**Universidade da Beira Interior**
Faculdade de Engenharia
Departamento de Informática



# Segurança Informática
## Aula 9
Licenciatura em Engenharia Informática
Licenciatura em Informática Web
Licenciatura em Tecnologias e Sistemas da Informação

# Computer Security
## Lecture 9
Degree in Computer Science and Engineering
Degree in Web Informatics
Degree in Information Technologies and Systems

**Sumário**
Vulnerabilidades e ataques em redes locais e de larga escala. Análise do serviço de *Domain Name System* (DNS) como fonte importante de informação arquitetural de uma rede, foco e alavanca de ataques.

***Summary***
*Vulnerabilities and attacks in local and wide area networks. Analysis of the Domain Name System (DNS) service as an important source of network architecure information, and as a focus and starting point of attacks.*

## 1 Contexto
***Scope***

A aula anterior focava-se no tema das vulnerabilidades em sistemas distribuídos, ou seja, nas máquinas terminais, sistemas operativos ou serviços instalados nessas máquinas, nomeadamente a nível da sua administração e implementação. Nesta aula converge-se para **as vulnerabilidades inerentes à interação entre esses sistemas sobre uma rede**, tanto **local** como de **larga escala**, e que se referem tanto a **fragilidade dos protocolos de comunicação** (nomeadamente protocolos de transporte e de rede), como às próprias **infraestruturas de suporte**, como é o caso do ***Domain Name Server* (DNS)**.

Não se irão abordar vulnerabilidades a nível aplicacional, já que tal constitui, hoje em dia, uma tarefa imensa (estas serão alvo de estudo noutra cadeira). Ainda assim, haverá uma breve menção a problemas associados ao correio eletrónico. O foco estará sobretudo colocado sobre a suite de comunicações *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (**TCP/IP**), que é o **padrão de comunicação usado à escala mundial**.

## 2 Levantamento de Informação Arquitetural e Resolução de Endereços
***Collecting Architectural Information and Address Resolution***

### 2.1 Levantamento de Informação Arquitetural
***Collecting Architectural Information***

A **informação arquitetural** consiste na **descrição das máquinas** que fazem parte de uma rede e qual **a função que nela desempenham**. O **normal funcionamento de uma rede**, bem como o **sucesso de potenciais ataques depende** normalmente desta informação. Como já foi mencionado antes, um ataque é tipicamente precedido por mecanismos de levantamento desta informação. Por isso, quando se desenham ou administram redes, é necessário **ter ambos os factos em conta**.

Uma das **principais fontes de informação** arquitetural são os **registos dos domínios DNS**. O DNS não fornece apenas serviços de resolução de nomes, como também **serviços informativos para gestão de rede** (por exemplo HINFO, que faculta informação acerca dos anfitriões da rede, como o processador e o sistema operativo que estão a correr)[1].

Repare que **o DNS é uma fonte suculenta de informação porque**, mesmo que não debite mais informação do que o seu serviço principal permite (i.e., resolução de nomes), basta pedir ao DNS de determinada rede privada que nos dê **os nomes dos endereços IP** que sabemos para **induzirmos a sua função na rede**. O procedimento de um atacante será semelhante a:

1. Faz um **varrimento aos endereços IP** (IP *sweep*) para saber todos os endereços que respondem a pedidos (obtém-se uma ideia da topologia da rede);
2. **Pergunta-se ao DNS quais os nomes do endereços** que obtivemos, de forma a deduzir-se o papel que as respetivas máquinas desempenham.

E.g., ao chegar a uma rede, um atacante começa por emitir *Internet Control Message Protocol* (ICMP) *echo requests* (vulgo PINGs) para todas as máquinas, obtendo resposta de várias delas, inclusive uma

[1] `$ nslookup -type=A www.di.ubi.pt` não mostra informação acerca do servidor do DI porque o administrador assim o quis.

com endereço 192.168.1.253. Depois de emitir o comando `$ nslookup 192.168.1.253`, obtém o nome `estrela.di.ubi.pt`, deduzindo que se deveria tratar de algum servidor.

## 2.2 Resolução de Endereços e de Nomes – DNS
***Address and Name Resolution – DNS***

O serviço DNS é **central ao bom funcionamento** da Internet. As **pessoas não decoram**, normalmente, **endereços IP**, **mas sim nomes** que lhes parecem lógicos, mas estruturados hierarquicamente: e.g., `www.di.ubi.pt/~inacio/`. Quando se começa uma comunicação na Internet, o cliente emite tipicamente um pedido DNS com o nome, que é respondido com o endereço IP da máquina a que corresponde esse nome. E.g., quando navega até um sítio na Internet, um utilizador começa por escrever um *Uniform Resource Locator* (URL) com palavras, não um endereço IP.

