

Universidade do Minho

Licenciatura em Engenharia Informática

Redes de Computadores

Trabalho Prático 4

Grupo 101

Ana Murta (A93284)
Ana Henriques (A93268)
Leonardo Freitas (A93281)

maio, 2022

Conteúdo

1 Redes sem Fios (<i>Wi-Fi</i>)	4
1.1 Acesso Rádio	4
1.1.1 Questão 1	4
1.1.2 Questão 2	4
1.1.3 Questão 3	5
1.2 <i>Scanning</i> Passivo e <i>Scanning</i> Ativo	6
1.2.1 Questão 4	6
1.2.2 Questão 5	6
1.2.3 Questão 6	7
1.2.4 Questão 7	7
1.2.5 Questão 8	8
1.2.6 Questão 9	9
1.2.7 Questão 10	10
1.2.8 Questão 11	10
1.3 Processo de Associação	11
1.3.1 Questão 12	11
1.3.2 Questão 13	11
1.4 Transferência de dados	12
1.4.1 Questão 14	12
1.4.2 Questão 15	12
1.4.3 Questão 16	13
1.4.4 Questão 17	13
1.4.5 Questão 18	13
2 Conclusão	16

Listas de Figuras

1.1	Captura <i>wireshark</i> da trama 802.11	4
1.2	Campo <i>radio information</i> da trama 802.11 – <i>Channel Frequency</i>	4
1.3	Campo <i>radio information</i> da trama 802.11 – <i>PHY Type</i>	5
1.4	Campo <i>radio information</i> da trama 802.11 – <i>Data rate</i>	5
1.5	Trama <i>beacon</i> de ordem 361 da trama 802.11	6
1.6	Três endereços MAC identificados na trama 802.11	6
1.7	<i>Supported Rates</i> da trama <i>beacon 802.11</i>	7
1.8	<i>Extended Supported Rates</i> da trama <i>beacon 802.11</i>	7
1.9	Intervalo de tempo previsto entre tramas consecutivas	7
1.10	Comparação dos tempos previstos entre as tramas consecutivas	8
1.11	Resultados da aplicação do filtro <code>wlan.addr == ff:ff:ff:ff:ff:ff</code>	8
1.12	Resultados da aplicação do filtro (<code>wlan.fc.type_subtype == 0x08</code>) && (<code>wlan.fcs.status == bad</code>)	9
1.13	Campo <i>Frame check sequence</i>	9
1.14	<i>Probing request</i> enviado	10
1.15	Sequência de tramas relativas ao processo de associação completo	11
1.16	Sequência de tramas trocadas no processo	11
1.17	Campo <i>Frame Control</i> referente ao pacote 431	12
1.18	Identificação dos endereços MAC em uso	12
1.19	Captura <i>wireshark</i> relativa à trama nº 433	13
1.20	Trama de dados ACK	13
1.21	Captura <i>wireshark</i> da trama nº 431	14
1.22	Endereçamento MAC associado à trama nº 431	14
1.23	Captura <i>wireshark</i> das tramas nº 519 e nº 520	14
1.24	Campo <i>Flags</i> das tramas nº 519 e nº 520	15

Capítulo 1

Redes sem Fios (*Wi-Fi*)

1.1 Acesso Rádio

1.1.1 Questão 1

Identifique em que frequência do espectro está a operar a rede sem fios, e o canal que corresponde essa frequência.

A rede sem fios está a operar a uma frequência do espectro de 2GHz e o canal a que corresponde a frequência é BG 12, como podemos comprovar pelas Figuras 1.1 e 1.2.

