**TP2 - Camada de Ligação Lógica: Ethernet e Protocolo ARP**

**Questões e Respostas**

* **Parte I**

**HTTP**

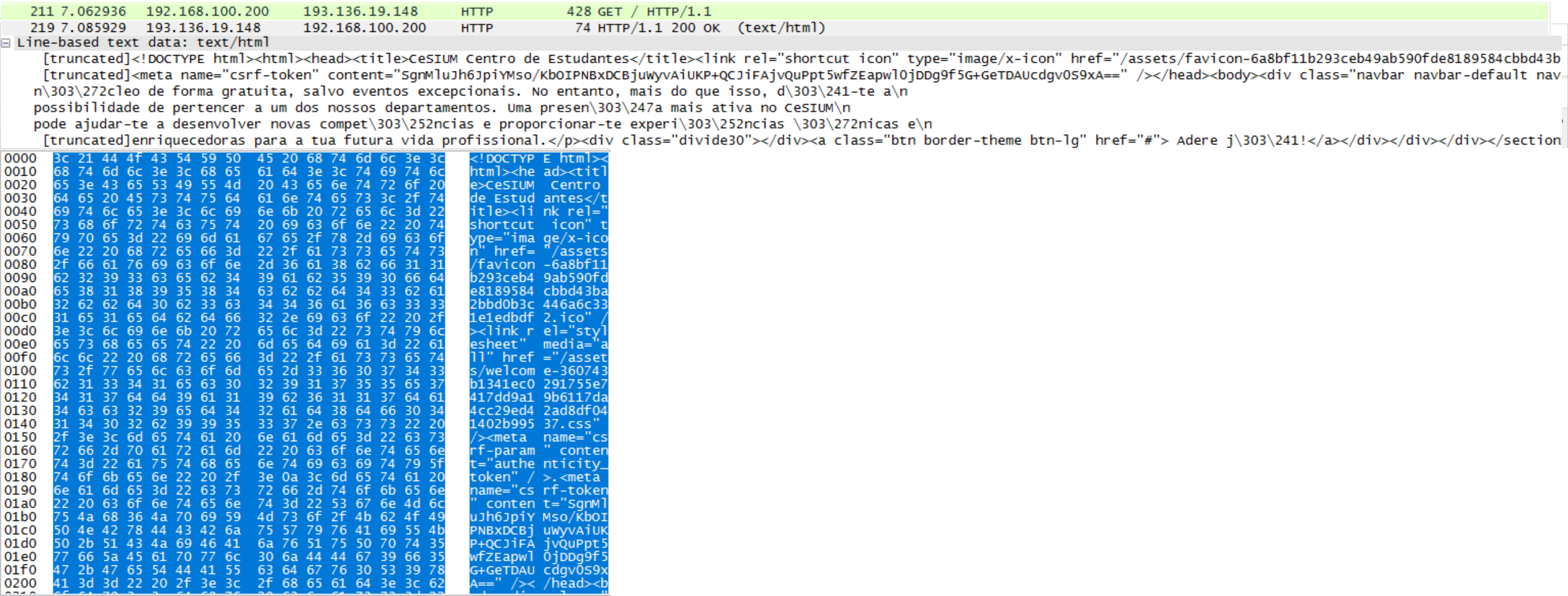


Imagem 0 – Número de ordem da sequência da mensagem HTTP GET é 211

1. **Qual é o endereço MAC da interface ativa do seu computador?**

O endereço MAC é 00:e0:4c:60:3d:d0.

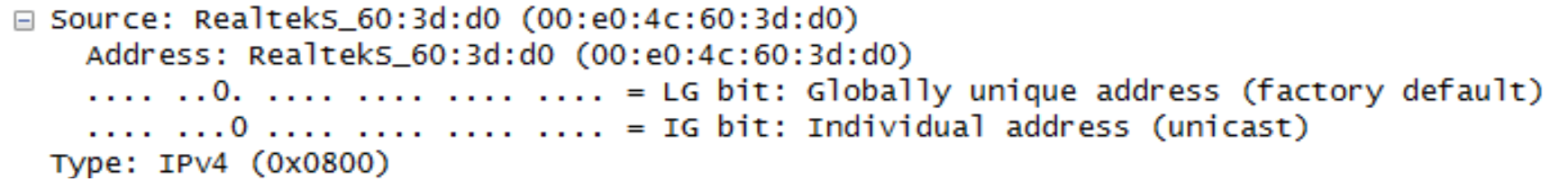


Imagem – Endereço MAC da origem

1. **Qual é o endereço MAC destino da trama? A que sistema é destinada essa trama, será o endereço Ethernet do servidor *http* para *cesium.di.uminho.pt*? Justifique.**

O endereço MAC é 00:0c:29:d2:19:f0. Não, a trama *Ethernet* é destinada ao router da rede local da sala de aula. Isto porque como as redes locais do nosso computador e do servidor onde está alojado o servidor do *Cesium* estão separadas por um ou mais routers, ao estabelecermos uma conexão, o nosso computador não comunica diretamente com o *site* mas sim com o router da sua rede local que depois se encarregará de comunicar com o servidor.

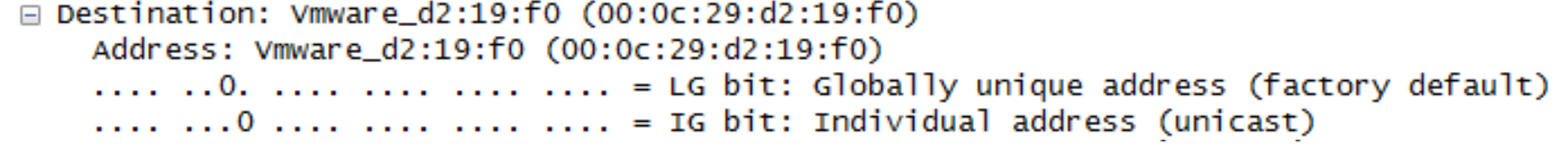


Imagem – Endereço MAC do destino

1. **Qual o valor hexadecimal do campo Type da trama Ethernet? O que significa?**

O valor hexadecimal é 0x0800. Diz-nos que o protocolo utilizado ao nível da rede é o IPv4.

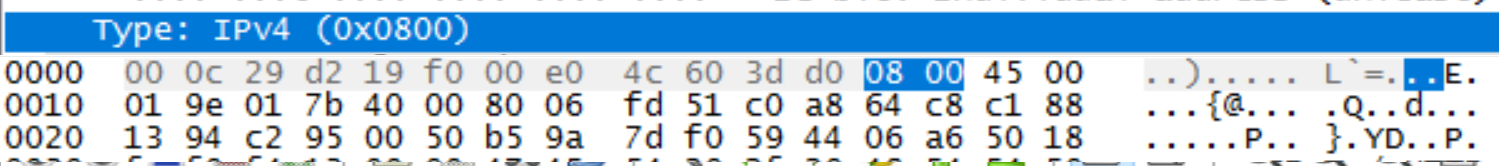


Imagem - Campo Type da trama Ethernet

1. **Quantos bytes são usados desde o início da trama até ao caractere ASCII “G” do método *HTTP GET*? Calcule e indique, em percentagem, a sobrecarga (overhead) introduzida pela pilha protocolar no envio do *HTTP GET*.**

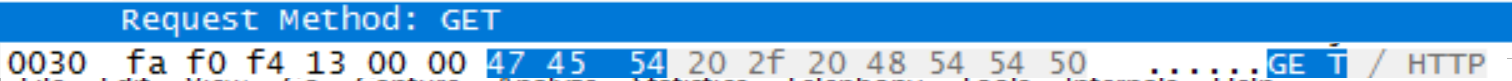


Imagem - Localização do caractere "G" na trama Ethernet

São utilizados 54 bytes antes do caractere “G” (47 é o código ASCII da letra “G” em hexadecimal). *Overhead* = 54/428 = 12,6%, sendo 428 bytes o tamanho total da trama Ethernet e 54 o número de bytes de controlo.

1. **Em ligações com fios pouco suscetíveis a erros, nem sempre as *NICs* geram o código de deteção de erros. Verifique se o campo *FCS* está a ser utilizado. Aceda à opção *Edit/Preferences/Protocols/Ethernet* e indique que é assumido o uso do campo *FCS*. Verifique qual o valor hexadecimal desse campo na trama capturada. Que conclui? Reponha a configuração original.**

Não, o campo *FCS* não está a ser utilizado pois a especificação da trama no *Wireshark* não faz referência a esse campo (apenas ao do tipo).