No sentido **direto**, este serviço chama-se **resolução de nome DNS**. No sentido **contrário** dá-se o nome de **resolução de nomes inversa** (*reverse name lookup*).

Por ser central ao bom funcionamento da Internet e redes em geral, o **DNS** é também **um polo de atração para ataques ou atividades maliciosas**, podendo estruturarem-se as razões para esta atração da seguinte forma:

1. Explorando o seu normal funcionamento, um **sujeito mal intencionado pode obter informação arquitetural** de uma rede;
2. Se o **serviço for comprometido**, **pode permitir personificação** de entidades na Internet.
3. Se o **serviço for atacado** de modo a negar o serviço que fornece, **outras aplicações Internet falharão**.
4. Os **servidores DNS existem em todo o lado e podem ser usados na amplificação de ataques** distribuídos e refletidos.

## 2.3 Resolução Errada de Nomes DNS
***DNS Spoofing***

Uma das **formas mais simples de usar o DNS contra utilizadores** da Internet (ou de servidores em redes privadas) **consiste em registar e divulgar nomes DNS enganadores**, de modo a redirecionar os clientes para sites maliciosos. E.g., divulgar o site `www.whitehouse.gov`, quando o site real é `www.whitehouse.org`. A forma mais elaborada de otimizar o efeito supramencionado consiste em levar a cabo **um ataque** designado por **DNS *spoofing***. Este tipo de ataques é possível porque, **quando o DNS foi desenhado, não havia preocupações com os ataques** a que hoje está sujeito. O protocolo contemplava aspetos de eficácia, eficiência e escalabilidade. A técnica mais comum para efetuar DNS *spoofing* recorre ao **envenenamento da *cache* DNS** (DNS *cache poisoning*), e explora partes do funcionamento do DNS, nomeadamente:

1. Para além da memória persistente onde se guardam os registos locais, **todos os servidores DNS têm uma memória (a *cache*) onde guardam**, durante algum tempo, os **registos dos últimos pares que traduziram**, nomeadamente aqueles para os quais não possuem registo e que tiveram de perguntar a outro DNS.

2. Quando recebem um pedido de resolução de nome ou endereço, um servidor **DNS procura primeiro nos seus registos e, caso não possua o que lhe diz respeito, faz uma *query* com um identificador** (um número) a outro servidor (mais alto na cadeia hierárquica), à espera de resposta satisfatória. O **problema** é que os pedidos e as respostas são feitas sobre *User Datagram Protocol* (UDP) e **autenticadas de uma forma fraca**.

Considere que um atacante consegue escutar a rede onde está a atuar ou parte dos dispositivos onde passam os pedidos DNS. Para tentar envenenar a *cache* DNS, procede da seguinte forma:

1. Numa primeira fase, envia vários pedidos DNS para endereços que sabe **que não existem** (e.g., `www.algures.net`, `www.nenhures.net`, etc.) e observa o servidor DNS local enviar dezenas de pedidos para outro servidor com o tal identificador. Esta fase também serve para limpar a *cache* do DNS.

2. Numa fase intermédia ou de forma paralela à fase anterior, o atacante **tenta perceber qual é o algoritmo usado para criar o identificador** dos pedidos DNS.

3. Numa terceira fase, **envia um pedido para o servidor DNS local** (e.g., `www.millenniumbcp.pt`) e, logo após, **envia várias respostas com vários identificadores** (um deles deve servir) para o DNS **com uma resolução errada** do URL. Para maximizar o seu proveito, pode publicitar um endereço IP de uma máquina controlada por ele. A partir desse momento, **quem tentar aceder ao URL, vai obter e ser redirecionado para um IP comprometido** (e provavelmente controlado pelo atacante, que vai tentar fazer *fishing* da informação).

## 2.4 Resolução Errada de Nomes DNS – Soluções
***DNS Spoofing – Solutions***

O problema apontado antes parece ter os seus **pontos mais fracos no identificador e na fraca autenticação** (se assim pode ser considerada) dos pedidos e resposta DNS. Assim, algumas propostas apontadas para a resolução deste problema passam por:

1. Utilizar **identificadores aleatórios** entre pedidos, que parece ser uma ideia interessante, mas que se baseia num princípio que pode ser falível.