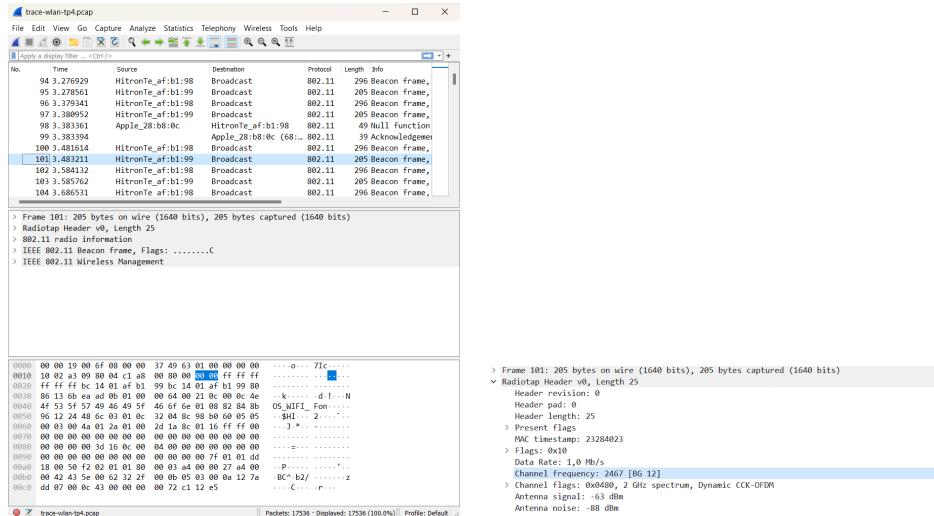


Figura 1.1: Captura wireshark da trama 802.11

Figura 1.2: Campo *radio information* da trama 802.11 – *Channel Frequency*

1.1.2 Questão 2

Identifique a versão da norma IEEE 802.11 que está a ser usada.

Na Figura 1.3, podemos ver que a versão da norma IEEE 802.11 a ser usada é a 802.11b.

```

> Frame 101: 205 bytes on wire (1640 bits), 205 bytes captured (1640 bits)
> Radiotap Header v0, Length 25
< 802.11 radio information
    PHY type: 802.11b (HR/DSSS) (4)
    Short preamble: False
    Data rate: 1,0 Mb/s
    Channel: 12
    Frequency: 2467MHz
    Signal strength (dBm): -63 dBm
    Noise level (dBm): -88 dBm
    Signal/noise ratio (dB): 25 dB
    TSF timestamp: 23284023
    > [Duration: 1632µs]

```

Figura 1.3: Campo *radio information* da trama 802.11 – *PHY Type*

1.1.3 Questão 3

Qual o débito a que foi enviada a trama escolhida? Será que esse débito corresponde ao débito máximo a que a interface *Wi-Fi* pode operar? Justifique.

A trama escolhida foi enviada a um débito de 1,0 Mb/s, como confirmamos pela Figura 1.4, sendo que este não corresponde ao débito máximo que a interface *wi-fi* pode operar, o que permite que a *beacon* chegue a todos os *hosts*.

```

> Frame 101: 205 bytes on wire (1640 bits), 205 bytes captured (1640 bits)
> Radiotap Header v0, Length 25
< 802.11 radio information
    PHY type: 802.11b (HR/DSSS) (4)
    Short preamble: False
    Data rate: 1,0 Mb/s
    Channel: 12
    Frequency: 2467MHz
    Signal strength (dBm): -63 dBm
    Noise level (dBm): -88 dBm
    Signal/noise ratio (dB): 25 dB
    TSF timestamp: 23284023
    > [Duration: 1632µs]

```

Figura 1.4: Campo *radio information* da trama 802.11 – *Data rate*

1.2 Scanning Passivo e Scanning Ativo

1.2.1 Questão 4

Selecione a trama *beacon* de ordem (260 + XX). Esta trama pertence a que tipo de tramas 802.11? Indique o valor dos seus identificadores de tipo e de subtipo. Em que parte concreta do cabeçalho da trama estão especificados (ver anexo)?

A trama *beacon* de ordem 260 + 101 (= 361) pertence às tramas 802.11 do tipo *Management*, assumindo o valor 00 para os identificadores de tipo e o valor 1000 para os identificadores de subtipo. Estes são especificados no *Frame Control Field* do cabeçalho da trama – Figura 1.5.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
358	14.848210	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame,
359	14.849841	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame,
360	14.950611	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame,
361	14.952099	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame,
362	15.052889	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame,
363	15.054500	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame,
364	15.155412	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame,
365	15.156998	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame,
366	15.257723	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame,
367	15.259284	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame,
368	15.360157	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame,

> Frame 361: 205 bytes on wire (1640 bits), 205 bytes captured (1640 bits)
> Radiotap Header v0, Length 25
> 802.11 radio information
> IEEE 802.11 Beacon frame, Flags:C
> IEEE 802.11 Wireless Management

Figura 1.5: Trama *beacon* de ordem 361 da trama 802.11

1.2.2 Questão 5

Para a trama acima, identifique todos os endereços MAC em uso. Que conclui quanto à sua origem e destino?

Na trama acima apresentada, é possível identificar três endereços MAC em uso: o endereço origem, o endereço destino e o endereço *transmitter*.

