:** A pane below the packet list showing the hierarchical structure of the selected packet (Frame 2722). It includes Ethernet II, Internet Protocol Version 4, and Internet Control Message Protocol.
- Packet Bytes:** A pane at the bottom showing the raw packet data in hexadecimal and ASCII.

Figura 6: Seleção dos pacotes por uso do filtro ICMP.

Ao realizar a expansão do segmento central, é possível visualizar a presença de informações quanto ao quadro do pacote e detalhes do Ethernet. Alguns destes detalhes são o endereço MAC do destinatário, Figura 7, o endereço MAC do remetente, Figura 8, e o tipo do pacote encapsulado pelo quadro, Figura 9.

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

icmp

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|------|--------------|----------------|----------------|----------|--------|---|
| 2722 | 28.790809439 | 192.168.88.111 | 192.168.88.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x0001, seq=1/256, ttl=64 (reply in 2... |
| 2723 | 28.792637746 | 192.168.88.1 | 192.168.88.111 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x0001, seq=1/256, ttl=64 (request in... |
| 2795 | 29.792821123 | 192.168.88.111 | 192.168.88.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x0001, seq=2/512, ttl=64 (reply in 2... |

[Frame is marked: False]
 [Frame is ignored: False]
 [Protocols in frame: eth:ethertype:ip:icmp:data]
 [Coloring Rule Name: ICMP]
 [Coloring Rule String: icmp || icmpv6]

- Ethernet II, Src: SamsungE_c7:ad:f3 (98:83:89:c7:ad:f3), Dst: Ubiquiti_c1:8a:24 (78:8a:20:c1:8a:24)
 - Destination: Ubiquiti_c1:8a:24 (78:8a:20:c1:8a:24)
 - Source: SamsungE_c7:ad:f3 (98:83:89:c7:ad:f3)
 - Address: SamsungE_c7:ad:f3 (98:83:89:c7:ad:f3)
 -0. = LG bit: Globally unique address (factory default)
 -0. = IG bit: Individual address (unicast)
 - Type: IPv4 (0x0800)
 - Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.88.111, Dst: 192.168.88.1
 - Internet Control Message Protocol

0000 78 8a 20 c1 8a 24 98 83 89 c7 ad f3 08 00 45 00 x. .\$.E.
 0010 00 54 d8 a2 40 00 40 01 30 45 c0 a8 58 6f c0 a8 .T..@. @. 0E. Xo..
 0020 58 01 08 00 02 0b 00 01 00 01 46 01 39 61 00 00 X.F. 9a..
 0030 00 00 b3 bd 04 00 00 00 00 00 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

Figura 7: Endereço MAC do destinatário.

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

icmp

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|------|--------------|----------------|----------------|----------|--------|---|
| 2722 | 28.790809439 | 192.168.88.111 | 192.168.88.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x0001, seq=1/256, ttl=64 (reply in 2... |
| 2723 | 28.792637746 | 192.168.88.1 | 192.168.88.111 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x0001, seq=1/256, ttl=64 (request in... |
| 2795 | 29.792821123 | 192.168.88.111 | 192.168.88.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x0001, seq=2/512, ttl=64 (reply in 2... |

[Frame is marked: False]
 [Frame is ignored: False]
 [Protocols in frame: eth:ethertype:ip:icmp:data]
 [Coloring Rule Name: ICMP]
 [Coloring Rule String: icmp || icmpv6]

- Ethernet II, Src: SamsungE_c7:ad:f3 (98:83:89:c7:ad:f3), Dst: Ubiquiti_c1:8a:24 (78:8a:20:c1:8a:24)
 - Destination: Ubiquiti_c1:8a:24 (78:8a:20:c1:8a:24)
 - Source: SamsungE_c7:ad:f3 (98:83:89:c7:ad:f3)
 - Address: SamsungE_c7:ad:f3 (98:83:89:c7:ad:f3)
 -0. = LG bit: Globally unique address (factory default)
 -0. = IG bit: Individual address (unicast)
 - Type: IPv4 (0x0800)
 - Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.88.111, Dst: 192.168.88.1
 - Internet Control Message Protocol

0000 78 8a 20 c1 8a 24 98 83 89 c7 ad f3 08 00 45 00 x. .\$.E.
 0010 00 54 d8 a2 40 00 40 01 30 45 c0 a8 58 6f c0 a8 .T..@. @. 0E. Xo..
 0020 58 01 08 00 02 0b 00 01 00 01 46 01 39 61 00 00 X.F. 9a..
 0030 00 00 b3 bd 04 00 00 00 00 00 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

Figura 8: Endereço MAC do remetente.