2. Utilização de **chaves públicas e certificados para autenticar clientes, servidores e conteúdos nas comunicações DNS**, que acarreta **custos computacionais elevados**, nomeadamente armazenamento de chaves públicas, certificados e cadeias de certificados. Esta solução necessita que os servidores dediquem tempo de processamento a verificação de cadeias de certificação e assinaturas digitais, por cada pedido que recebem ou façam.

### 2.5 Resolução de Endereços e de Nomes – MAC
***Address and Name Resolution – MAC***

As comunicações entre cada dois nós numa rede *Ethernet* fazem-se através de um endereço *Medium Access Control* (MAC). Para comunicar, o computador constrói uma trama *Ethernet*, onde insere o pacote IP. No cabeçalho da trama vão os endereços MAC fonte e destino, correspondentes à máquina fonte e destino dentro da rede local. Repare: (i) **no cabeçalho do pacote IP vai o endereço IP destino da máquina terminal**; (ii) no **cabeçalho da trama *Ethernet*, vai o endereço MAC destino da próxima máquina na comunicação**. Caso o computador não tenha o MAC destino relativo ao IP destino do pacote encapsulado ou do próximo nó na comunicação, **envia um pedido *Address Resolution Protocol* (ARP) para o endereço *broadcast* (difusão)**. **A máquina que tem o endereço IP em questão, envia-lhe o seu MAC**.

### 2.6 Obtenção Errada de Endereços MAC
***MAC Spoofing***

**Cada sistema operativo guarda uma *cache* ARP**[2], que tem o mapeamento entre o endereço IP e o respetivo endereço MAC. Esta tabela vai sendo preenchida das mais variadas formas, nomeadamente **através de respostas a pedidos ARP**.

**Para envenenar a *cache***, basta que **o atacante faça chegar uma resposta a um pedido ARP com informação falsa ao recetor**. Por exemplo, considere que o seu computador emitia um pedido ARP para o endereço MAC relativo ao **IP do servidor DNS e que o atacante lhe enviava uma resposta forjada** (ARP *response*) dizendo que o endereço MAC relativo àquele IP era **o dele**. A partir daí, e enquanto o sistema operativo tivesse aquela entrada errada na *cache* ARP, iria sempre enviar pedidos DNS para o computador do atacante.

Note que se costuma usar a palavra ***envenenamento* porque o efeito do ataque persiste enquanto a memória (*cache*) não for limpa**. É muito difícil impedir ações de envenenamento de *caches* ARP. Pode-se tentar **minimizar o seu impacto através da monitorização da rede e da deteção de situações anómalas** (e.g., várias respostas ARP para o mesmo pedido e vindas de endereços MAC diferentes ao mesmo tempo).

A monitorização de toda a rede de área local só é possível em pontos centrais (e.g., *switch*), que têm de possuir uma porta de *mirroring* para o efeito ou suportar funcionalidades adicionais sendo, portanto, mais caras.

[2] O comando `$ ip neigh` mostra a tabela ARP em sistemas operativos Linux.

## 3 Confidencialidade
***Confidentiality***

Uma das motivações para o grande desenvolvimento de técnicas da criptografia moderna deve-se à notável adoção e crescimento das redes de computadores, que constituem um *habitat* natural para estas técnicas. É natural o requisito/pilar da confidencialidade tomar especial relevância neste contexto.

### 3.1 Confidencialidade de Interações em Rede
***Confidentiality in Network Interactions***

A **confidencialidade de interações em redes** pode ser analisada de **dois** ângulos diferentes:

- Confidencialidade **do tráfego**, que se prende com a preocupação **em esconder os interlocutores finais de uma comunicação**. De notar que as versões iniciais dos protocolos de comunicação não contemplavam mecanismos para assegurar este tipo de confidencialidade, e tal facto ainda hoje se mantém parcialmente inalterado.
- Confidencialidade **de conteúdos**, que se prende com a preocupação **em esconder dados úteis trocados entre os interlocutores**. Existe hoje uma grande preocupação com a confidencialidade dos conteúdos que circulam na Internet. Essa preocupação reflete-se no esforço de normalizar soluções de segurança e numa **proliferação de protocolos e aplicações de segurança**.

A proteção dos interlocutores é normalmente conseguida através de **mecanismos de encapsulamento e desencapsulamento de pacotes em túneis cifrados** (redes privadas virtuais). O **projeto Tor**[3] (e aplicações associadas) é um exemplo de **um esforço feito na direção da proteção de interlocutores no acesso a servidores ou até em redes *Peer-to-Peer*** (P2P) para *file sharing*.

