

Anexo – Perguntas de Exames

Neste anexo são apresentadas perguntas relativas aos conteúdos dos vários capítulos do livro. As perguntas estão organizadas segundo a divisão por capítulos do livro e na secção A.12, no final, há um grupo de perguntas que abrangem conteúdos apresentados em diversos capítulos.

Estas perguntas não foram especialmente elaboradas para este livro; foram, efetivamente, usadas em exames concebidos pelo Autor para disciplinas de Segurança Informática no Instituto Superior Técnico e na Universidade de Aveiro, pelo que a sua adaptação para este livro foi diminuta. Por essa razão, é normal que existam perguntas semelhantes, ou perguntas diferentes para a mesma resposta ou ainda perguntas que forneçam a resposta a outras. Finalmente, é esse o motivo para a não existência de um número de problemas homogéneo por cada capítulo.

A.1 Introdução

1. Explique a diferença entre uma política de segurança e um mecanismo de segurança. Dê um exemplo envolvendo autenticação de pessoas.
2. Quando se fala em segurança, importa considerar duas vertentes: políticas e mecanismos. Indique, justificando, quais das seguintes expressões referem políticas ou mecanismos e, para cada política, descreva uma situação concreta em que seja usado um dos mecanismos indicados:
 - a) Confinamento.
 - b) Autenticação.
 - c) Princípio do privilégio mínimo.
 - d) Autorização.
3. Explique e relacione os seguintes conceitos:
 - a) Vulnerabilidade.
 - b) Ataque.
 - c) Risco/ameaça.
 - d) Defesa.

4. Considere o princípio do privilégio mínimo. Indique vantagens e desvantagens operacionais decorrentes da sua aplicação em abstrato.
5. No âmbito dos sistemas computacionais:
 - a) Explique a relação que existe entre vulnerabilidades, ataques, riscos e defesas.
 - b) Dê um exemplo que abarque todos os conceitos acima referidos.
6. No âmbito dos sistemas computacionais:
 - a) Explique a relação que existe entre vulnerabilidades e riscos.
 - b) Quais as vantagens e as desvantagens de eliminar riscos em vez de eliminar vulnerabilidades?
7. No âmbito dos sistemas computacionais:
 - a) Explique o conceito de domínio de segurança.
 - b) Qual a relação que deverá existir entre (i) o desenho e o planeamento de redes locais e da sua ligação à Internet e (ii) a implantação de domínios de segurança?

A.2 Criptografia

1. Explique como funciona a construção HMAC, usada no cálculo de um MAC (*Message Authentication Code*).
2. Explique que vantagens advêm da utilização conjunta de funções de síntese e cifras assimétricas no cálculo, transmissão e validação de assinaturas assimétricas.
3. O modo de cifra OFB (*Output FeedBack*) só usa cifra por blocos, mas não decifra. Explique porquê, descrevendo para o efeito cifras e decifras com OFB.
4. A cifra RSA baseia a sua segurança em duas propriedades: dificuldade na fatorização de grandes números e dificuldade no cálculo de logaritmos discretos de grandes números. Explique porquê.
5. Uma cifra contínua é uma aproximação prática e viável da cifra *one-time pad* de Vernam. Explique esta afirmação, usando para o efeito diagramas ilustrativos da operação de ambas as cifras.
6. Explique por que razão as cifras assimétricas, tal como a RSA, são realizadas sobre valores que incluem (i) o conteúdo que se quer efetivamente cifrar, (ii) uma marca constante e (iii) um valor aleatório.
7. Indique as propriedades que distinguem as funções de síntese (*digest*) de outras funções de dispersão (*hashing*).
8. Uma cifra contínua não deve ser usada com a mesma configuração inicial (VI e chave) para cifrar mensagens diferentes. Explique porquê.

9. Um MAC pode ser calculado com uma cifra por blocos em modo CBC da mensagem (método conhecido como DES-MAC). Explique:
 - a) Por que razão não se pode considerar que uma qualquer mensagem cifrada com uma cifra por blocos em modo CBC tem implicitamente um MAC.
 - b) Como se poderia modificar trivialmente a mensagem para resolver esse problema (isto é, passar a conter implicitamente um MAC).
10. Explique detalhadamente (configuração e exploração) como se usam os MAC para autenticar mensagem trocadas entre dois interlocutores. (**Atenção: não descreva nenhuma função MAC em particular!**)
11. Considere o modo de cifra 3DES EDE (*Triple DES Encrypt-Decrypt-Encrypt*). Explique:
 - a) Como funciona.
 - b) Quais são as suas vantagens e desvantagens, face ao DES (*Data Encryption Standard*).
12. Indique, de forma tão aproximada quanto possível, qual é o desempenho (ou seja, custo por *bit* cifrado) de uma cifra contínua que use um gerador *n-bit* OFB.
13. Considere os modos de cifra OFB e CBC (*Cipher Block Chaining*); indique, justificando, que consequência tem para o decifrador a existência de um único *bit* errado num criptograma (por exemplo, devido a um erro na transmissão).
14. Nas cifras por blocos, quanto maior for a dimensão do bloco (em *bits*), maior é, em regra, a segurança fornecida pela cifra. Explique porquê.
15. Um MAC é uma forma de proteger a integridade de uma mensagem.
 - a) Dê um exemplo (explicando-o) de um MAC usando apenas uma função de cifra.
 - b) Explique como funciona a construção HMAC, usada no cálculo de um MAC.
16. Considere o modo de cifra *n-bit* CTR (*Counter*).
 - a) Explique como funciona.
 - b) Como faria para decifrar B octetos de uma mensagem com M octetos, a partir do deslocamento b (em octetos) usando *n-bit* CTR?
17. Explique o princípio geral de operação de uma cifra assimétrica.
18. Explique o princípio geral de operação da criptanálise, usando:
 - a) Texto conhecido
 - b) Texto escolhido.

