# Trabalho 2

Configuração e estudo de uma rede

**Relatório Final**


Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Redes de Computadores

**Turma 6:**
António Manuel Vieira Ramadas | nº 201303568
Rui Filipe Freixo Cardoso Osório | nº 201303843
Rui Miguel Teixeira Vilares | nº 201207046

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Rua Roberto Frias, sn, 4200-465 Porto, Portugal

15 de Dezembro de 2015

# Resumo

Este projeto foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular Redes de Computadores do 3º ano do curso Mestrado Integrado em Engenharia Informática e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Com a realização deste projeto foi possível perceber melhor o funcionamento de uma rede de computadores e a complexidade das estruturas que a formam. Foi também importante perceber a abstração que é oferecida ao utilizador e que lhe permite utilizar a rede tão facilmente para diversas tarefas, desde acesso à internet até à comunicação entre computadores. Assim, neste relatório é explicado o desenvolvimento de uma aplicação FTP (*File Transfer Protocol*) e a configuração e estudo de uma rede.

Em suma, o trabalho consistiu em desenvolver uma aplicação de *download* nas ligações TCP (*Transmission Control Protocol*) através do FTP, na configuração de uma rede IP (*Internet Protocol*), no uso do DNS (*Domain Name System*), de um router em Linux e de um router comercial com implementação NAT (*Network Address Translation*). Finalmente, também foi abordada a implementação de duas LANs (*Local Area Network*) virtuais num *switch* e o funcionamento das ligações TCP.

# Índice

# Introdução

Este segundo trabalho, desenvolvido ao longo das aulas práticas da unidade curricular de Redes de Computadores, é facilmente dividido em duas principais secções. Importa também referir que todo ele foi realizado em ambiente Linux, com material da "Cisco" e com recurso à linguagem de programação C.

Numa primeira parte, é abordado o desenvolvimento da aplicação de *download* através do protocolo FTP, descrito no RFC959 (*Request for Comments*) e a sintaxe URL descrita no RFC1738. Este protocolo foi estabelecido para haver uma comunicação universal única entre servidores e clientes para transferência de ficheiros. O código produzido e aqui apresentado, funciona corretamente desde que o URL passado esteja com a sintaxe e a informação correta. De realçar também a fácil implementação no lado do cliente que visa simplificar o trabalho do utilizador.

A segunda parte aborda a configuração e estudo de uma rede em diversos passos até, finalmente ser possível utilizar com sucesso a aplicação de *download* criada e descrita anteriormente. O resultado final é uma rede de vários computadores ligados entre si através de duas LANs virtuais num *switch* com um *router* em Linux, um router comercial e NAT. Será também utilizado o DNS para a conversão do URL para um IP e consequentemente, para o estabelecimento de uma comunicação com o *host* pretendido.

# Parte 1 – Aplicação de *Download*

Para desenvolver a aplicação de *download* através do protocolo de FTP foi, em primeira instância, feita uma pesquisa abrangente. O ambiente de desenvolvimento utilizado é o Linux e a linguagem de programação é o C, tal como é habitual em todas as redes de computadores. Após alguma pesquisa foi encontrado o RFC959, que define o modo como os clientes se devem ligar ao servidor para transferir ficheiros. Foi também essencial entender o RFC1738 para definir a sintaxe URL.

## Arquitetura da aplicação de *download*

A aplicação começa por verificar o número de argumentos, de modo a perceber se esta foi corretamente chamada. O nome da aplicação é *download* e o único argumento deve ser o URL conforme descrito no RFC1738. Veja-se o exemplo de como deve ser executada:

```
./download ftp://[<user>:<password>@]<host>/<url-path>
```

Os campos *user* e *password* são facultativos e indicam as credenciais do utilizador naquele servidor, podendo ser omitidas caso o servidor o permita. O campo *host* indica o nome do servidor em que está alojado e que, através do DNS será convertido num endereço IPv4 ou IPv6. Nesta aplicação foi dada especial atenção ao facto de um *host* poder ter vários IPs, assim tem que ser testadas as várias hipóteses até que haja um IP que permita estabelecer uma ligação FTP. Por convenção, a porta para ligações FTP é a 21. Após ser definida uma ligação (abrir um *socket* e ligar ao servidor com sucesso), é então necessário seguir o protocolo de acordo com o RFC959. Neste relatório é descrito que após uma ligação bem estabelecida entre o recetor (cliente) e o emissor (servidor), este deve enviar uma (ou mais) mensagem de sucesso com o código 220.

Caso seja necessário, a aplicação irá fazer o *login* no servidor. Para tal, o utilizador e password especificados no URL são enviados através dos comandos *USER [username]<CR><LF>* (em caso de sucesso, o servidor retorna uma, ou mais, mensagens com o código 331) e *PASS [password]<CR><LF>* (em caso de sucesso, o servidor retorna uma, ou mais, mensagens com o código 230).

Em seguida, é pedido ao servidor para fazer a transferência em modo passivo, ou seja, a transferência será feita noutra porta e possivelmente noutro servidor e este deverá só iniciar a transferência assim que o cliente se conectar. Desta forma, teremos uma ligação para os comandos e outra para o ficheiro. Assim, o comando *PASV<CR><LF>* em caso de sucesso retornará uma mensagem com a seguinte configuração:

```
227 Entering Passive Mode (ip1,ip2,ip3,ip4,p1,p2)
```

Esta resposta deve ser interpretada da seguinte forma:

- IP do servidor (IPv4) onde vai ser feita a transferência: ip1.ip2.ip3.ip4
- Porta da ligação: p1 * 256 + p2

Aqui, a configuração da ligação já está feita e só falta pedir o ficheiro especificado no URL com o comando *RETR [path_to_the_file]<CR><LF>* para iniciar a transferência.

Concluindo, é necessário abrir uma nova ligação no endereço IP e porta especificadas aquando do pedido para transferência em modo passivo. A transferência é iniciada logo que o cliente se conecte.