Existem inúmeras **ferramentas de inspeção de tráfego e de conteúdo**. Algumas dessas ferramentas são **gratuitas** (e.g., ***Wireshark***) e *open source* (e.g. `tcpdump`). Caso não se tenha acesso físico a determinado troço da rede para colocar a escuta, podem-se tentar técnicas de

[3] `https://www.torproject.org/`

redirecionamento como as estudadas antes (e em baixo) para colmatar o problema. Outrora, bastava observar o tráfego que fluía na rede para obter segredos como palavras- ou frases-chave (hoje em dia ainda é possível fazer isso nalguns casos)[4].

O **risco** associado à possibilidade de inspeção de tráfego **varia de acordo com o que é transmitido**. Contudo, a **possibilidade de alguém obter palavras- ou frases-chave** de acesso a serviços previlegiados é uma das que normalmente **causa mais preocupação**.

## 3.2 Captura de Palavras-passe
***Password Capturing***

A **autenticação usando uma palavra-passe memorizada** é uma das formas **mais antigas de identificação de entidades**, mesmo antes de existirem computadores. Aliás, **antes até existia o hábito de haver uma contra-senha que autenticava o autenticador**. A autenticação por palavras-passe **baseia-se na partilha de um segredo entre duas pessoas**, e na **demonstração**, por parte de **uma delas**, que **sabe esse segredo** (*something you know factor*). Muitas aplicações distribuídas que utilizam a Internet adotaram o **mesmo mecanismo de autenticação**, mas **a segurança do canal** utilizado para trocar a palavra ou frase-chave **não está garantida à partida**. Nas aplicações computacionais de hoje em dia, há não só que **garantir que o caminho que transporta a palavra-passe entre o autenticado e o autenticador é seguro**, como também que as palavras- ou frase-passe são **guardadas e manuseadas de forma segura em ambos os lados da comunicação**. E.g., se estivermos a escrever a senha num terminal para autenticação, estamos perante um cenário inerentemente inseguro.

**O risco** de captura das palavras-chave **pode ser reduzido através de soluções como:**

1. **Cifrar** as comunicações antes de transmitir a palavra- ou frase-chave.

2. Usar **palavras-chave únicas** já que, se a palavra-chave for única, quem a escuta não a poderá usar no futuro. Para isto utiliza-se um método para derivar palavras-chave de uma palavra-chave inicial.

3. Usar **protocolos de troca de desafios e respostas**, em que o autenticador normalmente envia um desafio, e o autenticado responde com algo que só quem tem a palavra-passe correta conseguiria derivar. Um exemplo deste protocolo é o conhecido *Challenge-Handshake Authentication Protocol* (CHAP), em que

   (a) Bob: gera $c \xleftarrow{r} \mathcal{C}$;
   Bob gera um número aleatório (um desafio);

   (b) Bob→Alice: $c$
   Bob envia $c$ à Alice;

   (c) Alice: calcula $r$=SHA1($c$||palavra-passe||minuto);

   (d) Alice→Bob: $r$
   Alice envia a resposta $r$ ao Bob;

   (e) Bob: verifica e dá acesso se
   $r$=SHA1($c$||palavra-passe||minuto)

   Desta forma, a **palavra-chave nunca vai em claro**, e só quem a tem é que consegue responder ao desafio. Mais, se uma resposta for escutada, **não pode ser usada em autenticações futuras**, porque o **desafio será potencialmente diferente**.

4. Usar sistemas complexos de distribuição de credenciais cifradas com a palavra ou frase chave. Neste esquema, a **palavra-chave é pré-distribuída durante a instalação do sistema**. A partir daí, a palavra-chave **só é usada para cifrar credenciais que são usadas para autenticar o cliente noutros servidores**.

## 3.3 Senhas Fortes e Ataques de Dicionário
***Strong Passwords and Dictionary Attacks***

O uso de mecanismos para cifragem ou ocultação da palavra-chave **não vale de nada se a palavra-chave for fraca em termos de facilidade de adivinhação por parte alheia**. Por arrasto, as palavras-chave **costumam ser palavras ou combinações de palavras fáceis de lembrar para um humano**, o que **facilita** a tentativa de um atacante adivinhar essa palavra-chave. De modo a reduzir o universo de palavra-chave possíveis, um atacante **pode tentar palavras ou combinações de palavras de um dicionário de palavras**, em vez de tentar todas as combinações de caracteres possíveis para o tamanho da senha. Este ataque é conhecido como **Ataques usando Dicionários**. Infelizmente, o recente **comprometimento de grandes bases de dados de palavras-passe** [5] tem ajudado a construir **dicionários com milhões de combinações** usadas por **humanos**. Por outro lado, o **desenvolvimento** tecnológico, nomeadamente de **processadores com funções otimizadas**, ditam **um débito de teste cada vez maior de palavras-passe contra resumos ou cifras das mesmas**.