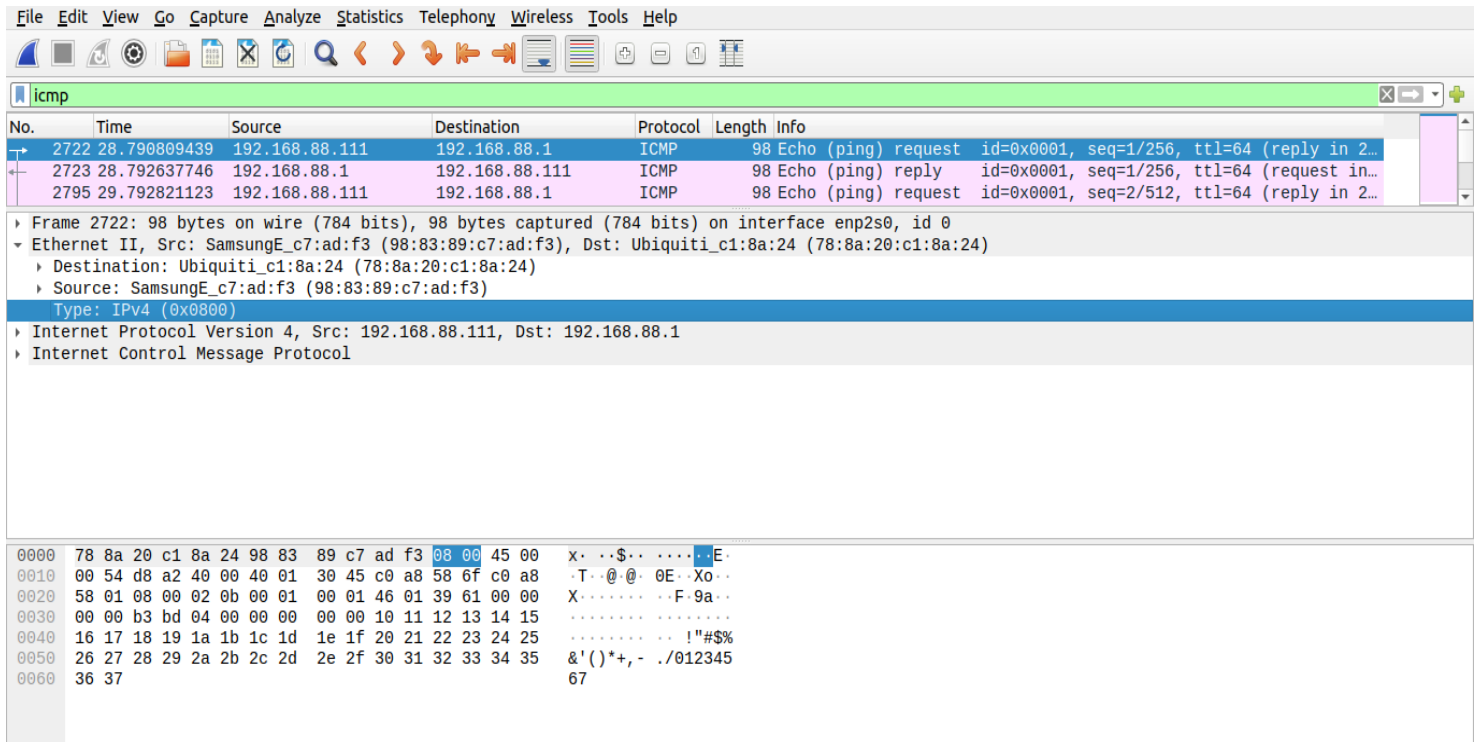


Figura 9: Tipo do pacote encapsulado pelo quadro.

Interessante apontar que, ao selecionar algum dos dados mencionados, os bytes correspondentes a cada informação podem ser visualizados no painel na parte inferior, sendo possível identificar o seu valor e posição no pacote. Por meio disto, constata-se que os seis primeiros bytes estão associados com informação da entidade destinatária e os seis seguintes com a entidade remetente. Ademais, os bytes nas posições décimo terceiro e décimo quarto são aqueles relacionados com o tipo do encapsulamento.

Em seguida, ao utilizar o comando *ifconfig* para obter o endereço físico do computador, Figura 10, é possível observar que tal informação aparece no campo Destination ou Source, dependendo do pacote selecionado.

```

pedro@Pedro:~$ ifconfig
enp2s0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.88.111 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.88.255
    inet6 fe80::63da:c30b:9185:7ed8 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 98:83:89:c7:ad:f3 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 55405 bytes 17353979 (17.3 MB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 127932 bytes 45005470 (45.0 MB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
    inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
    inet6 ::1 prefixlen 128 scopeid 0x10<host>
    loop txqueuelen 1000 (Loopback Local)
    RX packets 1639 bytes 149796 (149.7 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 1639 bytes 149796 (149.7 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

pedro@Pedro:~$

```

Figura 10: Utilizando o comando *ifconfig* para obter o endereço físico do computador.

Tem-se que o pacote ressaltado na Figura 8 foi originado na máquina na qual o experimento foi realizado. Tal informação é atestada pela análise do endereço retornado pelo comando *ifconfig* e a informação no campo Source da figura mencionada.

Em seguida, fez-se uso do comando *arp -a* para obtenção de informações quanto a cache ARP, Figura 11. O ARP, Address Resolution Protocol (Protocolo de resolução de endereços), trata-se de uma tabela que mantém informações quanto ao endereço de outras entidades que a máquina em uso possui algum contato. A utilização do parâmetro *-a* no comando especifica que todas as entradas da tabela devem ser exibidas. A informação retornada pelo comando exibe o endereço IP do Gateway Padrão, a qual já havia sido obtida anteriormente, mas agora tem-se também o endereço físico correspondente a esse Gateway.

```

pedro@Pedro:~$ arp -a
_gateway (192.168.88.1) em 78:8a:20:c1:8a:24 [ether] em enp2s0
pedro@Pedro:~$

```

Figura 11: Utilizando o comando *arp -a* para obtenção de informações quanto a cache ARP.

Partindo das informações obtidas até o momento, o endereço físico da máquina de testes e o endereço IP e físico do Gateway Padrão, ao analisar as informações dos quadros destacados nas Figuras 12 e 13, é possível afirmar que os quadros enviados pela máquina de teste são aqueles com o endereço IP 192.168.88.111 no Source da seção superior e endereço MAC 98:83:89:c7:ad:f3 no campo Source dos dados do quadro. Já em relação ao Gateway Padrão, os quadros enviados por ele possuem como endereço IP 192.168.88.1 no Source da área rosa e endereço físico 78:8a:20:c1:8a:24 nas informações do quadro do pacote.

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|------|--------------|----------------|----------------|----------|--------|---|
| 2722 | 28.790809439 | 192.168.88.111 | 192.168.88.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x0001, seq=1/256, ttl=64 (reply in 2... |
| 2723 | 28.792637746 | 192.168.88.1 | 192.168.88.111 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x0001, seq=1/256, ttl=64 (request in... |
| 2795 | 29.792821123 | 192.168.88.111 | 192.168.88.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x0001, seq=2/512, ttl=64 (reply in 2... |

▶ Frame 2722: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface enp2s0, id 0
 ▶ Ethernet II, Src: SamsungE_c7:ad:f3 (98:83:89:c7:ad:f3), Dst: Ubiquiti_c1:8a:24 (78:8a:20:c1:8a:24)
 ▶ Destination: Ubiquiti_c1:8a:24 (78:8a:20:c1:8a:24)
 ▶ Source: SamsungE_c7:ad:f3 (98:83:89:c7:ad:f3)
 Type: IPv4 (0x0800)
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.88.111, Dst: 192.168.88.1
 ▶ Internet Control Message Protocol

Figura 12: Analisando as informações dos quadros.

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|------|--------------|----------------|----------------|----------|--------|---|
| 2722 | 28.790809439 | 192.168.88.111 | 192.168.88.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x0001, seq=1/256, ttl=64 (reply in 2... |
| 2723 | 28.792637746 | 192.168.88.1 | 192.168.88.111 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x0001, seq=1/256, ttl=64 (request in... |
| 2795 | 29.792821123 | 192.168.88.111 | 192.168.88.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x0001, seq=2/512, ttl=64 (reply in 2... |

▶ Frame 2723: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface enp2s0, id 0
 ▶ Ethernet II, Src: Ubiquiti_c1:8a:24 (78:8a:20:c1:8a:24), Dst: SamsungE_c7:ad:f3 (98:83:89:c7:ad:f3)
 ▶ Destination: SamsungE_c7:ad:f3 (98:83:89:c7:ad:f3)
 ▶ Source: Ubiquiti_c1:8a:24 (78:8a:20:c1:8a:24)
 Type: IPv4 (0x0800)
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.88.1, Dst: 192.168.88.111
 ▶ Internet Control Message Protocol

Figura 13: Analisando as informações dos quadros.