19. Se considerar que tem N entidades e que entre elas pretende criar canais de comunicação secretos bidirecionais, que vantagens apresentam as cifras assimétricas face às simétricas para resolver esse problema?
20. Explique como é que uma rede de Feistel, usada em inúmeras cifras simétricas por blocos, permite realizar operações de cifra (que têm de ser invertíveis) usando internamente uma função não invertível.
21. Explique com pormenor o que significam os seguintes conceitos:
 - a) Cifra monoalfabética.
 - b) Cifra polialfabética.
22. Considere o uso de esteganografia em vez de criptografia para assegurar a privacidade dos dados. Explique:
 - a) Qual a vantagem da esteganografia.
 - b) Porque não é normalmente usada.
23. Considere as cifras polialfabéticas. Indique:
 - a) O que é o período de uma cifra polialfabética.
 - b) Uma técnica para descobrir o período (descreva a técnica com algum pormenor).
24. Explique qual o modelo geral de operação de uma cifra contínua, ilustrando-o com um diagrama.
25. Uma cifra contínua é uma cifra monoalfabética ou polialfabética? Justifique.
26. Uma cifra contínua propaga erros na decifra de um criptograma com erros? Justifique.
27. Uma cifra por blocos é uma cifra monoalfabética ou polialfabética? Justifique.
28. Qual é a vantagem da criptografia assimétrica, em relação à simétrica, para a comunicação confidencial de dados?
29. Qual é a desvantagem da criptografia assimétrica, em relação à simétrica, para a comunicação confidencial de dados?
30. O que é a cifra híbrida, ou mista, e por que razão é usada (por exemplo, no PGP – *Pretty Good Privacy*).
31. Considere as operações de compressão e cifra. Indique, justificadamente, as vantagens e as desvantagens relativas da sua aplicação pela ordem indicada ou pela ordem inversa.
32. Um dos objetivos de usar blocos de grande dimensão (64, 128, 256 ou mais *bits*) com cifras por blocos é o de esconder padrões (um problema clássico das cifras monoalfabéticas), mas tal intento pode, mesmo assim, ser defraudado em inúmeras circunstâncias. Indique como se pode atuar para complicar a localização de padrões em criptogramas gerados com cifras por blocos.

33. As cifras por blocos atuais são cifras de substituição monoalfabéticas. Como é que nestas se escolhe o alfabeto de substituição e por que razão são muito mais robustas do que as versões manuais ou mecânicas antigas face a ataques que tentem explorar estruturas linguísticas bem conhecidas (por exemplo, frequência de letras isoladas, de digramas, de trigramas, etc.)?
34. Uma grande parte das cifras por blocos atuais, entre as quais o DES, usa repetidas vezes um bloco elementar designado por rede de Feistel. Explique qual a principal vantagem operacional desse bloco, que impede a aplicação simultânea de difusão e confusão, através da função f , aos dois fluxos de informação (sendo que $L_i = R_{i-1}$ é independente de f).
35. As cifras modernas por blocos usam unidades internas de permutação, substituição, expansão e compressão de blocos de *bits*. Explique, justificando, quais delas contribuem para a difusão apresentada pela cifra (a difusão é um dos critérios práticos de desenho de cifras indicados por Shannon, juntamente com a confusão).
36. A única cifra teoricamente segura, conhecida como *one-time pad*, não é fácil de usar. Em sua substituição usam-se cifras contínuas, que introduzem vulnerabilidades mas que são muito mais fáceis de usar. Explique porquê.
37. Considere as cifras contínuas e explique:
- De que maneira são uma aproximação prática da cifra *one-time pad* de Vernam.
 - Quais são as implicações práticas dessa aproximação em relação ao volume de dados cifrados com a mesma chave.
38. Uma cifra contínua habitual (uma que não a de Vernam) deve ser usada com alguns cuidados para não ser facilmente criptanalizada. Indique dois desses cuidados.
39. A renovação de chaves simétricas deverá ser feita segundo dois critérios: (i) dados como ela cifrados e posteriormente expostos em ambientes inseguros e (ii) tempo de uso. Explique quais as vulnerabilidades que se pretende evitar com cada um dos critérios.
40. Por que razão o tempo de vida dos pares de chaves assimétricas é, normalmente, (muito) superior ao tempo de vida das chaves simétricas usadas em interações entre duas ou mais entidades?
41. As cifras assimétricas são cifras computacionais modernas não passíveis de serem aplicadas manualmente por operadores de cifra. Explique porquê.
42. A cifra assimétrica RSA é uma cifra por blocos. Indique a natureza e a dimensão dos blocos tendo em conta os valores usados pela cifra.
43. Considere a cifra assimétrica RSA; admitindo que está a usar um módulo (n) de 1025 *bits*, qual o número mínimo de operações de cifra que é necessário fazer para cifrar completamente uma mensagem de 256 octetos? (Nota: use os arredondamentos que considerar mais ajustados.)