Note que, na grande maioria das situações, quando mais o atacante sabe da vida pessoal de uma vitima, mais hipóteses tem de adivinhar as suas senhas (e.g., imagine que sabe que a vitima gosta de banda desenhada da DC Comics...).

[4] Em sistemas operativos da família Linux com o `tcpdump` instalado, costuma ser suficiente fazer `$ sudo tcpdump -i wlan0 -s 1500 -A -v -t` para observar o tráfego que chega ou sai da máquina via *interface* `wlan0`.

[5] Ver, e.g., `http://www.zdnet.com/blog/btl/6-46-million-linkedin-passwords-leaked-online/79290`.

# 4 Autenticidade

***Authenticity***

A **autenticidade de interações** em redes constitui outro dos grandes problemas associados a este diversificado *habitat*, e pode também ser analisada de **dois** ângulos diferentes:

1. Autenticidade **de interlocutores**, que se prende com a prova de que **cada um dos intervenientes da comunicação é realmente quem diz que é**, e não um impostor.
2. Autenticidade **de conteúdos**, que se prende com a **prova ou a certeza de que os conteúdos da comunicação chegam ao destino tal como foram enviados** (i.e., não foram modificados em trânsito). Prende-se ainda com a possibilidade de detetar que não foram injetadas mensagens ou repetidas de forma fraudulenta durante a comunicação.

Como apontado antes, as versões iniciais dos protocolos de comunicação em redes de computadores não dispunham de mecanismos para garantia de autenticidade. Por exemplo, **o Protocolo IP não garante, por defeito, a autoria dos endereços nos pacotes** (e.g., pode-se fazer IP *spoofing*).

A autenticidade dos interlocutores e conteúdos pode ser assegurada usando **mecanismos da criptografia moderna** já estudados, nomeadamente ***Message Authentication Codes* (MACs) e Assinaturas Digitais**. Para motivar a necessidade destes mecanismos, descrevem-se alguns ataques que derivam de problemas de autenticidade.

## 4.1 Pedidos Fraudulentos sobre UDP

***Fake Requests Using UDP***

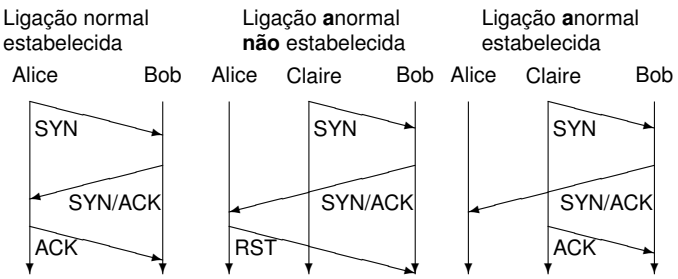
Uma das **técnicas mais elementares** de efetuar controlo de acesso em redes IP é **usando o valor do endereço IP da origem de um pedido**. Este controlo consiste em **negar o serviço aos IPs que não estão definidos na tabela de clientes autorizados do serviço**. O problema que está normalmente associado a esta técnica é que **o controlo de acesso só é normalmente efetuado para o primeiro ou primeiros pacotes do pedido**, i.e., durante o serviço propriamente dito, não é mais verificado o IP. Uma das formas de subverter este mecanismo consiste, então, em **enviar um pedido com o endereço IP falsificado** (*spoofed*) e em arranjar maneira de observar a resposta para saber como obter o serviço.

Considere o protocolo *Network File System* (NFS), usado para acesso a ficheiros distribuídos e que corre sobre UDP. Quando **recebe um pedido de uma máquina autorizada**, o protocolo **responde com um *file handler* especifico para aquele IP**. O **cliente pode então** usar esse *file handler* para **aceder à diretoria ou ficheiro daí para a frente**. Para um atacante, bastava enviar um **pedido bem formatado, mas com IP fonte falsificado**, e observar (de alguma forma) a resposta contendo o *file handler*. Depois disso, era só usar esse *file handler* para aceder ao ficheiro.

## 4.2 Iniciação Fraudulenta de Ligações TCP

***Fake Initiation of TCP Connections***

A **inicialização fraudulenta de ligações TCP é mais difícil que para UDP**. Se enviarmos um pacote com endereço fonte forjado, teremos de observar a resposta e possivelmente **continuar a forjar pacotes**, já que a ligação **não é estabelecida se não houver um *acknowledgement* da parte da entidade que iniciou da ligação**. Só é possível manter a farsa **se o IP que estamos a falsificar não estiver presente**, caso contrário, basta um `RST` para terminar a ligação ilegítima. Caso não consiga




escutar a resposta emitida pelo Bob para obter o valor de sequência enviado no `SYN/ACK`, a Claire pode sempre tentar responder com vários `ACKs` falsificados, na esperança que um deles tenha o valor de sequência correto.