## Relatório de um *download* com sucesso

A aplicação desenvolvida consegue fazer transferências de servidores por FTP. Assim, segue-se um caso de utilização com as diversas mensagens que aparecem no ecrã:

- Execução da aplicação:

```
./download ftp://up201303568:pass@tom.fe.up.pt/public_html/1.jpg
```

- Ligação bem sucedida:

```
220 FTP for Alf/Tom/Crazy/Pinguim
```

- *Username* aceite:

```
331 Please specify the password.
```

- *Password* aceite:

```
230 Login successful.
password.
```

- Resposta ao comando do modo passivo:

```
227 Entering Passive Mode (192,168,50,138,85,45).
```

- Término da transferência com sucesso:

```
Transfer completed!
```

# Parte 2 – Análise e configuração da rede

## Experiência 1 – Configuração de um IP de rede

Nesta experiência foi possível estabelecer uma comunicação entre dois computadores. Como inicialmente estes computadores não tinham ainda qualquer tipo de comunicação (as tabelas ARP foram apagadas em ambos), foi necessário, no momento da comunicação, identificar os computadores de destino. Assim, como se pode ver no anexo B1, linha 33, o computador 1 "pergunta" a todos os computadores qual é o computador com o endereço 172.16.50.254 e na linha seguinte é possível ver a resposta do referido computador, através do endereço MAC. Esta comunicação serviu para identificar "quem" é que está no endereço IP 172.16.50.254 e os pacotes usados para a transmissão são ARP (*Address Resolution Protocol*). O endereço IP distingue o computador na rede e o MAC identifica o computador. Quando é feito um *ping* de um computador de partida para o outro são passadas duas mensagens: a primeira é um *echo request* do computador de partida para o de destino, que responde com um *echo reply*. Para identificar o computador de destino o pacote *ping* contêm o endereço MAC e IP. Esta situação é percetível nas linhas 34 e 35 do anexo supracitado. O *ping* é um descendente do ICMP (*Internet Control Message Protocol*). Para descodificar estes pacotes há que os distinguir através das *frames* conforme descritas no slide 27 do pdf Network das aulas teóricas. Por conseguinte, o *type of service* indica o tipo de serviço, para o qual existem valores universais descritos no slide 42 do mesmo pdf. O tamanho total da *frame* é o campo *length* com 16 bits. A interface *loopback* serve para testar o funcionamento do dispositivo de rede. As mensagens mandadas para o endereço 127.x.x.x são imediatamente recebidas no mesmo dispositivo. Este funcionamento é especialmente importante para o teste de falhas como, por exemplo, para saber se os pinos ou o cabo estão em bom estado.

## Experiência 2 – Implementação de duas *virtual* LANs num *switch*

Nesta experiência foram criadas duas VLAN no switch. Inicialmente, começamos por configurar o *switch*, através da sua consola de configuração. Assim, com o comando ***vlan [n],*** onde ***n*** é o identificador da VLAN, foi criada uma nova sub-rede. Depois, revelou-se necessário adicionar as respetivas portas a cada VLAN. Para tal, introduziram-se os comandos ***interface fastethernet 0/[i]***, onde ***i*** é o número da porta, ***switchport mode access*** e ***switchport access VLAN [n]***, onde **n** é o identificador da VLAN. Os comandos estão por extenso no anexo C, experiência 2.

Uma virtual LAN permite simular uma rede diferente e inatingível pelos computadores exteriores a ela, exceto no caso de não terem nenhum elo de ligação (como acontecerá nas próximas experiências). Assim, existem 2 *broadcast domains*, um em cada VLAN. Como é possível ver pelos *logs* do anexo B2, os computadores das figuras 1 e 3 estão na mesma rede. Quando o computador da figura 1 fez um *broadcast,* só os computadores dessa rede é que o receberam. Contudo, através da análise dos *logs* também é possível perceber que o computador da figura 2 não está na mesma rede. Na verdade, está ligado ao mesmo *switch* que os restantes computadores, mas numa VLAN separada. Assim, concluímos que a cada VLAN corresponde um novo *broadcast domain*.

## Experiência 3 – Configuração de um *router* em Linux

Nesta experiência, existem duas VLANs ligadas entre si pelo computador 4. Os computadores da VLAN 50 conseguem comunicar com os computadores da VLAN 51, através das rotas adicionadas aos computadores dentro das VLANs. Assim, no computador 1 foi criada uma rota para quando este pretender comunicar com um dispositivo da outra VLAN reencaminhe o pacote para o computador 4. Para a comunicação da outra VLAN, ligada ao computador 2, foi também introduzida uma rota para reencaminhar os pacotes para o elo de ligação. Quando se pretende adicionar uma rota à tabela de reencaminhamento é necessário introduzir o endereço de destino, a respetiva máscara e o endereço para o qual se pretende reencaminhar. Exemplificando: o comando ***route add -net 172.16.51.0/24 gw 172.16.50.254*** faz com que os endereços que tenham os primeiros 24 bits iguais a 172.16.51 sejam reencaminhados para o endereço 172.16.50.254.

Quando um computador comunica com outro, este guarda na tabela de reencaminhamento o endereço IP e o respetivo endereço MAC do computador de destino. Assim, quando o computador 1 comunica com o computador 2, o IP de destino é o computador 2, mas o MAC é o do computador 4, uma vez que este é o elo de ligação entre os dois computadores. Este exemplo está representado na figura 4 do anexo B3.

No decorrer desta experiência foi feito *ping* do computador 1 para o computador 2 (figura 5 do anexo B3). A porta *ethernet* eth0 do computador 4 estava ligada à VLAN do computador 1 (figura 6 do anexo B3) e porta eth1 na mesma VLAN que a do outro computador (figura 7 do anexo B3). Na análise destes *logs* foi possível concluir que um pacote do computador 1 passa pela porta eth0 para o computador 2 e a comunicação inversa passa pela porta eth1. Nota: nas figuras 5, 6 e 7 do anexo B3, os pacotes podem não corresponder. No entanto, apenas o id da trama é que varia, não alterando assim a conclusão desta experiência.

## Experiência 4 – Configuração de um *router* comercial e implementação de NAT

Nesta experiência foi configurado um *router* comercial com NAT (*Network Address Resolution*) devidamente implementado. Quando se introduziu o *router* à rede foi necessário configurá-lo. Em primeiro lugar, foram configuradas as interfaces *gigabitethernet* do *router.* Em seguida adicionaram-se as rotas estáticas, utilizadas para reencaminhar os pacotes pelo computador 4 (elo de ligação) sempre que seja necessário comunicar com a outra VLAN. Os comandos utilizados estão em detalhe no anexo B4. O modo de funcionamento das máscaras e IP já foi explicado nas experiências anteriores.

Após a configuração do *router*, percebemos que um pacote ao ser transmitido para outra VLAN, por exemplo do computador 2 para o computador 1, segue por um caminho maior (passa pelo *router* comercial) para chegar ao destino. Isto só acontece caso esse computador não tenha adicionado na tabela de reencaminhado o *router* criado (computador 4).

De seguida foi implementado o NAT que permitiu, com sucesso, a comunicação dos computadores da rede criada com redes externas. Esta implementação permite que o endereço do computador local seja traduzido para outro IP na *internet*. A comunicação passa então por uma porta personalizada e o router comercial passa os dados recebidos para o computador através do seu endereço local. Sem o NAT implementado, o *router* comercial não é capaz de reencaminhar os pacotes exteriores para os computadores da rede local.

Para implementar o NAT foi necessário garantir a gama de endereços com os comandos ***ip nat pool ovrld 172.16.1.59 172.16.1.59 prefix 24*** e ***ip nat inside source list 1 pool ovrld overload***. Posteriormente, foi criada uma lista de acessos e permissões de pacotes para cada uma das sub-redes. Para finalizar, foram definidas as rotas internas e externas sendo que a comunicação com a outra VLAN deveria passar pelo computador 4.