44. A segurança da maioria dos algoritmos assimétricos atuais baseia-se na existência de problemas matemáticos complexos. Indique quais são esses problemas para o RSA e para o ElGamal.
45. O modo de cifra OFB permite transformar uma cifra por blocos numa cifra contínua. Explique como.
46. O modo de cifra OFB permite transformar uma cifra por blocos numa cifra contínua. Admitindo que a cifra por blocos usa blocos de B bits, qual o comprimento máximo absoluto do período, em bits, da cifra contínua n -bit OFB?
47. O modo de cifra CFB (*Cipher FeedBack*) permite transformar uma cifra por blocos numa cifra contínua. Explique como.
48. É correto dizer que o modo de cifra CBC transforma um algoritmo de cifra por blocos monoalfabético numa cifra por blocos polialfabética? Explique porquê.
49. A alteração de um criptograma cifrado como o modo de cifra CBC permite alterar deterministicamente (ou seja, de forma garantida) alguns bits dos dados recuperados após a sua decifra. Explique como, ilustrando de forma clara a justificação.
50. Por que razão não é aconselhável usar uma única chave de cifra e uma cifra contínua para cifrar vários conteúdos independentes (por exemplo, vários ficheiros)? Assuma que para todos eles é usado o mesmo vetor de iniciação.
51. O modo de cifra CBC permite uma melhor camuflagem de padrões no texto em claro. No entanto, a igualdade ocasional de quaisquer dois blocos do criptograma (ou seja, $C_i = C_j, i \neq j$) permite deduzir alguns padrões, ou mesmo blocos do texto em claro, sem ter de saber qual o algoritmo de cifra ou mesmo a chave concreta usada. Explique como.
52. Compare os modos de cifra por blocos ECB (*Electronic Code Book*) e CBC quanto aos seguintes aspetos:
 - a) Paralelização (considere separadamente cifras e decifras).
 - b) Propagação de erros na decifra de um criptograma com um bloco corrompido.
53. Compare os modos de cifra por blocos ECB e CBC quanto aos seguintes aspetos (considere separadamente cifras e decifras):
 - a) Paralelização.
 - b) Acesso aleatório rápido a qualquer bloco.
54. Considere o modo de cifra CTR, que permite transformar uma cifra por blocos numa cifra contínua. Explique:
 - a) Como funciona.
 - b) Como se consegue com o mesmo obter acesso aleatório rápido (ou homogéneo).

55. Compare os modos de cifra por blocos CFB e OFB quanto aos seguintes aspetos:
- Paralelização (considere separadamente cifras e decifras).
 - Pré-processamento (para aumentar eficiência).
56. Compare os modos de cifra por blocos CBC e OFB quanto aos seguintes aspetos:
- Paralelização (considere separadamente cifras e decifras).
 - Pré-processamento (para aumentar a eficiência).
57. Inicialmente, o Kerberos usava o modo de cifra PCBC (*Propagating Cipher Block Chaining*) que, à partida, permitiria uma melhor propagação de erros resultantes de criptogramas errados. O PCBC é semelhante ao CBC, mas tem uma realimentação adicional na cifra e decifra:

$$\begin{aligned}C_i &= E_K(P_i \oplus P_{i-1} \oplus C_{i-1}) \\P_i &= D_K(C_i) \oplus P_{i-1} \oplus C_{i-1}\end{aligned}$$

No entanto, caso se troquem dois blocos consecutivos do criptograma ($c_i = C_{i+1}$ e $c_{i+1} = C_i$), a decifra do bloco seguinte C_{i+2} já não evidencia qualquer erro. Demonstre esse facto.

58. Considere a técnica criptográfica designada por cifra mista. Indique:
- Como se usa essa técnica.
 - Por que razão é usada.
59. Normalmente, a cifra tripla é executada usando cifra-decifra-cifra (EDE – *Encrypt-Decrypt-Encrypt*), com uma, duas ou três chaves distintas. Explique qual a vantagem operacional de se usar a conjugação EDE em vez de, por exemplo, só cifras (EEE).
60. Uma das técnicas para ampliar a segurança de um algoritmo de cifra por blocos, conhecida por branqueamento (*whitening*), baseia-se na introdução de confusão antes e depois da operação de cifra/decifra. Explique como tal é feito e qual o comprimento máximo equivalente da chave de cifra que se pode usar nesta técnica.
61. Indique qual é o modelo geral de funcionamento interno de uma função de síntese.
62. Explique como é que as funções de síntese mais comuns (MD5 ou SHA-1) operam de forma a calcularem um valor de dimensão constante a partir de uma mensagem dimensão arbitrária.
63. A qualidade de uma função de síntese mede-se segundo três características: (i) resistência à descoberta de um texto, (ii) resistência à descoberta de um segundo texto e (iii) resistência à colisão. Explique em que consiste cada uma destas características.
64. Uma função de síntese deverá dificultar a descoberta de uma segunda pré-imagem, ou seja, dado uma pré-imagem M e a sua síntese $h(M)$, deverá ser computacionalmente difícil descobrir uma segunda pré-imagem M' tal que $h(M) = h(M')$. Explique a relevância desta propriedade no contexto da assinatura digital de documentos.