## 4.3 Redirecionamento de Tráfego IP – ICMP *Redirect*

***Redirecting IP Traffic ICMP Redirect***

O **redirecionamento de tráfego é uma técnica que pode complementar as antes enunciadas**. Para além dos envenenamentos referidos anteriormente, há outras técnicas que podem ser utilizadas para o mesmo efeito. Por exemplo, os pacotes do tipo *Internet Control Message Protocol* (ICMP) ***redirect*** permitem que **um *gateway* mude o endereço de *gateway* que um *host* está a utilizar**. Se o atacante forjar um destes datagramas e o enviar para um *host* com o endereço fonte do seu *gateway* actual, pode conseguir que esse *host* altere o *gateway* para, e.g., uma máquina controlada por si. O resultado disto já é o esperado.

## 4.4 Redireccionamento de Tráfego IP – via *Source Route*

***Redirecting IP Traffic – via Source Route***

O protocolo IP especifica **uma opção chamada *Source Route***, que permite **definir a rota que um pacote IP deve seguir em termos de *routers*** (e.g., 192.168.0.254 $\rightarrow$ 133.22.22.1 $\rightarrow$ 133.233.1.25 $\rightarrow$ 93.0.93.150). Se o sistema operativo de uma máquina *host* responder a um pacote IP **invertendo a rota definida no pacote**, então

um atacante pode enviar um pacote com **endereço fonte falsificado** (para parecer que vem de alguém de confiança), e com uma **rota que inclua uma máquina que consegue escutar**. Por este motivo, **esta opção costuma ser desativada** a nível do sistema operativo.

### 4.5 Problemas de Autoria em Correio Electrónico
***Authorship Problems in E-mails***

O protocolo que suporta o envio de correio eletrónico, designado por *Simple Mail Transfer Protocol* (**SMTP**), tem um **mecanismo fraco de verificação da autenticidade e origem das mensagens**. Normalmente, os servidores **verificam apenas o endereço IP de origem da mensagem** para se assegurarem que a mensagem vem do domínio que estão a servir. Um nome de utilizador / palavra-passe pode ainda servir para autenticar o cliente perante o servidor, mas **o conteúdo dos campos do *e-mail* são**, frequentemente, **de exclusiva autoria do emissor**. Assim, campos como *From* e *Reply-to* podem ser **preenchidos ao critério do autor da mensagem, seja esse autor humano ou virtual** (vírus).

O problema antes mencionado é **exaustivamente explorado por** dois tipos de ameaças, nomeadamente ***spammers* e vírus**:

1. Os ***spammers*** colocam endereços de *e-mail* falsos no campo *From* e *Reply-to*, de modo a que **não sejam identificados como fonte de *spam***.
2. Os **vírus** fazem uso das listas de endereços de um cliente de *e-mail* para se propagarem, enviarem *spam* e **evitarem que um aviso de infeção volte para a máquina infetada**. Repare que, se o vírus colocar um endereço falso nos dois campos mencionados em cima, qualquer aviso de infeção vão para uma máquina que quase certamente não está infetada (porque não é a origem real do *e-mail*).

## 5 Ataques à Prestação de Serviços
***Denial of Service Attacks***

Existem **inúmeras motivações** para ataques à prestação de serviços (mais conhecidos por *Denial of Service* (DoS) *Attacks*), mas **o resultado desejado é** sempre, ou quase sempre, **impedir que uma empresa ou serviço consigam operar normalmente e prestar um serviço** aos seus clientes. Os ataques DoS seguem normalmente uma de **três estratégias**:

1. **Exploração de vulnerabilidades** conhecidas que induzam **o sistema vitima numa falha** (e.g., *Ping-of-Death*);
2. **Inundação dos servidores** com pedidos bem formados, mas falsos;
3. **Inundação da rede de acesso** de um servidor com tráfego inútil.

### 5.1 Ataques DoS e DoS Distribuidos
***DoS and Distributed DoS Attacks***

Se os ataques DoS são **levados a cabo usando várias máquinas**, então designam-se por *Distributed Denial of Service* (DDoS) *attacks*. Estes ataques **surgiram em larga escala em 1999** e são usados, sobretudo, para efetuar **ataques baseados em inundações**. A ideia de um DDoS é a de obter um **efeito amplificado do ataque DoS original**.