No decorrer desta experiência, já com o NAT implementado, o computador 1 fez um *ping* ao *router* da sala (IP = 172.16.1.254) e verificou-se o caminho dos pacotes. Assim, esse *ping* passou pelo computador 1 para o computador 4, passando para o *router* comercial e chegando à *internet* (ao *router* da sala). A resposta ao *ping* partiu do *router* da sala para o router comercial, seguiu para o computador 4 e chegou com sucesso ao computador 1.

## Experiência 5 – DNS

Nesta experiência foi configurado o DNS com o servidor DNS lixa.netlab.fe.up.pt (172.16.1.1). O DNS converte uma *string*, que é o nome do *site* a que pretendemos aceder, num endereço IP. Para fazer esta configuração foi necessário alterar o ficheiro "resolv.conf", utilizando os comandos presentes no anexo C, experiência 5. Este ficheiro é lido cada vez que se faz um acesso à Internet.

Para perceber o funcionamento do DNS foi feito *ping* a www.google.pt. Como já referido anteriormente, esta *string* é traduzida num IP para fazer as futuras comunicações. Assim, como se pode ver nas linhas 10 e 11 do anexo B5, é feita uma *query* ao DNS para saber qual o IP. Em seguida, é obtida uma resposta, neste caso, com o IP 218.58.211.195. A partir deste momento, os pacotes trocados entre estes dois dispositivos é feito com este endereço, deixando a *string* de ser importante. As linhas a vermelho-claro presentes no anexo B5, são uma troca de mensagens, tal como as que foram esclarecidas nas experiências anteriores.

## Experiência 6 – Ligações TCP

Nesta experiência foi feito um *download* através do protocolo FTP da *internet*. A aplicação usada para a transferência está descrita na Parte 1 deste relatório. Como referido anteriormente, são abertas duas ligações de TCP para cada *download*, uma vez que este é feito em modo passivo. Alguns detalhes inerentes a esta experiência estão também explicitados anteriormente.

Como é possível observar no anexo B6 figura 9, os comandos do cliente seguem o protocolo TCP e os dados do servidor o protocolo FTP. Contudo, após o envio de todos os comandos e aberta a nova porta para a transferência de dados, os protocolos são invertidos passando o FTP estar a cargo do cliente e o TCP do servidor (ver anexo B6, figura 10). A informação, ou seja, o envio dos comandos, é assim passado na primeira ligação.

O TCP utiliza *Selective Repeat ARQ* para o tratamento de erros, o seu funcionamento encontra-se explicado no slide 43 do ficheiro data-link-layer.pdf das apresentações das aulas teóricas. Conforme explicado nos referidos *slides*, apenas as tramas que falharam são reenviadas e o uso da *Slicing Window* limita o número de erros. Por conseguinte, é possível ver os campos enviados do cliente para o servidor no anexo B6, figura 11. Estes são maioritariamente tramas de confirmação positivas (ACK) contendo o número de sequência e o tamanho da janela esperada. Esta informação, tal como uma explicação sobre o funcionamento do TCP ao nível da gestão de erros e confirmações e o transporte que é feito, está melhor e mais detalhadamente explicada no ficheiro transport.pdf das aulas teóricas.

Nesta experiência foi também feita a transferência do mesmo ficheiro, do mesmo *host*

através de dois computadores intercalados (primeiro começou um computador e depois, o segundo computador começou também), com o mesmo ponto de acesso à internet: o *router* comercial. Como era expectável, a transferência foi ligeiramente afetada. No entanto, as consequências foram diminutas, uma vez que o tempo de transferência manteve-se relativamente o mesmo de quando as transferências foram feitas isoladamente. Mais evidente foram as alterações das janelas pelos clientes, já que tanto aumentavam como diminuíam, sendo este um sinal de que o *buffer* enchia mais rapidamente e de forma inconstante.

## Experiência 7 – Implementação de NAT em Linux

Nesta experiência foi implementado NAT em Linux no computador 4 (a ligação entre as duas VLANs). Nas anteriores experiências, este computador apenas reencaminhava os pacotes entre as duas VLANs. Contudo, agora, este computador associa cada IP de cada computador que deseja fazer uma ligação com uma porta e, consequentemente, o IP visto pelo exterior é do computador 4. Esta tradução é feita por uma tabela de reencaminhamento. Resumidamente, este funcionamento é o NAT a atuar (para uma explicação detalhada sobre como o NAT funciona sirva-se a Experiência 4 como exemplo). Este modo de funcionamento permitiu o grupo concluir que um computador pode ter o NAT implementado e, assim simular o funcionamento de um *router* doméstico com a *internet*. Para passar da teoria à prática, foram feitos acessos à *internet* do computador 1 o que com a configuração da rede passa pelo NAT do computador 4. Foram gerados tráfegos TCP, UDP e ICMP. Exemplificando, pode consultar-se nas figuras 11 (eth0) e 12 (eth1) do anexo B7 que na rede interna (figura 11) o computador 1 é conhecido pelo seu IP. Contudo, na rede externa (figura 12) o mesmo computador é conhecido pelo IP do computador 4. De realçar que ambas as figuras mostram o mesmo pedido.

# Conclusões

No final deste trabalho, o grupo realizou com sucesso todas as experiências propostas. Com as várias experiências, fizemos uma importante aplicação prática dos conceitos teóricos abordados ao longo do semestre.

A aplicação de *download* implicou um estudo prévio de alguns protocolos, de FTP e de sintaxe do URL. A analise e configuração da rede permitiu interagir diretamente com o material físico necessário, bem como, as configurações a ele associadas.

Numa altura em que cada vez mais os dados estão na *cloud*, torna-se importante perceber como é o funcionamento de uma rede e a sua aplicação em ambiente profissional.

Contudo, concluímos também que faltam alguns conceitos para a criação de uma rede mais completa. Os objetivos desta unidade curricular foram compreendidos, no entanto, criar uma rede a nível empresarial é uma situação mais complexa e exigente, que ficará para uma abordagem futura.