65. As funções de síntese devem dificultar a descoberta de colisões. Explique:
- Em que consiste essa descoberta.
 - Qual o risco da descoberta de colisões no âmbito da validação de assinaturas digitais calculadas sobre valores calculados com funções de síntese.
66. Quando se afirma que uma função de síntese é não invertível, o que é matematicamente óbvio porque não é bijetiva, o que se quer dizer?
67. Uma função de síntese é, frequentemente, referida como sendo uma função de dispersão unidirecional. Explique exatamente, e tão formalmente quanto souber, o que significa neste caso o conceito de unidirecionalidade.
68. As funções de síntese devem dificultar a descoberta do texto original sintetizado e a descoberta de um segundo texto, diferente do original, que produza a mesma síntese. Dê um exemplo concreto do interesse da segunda dificuldade.
69. Um MAC pode ser calculado de várias maneiras a partir de uma mensagem e de uma chave secreta partilhada. Indique:
- Uma que faça uso apenas de operações de cifra e somas módulo 2 (\oplus).
 - Uma que faça uso apenas de funções de síntese.
70. Um MAC é um meio de autenticação de dados. Explique duas formas de os calcular usando cifras por blocos ou funções de síntese.
71. Explique como funciona o cálculo de um MAC com recurso a uma cifra por blocos e ao modo de cifra CBC.
72. Um MAC é um meio de autenticação de dados. Indique uma forma de calcular um MAC sem recorrer a funções de síntese.
73. Um MAC é um meio de autenticação de dados. Explique por que razão não pode ser usado para provar a autoria dos dados perante terceiros (ou, por outras palavras, por que razão permite repúdio de origem).
74. Qual a diferença entre um valor de síntese e um MAC e qual a relação natural que pode existir, e que na prática é explorada, entre as funções de síntese e as funções que geram os MAC?
75. Pensando apenas no universo dos recetores de informação, em que casos faz sentido usar os MAC ou assinaturas digitais para autenticar a informação emitida para esses recetores?
76. Um MAC é um meio de autenticação de dados de um para poucos (tipicamente, de um para um), enquanto uma assinatura digital é um meio de autenticação de dados de um para muitos. Indique, justificando, qual a razão técnica para a diferença referida entre os dois métodos de autenticação de dados.

77. A função HMAC usa funções de síntese para gerar um MAC de acordo com a seguinte fórmula:

$$HMAC(m) = H(K|opad|H(K|ipad|m))$$

em que m é uma mensagem, K é uma chave, $opad$ e $ipad$ são excipientes de alinhamento e H é uma função de síntese (MD5, SHA-1, etc.). Explique:

- a) O que é um MAC.
 - b) O que faz que o resultado da função HMAC seja considerado um MAC e não o simples resultado de uma função de síntese.
78. As assinaturas digitais são, normalmente, concretizadas sobre sínteses de documentos e não sobre os mesmos. Explique:
- a) Por que razão se usa essa abordagem.
 - b) Quais das três características de qualidade indicadas na alínea anterior são críticas para se poder usar esta abordagem.
79. Uma assinatura digital de um documento é, normalmente, feita cifrando uma síntese do documento com a chave privada de um par de chaves assimétricas. Essa síntese deverá ser produzida por uma boa função de síntese. Indique:
- a) Que propriedades deverá ter essa função para ser considerada boa.
 - b) Qual delas é crítica para a segurança do mecanismo de assinatura digital referido.
80. Explique qual o modelo geral de funcionamento de uma cifra contínua concretizada explorando uma cifra por blocos. Ilustre a sua resposta com um diagrama.
81. Explique, ilustrando a sua resposta com um diagrama e com provas matemáticas, por que razão uma cifra por blocos em modo CBC é comparável, em termos de resultado final, a uma cifra polialfabética.
82. Explique como opera a cifra assimétrica RSA, ilustrando a sua explicação com as expressões matemáticas da cifra (não precisa de explicar o processo de geração das chaves, apenas a sua constituição).
83. Qual é a relação entre o Paradoxo do Aniversário e a aferição do limite máximo da robustez de uma função de síntese à descoberta de colisões? Ilustre a sua resposta com um exemplo.
84. Um MAC é um meio de autenticação de dados. Explique como pode ser usado para garantir uma sequência correta de mensagens enviadas e recebidas (por exemplo, pacotes UDP) num fluxo de mensagens bidirecional entre duas entidades.
85. As funções de síntese (*digest*) devem dificultar a descoberta de um segundo texto que produza a mesma síntese de outro texto. Explique, de forma pormenorizada, a relevância deste requisito para a segurança das assinaturas digitais.

86. O modo de cifra CTR permite a concretização de uma cifra contínua com capacidade de acesso aleatório uniforme. Explique:
- Em que consiste esta característica.
 - Como é que o modo CTR consegue ter essa característica.
87. Um MAC é um meio de autenticação de mensagens. Explique:
- Que semelhanças possui, ou não possui, com as assinaturas digitais.
 - Como pode ser concretizado apenas com uma função de cifra em modo CBC.
88. A segurança da cifra RSA depende da dificuldade de cálculo de logaritmos discretos de números de grande dimensão. Explique porquê, recorrendo às expressões matemáticas que descrevem a operação do RSA.
89. As assinaturas digitais são, normalmente, acompanhadas por um ou mais certificados de chave pública. Indique:
- Que certificados são esses.
 - Por que razão eles são enviados juntamente com a assinatura.

A.3 Gestão de chaves públicas

- Considere o problema da revogação de um certificado de chave pública. Explique:
 - O que é uma lista de certificados revogados (CRL – *Certificate Revocation List*).
 - Quem a deve usar.
- Considere o conceito de certificado de chave pública X.509. Explique:
 - Para que servem estes certificados.
 - Quem produz estes certificados.
- Um certificado de chave pública é um documento com um prazo de validade.
 - Como é definido esse prazo?
 - Como se pode verificar se estava válido numa determinada data, diferente da atual?
- Como se estabelece à escala mundial a confiança nas Entidades Certificadoras?
- Considere o Cartão de Cidadão.
 - Que importância tem o facto de os pares de chaves do seu titular serem gerados internamente?
 - Que limitações existem pelo facto de apenas disponibilizar cifra (assinatura) com as chaves privadas, mas não decifra?