Endereço origem : bc:14:01:af:b1:99

Endereço destino : ff:ff:ff:ff:ff:ff

Endereço *transmitter* : bc:14:01:af:b1:99

Deste modo, concluímos que todos os dispositivos recebem a trama enviada uma vez que o endereço origem é o *Access Point* e o endereço destino é um endereço de *Broadcast*.

```
Destination address: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
Transmitter address: HitronTe_af:b1:99 (bc:14:01:af:b1:99)
Source address: HitronTe_af:b1:99 (bc:14:01:af:b1:99)
```

Figura 1.6: Três endereços MAC identificados na trama 802.11

1.2.3 Questão 6

Uma trama *beacon* anuncia que o AP pode suportar vários débitos de base, assim como vários débitos adicionais (*extended supported rates*). Indique quais são esses débitos?

Na figura 1.7, conseguimos observar os seguintes débitos suportados: 1 Mb/s (básico), 2 Mb/s (básico), 5.5 Mb/s (básico), 11 Mb/s (básico), 9 Mb/s, 18 Mb/s, 36 Mb/s e 54 Mb/s.

```
✓ Tag: Supported Rates 1(B), 2(B), 5.5(B), 11(B), 9, 18, 36, 54, [Mbit/sec]
  Tag Number: Supported Rates (1)
  Tag length: 8
  Supported Rates: 1(B) (0x82)
  Supported Rates: 2(B) (0x84)
  Supported Rates: 5.5(B) (0x8b)
  Supported Rates: 11(B) (0x96)
  Supported Rates: 9 (0x12)
  Supported Rates: 18 (0x24)
  Supported Rates: 36 (0x48)
  Supported Rates: 54 (0x6c)
```

Figura 1.7: *Supported Rates* da trama *beacon* 802.11

Na figura 1.8, temos apresentados os débitos adicionais: 6 Mb/s (básico), 12 Mb/s (básico), 24 Mb/s (básico) e 48 Mb/s.

```
✓ Tag: Extended Supported Rates 6(B), 12(B), 24(B), 48, [Mbit/sec]
  Tag Number: Extended Supported Rates (50)
  Tag length: 4
  Extended Supported Rates: 6(B) (0x8c)
  Extended Supported Rates: 12(B) (0x98)
  Extended Supported Rates: 24(B) (0xb0)
  Extended Supported Rates: 48 (0x60)
```

Figura 1.8: *Extended Supported Rates* da trama *beacon* 802.11

1.2.4 Questão 7

Qual o intervalo de tempo previsto entre tramas *beacon* consecutivas (este valor é anunciado na própria trama *beacon*)? Na prática, a periodicidade de tramas *beacon* provenientes do mesmo AP é verificada com precisão? Justifique.

Na figura 1.9, temos o intervalo de tempo previsto entre tramas consecutivas, que é 0.1024 segundos.

```
✓ IEEE 802.11 Wireless Management
  ✓ Fixed parameters (12 bytes)
    Timestamp: 1149685558084
    Beacon Interval: 0,102400 [Seconds]
```

Figura 1.9: Intervalo de tempo previsto entre tramas consecutivas

Tal como podemos ver na figura 1.10, o valor prático não é exato, variando entre 0.0014 e 0.0016 segundos, pelo que a periodicidade de tramas *beacon* provenientes do mesmo AP não é verificada com precisão. Isto porque, o envio da trama pode atrasar-se, i.e., o AP pode estar ocupado na altura em que precisa de enviar a trama *beacon*.

```

▼ Frame 359: 205 bytes on wire (1640 bits), 205 bytes captured (1640 bits)
  Encapsulation type: IEEE 802.11 plus radiotap radio header (23)
  Arrival Time: Nov 30, 2018 07:00:06.834401000 Hora padrão de GMT
  [Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
  Epoch Time: 1543561206.834401000 seconds
  [Time delta from previous captured frame: 0.001631000 seconds]
  [Time delta from previous displayed frame: 0.001631000 seconds]
  [Time since reference or first frame: 14.849841000 seconds]

▼ Frame 361: 205 bytes on wire (1640 bits), 205 bytes captured (1640 bits)
  Encapsulation type: IEEE 802.11 plus radiotap radio header (23)
  Arrival Time: Nov 30, 2018 07:00:06.936659000 Hora padrão de GMT
  [Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
  Epoch Time: 1543561206.936659000 seconds
  [Time delta from previous captured frame: 0.001488000 seconds]
  [Time delta from previous displayed frame: 0.001488000 seconds]
  [Time since reference or first frame: 14.952099000 seconds]

▼ Frame 363: 205 bytes on wire (1640 bits), 205 bytes captured (1640 bits)
  Encapsulation type: IEEE 802.11 plus radiotap radio header (23)
  Arrival Time: Nov 30, 2018 07:00:07.039060000 Hora padrão de GMT
  [Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
  Epoch Time: 1543561207.039060000 seconds
  [Time delta from previous captured frame: 0.001611000 seconds]
  [Time delta from previous displayed frame: 0.001611000 seconds]
  [Time since reference or first frame: 15.054500000 seconds]
```

Figura 1.10: Comparação dos tempos previstos entre as tramas consecutivas

1.2.5 Questão 8

Identifique e liste os SSIDs dos APs que estão a operar na vizinhança da STA de captura? Explicite o modo como obteve essa informação (por exemplo, se usou algum filtro para o efeito).