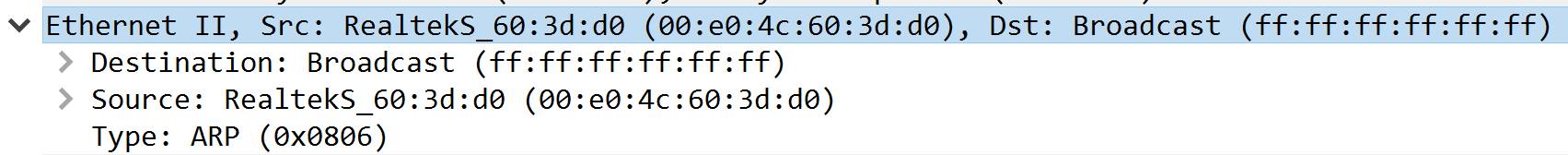
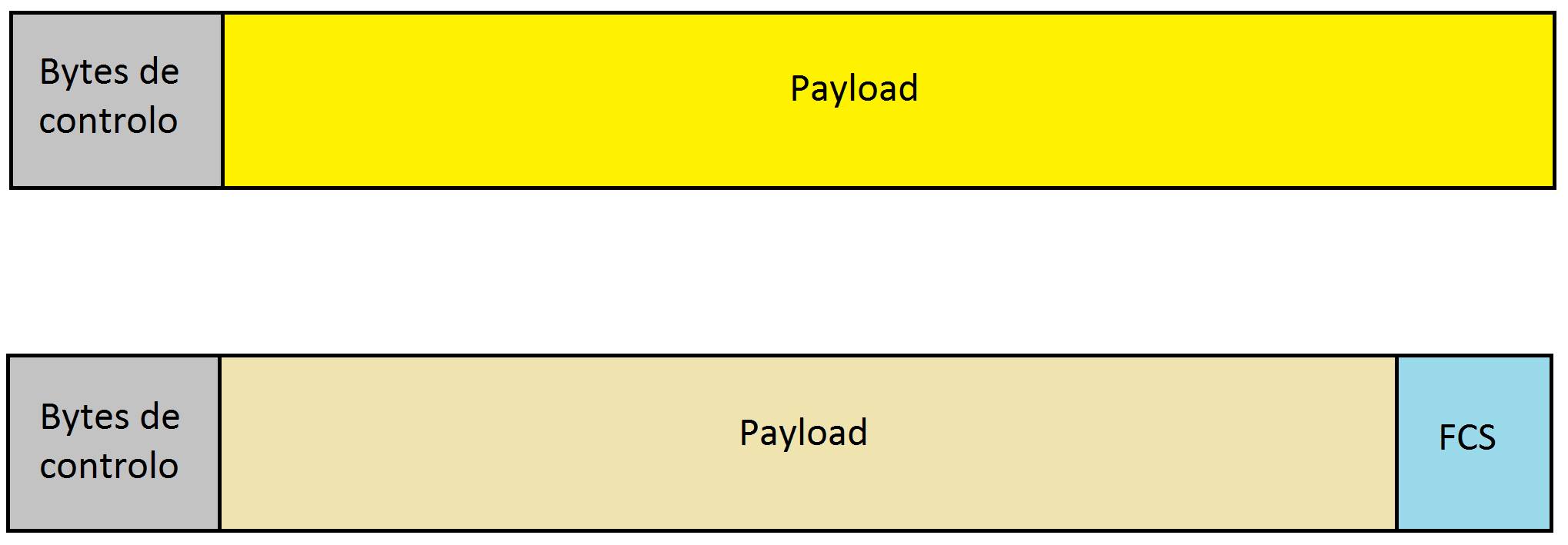


Imagem - Especificação da trama Ethernet

Ao dizermos ao *Wireshark* para assumir o uso do campo *FCS* estamos, na verdade, a fazer com que ele utilize os últimos 4 bytes do *payload* para o campo *FCS* (a azul na imagem abaixo).

Assim – e apesar do *Wireshark* nos dizer que como estes 4 bytes diferem dos que resultam da aplicação do polinómio gerador nos dados recebidos deve ter havido um erro na transmissão da trama –, tal indicação é-nos irrelevante pois como os *bytes* utilizados pelo *Wireshark* para o campo *FCS* são do *payload*, não têm qualquer valor a nível da deteção de erros na transmissão da trama.



Trama original (em cima) e trama após alterar as definições do Wireshark (em baixo)

1. **Qual é o endereço *Ethernet* da fonte? A que sistema de rede corresponde? Justifique.**

O endereço *Ethernet* é 00:0c:29:d2:19:f0. Corresponde ao router da rede local da sala de aula.

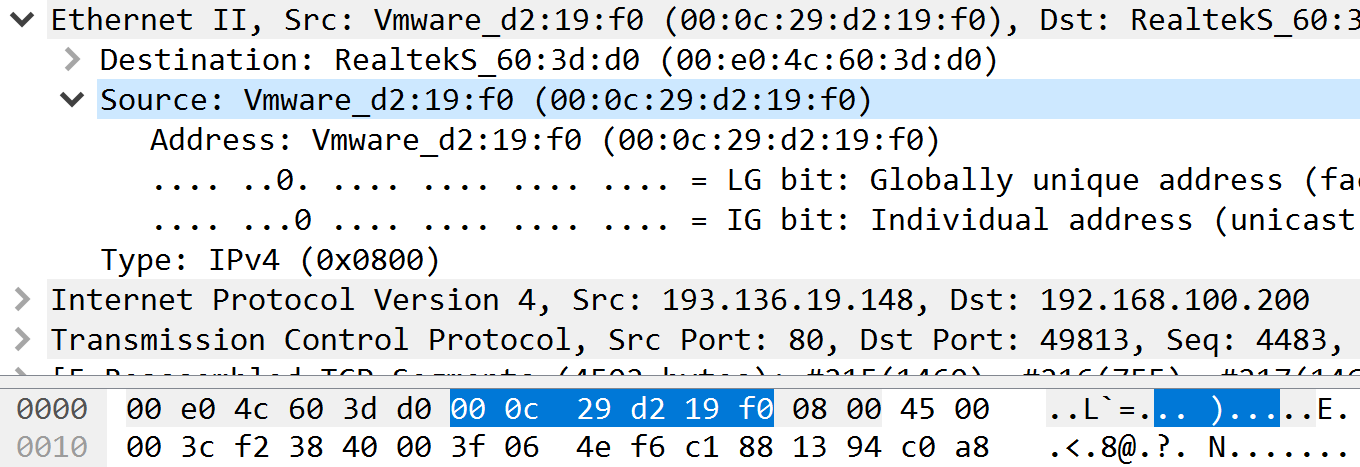


Imagem - Endereço MAC da origem

1. **Qual é o endereço *MAC* do destino? A que sistema corresponde?**

O endereço MAC é 00:e0:4c:60:3d:d0. Corresponde à placa de rede da nossa máquina.

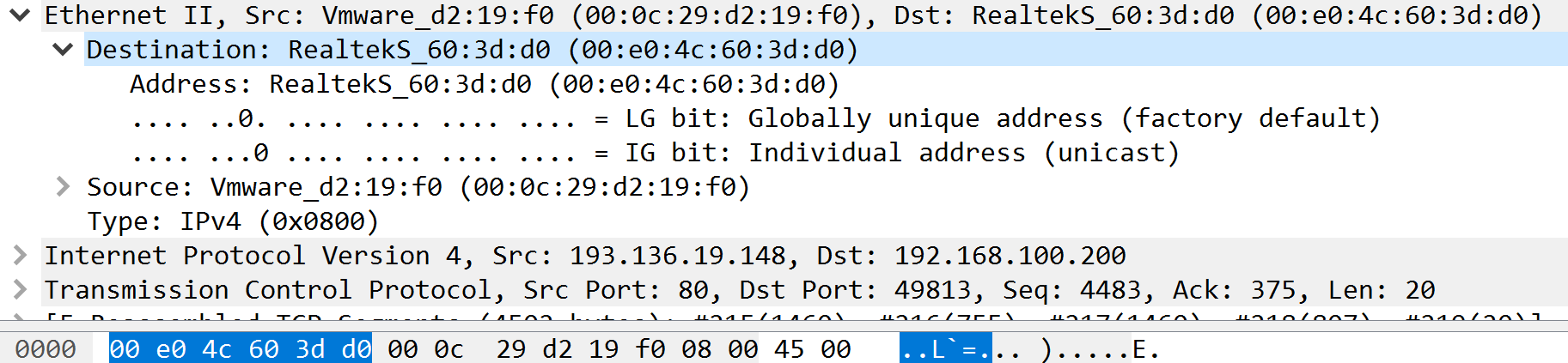


Imagem - Endereço MAC do destino

1. **Qual é o valor hexadecimal do campo tipo (*Type*)?**

O valor hexadecimal é 0x0800. Diz-nos que o protocolo utilizado ao nível da rede é o *IPv4*.

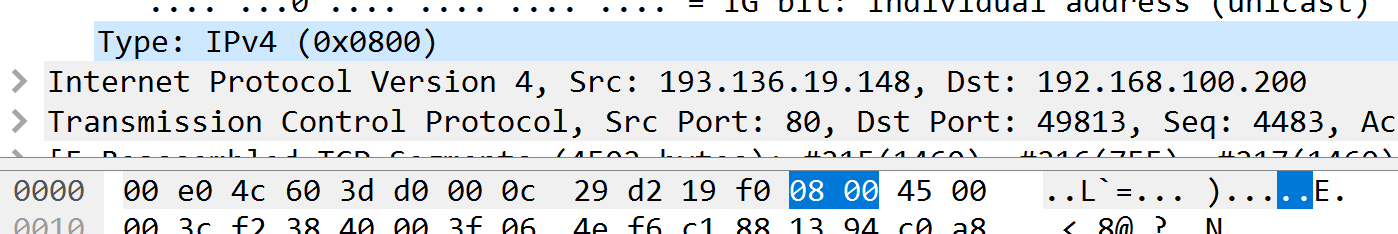


Imagem - Campo Type da trama Ethernet

1. **Que tipo de resposta foi enviada pelo servidor?**

Foi uma resposta do tipo *text/html* (código da página inicial do site do *Cesium*).