6. As assinaturas digitais realizadas sobre documentos são, normalmente, acompanhadas por um ou mais certificados de chave pública.
 - a) Quais são esses certificados?
 - b) Qual é o interesse em transmiti-los?
7. Considere o problema da revogação de um certificado de chave pública. Explique:
 - a) A diferença entre uma CRL e uma delta CRL.
 - b) A relação entre uma CRL e o serviço OCSP (*Online Certificate Status Protocol*).
8. Considere a gestão de chaves públicas. Explique:
 - a) O que é uma cadeia de certificação.
 - b) Em que consiste exatamente uma raiz confiável de uma cadeia de certificação.
9. Explique por que razão a validação de assinaturas digitais implica a existência de certificados de chave pública.
10. Existem dois tipos de listas de revogação de certificados (CRL). Indique:
 - a) Quais são estes dois tipos.
 - b) Para que serve cada um deles (incluindo a relação entre ambos).
11. Considere a norma PKCS #11 (*Public Key Cryptography Standard #11*):
 - a) Em que consiste?
 - b) Qual é a sua relação com o Cartão de Cidadão?
12. O Cartão de Cidadão é um elemento fundamental para suportar a atividade de assinatura digital pessoal. Que serviços presta nesse sentido? (**Sugestão: considere, para este efeito, todos os objetos criptográficos geridos pelo Cartão de Cidadão.**)
13. Considere o conceito de certificação cruzada:
 - a) Em que consiste?
 - b) Em que situações pode ser vantajosa, face a outras (por exemplo, hierárquica)?
14. O Cartão de Cidadão permite proteger a chave privada do seu titular.
 - a) Qual é o objetivo último dessa proteção?
 - b) Indique as políticas e os mecanismos que são usados nessa proteção.
15. A gestão de um par de chaves assimétricas envolve a sua geração, a proteção da chave privada, a distribuição da chave pública e o tempo de vida do par. Explique os problemas que importa resolver em cada um destes quatro tópicos.
16. Considere a gestão de chaves públicas. Explique por que razão a distribuição e armazenamento de chaves públicas pelos seus utentes têm de ser fidedignas.

17. Explique em que medida, e porquê, os *smartcards* são úteis na exploração dos pares de chaves assimétricas.
18. Explique em que consiste um certificado de uma chave pública e por que razão se usam tais certificados.
19. Um certificado de uma chave pública é um documento assinado por uma ou mais entidades. A razão de existirem várias assinaturas depende do modelo de certificação. Indique qual o objetivo de poderem existir várias assinaturas num dado certificado PGP e qual a relação que existe entre as mesmas.
20. Explique o que é, para que serve e como é usada uma cadeia de certificação.
21. Um certificado de chave pública autoassinado, só por si, não tem qualquer valor prático. Explique:
 - a) Em que é que consiste tal certificado.
 - b) Em que circunstâncias é usado.
 - c) O que faz com que o mesmo tenha, de facto, alguma utilidade.
22. Considere a gestão de chaves públicas. Explique:
 - a) O que é um certificado de uma chave pública.
 - b) Como se pode limitar o tempo de vida dos certificados emitidos por uma Entidade Certificadora.
23. Um *smartcard* não é um mero circuito de memória, mas possui um processador e até capacidades de execução de funções criptográficas complexas e de geração de valores aleatórios. Explique a utilidade destas duas últimas capacidades.
24. O Cartão de Cidadão é um *smartcard* que permite efetuar assinaturas digitais qualificadas. Por omissão, essa funcionalidade está desativada no ato de entrega do cartão, podendo a sua ativação ser solicitada pelo titular. Explique de que forma, tecnicamente, essa ativação é concretizada.
25. Os certificados de revogação de chaves públicas são, muitas vezes, críticos para uma correta utilização dos certificados de chaves públicas. Explique:
 - a) O que são.
 - b) Como e quando são gerados.
 - c) Como são usados.
26. Considere a revogação de certificados de chaves públicas. Explique:
 - a) Em que consiste um certificado de revogação.
 - b) Por que razão é preciso manter e consultar listas de certificados de revogação.
27. Explique para que serve o protocolo OCSP e em que circunstância deve ser usado.

28. Qual a vantagem de cada entidade, pessoa ou serviço, usar dois pares de chaves assimétricas independentes para suportar cifra de conteúdos e autenticação de conteúdos com assinatura digital (um par para cada fim)?
29. Considere os repositórios pessoais de certificados confiáveis. Explique:
- Por que razão este repositório tem de ser convenientemente protegido.
 - Conceba e descreva sucintamente um ataque em que esse repositório seja usado.
30. Considere os certificados digitais de chaves públicas; no caso do PGP as chaves públicas são certificadas por múltiplas entidades, enquanto na maioria dos outros casos as chaves públicas são certificadas apenas por uma entidade. Explique:
- Qual a razão filosófica subjacente a esta diferença.
 - Quais as dificuldades operacionais que se colocam ao PGP para tornar útil a certificação múltipla.
31. Uma das funções de uma infraestruturas de apoio ao uso de chaves públicas (PKI – *Public Key Infrastructure*) é a definição de cadeias de certificação. Na prática, o que acarreta tal definição?
32. Uma das funções de uma infraestruturas de apoio ao uso de chaves públicas (PKI) é a publicação de listas de certificados de chaves públicas revogadas. Explique:
- O que é um certificado de uma chave pública revogada.
 - Qual a razão para a publicação das listas referidas.
 - O que pode levar a revogar uma chave pública certificada.
33. Muitas vezes, envia-se, juntamente com um documento e com uma sua assinatura digital, toda uma hierarquia de certificados de chaves públicas que podem ser úteis ao(s) recetor(es). A que hierarquia nos estamos a referir e como pode ela ser útil?
34. Considere a gestão de chaves públicas. Explique:
- O que é uma cadeia de certificação de chaves públicas.
 - Em que consiste, tecnicamente, o conceito de certificação cruzada.
35. O PGP não requer, para o seu funcionamento, quaisquer infraestruturas centrais de apoio. No entanto, atualmente, usam-se servidores centrais públicos e de uso aberto para facilitar a utilização do PGP. Explique com que propósito foram criados esses servidores.
36. Considere o conceito de certificação *ad hoc*. Explique:
- Em que consiste.
 - Quais as suas vantagens políticas (ou seja, não técnicas).

