

Practical Assignment #2

João Neto – 2023234004

Vasco Alves – 2022228207

27 de abril de 2026

Índice

1	Introdução	3
2	Preparação Inicial	3
2.1	Criação de Certificados	3
2.2	Configuração geral	4
3	VPN Gateway	5
3.1	Configuração da Máquina	5
3.2	Configuração do Serviço OpenVPN	6
3.3	Erros	7
3.4	Configurar o utilizador com TOTP	8
4	VPN Client (Road Warrior)	8
4.1	Configuração da Máquina	8
4.2	Configuração do Cliente OpenVPN	8
4.3	Testes	9
5	Servidor Apache e OSCP	9
5.1	Configuração da Máquina	9
5.2	Configuração do Serviço Apache	9
5.2.1	Testes	9
5.3	Configuração do Serviço OpenSSL	9
5.3.1	Testes	9
6	Teste Integrado	10
7	Conclusão	10

1 Introdução

Este projeto tem como âmbito implementar, uma rede virtual privada (VPN) num cenário de road-warrior, configurar *two-factor authentication* (2FA) com os serviços OpenVPN e Apache, e gerir certificados X.509 utilizando OCSP.

Decidimos utilizar apenas três máquinas virtuais: o cliente (ou *road warrior*), a *gateway* que utiliza OpenVPN e um servidor interno com OpenSSL e Apache. Isto simplifica a elaboração do projecto, mas por razões de segurança poderia querer separar a máquina de OpenSSL de outras máquinas destinadas a serviços da rede intera, pois esta contém o *certificate authority* CA.

Nome	Script	Rede
Road Warrior	VM_ROAD_WARRIOR.sh	Rede Externa 193.168.0.0/24
VPN Gateway	VM_OPENVPN_GATEWAY.sh	Router
OpenSSL / Apache	VM_OPENSSL_APACHE.sh	Rede Interna 10.60.0.0/24

2 Preparação Inicial

2.1 Criação de Certificados

Os certificados utilizados foram auto-certificados por uma autoridade central que "perence" à máquina de OpenSSL. Esta mesma faz a gestão da lista de revogação.

Todas as chaves foram criadas no mesmo computador, com as variáveis que estão neste código, aspetos importantes para mais tarde serão os parâmetros de CN que precisam de ser passados mais tarde para aceder ao Apache e ao gateway. Numa situação normal teríamos uma autoridade de certificação para enviar e no fundo gerir todos, mas para este cenário podemos inicializar as máquinas com as chaves, requests e certificados necessários.

create_all_keys.sh

```
1 cert_ca="/C=PT/ST=Coimbra/L=Coimbra/O=UC/CN=CoimbraVPN"
2 cert_vpn="/C=PT/ST=Coimbra/L=Coimbra/O=UC/CN=gateway"
3 cert_user="/C=PT/ST=Coimbra/L=Coimbra/O=UC/CN=warrior"
4 cert_apache="/C=PT/ST=Coimbra/L=Coimbra/O=UC/CN=apache.coimbra"
5
6 openssl genrsa -out "ca.key" 2048
7 openssl req -x509 -nodes -days 365 -key "ca.key" -out "ca.crt" -subj "$cert_ca"
8 openssl genrsa -out "vpn.key" 2048
9 openssl req -new -key "vpn.key" -out "vpn.csr" -subj "$cert_vpn"
10 openssl ca -batch -in "vpn.csr" -cert "ca.crt" -keyfile "ca.key" -out "vpn
    .crt" -config cheese.cfg
11 openssl dhparam -out "dh2048.pem" 2048
12 openvpn --genkey secret "ta.key"
13 openssl genrsa -out user.key
14 openssl req -new -key user.key -out user.csr -subj "$cert_user"
15 openssl ca -batch -in "user.csr" -cert "ca.crt" -keyfile "ca.key" -out "
    user.crt" -config cheese.cfg
16 openssl genrsa -out apache.key
```

```

17 openssl req -new -key apache.key -out apache.csr -subj "$cert_apache" -
    addext "subjectAltName = IP:10.60.0.1,DNS:apache"
18 openssl ca -batch -in "apache.csr" -cert "ca.crt" -keyfile "ca.key" -out "
    apache.crt" -config cheese.cfg
19 openssl --genkey secret ta.key