FlyingNet e *NOS_WIFI_FON* são os SSIDs dos APs que estão a operar na vizinhança da STA de captura. Esta informação é obtida através do filtro `wlan.addr == ff:ff:ff:ff:ff:ff`, sendo de seguida os SSIDs ordenados por *source*.

	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
No.						
17502	132.198939	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=569, FH=0, Flags=.....,C, B1=100, SSID=FlyingNet
17509	132.301343	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=571, FH=0, Flags=.....,C, B1=100, SSID=FlyingNet
17511	132.403745	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=573, FH=0, Flags=.....,C, B1=100, SSID=FlyingNet
17513	132.506147	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=575, FH=0, Flags=.....,C, B1=100, SSID=FlyingNet
17515	132.608480	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=577, FH=0, Flags=.....,C, B1=100, SSID=FlyingNet
17527	132.710857	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=579, FH=0, Flags=.....,C, B1=100, SSID=FlyingNet
17529	132.813348	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=581, FH=0, Flags=.....,C, B1=100, SSID=FlyingNet
17535	132.915741	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=583, FH=0, Flags=.....,C, B1=100, SSID=FlyingNet
2 8.308999	132.104516	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	295	Beacon frame, SN=2884, FH=0, Flags=.....,C, B1=100, SSID=NOS_WiFi_Fon
6 8.205582	132.104516	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	295	Beacon frame, SN=2885, FH=0, Flags=.....,C, B1=100, SSID=NOS_WiFi_Fon
8 8.308999	132.104516	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	295	Beacon frame, SN=2890, FH=0, Flags=.....,C, B1=100, SSID=NOS_WiFi_Fon
10 8.411376	132.104516	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	295	Beacon frame, SN=2892, FH=0, Flags=.....,C, B1=100, SSID=NOS_WiFi_Fon

Figura 1.11: Resultados da aplicação do filtro `wlan.addr == ff:ff:ff:ff:ff:ff`

1.2.6 Questão 9

Verifique se está a ser usado o método de deteção de erros (CRC).

Sugestão: Use o filtro:

`(wlan.fc.type_subtype == 0x08) && (wlan.fcs.status == bad)`

Que conclui?

Justifique o porquê de ser necessário usar deteção de erros em redes sem fios.

O método de deteção de erros CRC é um processo do protocolo FCS. Quando ativamos este protocolo e o `wlan_check_checksum`, verificamos que não há resultados, i.e., tramas com este filtro. Com isto, aferimos que o método de deteção de erros não está a ser utilizado uma vez que o meio é partilhado, possibilitando a existência de erros nas redes *WIFI*, bem como erros de transmissão ou de reflexão.

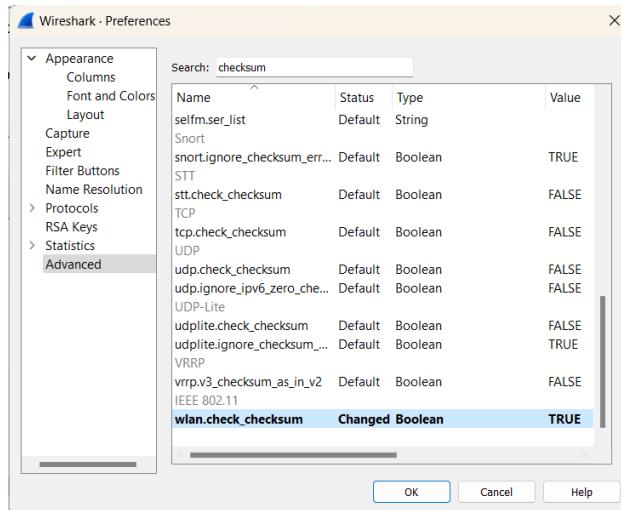


Figura 1.12: Resultados da aplicação do filtro `(wlan.fc.type_subtype == 0x08) && (wlan.fcs.status == bad)`

A partir da figura 1.13, podemos observar que o método não está a ser utilizado visto que a *frame sequence* tem a *flag [unverified]*.