# Referências


- Slides da unidade curricular Redes de Computadores
- Brian Hall Beej's Guide to Network Programming - Using Internet Sockets
- J. Postel, J. Reinolds File Transfer Protocol
- T. Berners-Lee Uniform Resource Locators

# Anexos

## Anexo A – Código da Aplicação

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>
#include <netdb.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <fcntl.h>
#define PORT "21" // the port client will be connecting to
#define MAXDATASIZE 10000 // max number of bytes we can get at once

// get sockaddr, IPv4 or IPv6:
void *get_in_addr(struct sockaddr *sa)
{
	if (sa->sa_family == AF_INET) {
		return &(((struct sockaddr_in*)sa)->sin_addr);
	}
	return &(((struct sockaddr_in6*)sa)->sin6_addr);
}

//abstraction to send user and pass cmd
void sendCmdAndWaitResponse(int fd, char *cmd, int length) {

	char buf[MAXDATASIZE];

	if (write(fd, cmd, length) == -1) {
		perror("send");
		exit(1);
	}
	if (read(fd, buf, MAXDATASIZE-1) > 0) {
		printf("%s\n", buf);
	}
}

//enter passive mode. it returns the port where the data will came out
//server_address will be the ip of the server
int enterPassive(int sockfd, char *server_address) {
	char response[MAXDATASIZE];
	write(sockfd, "pasv\r\n", strlen("pasv\r\n"));
	read(sockfd, response, MAXDATASIZE-1);

	int ipPart1, ipPart2, ipPart3, ipPart4;
	int port1, port2;
	sscanf(response, "227 Entering Passive Mode
(%d,%d,%d,%d,%d,%d)", &ipPart1,
			&ipPart2, &ipPart3, &ipPart4, &port1, &port2);

	sprintf(server_address, "%d.%d.%d.%d", ipPart1, ipPart2,
ipPart3, ipPart4);

	return port1 * 256 + port2;
}

//parse information of the user
void parseUser(char *argv, char *sendUser, char *sendPass, char *host,
char *path, char *userInfo) {

	char *username = strchr(argv+strlen("ftp://"), ':');
```

```
	if (username == NULL || username > userInfo) {
		fprintf(stderr, "Check the user information\n");
		exit(1);
	}

	char *field = argv+strlen("ftp://");
	strcpy(sendUser, "USER ");
	strncat(sendUser, field, abs(username - field));
	strncat(sendUser, "\r\n", 2);

	field = username + 1;
	strcpy(sendPass, "PASS ");
	strncat(sendPass, field, abs(userInfo - field));
	strncat(sendPass, "\r\n", 2);

	userInfo = userInfo + 1;
	field = strchr(userInfo, '/');
	strncpy(host, userInfo, abs(field - userInfo));
	strcat(path, field+1);
	strncat(path, "\r\n", 2);
}

//parse filename
void parseFilename(char *argv, char *filename) {
	strcpy(filename, ".");

	char *name = strrchr(argv, '/');

	strcat(filename, name);
}

//para testar
//ftp://user:pass@ftp.funet.fi/pub/standards/RFC/rfc959.txt
//ftp://ftp.up.pt/pub/CPAN/RECENT-1M.json
int main(int argc, char *argv[])
{
	if (argc != 2) {
		fprintf(stderr,"usage: download
ftp://[<user>:<password>@]<host>/<url-path>\n");
		return 1;
	}
	if (strncmp("ftp://", argv[1], strlen("ftp://")) != 0) {
		fprintf(stderr,"The link must start with ftp://\n");
		return 1;
	}

	char *userInfo = strchr(argv[1], '@');
	char sendUser[1000]; char sendPass[1000]; char host[1000];
	char path[1000]; strcpy(path, "RETR ");
	//verfica se existe um utilizador
	if (userInfo != NULL) {
		parseUser(argv[1], sendUser, sendPass, host, path,
userInfo);
	}
	else {
		char *begin = argv[1]+strlen("ftp://");
		char *field = strchr(begin, '/');
		strncpy(host, begin, abs(field - begin));
		strcat(path, field+1);
		strncat(path, "\r\n", 2);
	}
```

```
	int sockfd;
	struct addrinfo hints, *servinfo, *p;
	int rv;
	char s[INET6_ADDRSTRLEN];
	memset(&hints, 0, sizeof hints);
	hints.ai_family = AF_UNSPEC;
	hints.ai_socktype = SOCK_STREAM;
	if ((rv = getaddrinfo(host, PORT, &hints, &servinfo)) != 0) {
		fprintf(stderr, "getaddrinfo: %s\n", gai_strerror(rv));
		return 1;
	}
	// loop through all the results and connect to the first we can
	//one host can have multiple ip
	for(p = servinfo; p != NULL; p = p->ai_next) {
		if ((sockfd = socket(p->ai_family, p->ai_socktype,
			p->ai_protocol)) == -1) {
			perror("client: socket");
		continue;
		}

		if (connect(sockfd, p->ai_addr, p->ai_addrlen) == -1) {
			close(sockfd);
			perror("client: connect");
			continue;
		}
		break;
	}

	//unsuccessful connection
	if (p == NULL) {
		fprintf(stderr, "client: failed to connect\n");
		return 2;
	}
	inet_ntop(p->ai_family, get_in_addr((struct sockaddr *)p-
>ai_addr),
		s, sizeof s);

	//printf("client: connecting to %s\n", s);
	freeaddrinfo(servinfo); // all done with this structure

	//read the welcome message
	char buf[MAXDATASIZE];
	if (read(sockfd, buf, MAXDATASIZE-1) > 0) {
		printf("%s\n", buf);
	}

	//send user and pass cmd if required
	if (userInfo != NULL) {
		sendCmdAndWaitResponse(sockfd, sendUser, strlen(sendUser));
		sendCmdAndWaitResponse(sockfd, sendPass, strlen(sendPass));
	} else {
		strcpy(sendUser, "USER ftp");
		strncat(sendUser, "\r\n", 2);
		strcpy(sendPass, "PASS pass");
		strncat(sendPass, "\r\n", 2);
		sendCmdAndWaitResponse(sockfd, sendUser, strlen(sendUser));
		sendCmdAndWaitResponse(sockfd, sendPass, strlen(sendPass));
	}

	char server_address[20];
```

```
      int server_port = enterPassive(sockfd, server_address);

      //send the file requested
      write(sockfd, path, strlen(path) + 1);

      //starts opening the address of the data
      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(server_address);    //32
bit Internet address network byte ordered
      server_addr.sin_port = htons(server_port);            //server
TCP port must be network byte ordered

    int sockfd_server;
      //open an TCP socket
      if ((sockfd_server = socket(AF_INET,SOCK_STREAM,0)) < 0) {
            perror("socket()");
            exit(1);
      }

      //connect to the server
      if(connect(sockfd_server,
                  (struct sockaddr *)&server_addr,
               sizeof(server_addr)) < 0){
            perror("connect()");
            exit(1);
      }

      //open the file
      char filename[MAXDATASIZE];
      parseFilename(argv[1], filename);
      int file = open(filename, O_WRONLY | O_CREAT, 0777);

      //read to the file
      char print;
      while (read(sockfd_server, &print, 1) == 1) {
            write(file, &print, 1);
      }