3. Desenvolvimento: Tecnologia Wifi

A Tecnologia Wi-Fi (também conhecida como IEEE 802.11), é padronizada pelo IEEE, e assim como a tecnologia Ethernet, sua função é definir uma série de padrões para transmissão e recepção de quadros. É importante salientar que, devido ao fato destes quadros serem transmitidos por vias sem fio, ele opera de forma diferente da Ethernet. Essa comunicação sem fio (ondas de rádio ou infravermelho) implica em uma rede que opera por difusão e que necessita controlar o acesso ao meio. Para a realização desta atividade, foi necessário a conexão de rede sem fio (Wi-Fi).

3.1 Formato dos Quadros e seus Significados

Na Figura 14 a seguir é apresentado o formato dos quadros Ethernet. Os números em cada campo, revelam a quantidade de bytes que cada um deles possui.



Figura 14: Quadro IEEE 802.11. Fonte:

<http://deptal.estgp.pt:9090/cisco/cena1/course/module4/4.4.4.8/4.4.4.8.html>

- **Controle do quadro:** Esse quadro contém informações de controle usado para definir o tipo de Quadro MAC 802.11.
- **Duração/ID:** este campo indica a duração do uso do canal de transmissão.
- **DA, SA, RA, TA (ou endereços):** dependendo do tipo de pacote que está sendo enviado, este campo carrega diferentes tipos de endereços. Eles podem ser:
 - *Destination Address* – DA (Endereço Destino): indica o endereço MAC do destino final para a recepção do quadro.
 - *Source Address* – AS (Endereço Fonte): indica o endereço MAC da fonte que originou (criou) e transmitiu o quadro.
 - *Receiver Address* – RA (Endereço do Receptor): indica o endereço MAC da próxima estação que irá receber o quadro.

- *Transmitter Address – TA* (Endereço do Transmissor): indica o endereço MAC da estação que transmitiu o quadro na rede sem fio.
- **Controle de sequência:** este campo permite distinguir os diversos fragmentos de um mesmo quadro. Ele é composto por dois subcampos que permitem ordenar os fragmentos novamente: o número do fragmento e o número da sequência.
- **Corpo do Quadro:** contém a informação que está sendo transportada para quadros de dados, normalmente um pacote IP.
- **FCS – Frame Check Sequence:** Contém uma verificação de redundância cíclica (CRC).

3.2 Controle de Acesso ao Meio

O protocolo utilizado para o controle de acesso ao meio é o DFWMAC (Distributed Foundation Wireless Medium Access Control). O protocolo trata também de problemas relacionados com estações que se deslocam para outras células (roaming) e estações perdidas (hidden node). DFWMAC suporta dois métodos de acesso:

- Um método distribuído básico, que é obrigatório;
- Um método centralizado, que é opcional.

Os métodos citados acima podem ser chamados também de funções de coordenação. Estes são utilizados para decidir quando uma estação tem permissão para transmitir.

3.3 Experimento no Wireshark

Já em relação ao experimento de captura de pacotes trafegados na rede Wi-Fi, houve a necessidade de alguns ajustes adicionais para que a captura fosse possível. O modo monitor é uma configuração da interface Wi-Fi da máquina que possibilita o recebimento de todos os pacotes que estão sendo enviados por aquela rede Wi-Fi. Para ativar tal modo no computador que estava sendo realizado os testes, foi utilizado o comando `sudo airmon-ng start wlp2s0`, no qual a última palavra faz referência ao nome da interface de rede da máquina.

```
erlan@erlan-Aspire-A514-53:~$ sudo airmon-ng start wlp2s0
```

| PHY | Interface | Driver | Chipset |
|------|-----------|------------|---|
| phy0 | wlp2s0 | ath10k_pci | Qualcomm Atheros QCA6174 802.11ac Wireless Network Adapter (rev 32) |

```
(mac80211 monitor mode vif enabled for [phy0]wlp2s0 on [phy0]wlp2s0mon)
(mac80211 station mode vif disabled for [phy0]wlp2s0)
```

Figura 15: Comando `sudo airmon-ng start wlp2s0`.

Contudo, após a ativação do modo monitor a dupla notou que o programa Wireshark não estava capturando nenhum pacote da rede. Depois de realizadas algumas pesquisas sobre os possíveis problemas, foi identificado que apesar do computador suportar o modo monitor (Figura 16), o software que fornece controle de baixo nível para esse hardware (firmware) não provia mais suporte a configuração do modo monitor em suas versões mais recentes, como mencionado nas fontes [17] e [18]. Tal adversidade foi observada em ambos os computadores da dupla. Na Figura 17, é possível observar o modelo do chipset de cada membro da dupla.

```
Supported interface modes:
* IBSS
* managed
* AP
* monitor
* mesh point
* P2P-client
* P2P-GO
* P2P-device
```

Figura 16: Execução do comando `iw list` e verificação dos modos suportados pela interface de rede

```
erlangerlan-Asptre-A514-S3:~$ sudo airmon-ng
PHY      Interface      Driver      Chipset
phy0     wlp2s0          ath10k_pci  Qualcomm Atheros QCA6174 802.11ac Wireless Network Adapter (rev 32)

pedro@Pedro:~$ sudo airmon-ng
[sudo] senha para pedro:
PHY      Interface      Driver      Chipset
phy0     wlp3s0          ath10k_pci  Qualcomm Atheros QCA9377 802.11ac Wireless Network Adapter (rev 31)
```

Figura 17: Verificação do modelo do chipset nas máquinas dos membros da dupla.

Para tentar resolver o problema encontrado, as fontes [17] e [18], já mencionadas, indicam que a instalação de uma versão do firmware mais antiga do chipset resolveria o problema devido ao fato de nessas versões anteriores o suporte ao modo monitor ainda estar presente.

Após a substituição do firmware por uma edição mais antiga na máquina em que os experimentos foram realizados, o grupo conseguiu realizar a captura dos pacotes trafegados na rede Wi-Fi, como pode ser observado na Figura 18.