A **amplificação** de ataques pode ser conseguida de duas formas básicas:

1. **Usando** as chamadas ***Botnets***, **redes** constituídas por **computadores em estado *zombie***, **controlados por *worms***, que infetam máquinas remotas sem conhecimento do utilizador legítimo;
2. Usando mecanismos de **amplificação de tráfego**, nomeadamente através da exploração de **funcionalidades inerentes aos protocolos** (e.g., **endereços de difusão**) ou da exploração de **mecanismos de pergunta resposta**, em que **a resposta é maior do que a pergunta** (e.g. Serviços de resolução de nomes DNS).

### 5.2 Redes de *Bots*
***Botnets***

As *Botnets* constituem **um dos maiores problemas de segurança informática da atualidade**. Para dar uma **ideia da extensão destas redes**, pode referir-se uma notícia de **Março de 2010**, em que foi desmantelada a **rede Mariposa**, **constituída por mais de 12 milhões** de endereços IP distintos. O grande problema associado aos ataques despoletados nestas redes é que **os pedidos falsos vêm de endereços legítimos**, e **podem desgastar a comunicação ao nível da camada da aplicação**. Contrariamente a ataques com endereço falsificado, o *worm* pode **interagir com o servidor até ao ponto critico da vulnerabilidade**, e depois explorá-la.

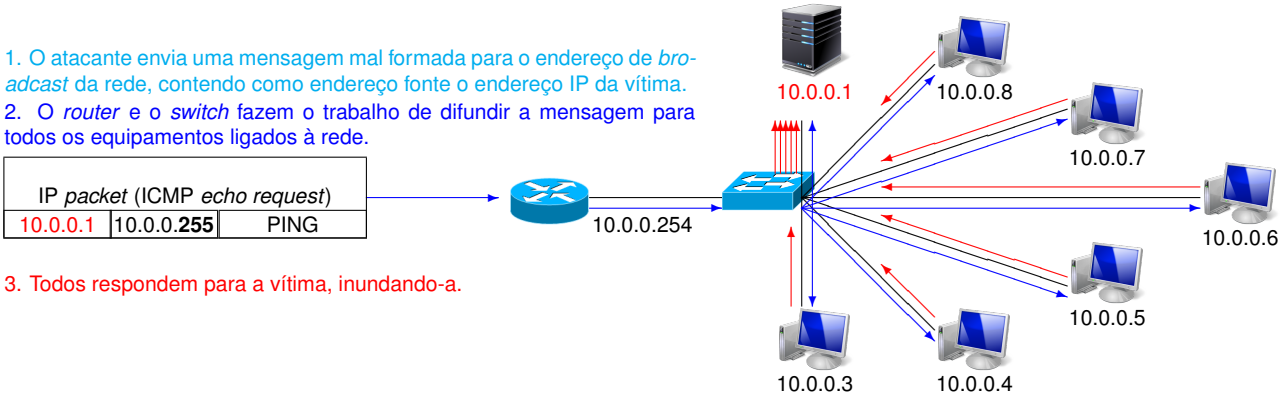
Os ataques por *botnets* seguem uma primeira diretiva simples. Vários computadores **têm de ser infetados com um programa malicioso** (um *worm*), que pode procurar disseminar-se para outros computadores automaticamente (e.g., via lista de contactos do *e-mail*). O programa **pode anunciar o estado da infeção à fonte ou criador**, usando os mais diversos canais, nomeadamente *e-mail*, *Internet Relay Chat* (IRC), etc. Normalmente, o *worm* **configura uma porta na *firewall* pessoal** e **instala um *daemon* que fica à escuta** sempre que o sistema operativo está a correr, e por onde **recebe comandos de ataque** ou **pedidos para transmitir informação** acerca do utilizador legítimo da máquina.

### 5.3 Amplificação de Ataques – Smurf e Fraggle
***Attack Amplification – Smurf and Fraggle***

De modo a perceber-se melhor como funcionam os ataques por amplificação, descrevem-se os ataques conhecidos por *Smurf* e *Fraggle*. Os ataques *Smurf* e *Fraggle* exploram a possibilidade de amplificar o tráfego usando **funcionalidades simples** dos protocolos de comunicação:

- O ataque *Smurf* consiste no **envio de pacotes ICMP** *Echo Request* (***Ping***) **para o endereço de difusão** (*broadcast*) de uma rede, **colocando o endereço da vítima como sendo quem originou essa mensagem**.