```

Como o CA foi criado *"in place"*, e não na sua pasta prédefinida, foi necessário utilizar um configuração própria para definir os ficheiros *index.txt* e *serial*.

cheese.cfg

```

1 [ ca ]
2 default_ca = CA_default
3 [ CA_default ]
4 default_days = 365
5 database = index.txt
6 serial = serial
7 copy_extensions = copy
8 new_certs_dir = .
9 default_md = sha256
10 policy = policy_any
11 [ policy_any ]
12 commonName = supplied

```

2.2 Configuração geral

Para configurar as VMs era preciso introduzir os mesmos comandos várias vezes, o que levava muitas vezes a erros de escrita, ou a correr o mesmo comando várias vezes, por isso criamos vários ficheiros .sh para conseguir facilitar o processo. A utilização de ficheiros .sh também vem com outros positivos pois facilita a testagem, e a recriação do cenário rapidamente.

No entanto para os serviços que configuramos, instalar, desativar e dar flush às iptables não foi suficiente, tivemos que criar pastas e sincronizar os relógios de todas as VMs visto que elas estarem ligeiramente atrasadas nunca conseguíamos acertar na password do google-authenticator visto que utiliza o tempo local para calcular a sua chave.

VM_CONFIG.sh

```

1 yum install -y epel-release
2 yum install -y openvpn iptables-services dhcp-client
3 systemctl stop firewalld
4 systemctl disable firewalld
5 systemctl mask firewalld
6 systemctl enable iptables
7 iptables -F
8
9 CA_DIR="/etc/pki/CA"
10 mkdir -p "${CA_DIR}/newcerts"
11 mkdir -p "${CA_DIR}/private"
12 touch "${CA_DIR}/index.txt"
13 cp ca/serial "${CA_DIR}/serial"
14

```

```

15 mkdir -p /etc/openvpn/server
16 mkdir -p /etc/openvpn/client
17
18 # NOTE(vasco): tive problemas com a sincronizacao de tempo
19 # se nao tiver sincronizado, o TOTP nao funciona
20 systemctl stop chronyd
21 ntpdate pool.ntp.org
22 systemctl start chronyd

```

3 VPN Gateway

3.1 Configuração da Máquina

Como já foi dito anteriormente, cada máquina vem com um *script* que instala toda a configuração necessária.

Para que a gateway funcione como router entre a rede externa e a rede interna, foi necessário ativar o *IP forwarding* no kernel e configurar as regras de *iptables* para permitir o tráfego da VPN e realizar o mascaramento de IP (NAT).

VM_VPN_GATEWAY.sh

```

1 #!/bin/bash
2 # --- configuracao --- #
3 source VM_CONFIG.sh
4 yum install -y google-authenticator qrencode ntpsec
5
6 # --- forwarding --- #
7 if_fora="enp0s8"
8 ip_fora="193.136.212.1"
9 if_dentro="enp0s9"
10 ip_dentro="10.60.0.3"
11 mega_tunel="tun0"
12 ip_mega_tunel="10.8.0.0/24"
13
14 ifconfig $if_fora $ip_fora netmask 255.255.255.0
15 ifconfig $if_dentro $ip_dentro netmask 255.255.255.0
16
17 echo "net.ipv4.ip_forward = 1" >> /etc/sysctl.conf
18 sysctl -p /etc/sysctl.conf
19
20 iptables -I INPUT 1 -p udp --dport 1194 -j ACCEPT
21 iptables -I FORWARD 1 -i $mega_tunel -o $if_dentro -j ACCEPT
22 iptables -I FORWARD 1 -i $if_dentro -o $mega_tunel -j ACCEPT
23 iptables -I FORWARD 1 -i $mega_tunel -o $if_fora -j ACCEPT
24 iptables -I FORWARD 1 -i $if_fora -m state --state ESTABLISHED,RELATED -j
    ACCEPT
25 iptables -t nat -A POSTROUTING -s $ip_mega_tunel -o $if_fora -j MASQUERADE
26 iptables-save > /etc/sysconfig/iptables
27
28 # --- vpn server --- #
29 vpn_dir="/etc/openvpn/server"
30 cp ca/ta.key $vpn_dir
31 cp ca/ca.crt $vpn_dir