37. No PGP, existem dois atributos para classificar uma chave pública alheia: validade e confiança. Explique o que significa cada um deles e quais as combinações possíveis dos mesmos (de entre as quatro possíveis).
38. O PGP usa uma certificação de chaves públicas *ad hoc* (*web of trust*) que obriga cada utilizador da ferramenta a gerir dois tipos de confiança em relação a chaves públicas alheias. Explique:
 - a) Quais são esses tipos de confiança.
 - b) Qual a relação entre os mesmos.
39. O PGP usa uma certificação de chaves públicas *ad hoc* (*web of trust*) que obriga cada utilizador da ferramenta a gerir dois tipos de confiança em relação a chaves públicas alheias: correção e confiança no seu dono. Explique:
 - a) Qual a relação entre esses dois tipos de confiança.
 - b) Quais deles podem ser transmitidos a terceiros através da *web of trust*.
40. Explique, exemplificando com o Cartão de Cidadão, por que razão os *smartcards* são úteis para a implantação de infraestruturas de chave pública (PKI).
41. Considere o problema da validação de um certificado de chave pública; explique, com pormenor, quais as vantagens e as desvantagens de usar listas de certificados revogados (CRL) ou serviços OCSP pela entidade validadora.
42. Um certificado de chave pública X.509 certifica, além de uma chave pública, o fim a que a mesma se destina.
 - a) Qual é, de entre vários, o interesse primordial da certificação de uma chave pública?
 - b) Indique três tipos de fins a que se pode destinar uma chave pública certificada (lembre-se do Cartão de Cidadão).
43. As cadeias de certificação terminam quando se atingem certificados declarados como confiáveis. Explique:
 - a) Porque terminam nestes certificados.
 - b) Quem define quais são estes certificados.

A.4 Vulnerabilidades em máquinas

1. Considere os ataques por esmagamento da pilha (*stack smashing attacks*) contra programas escritos em C.
 - a) Explique qual é a vulnerabilidade que exploram.
 - b) Indique por que razão não são possíveis com Java.

2. Descreva o modo como se processa um ataque por esmagamento da pilha (*stack smashing attack*).
3. Considere o sistema de proteção de endereços de retorno com canários do Stack-Guard e a proteção de memória de uma pilha proibindo execução. Explique a complementaridade entre estes dois mecanismos de proteção.
4. A ferramenta nmap permite identificar portos de transporte disponíveis numa máquina e o sistema operativo da mesma. Explique qual o interesse que tem para um atacante:
 - a) Conhecer os portos.
 - b) Conhecer o sistema operativo.
5. O sistema de identificação de sistemas operativos do nmap recolhe características operacionais da pilha de protocolos TCP/IP para conseguir distinguir os sistemas. Explique:
 - a) Por que razão as opções do TCP são muito úteis para esta identificação.
 - b) Por que razão essas mesmas opções podem ser, facilmente, uma fonte de ilusão para o processo de identificação.
6. A ferramenta de deteção de vulnerabilidades nmap usa técnicas de identificação de características da pilha de comunicações de uma máquina para reconhecer o respetivo sistema operativo. Explique como poderia contrariar esse reconhecimento protegendo a máquina com uma *firewall* (admitindo que a máquina a proteger pode disponibilizar um conjunto limitado de serviços públicos via TCP ou UDP) e qual o tipo de *firewall* que usaria.
7. Considere as diversas formas de deteção de portos TCP abertos pela ferramenta nmap; indique quais as vantagens e as desvantagens de usar:
 - a) Pedidos de ligação normais.
 - b) Meios-pedidos de ligação (sem resposta ACK).
 - c) Sondas furtivas (segmentos FIN).
8. A utilização por administradores de redes de ferramentas de deteção de vulnerabilidades como o OpenVAS (ou Nessus) deve ser precedida de um aviso aos utentes das máquinas/redes inspecionadas. Explique porquê.
9. Considere os ataques por esmagamento da pilha (*stack smashing attack*) contra programas escritos em C; explique, com pormenor, como aqueles podem ser mitigados alterando o endereço-base de início da pilha de cada vez que um programa inicia a sua execução.
10. Considere os ataques por esmagamento da pilha (*stack smashing attack*) contra programas escritos em C:
 - a) Explique com pormenor como atuam.
 - b) Indique como podem ser detetados com canários.

A.5 Vulnerabilidades em redes

1. Um *ARP poisoning attack*, ou ataque de envenenamento de tabelas ARP (*Address Resolution Protocol*), explora um determinado tipo de vulnerabilidade. Explique:
 - a) Em que consiste essa vulnerabilidade.
 - b) Que consequências podem advir de um ataque deste tipo.
2. Explique como funciona um ataque de envenenamento da *cache* ARP.
3. Explique como se realiza um ataque de interposição (*meet-in-the-middle attack*) através de envenenamento da *cache* ARP.
4. Considere o problema da personificação de máquinas usando IP *spoofing*; explique porque não é fácil efetuá-la na iniciação de ligações TCP.
5. Um dos tipos de vulnerabilidades dos sistemas computacionais é a não previsão de cenários absurdos ou, à partida, impossíveis em condições normais de operação. Indique duas dessas vulnerabilidades e ataques que as explorem.
6. Os datagramas IP permitem que se use uma funcionalidade designada por *Source Route*, mas a mesma é, normalmente, contrariada pelos *routers* por motivos de segurança. Explique porquê.
7. Considere o problema de envenenamento de *caches* DNS (*Domain Name System*); explique de que maneira os mecanismos do IPSec (*IP Security*), ESP (*Encapsulating Security Payload*) ou AH (*Authentication Header*) podem ou não evitar esse problema (considere apenas o IPSec em modo de transporte).