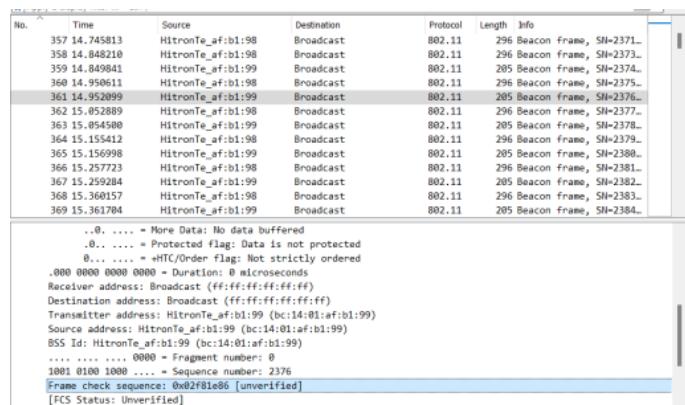


Figura 1.13: Campo *Frame check sequence*

1.2.7 Questão 10

Estabeleça um filtro Wireshark apropriado que lhe permita visualizar todas as tramas *probing request* ou *probing response*, simultaneamente.

O filtro wireshark que permitiu visualizar todas as tramas *probing request* ou *probing response* foi: `wlan.fc.type == 0 && (wlan.fc.subtype == 4 || wlan.fc.subtype == 5)`

1.2.8 Questão 11

Identifique um *probing request* para o qual tenha havido um *probing response*. Face ao endereçamento usado, indique a que sistemas são endereçadas estas tramas e explique qual o propósito das mesmas?

O *probing request* é um *broadcast* cujo endereço MAC *source* é o mesmo que o endereço de destino do *probe response*. Uma estação envia um *probing request* em *broadcast*, para descobrir quais as redes 802.11 na sua proximidade. O *probing response* é enviado pelo AP para a estação com informações relativas ao AP.

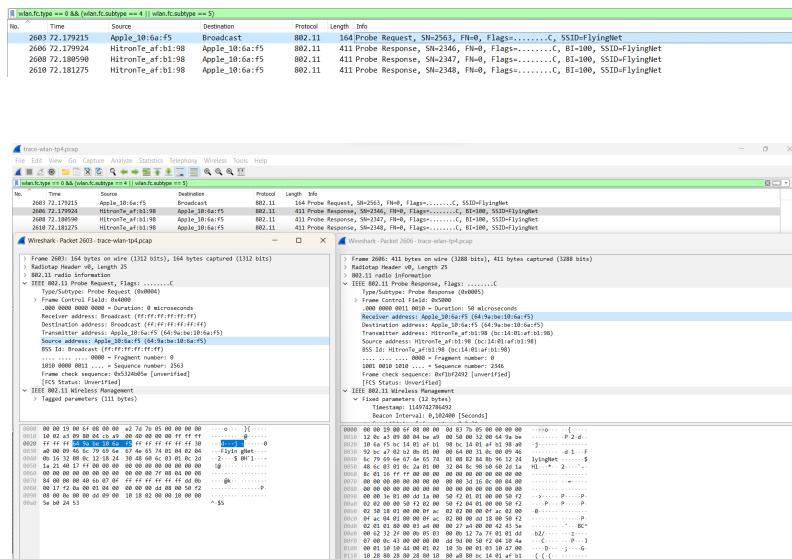


Figura 1.14: *Probing request* enviado

1.3 Processo de Associação

1.3.1 Questão 12

Identifique uma sequência de tramas que corresponda a um processo de associação completo entre a STA e o AP, incluindo a fase de autenticação.

Na figura 1.15, conseguimos ver uma sequência de tramas que corresponde a um processo de associação completo entre a STA e o AP, incluindo a fase de autenticação. Isto é possível de observar através do filtro:

```
wlan.fc.type == 0 && (wlan.fc.type_subtype == 0 || wlan.fc.type_subtype == 1  
|| wlan.fc.type_subtype == 11)
```

[wlan.fc.type == 0 && (wlan.fc.type_subtype == 0 wlan.fc.type_subtype == 1) wlan.fc.type_subtype == 11]						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
2486	70.361782	Apple_10:6a:f5	HitronTe_af:b1:98	802.11	70	Authentication, SN=2542, FH=0, Flags=.....C
2488	70.381869	HitronTe_af:b1:98	Apple_10:6a:f5	802.11	59	Authentication, SN=2338, FH=0, Flags=.....C
2490	70.383512	Apple_10:6a:f5	HitronTe_af:b1:98	802.11	175	Association Request, SN=2543, FH=0, Flags=.....C, SSID=FlyingNet
2492	70.389339	HitronTe_af:b1:98	Apple_10:6a:f5	802.11	225	Association Response, SN=2339, FH=0, Flags=.....C

Figura 1.15: Sequência de tramas relativas ao processo de associação completo

1.3.2 Questão 13

Efetue um diagrama que ilustre a sequência de todas as tramas trocadas no processo.