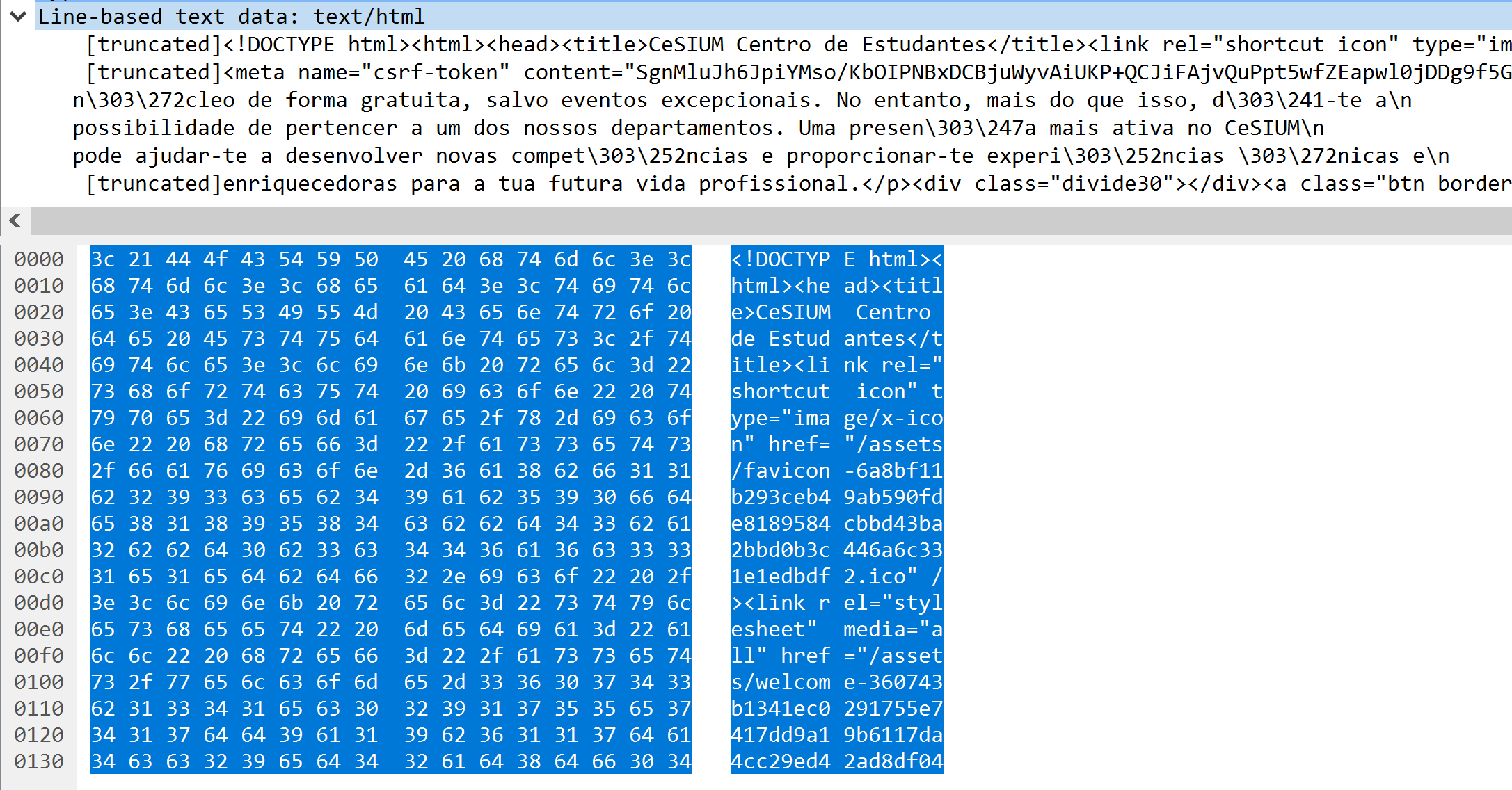


Imagem - Resposta do servidor

**Protocolo ARP**

1. **Observe o conteúdo da tabela *ARP*. Diga o que significa cada uma das colunas?**

A primeira coluna faz referência ao endereço IP que é um endereço lógico e corresponde ao nível de rede. A segunda coluna faz referência ao endereço MAC que é um endereço físico e corresponde ao nível da ligação de dados. A terceira coluna corresponde à permanência da entrada da tabela ARP no sistema. Pode ser de dois tipos:

- *static*: endereços que são adicionados à tabela ARP permanentemente por um software específico e criado para o efeito;

- *dynamic*: endereços que são adicionados à tabela ARP depois de um ARP reply com sucesso e que permanecem no sistema temporariamente.

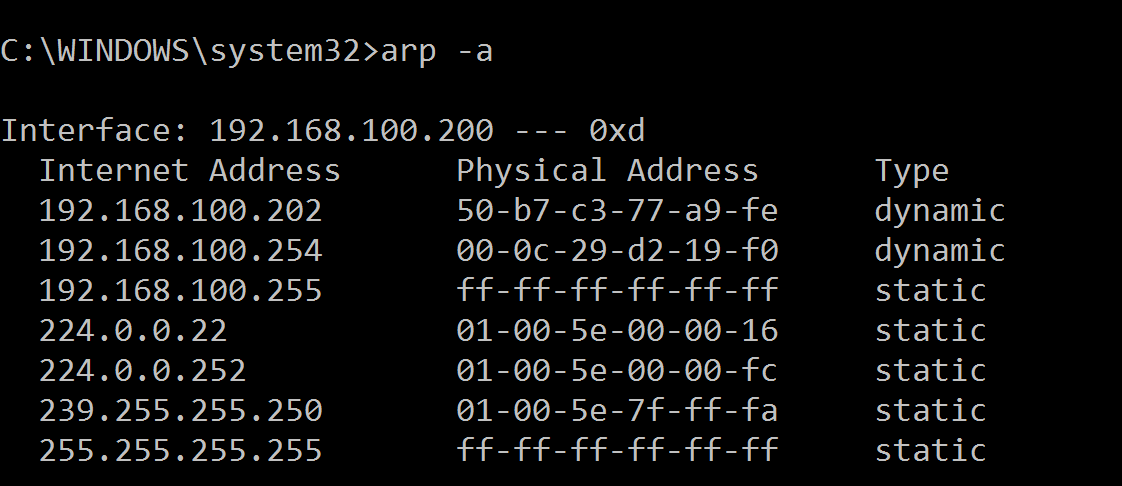


Imagem - Tabela ARP da máquina

1. **Qual é o valor hexadecimal dos endereços origem e destino na trama Ethernet que contém a mensagem com o pedido *ARP* (*ARP Request*)? Como interpreta e justifica o endereço destino usado?**

Os valores hexadecimais dos endereços de origem e destino são, respetivamente, *0x00 e0 4c 60 3d d0* (nossa máquina) e *0xff ff ff ff ff ff* (*broadcast*).

Como o site do MIEI está numa *subnet* diferente da rede local ao nosso computador (e ambas estão separadas por um ou mais *routers*), a comunicação terá obrigatoriamente de ser feita entre o primeiro router que liga ambas as redes e que se encarregará de todo o processo de encaminhamento.

No entanto, como a cache da tabela ARP da nossa máquina foi apagada, não existe a entrada correspondente ao *router* em questão. Assim, é necessário que o nosso computador envie um ARP *request* (com *ff:ff:ff:ff:ff:ff* como endereço de destino, denotando o *broadcast*) pedindo que lhe seja fornecido o endereço *MAC* correspondente ao IP do *router*.