A.6 Firewalls

1. Uma *firewall* do tipo filtro de pacotes é especificada usando uma lista de regras. Considere a *firewall* iptables, do Linux, na qual as regras são empacotadas em cadeias (*chains*). Explique:
 - a) Para que servem cada uma das seguintes cadeias: INPUT, OUTPUT e FORWARD.
 - b) A diferença que existe entre as decisões DROP e REJECT tomadas por uma regra.
2. Uma *firewall* do tipo filtro de pacotes é especificada usando uma lista de regras.
 - a) Qual é a estrutura-base de cada uma dessas regras?
 - b) De que forma são essas regras usadas para realizar a missão da *firewall*?
3. Explique para que fim se usa atualmente o conceito de DMZ (*DeMilitarized Zone*).
4. Explique de que forma uma *firewall* (de rede, não pessoal) permite minimizar as vulnerabilidades de uma rede informática.

5. Quando se fala em segurança, importa considerar duas vertentes: políticas e mecanismos. Indique, justificando, como é que o mecanismo normalmente designado como *firewall* pode aplicar a política conhecida como princípio do privilégio mínimo.
6. Considere o conceito de zona desmilitarizada ou DMZ. Explique:
 - a) Qual o significado original do conceito em termos topológicos.
 - b) Qual a sua principal utilidade.
7. Uma política de segurança aconselhável para minimizar riscos consiste na aplicação do princípio do privilégio mínimo. No âmbito da configuração de uma *firewall*, explique como os seguintes mecanismos podem ser usados para implantar essa política:
 - a) DMZ.
 - b) Filtragem de datagramas.
 - c) NAT dinâmico (*masquerading*).
8. As *firewalls* são, normalmente, usadas com dois propósitos: (i) proteção de uma rede por isolamento e (ii) controlo de interações entre redes. Indique, justificando, dois exemplos claros de atuação de uma *firewall* que evidenciem claramente cada um dos propósitos referidos.
9. Indique e descreva sumariamente os três tipos-base funcionais de *firewalls*.
10. Indique dois tipos de vulnerabilidades de uma rede organizacional que podem ser minimizados por uma *firewall* do tipo filtro de datagramas.
11. Indique dois tipos de vulnerabilidades de uma rede organizacional que podem ser minimizados por uma *firewall* do tipo filtro aplicativo.
12. Imagine que tem uma rede local com N servidores públicos localizados em DMZ e que existe alguma interação normal e conhecida entre os servidores. As DMZ são sub-redes ligadas a uma *gateway* que dispõe de uma *firewall* do tipo filtro de pacotes. Discuta as vantagens e as desvantagens das seguintes alternativas topológicas:
 - a) Todos os servidores numa única DMZ.
 - b) Um servidor por DMZ.
13. As *firewalls* podem ser de três tipos: filtros de datagramas, filtros de circuitos ou filtros aplicativos. Indique que tipos escolheria para resolver os seguintes problemas e porquê:
 - a) Detecção de vírus em ficheiros descarregados por HTTP.
 - b) Controlo de acesso de utilizadores da rede protegida a recursos públicos na rede exterior.
 - c) Prevenção de ataques à prestação de serviços que explorem vulnerabilidades da pilha de protocolos dos sistemas operativos (por exemplo, SYN *flooding attack*).

14. Explique por que razão as *firewalls* do tipo filtro de pacotes não são as ideais para procurar vírus em dados trocados entre redes.
15. Considere os SYN *flooding attacks*. Explique:
 - a) Como são efetuados e quais as consequências para as máquinas-vítima.
 - b) Como é que um sistema NIDS (*Network-based Intrusion Detection System*) com acesso a todo o tráfego das máquinas-vítima pode detetar o ataque e contrariá-lo.
16. Considere o problema dos SYN *flooding attacks*.
 - a) Explique como são efetuados.
 - b) Indique três formas diferentes de redução do seu impacto.
17. Compare as *firewalls* do tipo filtro de datagramas e filtro aplicacional quanto aos seguintes aspetos:
 - a) Flexibilidade (capacidade de adaptação a diferentes interações remotas).
 - b) Capacidade de deteção e eliminação de conteúdos perigosos (ciberpragas, etc.)
18. Compare as *firewalls* do tipo filtro de datagramas e filtro aplicacional quanto aos seguintes aspetos:
 - a) Capacidade de interposição de mecanismos adicionais de autenticação de utilizadores.
 - b) Capacidade de intervenção em protocolos com portos de transporte dinâmicos (FTP, Sun RPC, protocolos P2P, etc.).
19. As *firewalls* do tipo filtro de pacotes têm algumas limitações relativas à gestão de estado, o que motivou a sua evolução no sentido de alternativas designadas como “filtros de pacotes com estado”. Dê dois exemplos desse estado mantido e usado por estas *firewalls*.
20. A sobrefragmentação de datagramas IP ou ICMP é uma fonte de problemas para as *firewalls* do tipo filtro de pacotes. Explique:
 - a) Porque constituem um problema.
 - b) Como se pode resolver esse problema de forma eficaz.
21. Considere uma DMZ numa arquitetura de rede de uma *firewall*:
 - a) Explique o que é e para que serve.
 - b) Indique duas alternativas topológicas de implantação de uma DMZ e discuta as vantagens e as desvantagens relativas.
22. Por que razão se colocam servidores públicos, dentro do perímetro protegido por uma *firewall*, numa DMZ?