      //all done with the transmission
      close(file);
      close(sockfd_server);
      close(sockfd);

      printf("Transfer completed!\n");
      return 0;
}
```

# Anexo B

## Anexo B1

| No. | Time | Source | Destination | Protoc | Lengt | Info |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 42… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/1/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8007 |
| 32 | 44… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/1/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8007 |
| 33 | 45… | G-ProCom_8b:e4:… | Broadcast | ARP | 42 | Who has 172.16.50.254? Tell 172.16.50.1 |
| 34 | 45… | HewlettP_c3:78:… | G-ProCom_8b:e4:… | ARP | 60 | 172.16.50.254 is at 00:21:5a:c3:78:70 |
| 35 | 45… | 172.16.50.1 | 172.16.50.254 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x4f6d, seq=1/256, ttl=64 (reply in 36) |
| 36 | 45… | 172.16.50.254 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x4f6d, seq=1/256, ttl=64 (request in 35) |
| 37 | 46… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/1/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8007 |
| 38 | 46… | 172.16.50.1 | 172.16.50.254 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x4f6d, seq=2/512, ttl=64 (reply in 39) |
| 39 | 46… | 172.16.50.254 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x4f6d, seq=2/512, ttl=64 (request in 38) |
| 40 | 47… | 172.16.50.1 | 172.16.50.254 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x4f6d, seq=3/768, ttl=64 (reply in 41) |
| 41 | 47… | 172.16.50.254 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x4f6d, seq=3/768, ttl=64 (request in 40) |
| 42 | 48… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/1/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8007 |
| 43 | 48… | 172.16.50.1 | 172.16.50.254 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x4f6d, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 44) |
| 44 | 48… | 172.16.50.254 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x4f6d, seq=4/1024, ttl=64 (request in 43) |
| 45 | 48… | CiscoInc_3a:f6:… | CDP/VTP/DTP/PAg… | CDP | 453 | Device ID: tux-sw5 Port ID: FastEthernet0/5 |
| 46 | 49… | 172.16.50.1 | 172.16.50.254 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x4f6d, seq=5/1280, ttl=64 (reply in 47) |
| 47 | 49… | 172.16.50.254 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x4f6d, seq=5/1280, ttl=64 (request in 46) |
| 48 | 50… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/1/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8007 |

## Anexo B2

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 12… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=1/256, ttl=64 (no response found!) |
| 11 | 13… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=2/512, ttl=64 (no response found!) |
| 12 | 14… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8003 |
| 13 | 14… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=3/768, ttl=64 (no response found!) |
| 14 | 15… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=4/1024, ttl=64 (no response found!) |
| 15 | 16… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8003 |
| 16 | 16… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=5/1280, ttl=64 (no response found!) |
| 17 | 17… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=6/1536, ttl=64 (no response found!) |
| 18 | 18… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8003 |
| 19 | 18… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=7/1792, ttl=64 (no response found!) |
| 20 | 19… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=8/2048, ttl=64 (no response found!) |
| 21 | 20… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8003 |
| 22 | 20… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=9/2304, ttl=64 (no response found!) |
| 23 | 21… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=10/2560, ttl=64 (no response found!) |

*Figura 1*

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 2 | 2.… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 3 | 3.… | CiscoInc_3a:f6:… | CiscoInc_3a:f6:… | LOOP | 60 | Reply |
| 4 | 4.… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 5 | 6.… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 6 | 8.… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 7 | 10… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 8 | 12… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 9 | 13… | CiscoInc_3a:f6:… | CiscoInc_3a:f6:… | LOOP | 60 | Reply |
| 10 | 14… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 11 | 16… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 12 | 18… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 13 | 20… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 14 | 22… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 15 | 23… | CiscoInc_3a:f6:… | CiscoInc_3a:f6:… | LOOP | 60 | Reply |
| 16 | 24… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 17 | 26… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 18 | 28… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 19 | 30… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 20 | 32… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 21 | 33… | CiscoInc_3a:f6:… | CiscoInc_3a:f6:… | LOOP | 60 | Reply |
| 22 | 34… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 23 | 36… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |
| 24 | 38… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8004 |

*Figura 2*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 22 32… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=1/256, ttl=64 (no response found!) |
| 23 33… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=2/512, ttl=64 (no response found!) |
| 24 34… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8006 |
| 25 34… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=3/768, ttl=64 (no response found!) |
| 26 35… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=4/1024, ttl=64 (no response found!) |
| 27 36… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8006 |
| 28 36… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=5/1280, ttl=64 (no response found!) |
| 29 37… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=6/1536, ttl=64 (no response found!) |
| 30 38… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8006 |
| 31 38… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=7/1792, ttl=64 (no response found!) |
| 32 39… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=8/2048, ttl=64 (no response found!) |
| 33 40… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8006 |
| 34 40… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=9/2304, ttl=64 (no response found!) |
| 35 41… | 172.16.50.1 | 172.16.50.255 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x3d4b, seq=10/2560, ttl=64 (no response found!) |
| 36 42… | CiscoInc_3a:f6:… | CiscoInc_3a:f6:… | LOOP | 60 | Reply |
| 37 42… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8006 |

*Figura 3*

## Anexo B3

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| → 114 11… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x51ef, seq=1/256, ttl=64 (reply in 115) |
| ← 115 11… | 172.16.51.1 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x51ef, seq=1/256, ttl=63 (request in 114) |