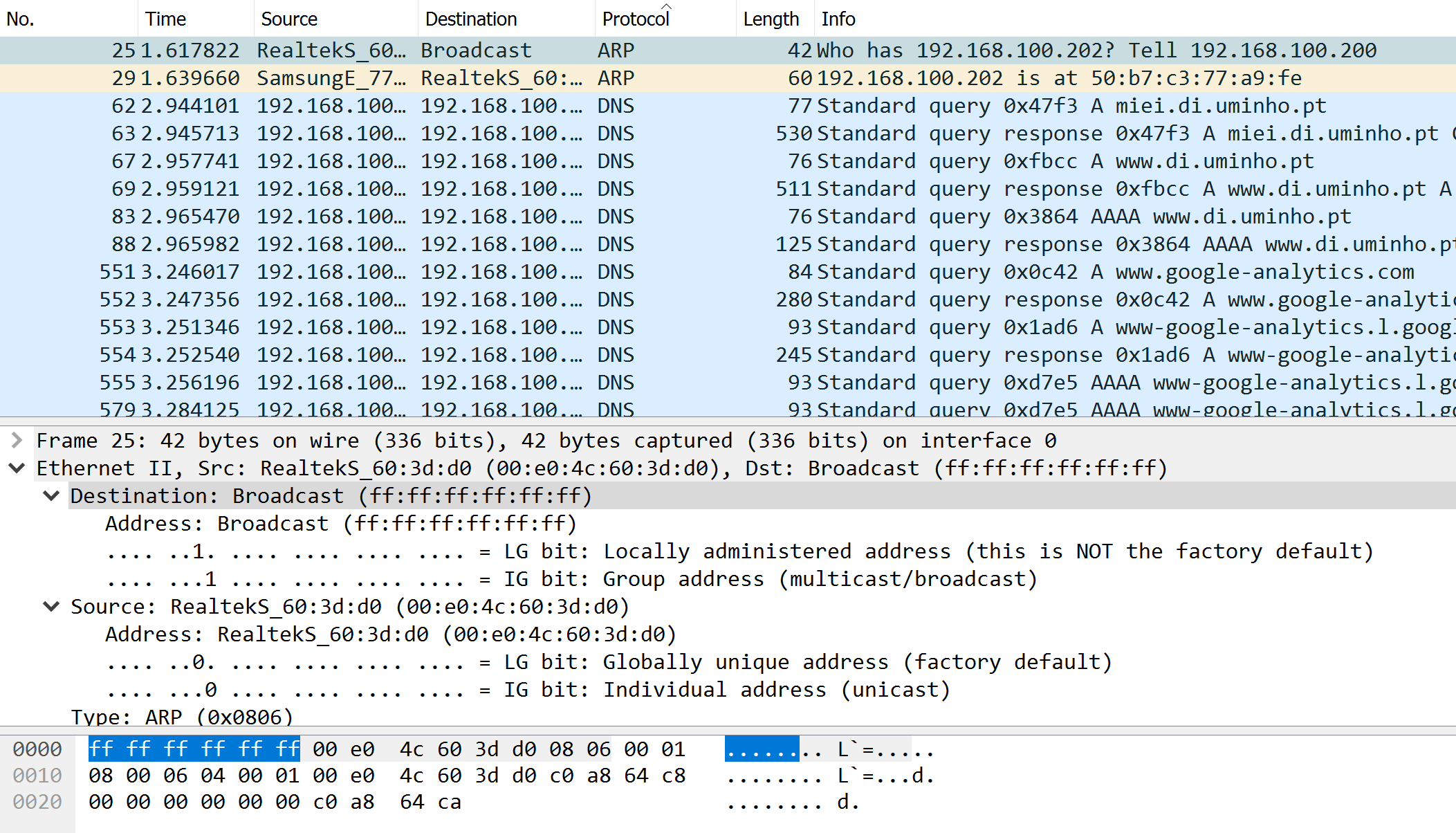


Imagem - Endereços de origem e destino da trama Ethernet

1. **Qual o valor hexadecimal do campo tipo da trama *Ethernet*? O que indica?**

O valor hexadecimal é *0x0806*. Indica que a trama *Ethernet* corresponde ao protocolo *ARP*.

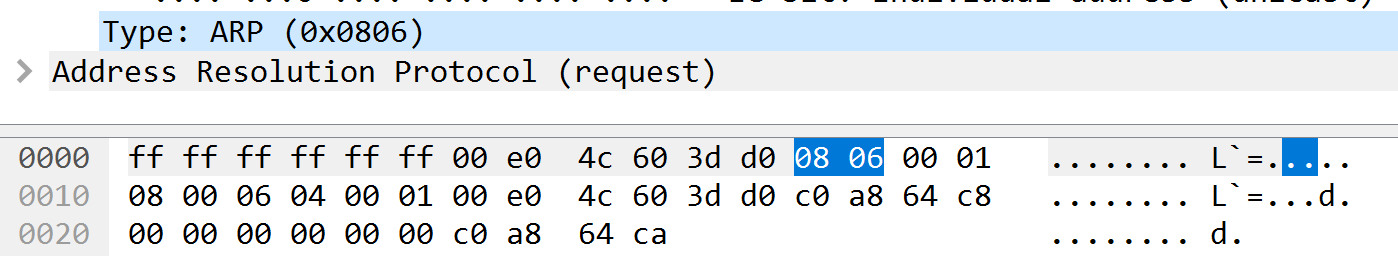


Imagem - Campo Type da trama Ethernet

1. **Qual o valor do campo *ARP* *opcode*? O que especifica? Se necessário, consulte a RFC do protocolo ARP http://tools.ietf.org/html/rfc826.html.**

O *ARP* *opcode* é “*request* (1)”. Especifica que o conteúdo que é do tipo relativo ao protocolo *ARP* é, mais concretamente, um *ARP* *request* (pedido para conhecer o endereço *MAC* a partir de um endereço IP).

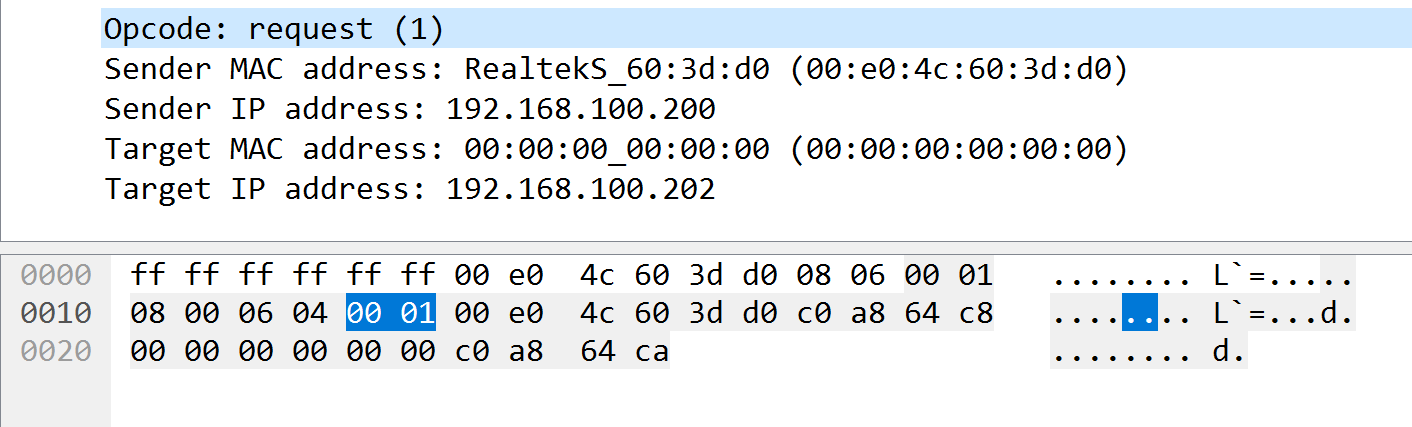


Imagem - Campo ARP opcode

1. **A mensagem ARP contém o endereço IP de origem? Que tipo de pergunta é feita?**

Sim, a mensagem *ARP* contém o endereço *IP* de origem (192.168.100.200), que corresponde à nossa máquina. É feito um pedido para conhecer o endereço *MAC* associado ao *IP* do *router*.

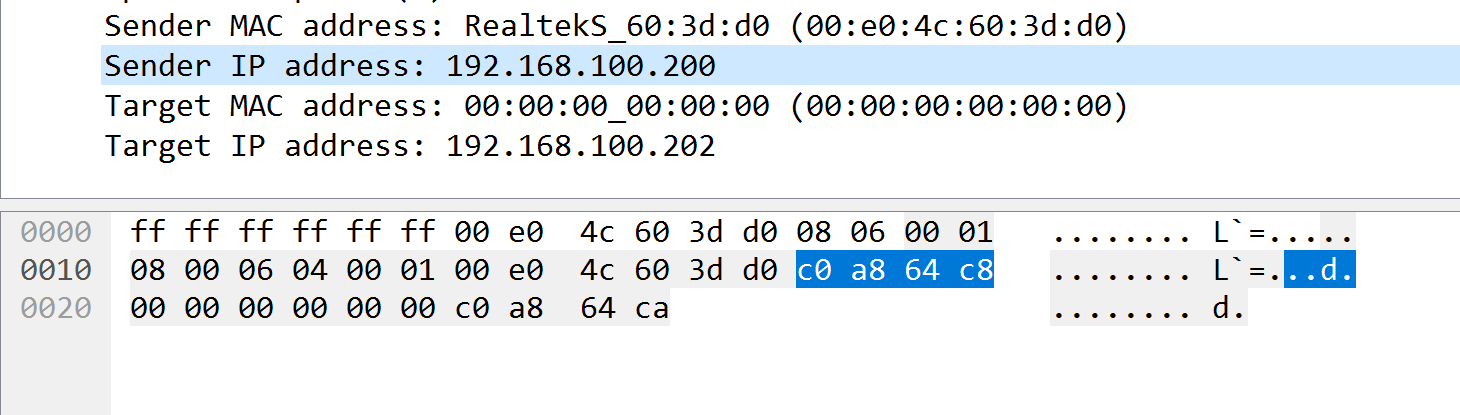


Imagem - Endereço IP de origem

1. **Localize a mensagem ARP que é a resposta ao pedido ARP efectuado.**
2. **Qual o valor do campo *ARP* *opcode*? O que especifica?**

O valor do *ARP* *opcode* é “reply (2)”. Indica que é a resposta ao *ARP* *request*, contendo a associação entre o endereço IP que lhe foi enviado e o endereço *MAC* que lhe era pedido (o do router).