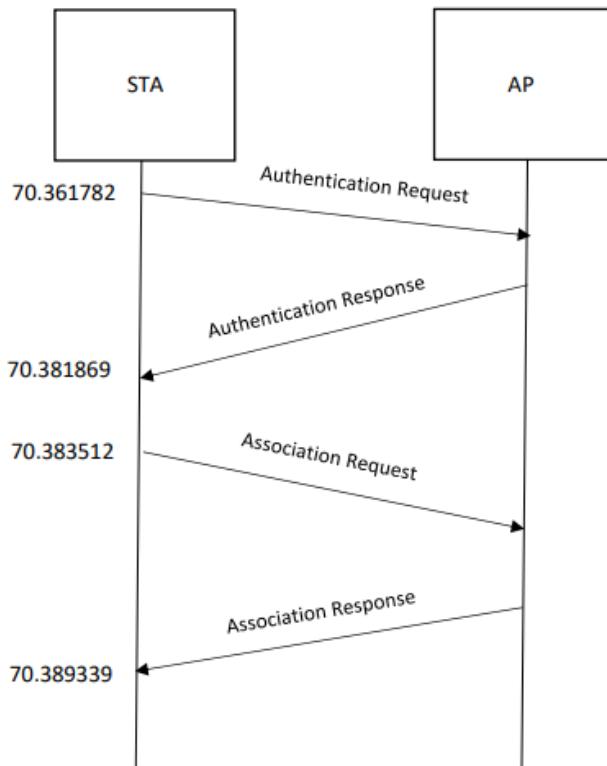


Figura 1.16: Sequência de tramas trocadas no processo

1.4 Transferência de dados

1.4.1 Questão 14

Considere a trama de dados nº431. Sabendo que o campo Frame Control contido no cabeçalho das tramas 802.11 permite especificar a direccionalidade das tramas, o que pode concluir face à direccionalidade dessa trama, será local à WLAN?

Como podemos observar na figura 1.17, o campo *DS status* permite-nos tirar conclusões acerca da direccionalidade da trama, i.e., esta vem do DS para o STA, não sendo local à WLAN uma vez que o campo *from DS* toma o valor de 1 e o *to DS* toma o valor de 0.

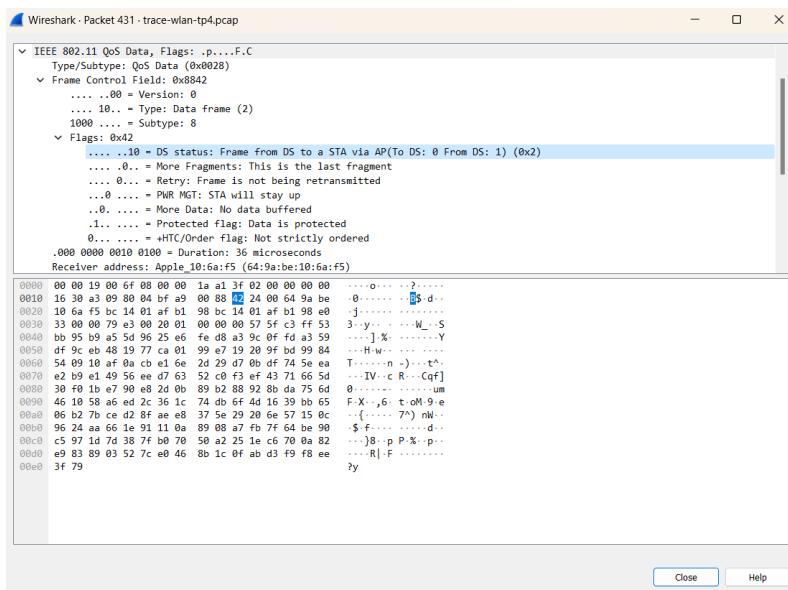


Figura 1.17: Campo *Frame Control* referente ao pacote 431

1.4.2 Questão 15

Para a trama de dados nº431, transcreva os endereços MAC em uso, identificando qual o endereço MAC correspondente ao *host* sem fios (STA), ao AP e ao *router* de acesso ao sistema de distribuição?