```
> Frame 114: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: G-ProCom_8b:e4:a7 (00:0f:fe:8b:e4:a7), Dst: HewlettP_c3:78:70 (00:21:5a:c3:78:70)
> Internet Protocol Version 4, Src: 172.16.50.1, Dst: 172.16.51.1
> Internet Control Message Protocol
```

*Figura 4*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 112 11… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8003 |
| 113 11… | CiscoInc_3a:f6:… | CiscoInc_3a:f6:… | LOOP | 60 | Reply |
| 114 11… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x51ef, seq=1/256, ttl=64 (reply in 115) |
| 115 11… | 172.16.51.1 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x51ef, seq=1/256, ttl=63 (request in 114) |
| 116 11… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8003 |
| 117 11… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x51ef, seq=2/512, ttl=64 (reply in 118) |
| 118 11… | 172.16.51.1 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x51ef, seq=2/512, ttl=63 (request in 117) |
| 119 11… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x51ef, seq=3/768, ttl=64 (reply in 120) |
| 120 11… | 172.16.51.1 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x51ef, seq=3/768, ttl=63 (request in 119) |
| 121 11… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8003 |
| 122 11… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x51ef, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 123) |
| 123 11… | 172.16.51.1 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x51ef, seq=4/1024, ttl=63 (request in 122) |
| 124 11… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x51ef, seq=5/1280, ttl=64 (reply in 125) |
| 125 11… | 172.16.51.1 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x51ef, seq=5/1280, ttl=63 (request in 124) |
| 126 11… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8003 |

*Figura 5*

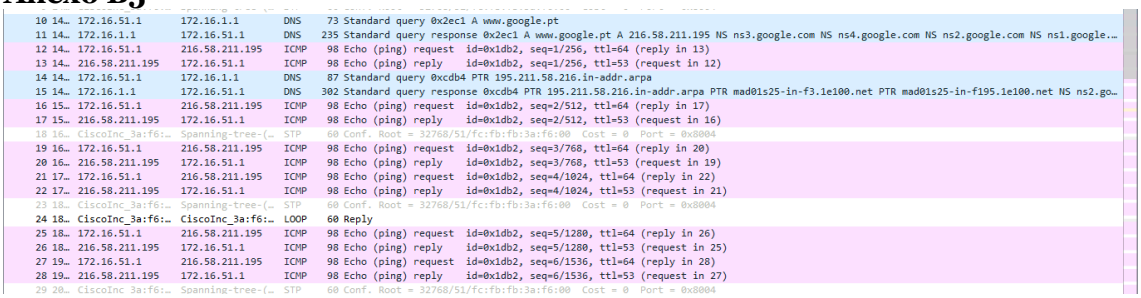
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 14… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8006 |
| 11 15… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x55cf, seq=1/256, ttl=64 (reply in 12) |
| 12 15… | 172.16.51.1 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x55cf, seq=1/256, ttl=63 (request in 11) |
| 13 16… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8006 |
| 14 16… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x55cf, seq=2/512, ttl=64 (reply in 15) |
| 15 16… | 172.16.51.1 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x55cf, seq=2/512, ttl=63 (request in 14) |
| 16 17… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x55cf, seq=3/768, ttl=64 (reply in 17) |
| 17 17… | 172.16.51.1 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x55cf, seq=3/768, ttl=63 (request in 16) |
| 18 18… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/50/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8006 |
| 19 18… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x55cf, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 20) |
| 20 18… | 172.16.51.1 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x55cf, seq=4/1024, ttl=63 (request in 19) |
| 21 19… | CiscoInc_3a:f6:… | CDP/VTP/DTP/PAg… | CDP | 453 | Device ID: tux-sw5 Port ID: FastEthernet0/4 |
| 22 19… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x55cf, seq=5/1280, ttl=64 (reply in 23) |
| 23 19… | 172.16.51.1 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x55cf, seq=5/1280, ttl=63 (request in 22) |

*Figura 6*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 16 14… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8008 |
| 17 14… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x55cf, seq=2/512, ttl=63 (reply in 18) |
| 18 14… | 172.16.51.1 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x55cf, seq=2/512, ttl=64 (request in 17) |
| 19 15… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x55cf, seq=3/768, ttl=63 (reply in 20) |
| 20 15… | 172.16.51.1 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x55cf, seq=3/768, ttl=64 (request in 19) |
| 21 16… | CiscoInc_3a:f6:… | Spanning-tree-(… | STP | 60 | Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00 Cost = 0 Port = 0x8008 |
| 22 16… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x55cf, seq=4/1024, ttl=63 (reply in 23) |
| 23 16… | 172.16.51.1 | 172.16.50.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) reply id=0x55cf, seq=4/1024, ttl=64 (request in 22) |
| 24 17… | 172.16.50.1 | 172.16.51.1 | ICMP | 98 | Echo (ping) request id=0x55cf, seq=5/1280, ttl=63 (reply in 25) |

*Figura 7*

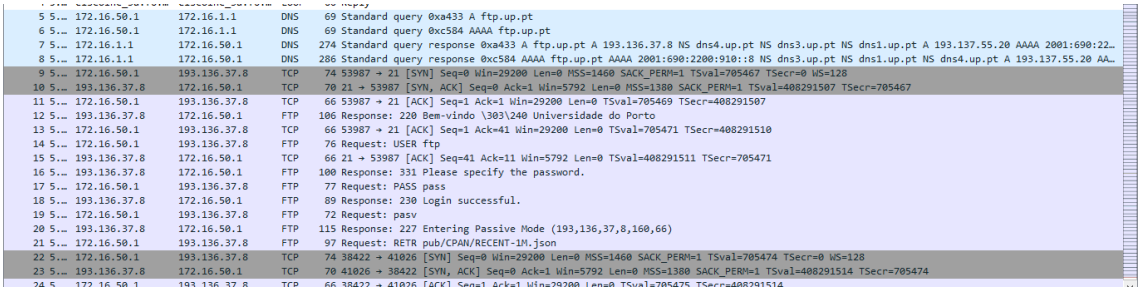
## Anexo B5