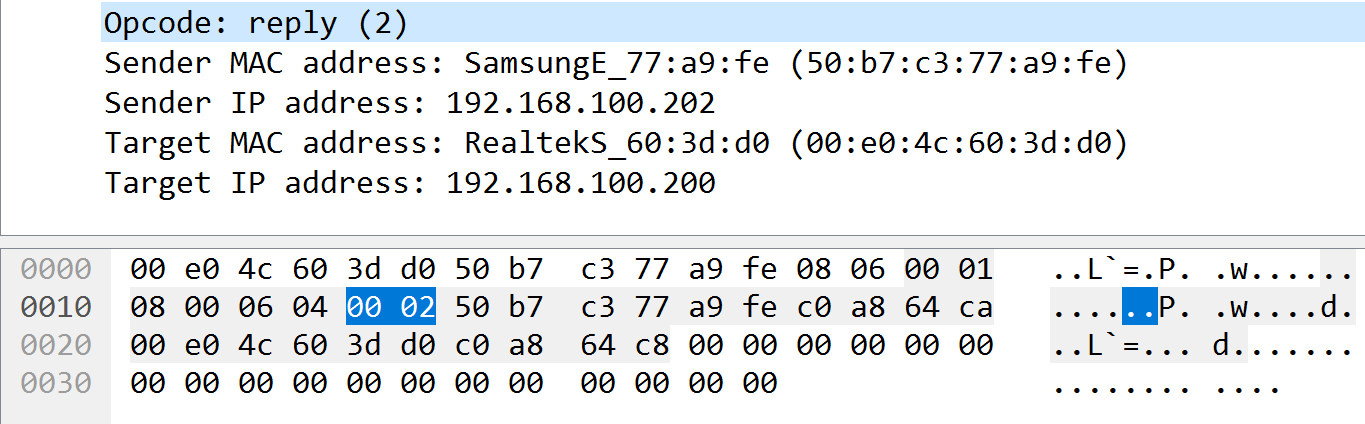


Imagem 15.1 - Campo ARP opcode

1. **Em que posição da mensagem ARP está a resposta ao pedido ARP?**

A resposta (endereço *MAC* 50:b7:c3:77:a9:fe) começa a partir do 23º byte.

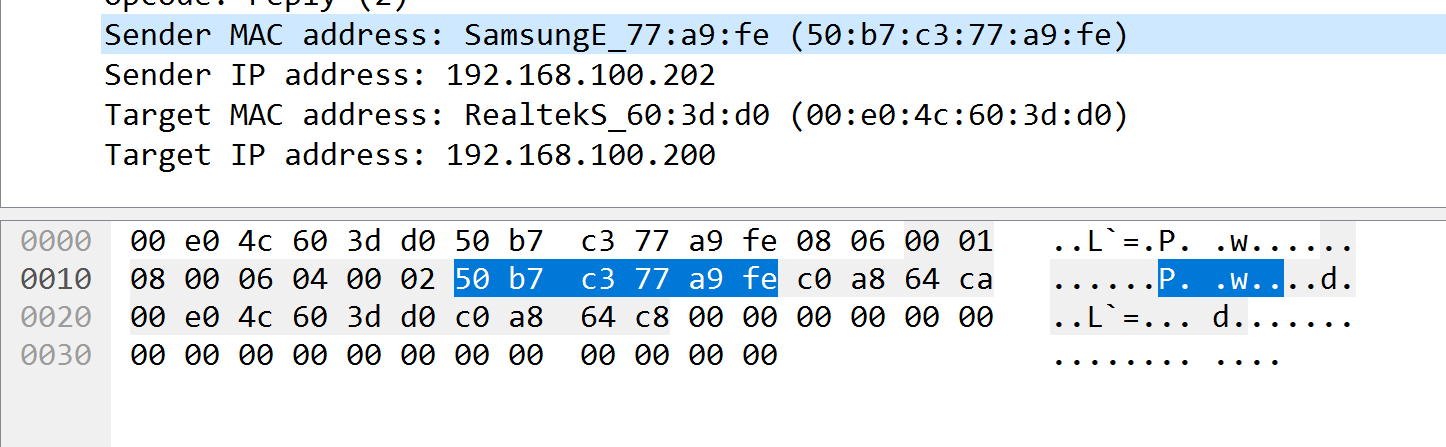


Imagem 15.2 - Resposta ao pedido ARP

1. **Quais são os valores hexadecimais para os endereços origem e destino da trama que contém a resposta *ARP*? Que conclui?**

Os valores hexadecimais dos endereços de origem e destino são, respetivamente, *0x50 b7 c3 77 a9 fe* e *0x00 e0 4c 60 3d d0* (endereço *MAC*). Em primeiro lugar, podemos notar que o endereço de destino do *ARP* *reply* é o endereço de origem do *ARP* *request* e corresponde ao nosso computador. Em segundo, podemos dizer que o endereço de origem é o do *router*. Podemos ainda concluir que foi recebida a resposta ao pedido que foi feito ao *router* para conhecer o seu endereço *MAC*.

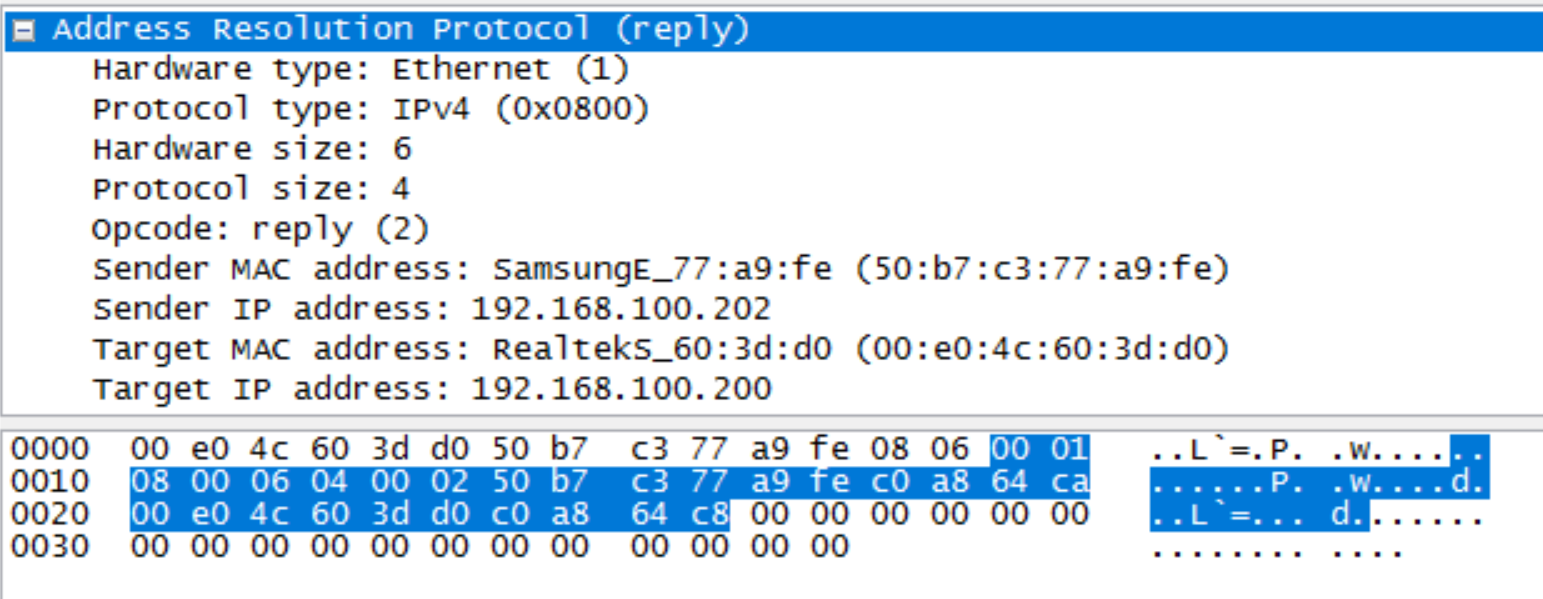
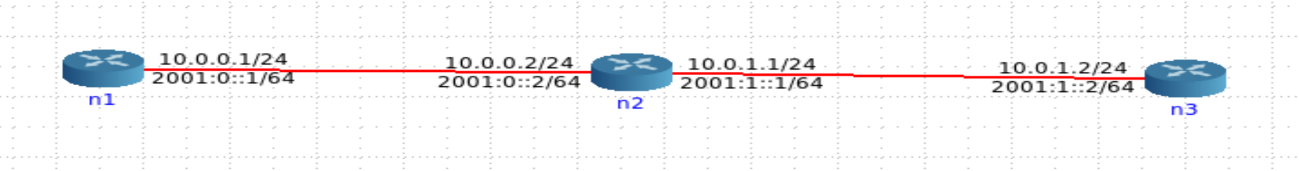


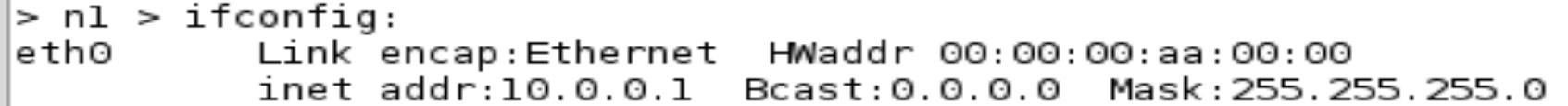
Imagem 16 - Endereços origem e destino do ARP