```

```

32 cp ca/vpn.key $vpn_dir
33 cp ca/vpn.crt $vpn_dir
34 cp ca/dh2048.pem $vpn_dir
35 cp conf/vpn.conf $vpn_dir
36 cp conf/ocsp-verify.sh $vpn_dir
37 cp conf/totp /etc/pam.d/
38 systemctl enable --now openvpn-server@vpn.service

```

3.2 Configuração do Serviço OpenVPN

O servidor OpenVPN utiliza um certificado X.509 assinado pelo nosso *Certificate Authority* (CA). E faz uso de um script `ocsp-verify.sh` para validar ou revogar os certificados através do servidor OCSP.

vpn.conf

```

1 local 193.136.212.1
2 port 1194
3 proto udp
4 dev tun
5
6 verb 4
7
8 ca /etc/openvpn/server/ca.crt
9 cert /etc/openvpn/server/vpn.crt
10 key /etc/openvpn/server/vpn.key
11 dh /etc/openvpn/server/dh2048.pem
12
13 topology subnet
14 server 10.8.0.0 255.255.255.0
15 push "route 10.60.0.0 255.255.255.0"
16
17 # ocsp and revocation
18 script-security 2
19 tls-verify /etc/openvpn/server/ocsp-verify.sh
20 # auth
21 cipher AES-256-GCM
22 auth SHA256
23
24 plugin /usr/lib64/openvpn/plugins/openvpn-plugin-auth-pam.so totp
25 tls-auth /etc/openvpn/server/ta.key 0

```

Foi criado o ficheiro `totp` com a configuração de autenticação a ser utilizada pelo plugin de PAM para o openvpn.

totp

```

1 auth      required    pam_google_authenticator.so forward_pass
2 auth      required    pam_unix.so use_first_pass
3 account   required    pam_unix.so

```

Este script simplesmente comunica com o servidor OpenSSL e verifica o resultado.

ocsp_verify.sh

```
1 #!/bin/bash
2 depth=$1
3 env >> /etc/openvpn/server/ocsp_env.log
4 if [ "$depth" -eq 0 ]; then
5     echo "Checking OCSP for serial=$tls_serial_0" >> /etc/openvpn/server/
    ocsp.log
6     if [ -n "$tls_serial_0" ]; then
7         # e preciso converter o serial para hexadecimal porque o openssl
        espera em hex
8         hex_serial=$(printf '%x' "$tls_serial_0")
9         status=$(openssl ocsp -issuer /etc/openvpn/server/ca.crt -serial
            "0x$hex_serial" -url http://10.60.0.1:8888 -CAfile /etc/openvpn/server
            /ca.crt 2>>/etc/openvpn/server/ocsp.log)
10        echo "OCSP Status: $status" >> /etc/openvpn/server/ocsp.log
11
12        if echo "$status" | grep -q "revoked"; then
13            echo "Result: REVOKED" >> /etc/openvpn/server/ocsp.log
14            exit 1
15        fi
16
17        if echo "$status" | grep -q "good"; then
18            echo "Result: GOOD" >> /etc/openvpn/server/ocsp.log
19            exit 0
20        fi
21
22        echo "Result: UNKNOWN/ERROR" >> /etc/openvpn/server/ocsp.log
23        exit 1
24    else
25        echo "tls_serial_0 is empty!" >> /etc/openvpn/server/ocsp.log
26        exit 1
27    fi
28 fi
29
30 echo "ERROR: depth > 0" >> /etc/openvpn/server/ocsp.log
31
32 exit 0
```

3.3 Erros

Um dos erros que encontramos pelo caminho foi que o OpenSSL OCSP espera que o *serial* esteja num formato diferente do que o esperado. Foi necessário converter para hexadecimal primeiro.