Apply a display filter ... <Ctrl-/>

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|-----|-------------|-------------------------|-------------------------|----------|--------|--|
| 1 | 0.000000000 | Tp-LinkT_bb:0d:27 | Broadcast | 802.11 | 310 | Beacon frame, SN=1652, FN=0, Flags=....., BI=100, SSID=... |
| 2 | 0.010052399 | Tp-LinkT_3d:5c:ea (...) | 48:90:2f:dd:b4:13 (...) | 802.11 | 76 | 802.11 Block Ack, Flags=..... |
| 3 | 0.042415976 | Tp-LinkT_3d:5c:ea (...) | 48:90:2f:dd:b4:13 (...) | 802.11 | 76 | 802.11 Block Ack, Flags=..... |
| 4 | 0.045772306 | HuaweiTe_0f:a8:54 | Broadcast | 802.11 | 340 | Beacon frame, SN=709, FN=0, Flags=....., BI=100, SSID=... |
| 5 | 0.085761363 | Tp-LinkT_3d:5c:ea | Broadcast | 802.11 | 310 | Beacon frame, SN=2124, FN=0, Flags=....., BI=100, SSID=... |
| 6 | 0.102712483 | Tp-LinkT_bb:0d:27 | Broadcast | 802.11 | 310 | Beacon frame, SN=1653, FN=0, Flags=....., BI=100, SSID=... |
| 7 | 0.148463152 | HuaweiTe_0f:a8:54 | Broadcast | 802.11 | 340 | Beacon frame, SN=710, FN=0, Flags=....., BI=100, SSID=... |
| 8 | 0.155186083 | Tp-LinkT_3d:5c:ea (...) | 48:90:2f:dd:b4:13 (...) | 802.11 | 68 | 802.11 Block Ack Req, Flags=..... |
| 9 | 0.155856059 | Tp-LinkT_3d:5c:ea (...) | 48:90:2f:dd:b4:13 (...) | 802.11 | 68 | 802.11 Block Ack Req, Flags=..... |
| 10 | 0.155863035 | | 48:90:2f:dd:b4:13 (...) | 802.11 | 58 | Clear-to-send, Flags=..... |

Frame 1: 310 bytes on wire (2480 bits), 310 bytes captured (2480 bits) on interface wlp2s0mon, id 0

- Radiotap Header v0, Length 48
- 802.11 radio information
- IEEE 802.11 Beacon frame, Flags:
- IEEE 802.11 Wireless Management

```

0000 00 00 30 00 2f 40 10 a0 20 08 00 a0 20 08 00 00  --0./@...
0010 f4 a3 5b 03 00 00 00 00 00 02 99 09 a0 00 b6 00  --[.....
0020 00 00 00 00 5b 1b 00 00 0c 00 00 00 a3 00 b6 01  --[.....
0030 00 00 00 00 ff ff ff ff ff ff 68 ff 7b bb 0d 27  --.....h{...
0040 68 ff 7b bb 0d 27 40 67 3d b1 e8 a7 59 01 00 00  h{...'@g =...Y...
0050 64 00 11 04 00 09 4f 6e 4e 65 74 5f 4c 56 45 01  d....On Net_LVE...
0060 08 82 84 0b 96 12 24 48 6c 03 01 0b 32 04 0c 18  ....SH l...2...
0070 30 60 33 08 20 01 02 03 04 05 06 07 33 08 21 05  0'3'.....3!...
0080 06 07 08 09 0a 0b 05 04 00 01 00 28 dd 31 00 50  ....(..1.P...
0090 f2 04 10 4a 00 01 10 10 44 00 01 02 10 47 00 10  --J....D...G...
00a0 38 83 30 92 30 92 18 83 9c 77 68 ff 7b bb 0d c4  8'0'0...wh{...

```

Figura 18: Pacotes capturados da rede Wi-Fi.

Um detalhe importante em relação ao modo monitor a ser mencionado, é que ao realizar a sua ativação a conexão com a internet da máquina em uso é cortada. Partindo deste ponto, não foi possível realizar as atividades de ping, obtenção do Gateway Padrão, verificação do endereço da máquina nos frames de algum dos pacotes e as outras tarefas que eram dependentes dessas. Apesar disso, ainda pode-se visualizar a disposição de algumas informações no quadro de um pacote capturado na rede Wi-Fi. Na Figura 19, é mostrado qual o tipo de um quadro e onde essa informação se encontra no painel de bytes.

Apply a display filter ... <Ctrl-/>

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|-----|-------------|-------------------------|-------------------------|----------|--------|--|
| 1 | 0.000000000 | Tp-LinkT_bb:0d:27 | Broadcast | 802.11 | 310 | Beacon frame, SN=1652, FN=0, Flags=....., BI=100, SSID=... |
| 2 | 0.010052399 | Tp-LinkT_3d:5c:ea (...) | 48:90:2f:dd:b4:13 (...) | 802.11 | 76 | 802.11 Block Ack, Flags=..... |
| 3 | 0.042415976 | Tp-LinkT_3d:5c:ea (...) | 48:90:2f:dd:b4:13 (...) | 802.11 | 76 | 802.11 Block Ack, Flags=..... |

Antenna: 0
Antenna signal: -74dBm
Antenna: 1

- 802.11 radio information
- IEEE 802.11 Beacon frame, Flags:
- Type/Subtype: Beacon frame (0x0008)
 - Frame Control Field: 0x0000
 -00 = Version: 0
 -00.. = Type: Management frame (0)
 - 1000.... = Subtype: 8
 - Flags: 0x00
 - ..000 0000 0000 0000 = Duration: 0 microseconds
 - Receiver address: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
 - Destination address: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
 - Transmitter address: Tp-LinkT_bb:0d:27 (68:ff:7b:bb:0d:27)
 - Source address: Tp-LinkT_bb:0d:27 (68:ff:7b:bb:0d:27)
 - BSS Id: Tp-LinkT_bb:0d:27 (68:ff:7b:bb:0d:27)

```

0030 80 00 00 00 ff ff ff ff ff ff 68 ff 7b bb 0d 27  --.....h{...'
0040 68 ff 7b bb 0d 27 40 67 3d b1 e8 a7 59 01 00 00  h{...'@g =...Y...
0050 64 00 11 04 00 09 4f 6e 4e 65 74 5f 4c 56 45 01  d....On Net_LVE...
0060 08 82 84 0b 96 12 24 48 6c 03 01 0b 32 04 0c 18  ....SH l...2...
0070 30 60 33 08 20 01 02 03 04 05 06 07 33 08 21 05  0'3'.....3!...
0080 06 07 08 09 0a 0b 05 04 00 01 00 28 dd 31 00 50  ....(..1.P...
0090 f2 04 10 4a 00 01 10 10 44 00 01 02 10 47 00 10  --J....D...G...
00a0 38 83 30 92 30 92 18 83 9c 77 68 ff 7b bb 0d c4  8'0'0...wh{...
00b0 10 3c 00 01 01 10 49 00 06 00 37 2a 00 01 20 2a  -<....I...7*...
00c0 01 04 2d 1a ec 01 17 ff 00 00 00 00 00 00 00  --<....I...7*...
00d0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 3d 16  --.....=...

```

Figura 19: Informação quanto ao tipo de um quadro de um pacote capturado na rede Wi-Fi.