**ARP numa topologia CORE**

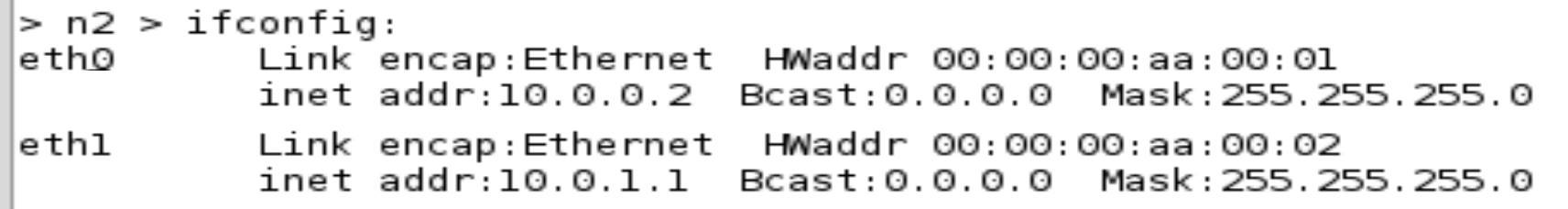


**Topologia com 3 *routers***

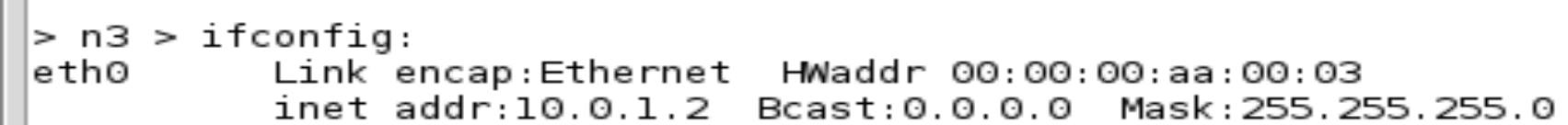
1. **Com auxílio do comando *ifconfig* obtenha os endereços Ethernet das interfaces dos diversos routers.**



Endereço Ethernet do router n1



Endereço Ethernet do router n2



Endereço Ethernet do router n3

1. **Usando o comando *arp* obtenha as caches *arp* dos diversos sistemas.**

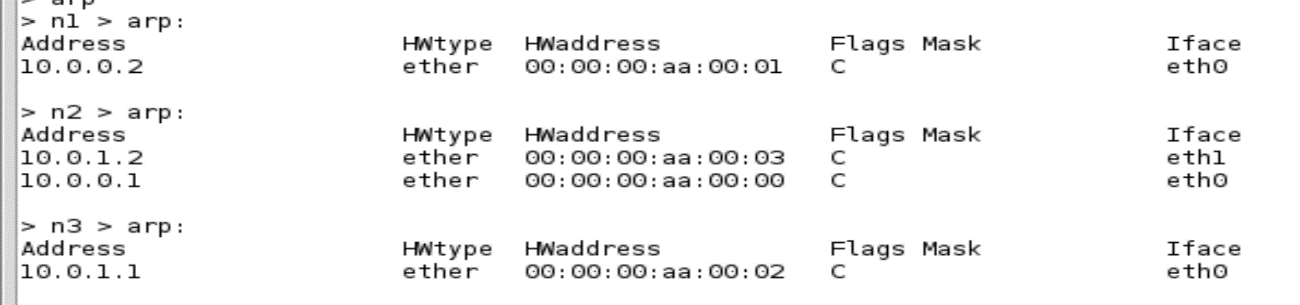


Imagem 18 – Tabelas arp de n1, n2 e n3

1. **Faça *ping* de n1 para n2. Que modificações observa nas caches ARP desses sistemas? Faça *ping* de n1 para n3. Consulte as caches ARP. Que conclui?**

Ao fazer um *ping* de N1 para N2, como já existia uma entrada na tabela *ARP* de N1 para os endereços de N2, não acontece nada. O mesmo ocorre para N3 pois o tráfego passa por N2 cujos endereços já eram conhecidos por N1.

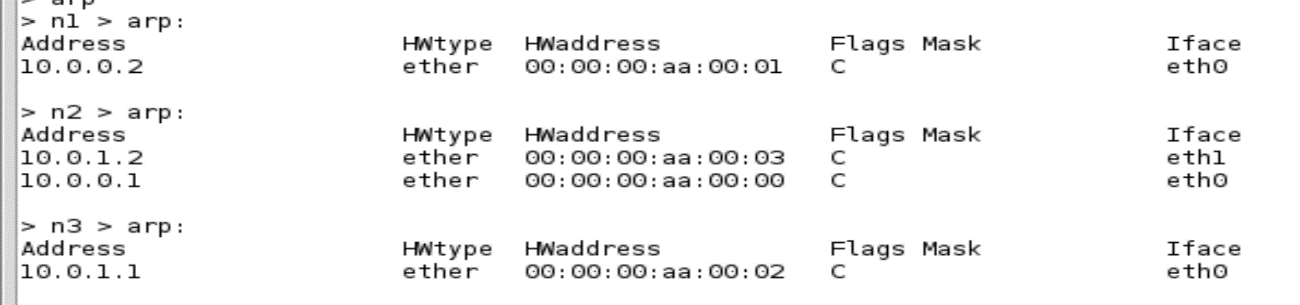
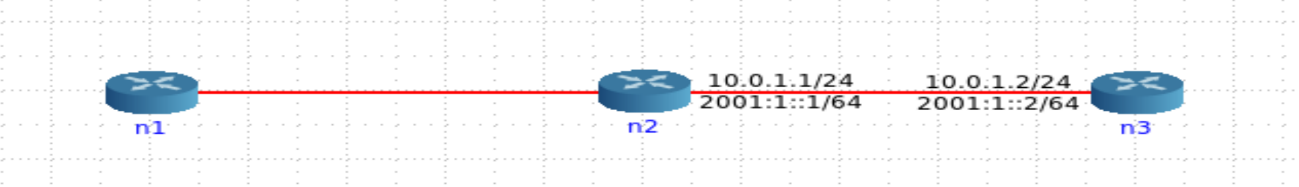


Imagem 19 – Tabelas ARP de n1, n2 e n3

1. **Em n1 remova a entrada correspondente a n2. Coloque uma nova entrada para n2 com endereço *Ethernet* inexistente. O que acontece?**



Desaparecem a entrada dos endereços de N2 da tabela ARP de N1 e a entrada dos endereços de N1 da tabela ARP de N2.

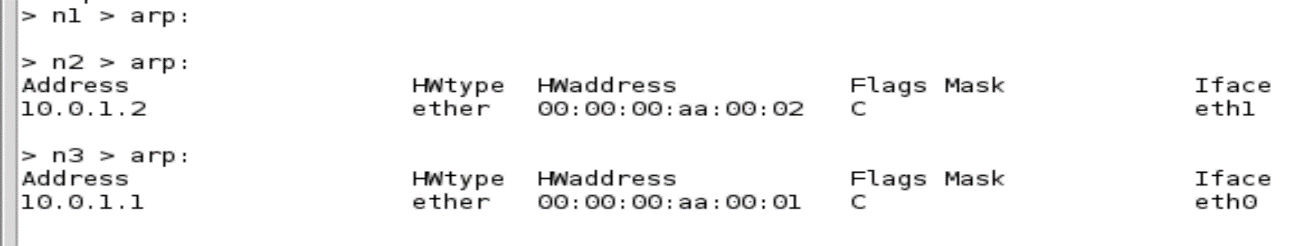
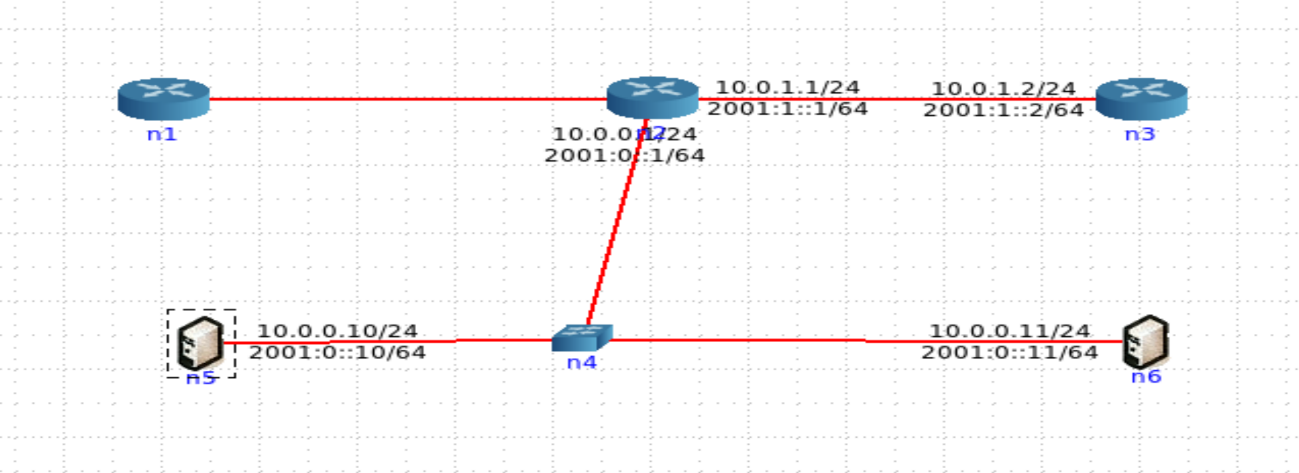


Imagem 20 – Tabelas ARP de n1, n2 e n3

1. **Faça *ping* de n5 para n6. Sem consultar a tabela *ARP* anote a entrada que, em sua opinião, é criada na tabela *ARP* de n5. Verifique, justificando, se a sua interpretação sobre a operação da rede *Ethernet* e protocolo *ARP* estava correto.**



Na nossa opinião, como o que liga N5 a N6 é um *switch* que apenas se encarrega de reenviar os dados que recebe numa entrada (a de N5) para a saída correspondente (a de N6), a entrada que deve ser adicionada à tabela *ARP* de N5 é a entrada correspondente aos endereços de N6. No caso anterior, quando N1 faz *ping* a N3, tal já não acontece pois o que liga N1 a N2 é um outro *router* (e não um *switch*). Assim, N1 fica com a entrada correspondente aos endereços de N2 (e não de N3).