- O ataque *Fraggle* é parecido, mas usa datagramas UDP. O atacante envia um pacote para o endereço difusão da rede, que é redirecionado pelo *router* ou *switch* para todos os computadores. Caso os equipamentos terminais tenham o serviço a correr, respondem para a vítima; caso contrário, enviam um ICMP *Port Unreachable* também para a vítima.




Repare-se que o ataque tem **efeito triplo** em termos de DoS:

1. A **largura de banda de saída da rede amplificadora é reduzida**, por causa das mensagens geradas;
2. A **largura de banda da rede local da vítima também é reduzida**;
3. A **capacidade de resposta da vítima fica reduzida**, já que tem de processar as mensagens que recebe.

A **solução parcial** para estes ataques passa por **resolver o problema do IP *spoofing*** (quando tal é possível) e por **definir e concretizar as políticas de segurança em *routers* e *switches***, de modo a que **não deixem fazer difusão para dentro da rede que servem**. Note-se que, dentro de uma rede local, o uso de endereços *broadcast* é necessário ao seu bom funcionamento, e não pode ser desativado. Já o impedimento que um pacote IP vindo do exterior de uma rede para o endereço local de uma determinada rede já é possível sem, provavelmente, qualquer impacto a nível de funcionamento.

## 5.4 Amplificação de Ataques usando Servidores
***Attack Amplification using Servers***

Como já foi referido antes, uma das formas de concretizar DDoSs sem recorrer a *worms* é abusar de servidores, que funcionam como amplificadores, e que apresentam as seguintes caraterísticas:

1. O **atacante pode usar** os seus serviços indiscriminadamente;
2. Usem o **protocolo UDP para troca de perguntas e respostas** (caso contrário teria de estabelecer uma ligação, o que não é bom para um atacante);
3. Gerem **respostas maiores do que as perguntas**.

Não causará surpresa que **um dos exemplos** de servidores que podem ser usados para este efeito é o **servidor DNS**. Um atacante pode **questionar um servidor DNS com pedidos** de resolução iterativos **até encontrar uma resposta cujo tamanho suplante**, em muito, **o tamanho da pergunta**. De seguida, pode enviar **pedidos repetidos** para esse servidor (inundação de pequenos pedidos), pedindo a resolução do endereço amplificador e **falsificando o endereço origem** do pedido. O Servidor DNS **responde com mensagens muito maiores para** o endereço da **vitima**. Este ataque tem ainda o efeito colateral (se não for o primário) de **saturar a largura de banda do próprio servidor.**

Caso **o IP *spoofing* não fosse possível** (nalguns casos pode ser severamente limitado), **nenhum atacante poderia efetuar o ataque a uma vítima remota**, e caso quisesse inundar o servidor DNS (ou a sua rede) teria de se expor. Contudo, existem outras medidas que podem ajudar a diminuir o risco, nomeadamente:

- **Desativar serviços** desnecessários;
- **Limitar o número de pedidos atendidos**, e.g., negar a resolução de mais do que 10 pedidos por segundo vindos de endereços não confiáveis;
- Não permitir transferência de zona DNS.

## 5.5 Ataques ao Serviço DNS
***Attacks to the DNS Service***

Devido ao facto do serviço DNS ter uma importância vital no funcionamento da Internet, os ataques aos respetivos servidores são frequentes, mas **não tão devastadores como inicialmente se podia pensar**. A grande resistência deste serviço resulta da forma como está **estruturado** (hierarquicamente) e da **quantidade enorme de servidores que o disponibilizam**, desde a rede local até mundial. Por um lado, **atacar um servidor local** pode **afetar** as comunicações de uma **rede local,** dependendo da quantidade de servidores DNS que se possui, mas o seu **impacto é limitado**. Por outro lado, **atacar um servidor global** pode dar **alguns problemas**, mas os **outros servidores DNS têm uma *cache*** que suporta a maior parte dos pedidos de resolução em caso de falha dos servidores acima.

A título de exemplo pode-se dizer que, em **Outubro de 2002**, ocorreu um ataque DDoS aos servidores-raiz do serviço DNS através de **uma inundação de datagramas ICMP durante 1 hora**. Durante este ataque, **9 das 13 máquinas falharam**, **mas o impacto** na maioria dos utentes da Internet foi **quase inexistente**. Foi maior o impacto psicológico e na imprensa que na atividade computacional que depende deste serviço.

**Nota:** o conteúdo exposto na aula e aqui contido não é (nem deve ser considerado) suficiente para total entendimento do conteúdo programático desta unidade curricular e deve ser complementado com algum empenho e investigação pessoal.