Já nas figuras 20 e 21, pode-se observar o endereço da entidade que originou o pacote e da entidade destinatária e também onde tais dados se localizam no painel de bytes, respectivamente.

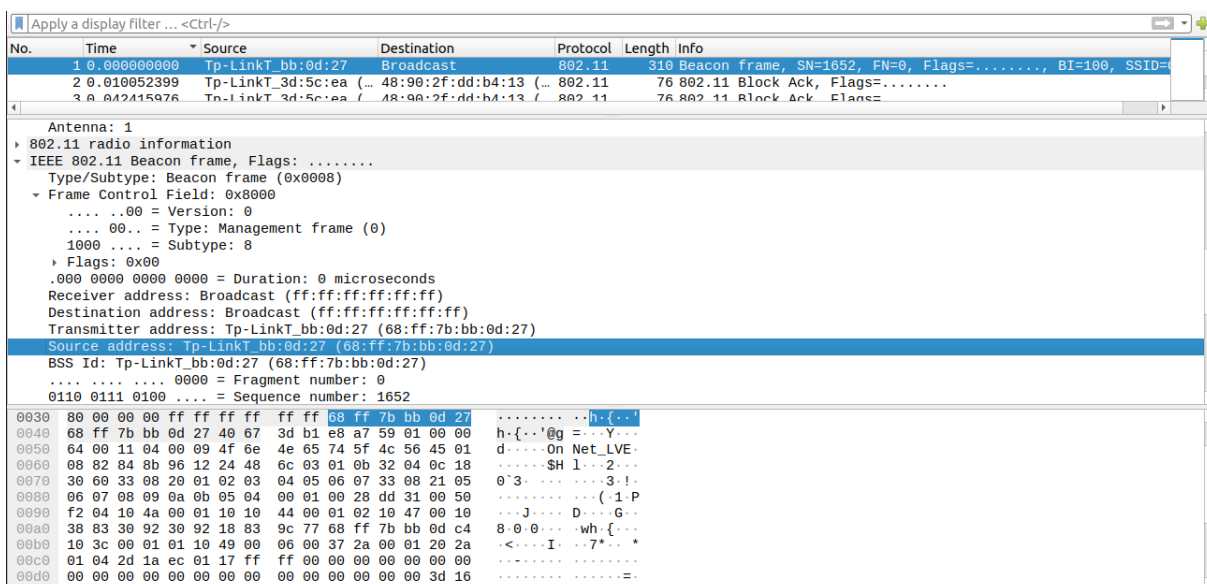


Figura 20: Informação quanto ao remetente de um quadro de um pacote capturado na rede Wi-Fi.

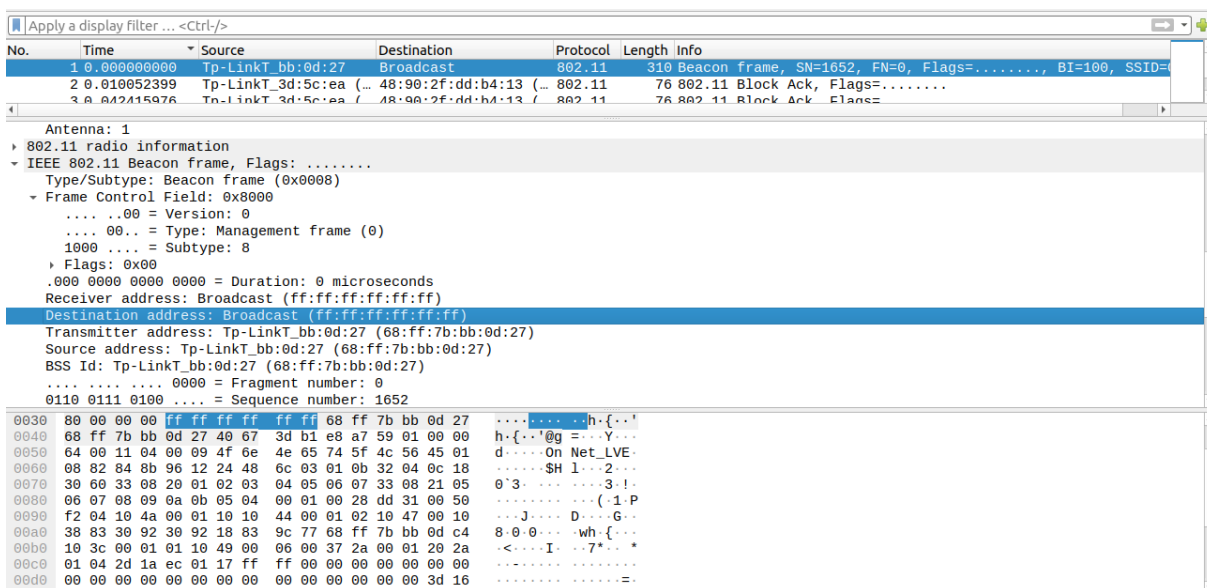


Figura 21: Informação quanto ao destinatário de um quadro de um pacote capturado na rede Wi-Fi.

Em relação a velocidade do Wi-Fi, uma unidade possível para medida de tal grandeza é a Data Rate (taxa de dados). Existem cinco itens que afetam essa unidade de medida, os quais serão apresentados mais adiante. Como a quantidade de combinações possíveis é bem abrangente, tais fatores foram agrupados em uma tabela para facilitar na consulta das informações para cada tipo de configuração (Figura 22).