Endereço STA (*Receiver address*) - 64:9a:be:10:6a:f5

Endereço AP (*Transmitter address*) - bc:14:01:af:b1:98

Endereço *router* de acesso ao sistema de distribuição (*Destination address*) - bc:9a:be:10:6a:f5

```
Receiver address: Apple_10:6a:f5 (64:9a:be:10:6a:f5)
Transmitter address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
Destination address: Apple_10:6a:f5 (64:9a:be:10:6a:f5)
Source address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
```

Figura 1.18: Identificação dos endereços MAC em uso

1.4.3 Questão 16

Como interpreta a trama nº433 face à sua direccionalidade e endereçamento MAC?

Na figura 1.19, podemos analisar que a trama nº433, relativamente à direccionalidade, vai do STA para o DS via um AP uma vez que a *flag to DS* tem o valor 1 e a *flag from DS* tem o valor 0. Para além disto, também podemos concluir que o pacote move-se para um dispositivo no centro de distribuição, saindo do ambiente *wireless*.

```
> Frame 433: 178 bytes on wire (1424 bits), 178 bytes captured (1424 bits)
> Radiotap Header v0, Length 25
> 802.11 radio information
└ IEEE 802.11 QoS Data, Flags: .p.....TC
    Type/Subtype: QoS Data (0x0028)
    Type Control Field: 0x8841
    .... ..00 = Version: 0
    .... 10.. = Type: Data frame (2)
    1000 .... = Subtype: 8
    Flags: 0x41
    .... ..01 = DS status: Frame from STA to DS via an AP (To DS: 1 From DS: 0) (0x1)
    .... .0.. = More Fragments: This is the last fragment
    .... 0... = Retry: Frame is not being retransmitted
    .... .0.... = PWR MGT: STA will stay up
    .... 0..... = More Data: No data buffered
    .... 1.... = Protected flag: Data is protected
```

Figura 1.19: Captura wireshark relativa à trama nº 433

Endereço BSSID (*Receiver Address*) - bc:14:01:af:b1:98

Endereço de origem (*Source Address*) - 64:9a:be:10:6a:f5

Endereço de destino (*Destination address*) - bc:14:01:af:b1:98

1.4.4 Questão 17

Que subtípido de tramas de controlo são transmitidas ao longo da transferência de dados acima mencionada? Tente explicar porque razão têm de existir (contrariamente ao que acontece numa rede Ethernet.)

Ao longo da transferência de dados, são transmitidas tramas de controlo, nomeadamente tramas de *acknowledgement*, que permitem confirmar que as tramas foram devidamente recebidas.

431 17.922542	HitronTe_af:b1:98	Apple_10:6a:f5	802.11	226 QoS Data, SN=830, Fh=0, Flags=.p....F.C
432 17.922558		HitronTe_af:b1:98 (bc..)	802.11	39 Acknowledgement, Flags=.....C
433 17.924895	Apple_10:6a:f5	HitronTe_af:b1:98	802.11	178 QoS Data, SN=3600, Fh=0, Flags=.p....TC
434 17.925298		Apple_10:6a:f5 (64:9a..)	802.11	39 Acknowledgement, Flags=.....C

Figura 1.20: Trama de dados ACK

1.4.5 Questão 18

O uso de tramas Request To Send e Clear To Send, apesar de opcional, é comum para efetuar "pré-reserva" do acesso ao meio quando se pretende enviar tramas de dados, com o intuito de reduzir o número de colisões resultante maioritariamente de STAs escondidas. Para o exemplo acima, verifique se está a ser usada a opção RTS/CTS na troca de dados entre a STA e o AP/Router da WLAN, identificando a direccionalidade das tramas e os sistemas envolvidos.

Dê um exemplo de uma transferência de dados em que é usada a opção RTC/CTS e um outro em que não é usada.

Para o exemplo apresentado em cima, não está a ser usada a opção RTC/CTS, como podemos comprovar pelas Figuras 1.21 e 1.22.

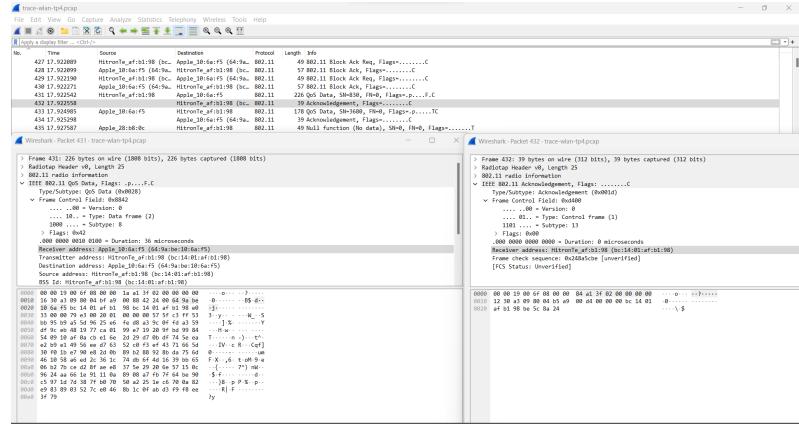


Figura 1.21: Captura wireshark da trama nº 431

```
Receiver address: Apple_10:6a:f5 (64:9a:be:10:6a:f5)
Transmitter address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
Destination address: Apple_10:6a:f5 (64:9a:be:10:6a:f5)
Source address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
```