Numa abordagem mais concreta, se um computador fizer *ping* a um qualquer servidor da Google, por exemplo, a entrada na tabela *ARP* que vai ser adicionada ao computador não será a dos endereços (*Ethernet* e *MAC*) do servidor, mas sim a dos endereços do primeiro router que liga a rede local do computador à rede local do servidor.

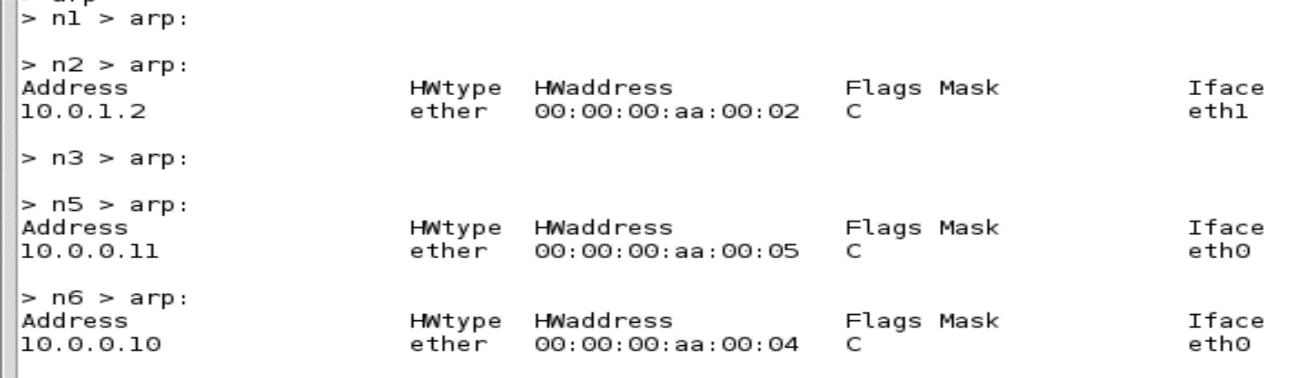


Imagem 21 – Tabelas arp de n1, n2, n3, n5 e n6

* **PARTE II**

***ARP* Gratuito**

1. **Identifique um pacote de pedido ARP gratuito originado pelo seu sistema. Verifique quantos pacotes ARP gratuito foram enviados e com que intervalo temporal.**

Foram enviados dois *ARP* gratuitos, um aos 9.57s e outro aos 68.67s. Registou- -se, então, um intervalo temporal de 59.1s.

C:\Users\win8\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCacheContent.Word\1.png

Imagem 22 – ARPs gratuitos

1. **Analise o conteúdo de um pedido ARP gratuito e identifique em que se distingue dos restantes pedidos ARP. Registe a trama Ethernet correspondente. Qual o resultado esperado face ao pedido ARP gratuito enviado?**

No *ARP* gratuito – e em comparação com os restantes pedidos *ARP* – os endereços *IP* de origem e de destino são iguais (e correspondem ao do nosso computador), sendo o endereço *MAC* de destino do tipo *ff:ff:ff:ff:ff:ff* que denota o *broadcast*.

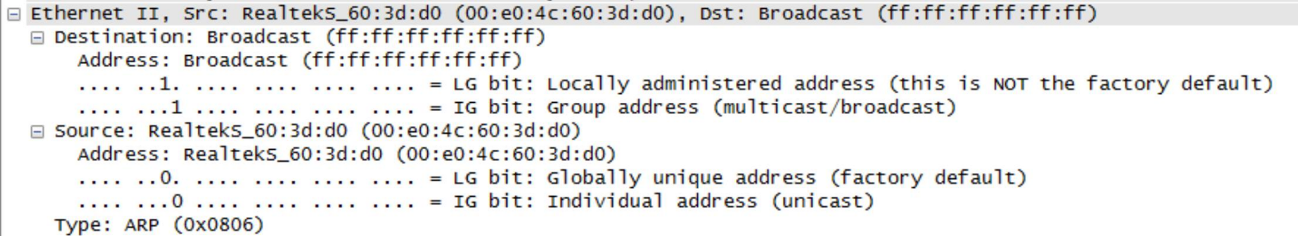


Imagem 23 – Especificação do ARP gratuito

**Domínios de colisão**

1. **Faça *ping* de n1 para n2. Verifique com a opção *tcpdump* como flui o tráfego nas diversas interfaces dos vários dispositivos. Que conclui?**

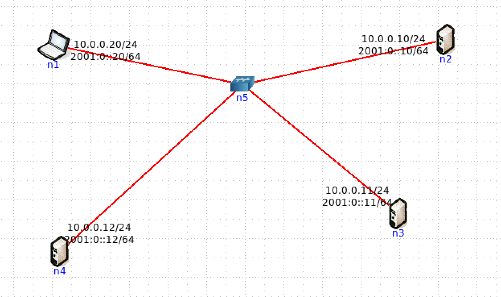


Imagem 24.1 – Sistema

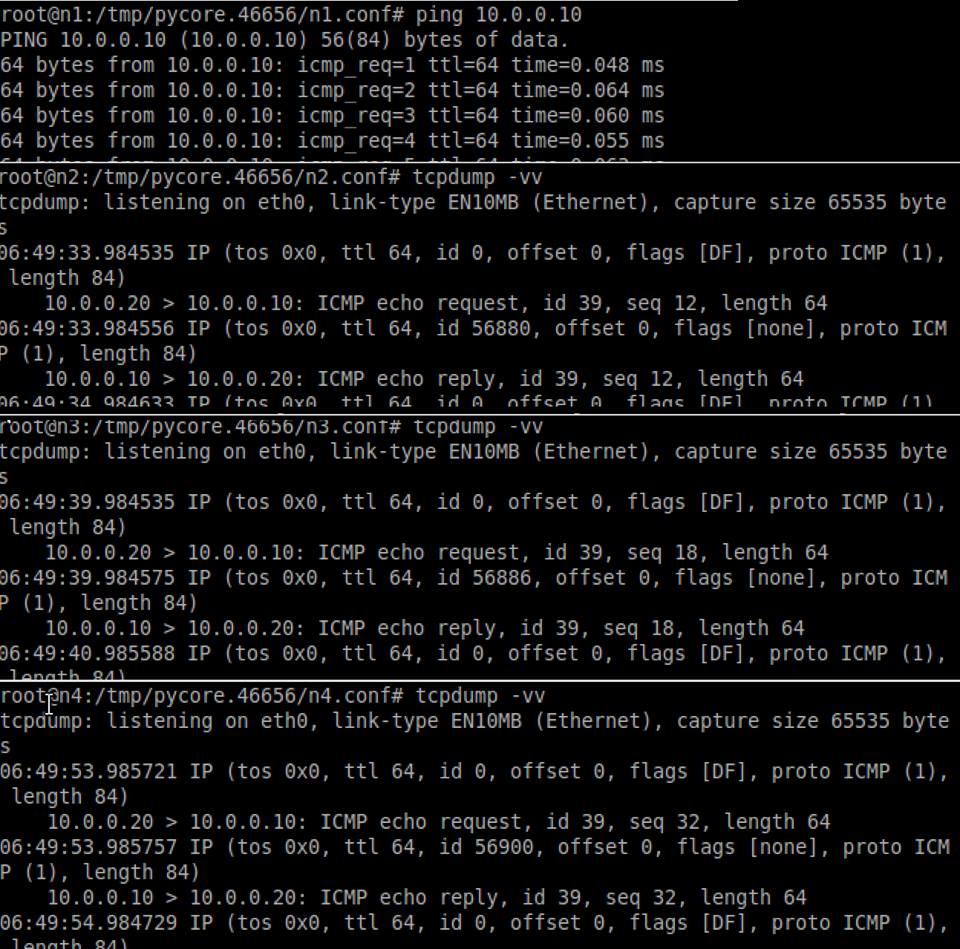


Imagem 24.2 – Ping (n1 para n2) e tcpdump de n2, n3 e n4

Apesar de estarmos a fazer um *ping* de N1 para N2, N3 e N4 conseguem observar o tráfego gerado pois foi utilizado um *hub* no sistema.