MCS Index - 802.11n and 802.11ac

| | | | | | 20MHz | | 40MHz | | 80MHz | | 160MHz | |
|--------|---------|-----------------|------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| HT MCS | VHT MCS | Spatial Streams | Modulation | Coding | Data Rate | Data Rate | Data Rate | Data Rate | Data Rate | Data Rate | Data Rate | Data Rate |
| Index | Index | | | | No SGI | SGI | No SGI | SGI | No SGI | SGI | No SGI | SGI |
| 0 | 0 | 1 | BPSK | 1/2 | 6.5 | 7.2 | 13.5 | 15 | 29.3 | 32.5 | 58.5 | 65 |
| 1 | 1 | 1 | QPSK | 1/2 | 13 | 14.4 | 27 | 30 | 58.5 | 65 | 117 | 130 |
| 2 | 2 | 1 | QPSK | 3/4 | 19.5 | 21.7 | 40.5 | 45 | 87.8 | 97.5 | 175.5 | 195 |
| 3 | 3 | 1 | 16-QAM | 1/2 | 26 | 28.9 | 54 | 60 | 117 | 130 | 234 | 260 |
| 4 | 4 | 1 | 16-QAM | 3/4 | 39 | 43.3 | 81 | 90 | 175.5 | 195 | 351 | 390 |
| 5 | 5 | 1 | 64-QAM | 2/3 | 52 | 57.8 | 108 | 120 | 234 | 260 | 468 | 520 |
| 6 | 6 | 1 | 64-QAM | 3/4 | 58.5 | 65 | 121.5 | 135 | 263.3 | 292.5 | 526.5 | 585 |
| 7 | 7 | 1 | 64-QAM | 5/6 | 65 | 72.2 | 135 | 150 | 292.5 | 325 | 585 | 650 |
| | 8 | 1 | 256-QAM | 3/4 | 78 | 86.7 | 162 | 180 | 351 | 390 | 702 | 780 |
| | 9 | 1 | 256-QAM | 5/6 | n/a | n/a | 180 | 200 | 390 | 433.3 | 780 | 866.7 |
| 8 | 0 | 2 | BPSK | 1/2 | 13 | 14.4 | 27 | 30 | 58.5 | 65 | 117 | 130 |
| 9 | 1 | 2 | QPSK | 1/2 | 26 | 28.9 | 54 | 60 | 117 | 130 | 234 | 260 |
| 10 | 2 | 2 | QPSK | 3/4 | 39 | 43.3 | 81 | 90 | 175.5 | 195 | 351 | 390 |
| 11 | 3 | 2 | 16-QAM | 1/2 | 52 | 57.8 | 108 | 120 | 234 | 260 | 468 | 520 |
| 12 | 4 | 2 | 16-QAM | 3/4 | 78 | 86.7 | 162 | 180 | 351 | 390 | 702 | 780 |
| 13 | 5 | 2 | 64-QAM | 2/3 | 104 | 115.6 | 216 | 240 | 468 | 520 | 936 | 1040 |
| 14 | 6 | 2 | 64-QAM | 3/4 | 117 | 130.3 | 243 | 270 | 526.5 | 585 | 1053 | 1170 |
| 15 | 7 | 2 | 64-QAM | 5/6 | 130 | 144.4 | 270 | 300 | 585 | 650 | 1170 | 1300 |
| | 8 | 2 | 256-QAM | 3/4 | 156 | 173.3 | 324 | 360 | 702 | 780 | 1404 | 1560 |
| | 9 | 2 | 256-QAM | 5/6 | n/a | n/a | 360 | 400 | 780 | 866.7 | 1560 | 1733.3 |
| 16 | 0 | 3 | BPSK | 1/2 | 19.5 | 21.7 | 40.5 | 45 | 87.8 | 97.5 | 175.5 | 195 |
| 17 | 1 | 3 | QPSK | 1/2 | 39 | 43.3 | 81 | 90 | 175.5 | 195 | 351 | 390 |
| 18 | 2 | 3 | QPSK | 3/4 | 58.5 | 65 | 121.5 | 135 | 263.3 | 292.5 | 526.5 | 585 |
| 19 | 3 | 3 | 16-QAM | 1/2 | 78 | 86.7 | 162 | 180 | 351 | 390 | 702 | 780 |
| 20 | 4 | 3 | 16-QAM | 3/4 | 117 | 130 | 243 | 270 | 526.5 | 585 | 1053 | 1170 |
| 21 | 5 | 3 | 64-QAM | 2/3 | 156 | 173.3 | 324 | 360 | 702 | 780 | 1404 | 1560 |
| 22 | 6 | 3 | 64-QAM | 3/4 | 175.5 | 195 | 364.5 | 405 | n/a | n/a | 1579.5 | 1755 |
| 23 | 7 | 3 | 64-QAM | 5/6 | 195 | 216.7 | 405 | 450 | 877.5 | 975 | 1755 | 1950 |
| | 8 | 3 | 256-QAM | 3/4 | 234 | 260 | 486 | 540 | 1053 | 1170 | 2106 | 2340 |
| | 9 | 3 | 256-QAM | 5/6 | 260 | 288.9 | 540 | 600 | 1170 | 1300 | n/a | n/a |

Figura 22: Tabela do MCS Index. Fonte: <https://www.onehospitality.co.th/what-drives-wifi-speed/>

Ao utilizar o recurso de pesquisar as informações capturadas por diversos filtros, é possível identificar quais pacotes presentes na captura possuem o índice MCS, como é mostrado na Figura 23.

| wlan_radio.11n.mcs_index | | | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|--------------------|----------|--------|---|
| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
| 16247 | 158.529364419 | Tp-LinkT_3d:5c:ea | 48:9b:2f:dd:b4:13 | 802.11 | 154 | QoS Data, SN=2775, FN=0, Flags=.p..R.F. |
| 24857 | 252.662152785 | Tp-LinkT_3d:5c:ea | Positivo_af:50:35 | 802.11 | 147 | QoS Data, SN=2738, FN=0, Flags=.p....F. |
| 24858 | 252.662157825 | Tp-LinkT_3d:5c:ea | Positivo_af:50:35 | 802.11 | 151 | QoS Data, SN=2740, FN=0, Flags=.p....F. |
| 24859 | 252.662159841 | Tp-LinkT_3d:5c:ea | Positivo_af:50:35 | 802.11 | 147 | QoS Data, SN=2741, FN=0, Flags=.p....F. |
| 24860 | 252.662162119 | Tp-LinkT_3d:5c:ea | Positivo_af:50:35 | 802.11 | 147 | QoS Data, SN=2742, FN=0, Flags=.p....F. |
| 24861 | 252.662164049 | Tp-LinkT_3d:5c:ea | Positivo_af:50:35 | 802.11 | 155 | QoS Data, SN=2743, FN=0, Flags=.p....F. |
| 24862 | 252.662204806 | Tp-LinkT_3d:5c:ea | Positivo_af:50:35 | 802.11 | 241 | QoS Data, SN=2744, FN=0, Flags=.p....F. |
| ▶ Frame 16247: 154 bytes on wire (1232 bits), 154 bytes captured (1232 bits) on interface wlp2s0mon, id 0 ▶ Radiotap Header v0, Length 52 ▶ 802.11 radio information ▶ IEEE 802.11 QoS Data, Flags: .p..R.F. ▶ Data (68 bytes) | | | | | | |
| 0000 | 00 00 34 00 2b 40 18 a0 | 20 08 00 a0 20 08 00 00 | ...4+@... .. | | | |
| 0010 | 10 09 ce 0c 00 00 00 00 | 00 09 99 09 00 04 ad 00 | | | | |
| 0020 | 00 00 07 04 01 00 00 00 | 29 79 00 00 0c 00 00 00 |}y..... | | | |
| 0030 | a5 00 ac 01 88 4a 3c 00 | 48 9b 2f dd b4 13 ac 84 | ...J<...H/..... | | | |
| 0040 | c6 3d 5c ea ac 84 c6 3d | 5c ea 70 ad 04 00 fe 0b | ...=\\...= \p..... | | | |
| 0050 | 00 20 04 00 00 00 0e 82 | 8b a7 5d 3c ab e5 01 12 | ...n...]<..... | | | |
| 0060 | cc fd eb 51 a1 5a 83 b6 | 95 0a 05 b0 05 8d f9 ec | ...Q.Z..... | | | |
| 0070 | e1 cd 55 dd 5b 67 23 ee | f4 0b a3 89 9d 54 c0 67 | ...U[g#.....Tg | | | |
| 0080 | 7d 77 72 47 90 1e c4 7b | b5 3e c3 ae f3 3f 05 1a | }wrG...{>...?... | | | |
| 0090 | fa 19 e6 3f f8 be 2f 39 | 59 4a | ...?.../9 YJ | | | |

Figura 23: Pacotes capturados que possuem o índice MCS.