Figura 1.22: Endereçamento MAC associado à trama nº 431

No entanto, nas tramas 519 e 520, já está a ser usada a opção RTC/CTS, como concluímos pelas Figuras 1.23 e 1.24.

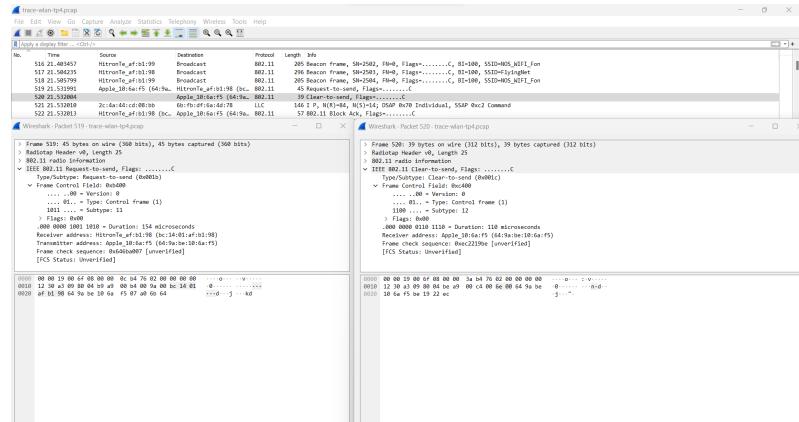


Figura 1.23: Captura wireshark das tramas nº 519 e nº 520

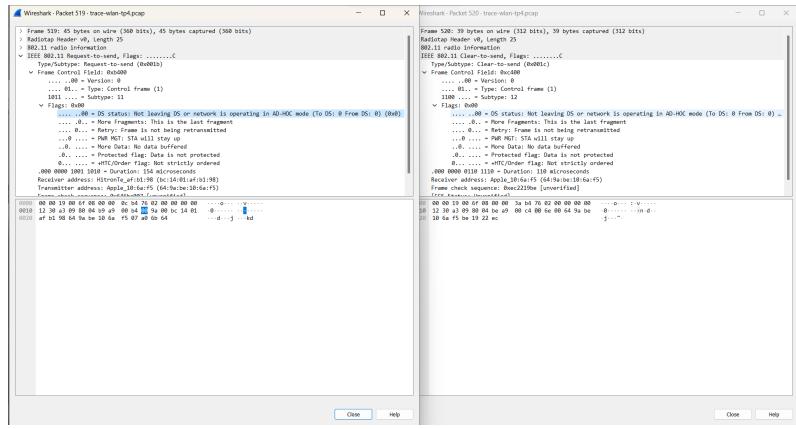


Figura 1.24: Campo *Flags* das tramas nº 519 e nº 520

Capítulo 2

Conclusão

Com a realização deste trabalho prático, consolidou-se a matéria lecionada nas aulas teóricas acerca do capítulo Redes sem Fios (*Wi-Fi*), tendo sido explorados vários aspectos do protocolo IEEE 802.11, tais como o formato das tramas, o endereçamento das componentes envolvidas na comunicação sem fios e os tipos de tramas mais comuns. Para além disto, no decorrer do desenvolvimento deste trabalho prático, aplicou-se filtros que permitiram facilitar a análise das tramas capturadas pelo *wireshark*.

Inicialmente, o grupo preocupou-se em conhecer melhor o formato das tramas, bem como o tipo e subtipo de diversas tramas, através da tabela fornecida pelos os docentes no enunciado. Adicionalmente, também trabalhámos com a direcionalidade das tramas a partir dos seus endereços, sendo estes o endereço *receiver*, o endereço *transmitter*, o endereço de destino e o endereço de origem.

Além dos conceitos previamente mencionados, a deteção e correção de erros em redes sem fios também foram estudadas com este trabalho prático, comprovando-se que, de facto, as redes sem fios estão vulneráveis ao acontecimento de erros.

Finalmente, analisou-se o processo de comunicação entre STA e AP, mais especificamente os processos de associação por completo e autenticação.