```
 10 14… 172.16.51.1     172.16.1.1      DNS    73 Standard query 0x2ec1 A www.google.pt
 11 14… 172.16.1.1      172.16.51.1     DNS   235 Standard query response 0x2ec1 A www.google.pt A 216.58.211.195 NS ns3.google.com NS ns4.google.com NS ns2.google.com NS ns1.google.…
 12 14… 172.16.51.1     216.58.211.195  ICMP   98 Echo (ping) request  id=0x1db2, seq=1/256, ttl=64 (reply in 13)
 13 14… 216.58.211.195  172.16.51.1     ICMP   98 Echo (ping) reply    id=0x1db2, seq=1/256, ttl=53 (request in 12)
 14 14… 172.16.51.1     172.16.1.1      DNS    87 Standard query 0xcdb4 PTR 195.211.58.216.in-addr.arpa
 15 14… 172.16.1.1      172.16.51.1     DNS   302 Standard query response 0xcdb4 PTR 195.211.58.216.in-addr.arpa PTR mad01s25-in-f3.1e100.net PTR mad01s25-in-f195.1e100.net NS ns2.go…
 16 15… 172.16.51.1     216.58.211.195  ICMP   98 Echo (ping) request  id=0x1db2, seq=2/512, ttl=64 (reply in 17)
 17 15… 216.58.211.195  172.16.51.1     ICMP   98 Echo (ping) reply    id=0x1db2, seq=2/512, ttl=53 (request in 16)
 18 16… CiscoInc_3a:f6:… Spanning-tree-(… STP    60 Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00  Cost = 0  Port = 0x8004
 19 16… 172.16.51.1     216.58.211.195  ICMP   98 Echo (ping) request  id=0x1db2, seq=3/768, ttl=64 (reply in 20)
 20 16… 216.58.211.195  172.16.51.1     ICMP   98 Echo (ping) reply    id=0x1db2, seq=3/768, ttl=53 (request in 19)
 21 17… 172.16.51.1     216.58.211.195  ICMP   98 Echo (ping) request  id=0x1db2, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 22)
 22 17… 216.58.211.195  172.16.51.1     ICMP   98 Echo (ping) reply    id=0x1db2, seq=4/1024, ttl=53 (request in 21)
 23 18… CiscoInc_3a:f6:… Spanning-tree-(… STP    60 Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00  Cost = 0  Port = 0x8004
 24 18… CiscoInc_3a:f6:… CiscoInc_3a:f6:… LOOP   60 Reply
 25 18… 172.16.51.1     216.58.211.195  ICMP   98 Echo (ping) request  id=0x1db2, seq=5/1280, ttl=64 (reply in 26)
 26 18… 216.58.211.195  172.16.51.1     ICMP   98 Echo (ping) reply    id=0x1db2, seq=5/1280, ttl=53 (request in 25)
 27 19… 172.16.51.1     216.58.211.195  ICMP   98 Echo (ping) request  id=0x1db2, seq=6/1536, ttl=64 (reply in 28)
 28 19… 216.58.211.195  172.16.51.1     ICMP   98 Echo (ping) reply    id=0x1db2, seq=6/1536, ttl=53 (request in 27)
 29 20… CiscoInc_3a:f6:… Spanning-tree-(… STP    60 Conf. Root = 32768/51/fc:fb:fb:3a:f6:00  Cost = 0  Port = 0x8004
```

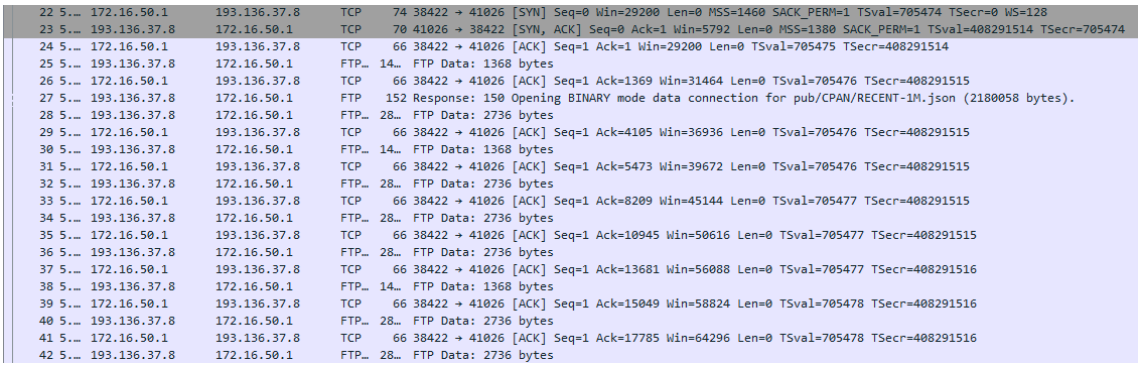
*Figura 8*

## Anexo B6



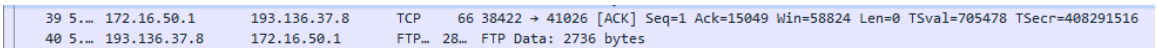
```
  5 5.… 172.16.50.1     172.16.1.1      DNS    69 Standard query 0xa433 A ftp.up.pt
  6 5.… 172.16.50.1     172.16.1.1      DNS    69 Standard query 0xc584 AAAA ftp.up.pt
  7 5.… 172.16.1.1      172.16.50.1     DNS   274 Standard query response 0xa433 A ftp.up.pt A 193.136.37.8 NS dns4.up.pt NS dns3.up.pt NS dns1.up.pt A 193.137.55.20 AAAA 2001:690:22…
  8 5.… 172.16.1.1      172.16.50.1     DNS   286 Standard query response 0xc584 AAAA ftp.up.pt AAAA 2001:690:2200:910::8 NS dns3.up.pt NS dns1.up.pt NS dns4.up.pt A 193.137.55.20 AA…
  9 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    74 53987 → 21 [SYN] Seq=0 Win=29200 Len=0 MSS=1460 SACK_PERM=1 TSval=705467 TSecr=0 WS=128
 10 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     TCP    70 21 → 53987 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=5792 Len=0 MSS=1380 SACK_PERM=1 TSval=408291507 TSecr=705467
 11 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    66 53987 → 21 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=29200 Len=0 TSval=705469 TSecr=408291507
 12 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP   106 Response: 220 Bem-vindo \303\240 Universidade do Porto
 13 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    66 53987 → 21 [ACK] Seq=1 Ack=41 Win=29200 Len=0 TSval=705471 TSecr=408291510
 14 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    FTP    76 Request: USER ftp
 15 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     TCP    66 21 → 53987 [ACK] Seq=41 Ack=11 Win=5792 Len=0 TSval=408291511 TSecr=705471
 16 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP   100 Response: 331 Please specify the password.
 17 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    FTP    77 Request: PASS pass
 18 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP    89 Response: 230 Login successful.
 19 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    FTP    72 Request: pasv
 20 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP   115 Response: 227 Entering Passive Mode (193,136,37,8,160,66)
 21 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    FTP    97 Request: RETR pub/CPAN/RECENT-1M.json
 22 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    74 38422 → 41026 [SYN] Seq=0 Win=29200 Len=0 MSS=1460 SACK_PERM=1 TSval=705474 TSecr=0 WS=128
 23 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     TCP    70 41026 → 38422 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=5792 Len=0 MSS=1380 SACK_PERM=1 TSval=408291514 TSecr=705474
```

*Figura 9*



```
 22 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    74 38422 → 41026 [SYN] Seq=0 Win=29200 Len=0 MSS=1460 SACK_PERM=1 TSval=705474 TSecr=0 WS=128
 23 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     TCP    70 41026 → 38422 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=5792 Len=0 MSS=1380 SACK_PERM=1 TSval=408291514 TSecr=705474
 24 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    66 38422 → 41026 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=29200 Len=0 TSval=705475 TSecr=408291514
 25 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP… 14… FTP Data: 1368 bytes
 26 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    66 38422 → 41026 [ACK] Seq=1 Ack=1369 Win=31464 Len=0 TSval=705476 TSecr=408291515
 27 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP   152 Response: 150 Opening BINARY mode data connection for pub/CPAN/RECENT-1M.json (2180058 bytes).
 28 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP… 28… FTP Data: 2736 bytes
 29 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    66 38422 → 41026 [ACK] Seq=1 Ack=4105 Win=36936 Len=0 TSval=705476 TSecr=408291515
 30 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP… 14… FTP Data: 1368 bytes
 31 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    66 38422 → 41026 [ACK] Seq=1 Ack=5473 Win=39672 Len=0 TSval=705476 TSecr=408291515
 32 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP… 28… FTP Data: 2736 bytes
 33 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    66 38422 → 41026 [ACK] Seq=1 Ack=8209 Win=45144 Len=0 TSval=705477 TSecr=408291515
 34 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP… 28… FTP Data: 2736 bytes
 35 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    66 38422 → 41026 [ACK] Seq=1 Ack=10945 Win=50616 Len=0 TSval=705477 TSecr=408291515
 36 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP… 28… FTP Data: 2736 bytes
 37 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    66 38422 → 41026 [ACK] Seq=1 Ack=13681 Win=56088 Len=0 TSval=705477 TSecr=408291516
 38 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP… 14… FTP Data: 1368 bytes
 39 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    66 38422 → 41026 [ACK] Seq=1 Ack=15049 Win=58824 Len=0 TSval=705478 TSecr=408291516
 40 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP… 28… FTP Data: 2736 bytes
 41 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    66 38422 → 41026 [ACK] Seq=1 Ack=17785 Win=64296 Len=0 TSval=705478 TSecr=408291516
 42 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP… 28… FTP Data: 2736 bytes
```

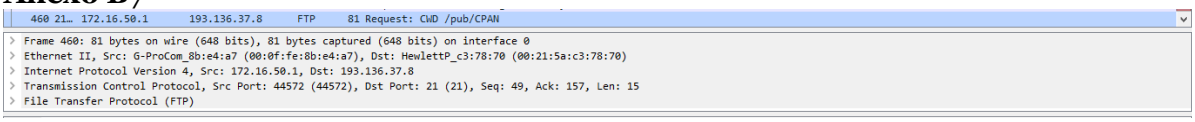
*Figura 10*