1. **Na topologia de rede substitua o *hub* por um *switch*. Repita os procedimentos que realizou na pergunta anterior. Comente os resultados obtidos quanto à utilização de *hubs* e *switches* no contexto de controlar ou dividir domínios de colisão. Documente as suas observações e conclusões com base no tráfego observado/capturado.**

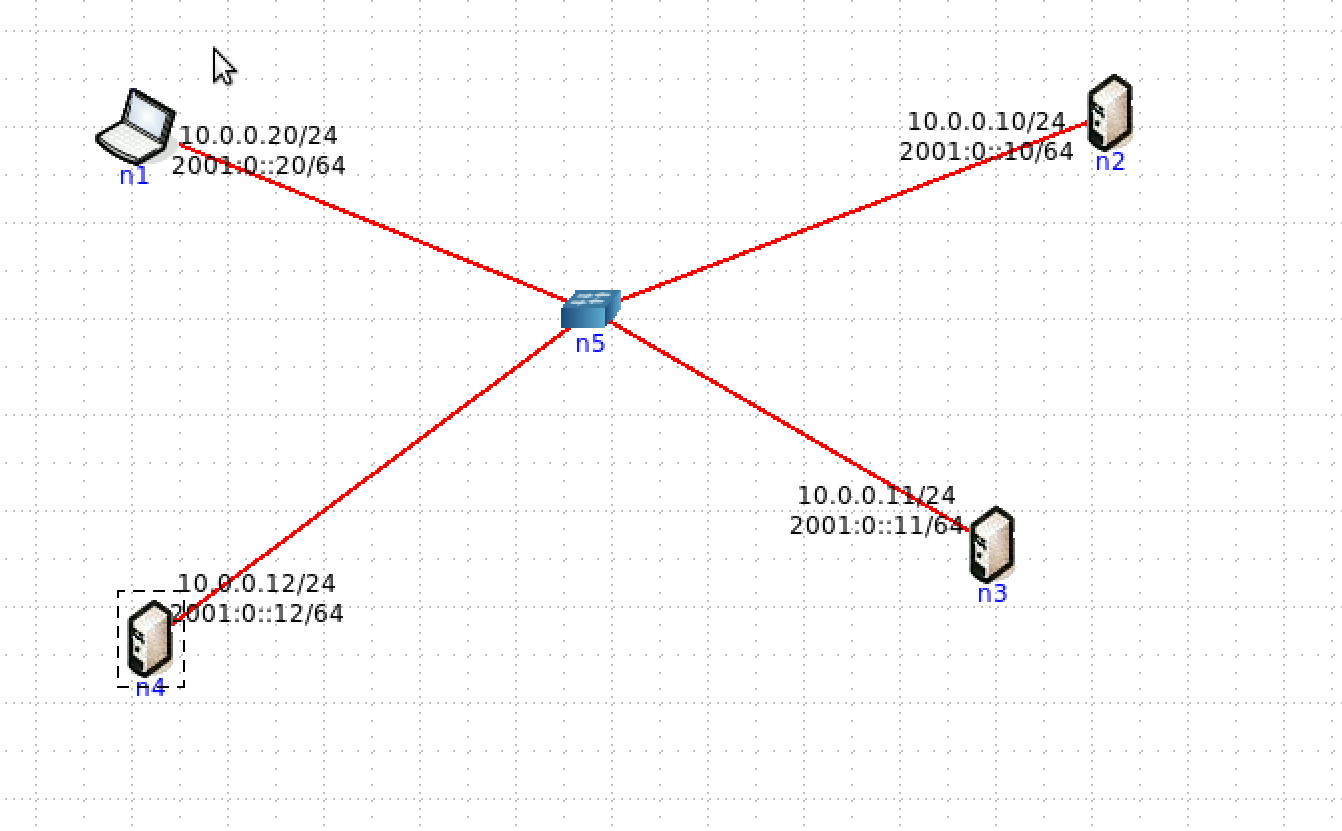


Imagem 25.1 - Sistema

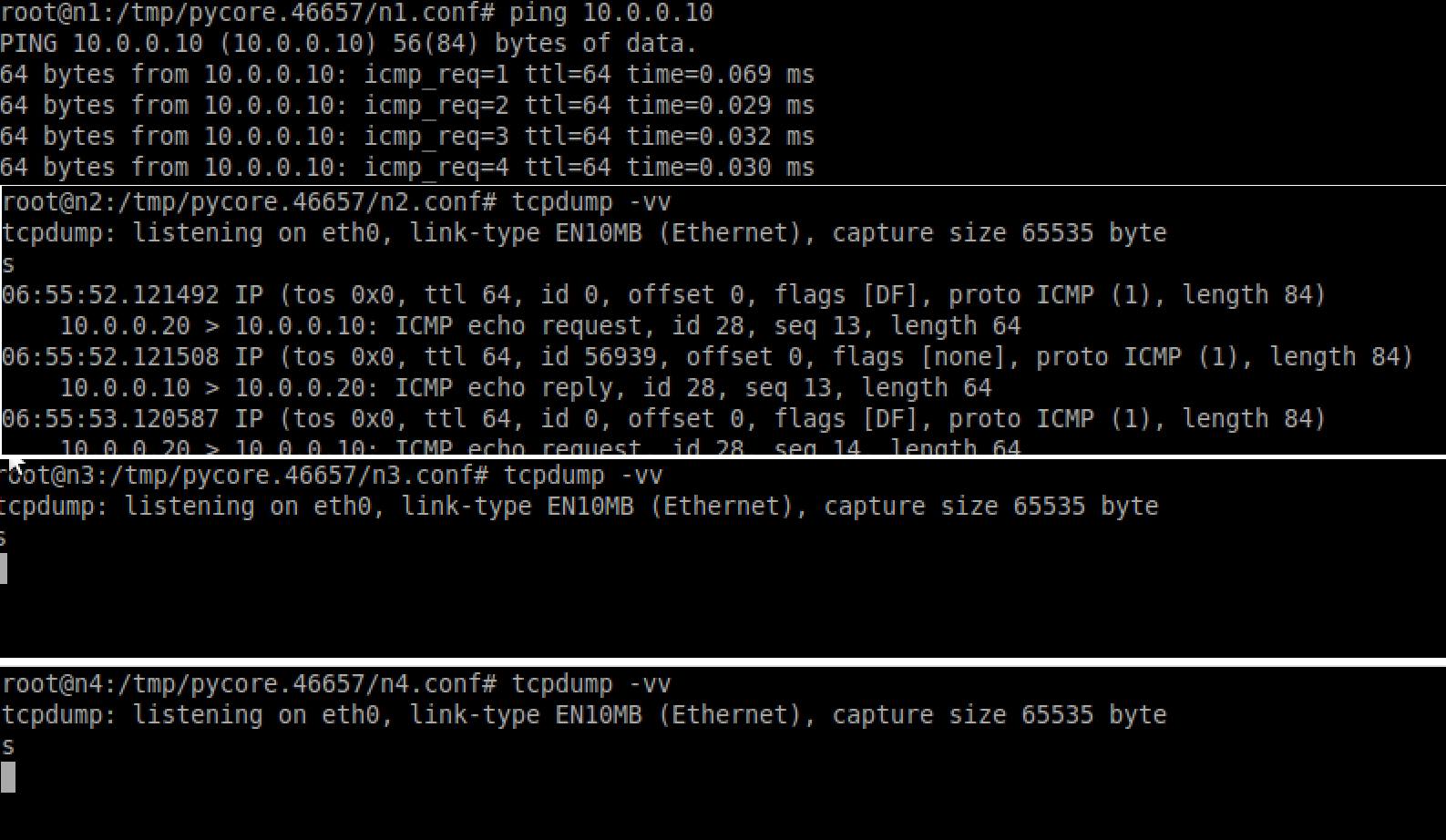


Imagem 25.2 – Ping (n1 para n2) e tcpdump de n2, n3 e n4

Ao contrário do sistema anterior, desta vez foi utilizado um switch e, assim, o tráfego gerado pelo ping de N1 para N2 apenas é observado por N2.

Num sistema que utilize um *hub*, quando uma máquina gera tráfego, todas as outras máquinas conseguem observar o tráfego gerado. Enquanto esta máquina estiver a gerar tráfego, nenhuma outra o consegue fazer, o que terá implicações a nível das colisões. Quanto maior o número de máquinas, maior é a probabilidade de existirem colisões.

Num sistema que utilize um *switch*, isto já não se verifica pois é “criado” um canal de comunicação quase exclusivo entre a origem e o destino, o que reduz a ocorrência de colisões.

* **Conclusões**

Com este trabalho, pudemos pôr em prática os conhecimentos teóricos adquiridos nas aulas de Redes de Computadores e, assim, compreender melhor os mesmos de um ponto de vista mais real.

Na primeira parte, relativa aos protocolos *HTTP* e *ARP*, percebemos a distinção entre o endereço físico (*MAC*) e o endereço lógico (*IP*), bem como a interação do nosso computador com a rede local e a importância de ambos os endereços na comunicação com a rede local e também com outras *subnets*.

Inicialmente, tivemos algumas dificuldades em utilizar o *Wireshark*, nomeadamente em entender os resultados das capturas. Além disso, surgiram-nos algumas dúvidas em relação à comunicação entre *subnets* diferentes, mais concretamente na parte do *ARP Reply* e do papel dos routers na interação entre a nossa máquina e o site.

Na segunda parte, relativa à simulação de sistemas de rede físicos, percebemos a diferença entre os pedidos e respostas *ARP* da parte anterior e os pedidos *ARP* gratuitos. Percebemos também a diferença entre implementação de um *switch* e de um *hub* e do seu papel nas colisões de tráfego.