A fim de visualizar qual o índice MCS dos pacotes capturados e assim conferir se as informações presentes no pacote correspondem com os dados presentes na tabela, realizou-se a expansão da seção “802.11 radio information” pois era o local de agregação das informações relacionadas com a tabela. Com base nos dados expostos, nota-se que a variante 802.11 utilizada é a 802.11n. Além disso, é possível observar que o SGI está ativo; que a largura de banda é de 20MHz; que a frequência de rádio é de 2457MHz e, consultado tais informações na tabela, extrai-se que a modulação utilizada é a QPSK.

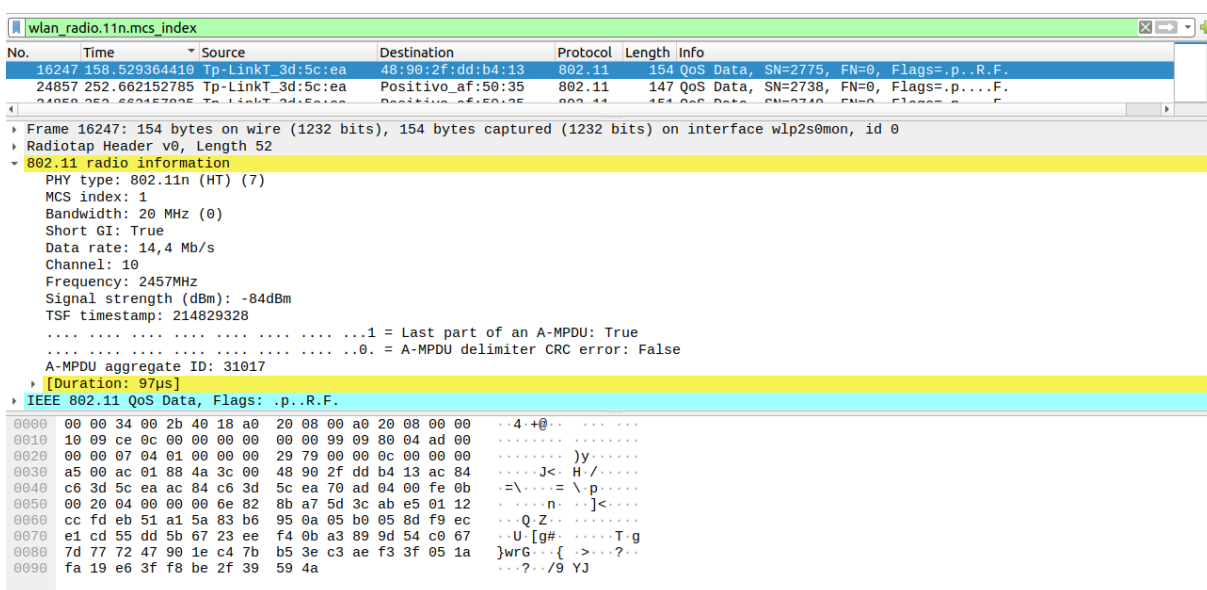


Figura 24: Informações do pacote relacionado com o índice MCS e os dados da tabela da Figura 22.

Na sequência, é percorrido sobre o significado de cada elemento presente na tabela.

MCS Index

Existem 8 níveis de índices para 802.11n (HT) e 10 para 802.11ac (VHT) por fluxo espacial. Quanto maior o índice, maior a taxa de dados. O 802.11n utiliza um índice de execução que começa de 0 a 31. A taxa máxima de dados é de 600 Mbps em 4 fluxos espaciais.

Já o 802.11ac mudou a forma como ele indexa. Em vez de executar índices, ele vincula MCS a um único fluxo espacial, de 0 a 9. Como a taxa de dados é um produto de MCS individual e o número de fluxos de dados, para calcular a taxa de dados, basta multiplicar a taxa de dados de fluxo único correspondente pelo número de fluxos espaciais (spatial streams). Por exemplo, MCS 4 a 40 MHz é 90 Mbps, portanto, em um dispositivo 3×3 , sua taxa de dados é $90 \text{ Mbps} \times 3 = 270 \text{ Mbps}$. A Figura seguinte mostra esse exemplo.

| | | | | | 20MHz | | 40MHz | | 80MHz | | 160MHz | |
|-------|-------|---------|------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| HT | VHT | | | | Data Rate | Data Rate | Data Rate | Data Rate | Data Rate | Data Rate | Data Rate | Data Rate |
| MCS | MCS | Spatial | Modulation | Coding | | | | | | | | |
| Index | Index | Streams | | | No SGI | SGI | No SGI | SGI | No SGI | SGI | No SGI | SGI |
| 0 | 0 | 1 | BPSK | 1/2 | 6.5 | 7.2 | 13.5 | 15 | 29.3 | 32.5 | 58.5 | 65 |
| 1 | 1 | 1 | QPSK | 1/2 | 13 | 14.4 | 27 | 30 | 58.5 | 65 | 117 | 130 |
| 2 | 2 | 1 | QPSK | 3/4 | 19.5 | 21.7 | 40.5 | 45 | 87.8 | 97.5 | 175.5 | 195 |
| 3 | 3 | 1 | 16-QAM | 1/2 | 26 | 28.9 | 54 | 60 | 117 | 130 | 234 | 260 |
| 4 | 4 | 1 | 16-QAM | 3/4 | 39 | 43.3 | 81 | 90 | 175.5 | 195 | 351 | 390 |
| 5 | 5 | 1 | 64-QAM | 2/3 | 52 | 57.8 | 108 | 120 | 234 | 260 | 468 | 520 |

Figura 25: Exemplo apresentado. Fonte: <https://www.onehospitality.co.th/what-drives-wifi-speed/>

Agora serão apresentadas as definições de cada item desta tabela, com alguns detalhes.

- **HT MCS Index**

Usado por 802.11n. Representado por um número inteiro no intervalo de 0-76.