```
 39 5.… 172.16.50.1     193.136.37.8    TCP    66 38422 → 41026 [ACK] Seq=1 Ack=15049 Win=58824 Len=0 TSval=705478 TSecr=408291516
 40 5.… 193.136.37.8    172.16.50.1     FTP… 28… FTP Data: 2736 bytes
```

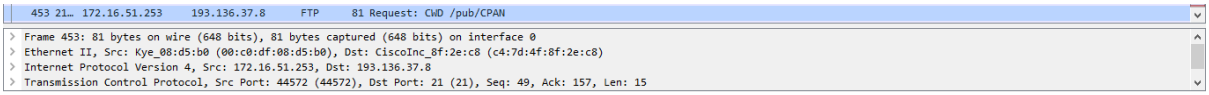
*Figura 11*

## Anexo B7



```
460 21… 172.16.50.1     193.136.37.8    FTP    81 Request: CWD /pub/CPAN
> Frame 460: 81 bytes on wire (648 bits), 81 bytes captured (648 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: G-ProCom_8b:e4:a7 (00:0f:fe:8b:e4:a7), Dst: HewlettP_c3:78:70 (00:21:5a:c3:78:70)
> Internet Protocol Version 4, Src: 172.16.50.1, Dst: 193.136.37.8
> Transmission Control Protocol, Src Port: 44572 (44572), Dst Port: 21 (21), Seq: 49, Ack: 157, Len: 15
> File Transfer Protocol (FTP)
```

*Figura 12*



```
453 21… 172.16.51.253   193.136.37.8    FTP    81 Request: CWD /pub/CPAN
> Frame 453: 81 bytes on wire (648 bits), 81 bytes captured (648 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: Kye_08:d5:b0 (00:c0:df:08:d5:b0), Dst: CiscoInc_8f:2e:c8 (c4:7d:4f:8f:2e:c8)
> Internet Protocol Version 4, Src: 172.16.51.253, Dst: 193.136.37.8
> Transmission Control Protocol, Src Port: 44572 (44572), Dst Port: 21 (21), Seq: 49, Ack: 157, Len: 15
```

*Figura 13*

# Anexo C

## Experiência 1 – Configuração de um IP de rede

Switch:
configure terminal
vlan 50
end
configure terminal
interface fastethernet 0/1
switchport mode access
switchport access vlan 50
end
configure terminal
interface fastethernet 0/4
switchport mode access
switchport access vlan 50
end

Computador 1:
ifconfig eth0 down
ifconfig eth0 up
ifconfig eth0 172.16.50.1/24

Computador 4:
ifconfig eth0 up
ifconfig eth0 down
ifconfig eth0 172.16.50.254/24

## Experiência 2 – Implementação de duas virtual LANs num switch

Switch:
configure terminal
vlan 51
end

configure terminal
interface fastethernet 0/2
switchport mode access
switchport access vlan 51
end

Computador 2:
ifconfig eth0 up
ifconfig eth0 down
ifconfig eth0 172.16.51.1/24

## Experiência 3 – Configuração de um router em Linux

Switch:
configure terminal
interface fastethernet 0/6
switchport mode access
switchport access vlan 51
end

Computador 1:
route add -net 172.16.51.0/24 gw 172.16.50.254
route add -net default gw 172.16.50.254

Computador 2:
route add -net 172.16.50.0/24 gw 172.16.51.253

## Experiência 4 – Configuração de um router comercial e implementação de NAT

(Switch)
configure terminal
interface gigabitethernet 0/10
switchport mode access
switchport access vlan 51
end

(Router)
conf t
interface gigabitethernet 0/0
ip address 172.16.51.254 255.255.255.0
no shutdown
ip nat inside
exit
interface gigabitethernet 0/1
ip address 172.16.1.59 255.255.255.0
no shutdown
ip nat outside
exit
ip nat pool ovrld 172.16.1.59 172.16.1.59 prefix 24
ip nat inside source list 1 pool ovrld overload
access-list 1 permit 172.16.10.0 0.0.0.255
access-list 1 permit 172.16.11.0 0.0.0.255
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.1.254
ip route 172.16.50.0 255.255.255.0 172.16.51.253
end

Computador 1:
route add -net default gw 172.16.50.254

Computador 2:
route add -net default gw 172.16.51.254

Computador 4:
route add -net default gw 172.16.51.254

## Experiência 5 – DNS

(Em cada computador)
vi /etc/resolv.conf
search netlab.fe.up.pt
nameserver 172.16.1.1

### Experiência 7 – Implementação de NAT em Linux

Computador 4:

```
/sbin/iptables -t nat -A POSTROUTING -o eth1 -j MASQUERADE
/sbin/iptables -A FORWARD -i eth0 -o eth0 -m state
  --state RELATED,ESTABLISHED -j ACCEPT
/sbin/iptables -A FORWARD -i eth0 -o eth1 -j ACCEPT
```

## Anexo D - *Scripts*

tuxPermission.sh

```
#!/bin/bash
chmod -x tux51.sh
chmod -x tux52.sh
chmod -x tux54.sh
```

tux51.sh

```
#!/bin/bash
/etc/init.d/networking restart
ifconfig eth0 up
ifconfig eth0 172.16.50.1/24
route add default gw 172.16.50.254
route -n
echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward
echo 0 > /proc/sys/net/ipv4/icmp_echo_ignore_broadcasts
```

tux52.sh

```
#!/bin/bash
/etc/init.d/networking restart
ifconfig eth0 up
ifconfig eth0 172.16.51.1/24
route add -net 172.16.50.0/24 gw 172.16.51.253
route add default gw 172.16.51.254
route -n
echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward
echo 0 > /proc/sys/net/ipv4/icmp_echo_ignore_broadcasts
```

tux54.sh

```
#!/bin/bash
/etc/init.d/networking restart
ifconfig eth0 up
ifconfig eth0 172.16.50.254/24
ifconfig eth1 up
ifconfig eth1 172.16.51.253/24
route add default gw 172.16.51.254
route -n
echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward
echo 0 > /proc/sys/net/ipv4/icmp_echo_ignore_broadcasts
```