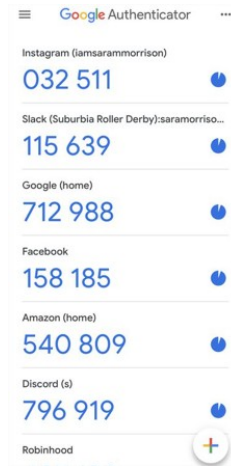
Adicionalmente, devido às restrições de segurança do *systemd*, foi necessário desativar o *ProtectHome* no serviço do OpenVPN para que o plugin PAM consiga ler os ficheiros de segredo do Google Authenticator localizados nas diretorias *home* dos utilizadores.

override.conf

```
1 [Service]
2 ProtectHome=false
```

3.4 Configurar o utilizador com TOTP

Primeiro, na gateway, entramos como o utilizador desejado e obtemos a chave do gerador de palavras passas temporárias. Ao inserir a chave no google authenticator podemos obter um código QR, a nossa primeira chave de 6 dígitos.



```
1 su john
2 google-authenticator
```

4 VPN Client (Road Warrior)

4.1 Configuração da Máquina

ads

4.2 Configuração do Cliente OpenVPN

O cliente encontra-se na rede externa (193.136.212.10) e liga-se à VPN gateway na porta 1194. Para garantir a segurança, utilizamos autenticação mútua (os certificados X.509) e um *two factor authentication* (2FA) como palavras-passe temporárias, geradas através do *Google Authenticator*.

client.conf

```
1 client
2 dev tun
3 proto udp
4 remote 193.136.212.1 1194
5 ca ca.crt
6 cert user.crt
7 key user.key
8 auth-user-pass
9 cipher AES-256-GCM
10 auth SHA256
```


4.3 Testes

Para verificar que o OCSP funciona correctamente, o cliente conectou ao servidor OpenVPN: primeiro, sem o servidor OCSP a correr, uma segunda vez com ele a correr e com o certificado correcto e uma terceira vez com um certificado revogado. Fizemos estes testes sabendo que o cliente e o servidor já estavam correctamente configurados.

Verificamos que, como é suposto: sem OCSP não é possível autenticar; com OCSP e com certificado válido, podemos autenticar; e com OCSP mas com certificado revogado, a autenticação falha.

5 Servidor Apache e OCSP

5.1 Configuração da Máquina

asd

5.2 Configuração do Serviço Apache

O servidor interno (10.60.0.1) alberga o serviço Apache e o responder OCSP da autoridade de certificação.

5.2.1 Testes

1. verificar que é necessário o domínio,
1. verificar que é necessário o https,
1. verificar que é necessário o certificado,

5.3 Configuração do Serviço OpenSSL

1. Estabelecer a ligação VPN e verificar a conectividade à rede interna.
2. No diretório da autoridade de certificação (máquina *host*), revogar o certificado do utilizador:

`revoke.sh`

```
1 openssl ca -revoke user.crt -config cheese.cfg -keyfile ca.key -cert  
ca.crt
```

3. Atualizar o ficheiro `index.txt` no servidor OCSP e reiniciar o serviço para carregar o novo estado de revogação.
4. Tentar estabelecer uma nova ligação VPN e verificar que a autenticação falha devido à resposta `revoked` do responder OCSP.

5.3.1 Testes

Podemos validar que o OCSP

1. verificar que recebe os certificados e responde
1. verificar que revocation funciona

6 Teste Integrado

verificamos coisas

7 Conclusão

Atingimos o objetivo deste trabalho, conseguimos configurar o VPN tunnel, o two-factor authentication e conseguimos criar e retirar acesso aos certificados que emitimos. Utilizar mais maquinas para simular um cenario maior seria redundante, teriamos que emitir mais certificados mas não iamos aprender muito mais. Se fossemos aplicar o que fizemos no trabalho anterior podiamos dar DROP aos pacotes que não nos interessa nesta cenario, e implementar suricata para identificar possiveis ataques nos serviços.