- **VHT MCS Index**

Usado por 802.11ac. Representado por um número inteiro no intervalo de 0-9.

- **Spatial Streams**

Wi-Fi Spatial streaming é uma técnica de transmissão usada na comunicação sem fio MIMO para transmitir sinais de dados codificados separadamente e independentes, chamados de streams. Isso resulta no espaço sendo reutilizado, ou multiplexado, mais de uma vez.

- **Modulation**

Define a fase e a amplitude necessárias para a computação de bits, de BPSK a QPSK a 16-QAM, 64-QAM e 256-QAM.

- **Coding**

Taxa de bits transferidos e Correção de Erro Forward. Uma codificação 1/2 significa que dois bits são transferidos e um é recebido. Minimizar o esquema de codificação implica no envio de dados mais rápido e, ao mesmo tempo, em perda de robustez.

- **Data Width**

Especifica o canal usado: 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz e 160 MHz.

A seguir, será explicado o porquê cada um desses itens afeta na velocidade da internet.

- **Modulation:** quanto maior a taxa de bits, mais dados ele transmite por ciclo de onda.
- **Spatial Streams:** uma quantidade maior de spatial streams permite uma quantidade maior de dados transmitidos.
- **Coding:** A codificação é a proporção de dados por correção de erro. Por exemplo, usar a codificação 2/3 (66,67%) transmite menos dados em comparação com a codificação 3/4 (75%).

- **Data Width:** O WiFi utiliza largura de canal de 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz e 160 MHz. E, novamente, quanto mais amplo o canal, mais dados ele acomoda.

Tendo os dados discutidos anteriormente, é possível utilizar o Teorema de Nyquist para calcular a taxa teórica de transmissão de dados. O teorema é denotado por:

$$R = 2B \log_2 V \text{ bits/s}$$

- B = largura de banda do canal.
- 2B = taxa de amostragem.
- V = número de níveis discretos do sinal.
- $\log_2 V$ = bits de amostragem.

$$R = (2 * 20M) * \log_2 2 = 40Mbps$$

Utilizando o teorema temos a taxa teórica de 40Mbps, a qual diferencia-se da taxa encontrada na tabela e no wireshark. Essa diferença é devido tratar-se de uma fórmula teórica e pode não estar levando em consideração outros fatores práticos.

4. Considerações Finais

Com este trabalho foi possível complementar o conteúdo visto até então na disciplina, uma vez que nem sempre há tempo suficiente para abordar os conteúdos práticos juntamente com a parte teórica. Além disso, foi proporcionado um maior entendimento sobre como funcionam as duas interfaces de redes estudadas, bem como aprender alguns comandos do sistema operacional Linux para melhor utilização das mesmas.

5. Referências

- [1]Wikipedia, **Ethernet**. Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ethernet>. Acesso em Setembro de 2021.
- [2]Deptal, **Protocolo Ethernet**. Disponível em: <http://deptal.estgp.pt:9090/cisco/ccna1/course/module5/5.1.2.3/5.1.2.3.html>. Acesso em Setembro de 2021.
- [3]USP, **Conceitos Básicos de Ethernet**. Disponível em: http://www.lsi.usp.br/~acacio/CCNA_Cap06Mod01.pdf. Acesso em Setembro de 2021.
- [4]Wikipedia, **CSMA/CD**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/CSMA/CD>. Acesso em Setembro de 2021.
- [5]Wikipedia, **Wi-Fi**. Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>. Acesso em Setembro de 2021.
- [6]Deptal, **Controle de Acesso ao Meio**. Disponível em: <http://deptal.estgp.pt:9090/cisco/ccna1/course/module4/4.4.4.8/4.4.4.8.html>. Acesso em Setembro de 2021.
- [7]UFRJ, **MAC (padrão IEEE 802.11)**. Disponível em: https://www.gta.ufrj.br/grad/00_2/ieee/WMAC.htm. Acesso em Setembro de 2021.
- [8]Techtudo, **Como 'pingar' no cmd? Saiba testar o ping e ver sua conexão de Internet**. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/2020/03/como-pingar-no-cmd-saiba-testar-o-ping-e-ver-sua-conexao-de-internet.ghtml>. Acesso em Setembro de 2021.
- [9]One Hospitality, **What drives wifi speed**. Disponível em: <https://www.onehospitality.co.th/what-drives-wifi-speed/>. Acesso em Setembro de 2021.
- [10]Wireless LAN Professionals, **MCS Table and How To Use it**. Disponível em: <https://wlanprofessionals.com/mcs-table-and-how-to-use-it/>. Acesso em Setembro de 2021.
- [11]Digital Air The Wi-Fi Experts, **Wi-Fi Spatial Streaming Explained**. Disponível em: <https://www.digitalairwireless.com/articles/blog/wi-fi-spatial-streaming-explained>. Acesso em Setembro de 2021.
- [12]Cell Stream, **How do I get Linux/Ubuntu to show interfaces in Wireshark?** Disponível em:

<https://www.cellstream.com/reference-reading/faq/106-how-do-i-get-ubuntu-to-show-interfaces-in-wireshark>. Acesso em Setembro de 2021.

[13]Cell Stream, **Capturing Wi-Fi WLAN Packets in Wireshark on Linux**. Disponível em: <https://www.cellstream.com/reference-reading/tipsandtricks/335-capturing-wi-fi-wlan-packets-in-wireshark-on-linux>. Acesso em Setembro de 2021.

[14]Linux Hint, **How to Capture Wi-Fi Traffic Using Wireshark**. Disponível em: https://linuxhint.com/capture_wi-fi_traffic_using_wireshark/. Acesso em Setembro de 2021.

[15]Linux Force, **Comandos Linux – Comando arp**. Disponível em: <https://www.linuxforce.com.br/comandos-linux/comandos-linux-comando-arp/>. Acesso em Setembro de 2021.

[16]Wireshark, **Display Filter Reference: 802.11 radio information**. Disponível em: https://www.wireshark.org/docs/dfref/w/wlan_radio.html. Acesso em Setembro de 2021.

[17]Aircrack-ng Forum, Disponível em: <https://forum.aircrack-ng.org/index.php/topic,1521.60.html>. Acesso em Setembro de 2021.

[18]Miloserdov, **Wi-Fi adapter Qualcomm Atheros QCA9377 does not capture data packets in monitor mode**. Disponível em: <https://miloserdov.org/?p=5553>. Acesso em Setembro de 2021.

[19]Geeks For Geeks, **How to Put WiFi Interface into Monitor Mode in Linux?** Disponível em: <https://www.geeksforgeeks.org/how-to-put-wifi-interface-into-monitor-mode-in-linux/>. Acesso em Setembro de 2021.