23. Quais os benefícios de definir uma DMZ como uma rede isolada ligada às restantes redes, pública e privada, através de uma *gateway* bastião?
24. Considere as *firewalls* do tipo filtros de circuitos; indique, justificando:
 - a) Em que situações operacionais é necessário usar este tipo de *firewalls* em vez de qualquer dos outros tipos (filtros de datagramas ou filtros aplicativos).
 - b) Quais as desvantagens operacionais decorrentes do seu uso.
25. Indique duas razões para aplicar filtros aplicativos numa *firewall* para processar tráfego de dentro para fora do perímetro protegido.
26. Considere que uma rede apenas dispõe de um endereço IP público para suportar o acesso das suas máquinas à Internet. Para esse fim pode usar NAT (*Network Address Translation*) dinâmico (*masquerading*) ou um filtro de circuitos SOCKS, ambos operando na máquina que possui o IP público. Explique quais as vantagens e as desvantagens relativas de ambas as abordagens.
27. Explique por que razão os mecanismos de NAT podem ser úteis para concretizar uma política de privilégio mínimo.
28. Quais as vantagens, para a segurança de uma rede privada ligada à Internet, de usar NAT dinâmico na *gateway* de interligação?
29. O mecanismo NAT é, por vezes, considerado como um auxiliar importante para garantir alguns atributos de segurança de uma rede privada. Indique:
 - a) Os riscos que são evitados quando o NAT é dinâmico (*masquerading*).
 - b) Os riscos que não são evitados quando o NAT é estático (*port forwarding*).
30. Indique, justificadamente, como é que numa *firewall* do tipo filtro de pacotes se aplica a política “tudo o que não é proibido é negado”.
31. Quais são as vantagens e as desvantagens, em termos de impacto no uso e proteção da rede protegida, da concretização das seguintes políticas numa *firewall* do tipo filtro de pacotes:
 - a) “Tudo o que não é proibido é negado”?
 - b) “Tudo o que não é proibido é autorizado”?

A.7 Sistemas de deteção de intrusões

1. Considere um sistema de deteção de intrusões (IDS – *Intrusion Detection System*); explique:
 - a) O que é um falso positivo e um falso negativo.
 - b) Quais os riscos de cada um dos erros para a eficácia do sistema.

2. Os IDS usam dois métodos alternativos de deteção: deteção de anomalias ou deteção de usos incorretos. Explique:
 - a) Como funciona cada um deles.
 - b) Quais as vantagens e as desvantagens de cada um relativamente à ocorrência de erros (falsos positivos e falsos negativos).
3. Explique a diferença entre os seguintes métodos de deteção dos IDS:
 - a) Baseados em conhecimento.
 - b) Baseados em comportamento.
4. Considerando os métodos de deteção anteriormente referidos, indique as vantagens e as desvantagens relativas no que toca a:
 - a) Geração de falsos positivos.
 - b) Deteção de ataques desconhecidos.
5. Imagine que possui um sistema NIDS numa rede protegida capaz de detetar SYN *flooding attacks* a qualquer das máquinas da rede. De que modo poderia reagir automática e corretamente o sistema NIDS de forma a contrariar o ataque?
6. Considere a exploração da sobrefragmentação de datagramas para a camuflagem de ataques ou para ludibriar sistemas de defesa; discuta as vantagens e as desvantagens relativas dos sistemas NIDS e HIDS (*Host-based Intrusion Detection System*) na:
 - a) Deteção da sobrefragmentação.
 - b) Reação defensiva à sobrefragmentação.
7. Explique de que forma se conseguem detetar ataques automatizados (isto é, não conduzidos pessoalmente por um atacante, mas autonomamente por um programa) na Internet.

A.8 Redes Privadas Virtuais

1. As chaves de sessão usadas em comunicações seguras devem ser usadas de forma limitada. Indique por que razão se devem impor os seguintes limites:
 - a) Tempo máximo de utilização.
 - b) Número máximo de octetos cifrados com a chave.
2. Explique os conceitos de:
 - a) Chave de sessão.
 - b) Chave de cifra de chave (KEK – *Key Encryption Key*).

3. No âmbito da distribuição de chaves de sessão, explique o conceito de segurança futura perfeita.
4. Indique qual a técnica-base de distribuição de chaves que permite garantir segurança futura perfeita e explique porquê.
5. O algoritmo de negociação de chaves Diffie-Hellman é um dos poucos algoritmos que permite negociar chaves simétricas entre duas partes que assegurem segurança futura perfeita. Explique:
 - a) O que significa uma chave assegurar segurança futura perfeita.
 - b) Quais os requisitos na utilização do algoritmo Diffie-Hellman necessários para que a chave resultante assegure segurança futura perfeita.
6. Considere o problema da personificação de máquinas usando IP *spoofing*; explique como podem contribuir os mecanismos AH e ESP do IPSec para reduzir a relevância desse problema (considere os mecanismos separadamente e ambos os modos de transporte e de túnel).
7. O algoritmo de Diffie-Hellman permite distribuir chaves de sessão entre interlocutores que, à partida, só partilham valores públicos. Explique:
 - a) Como funciona o algoritmo.
 - b) Quais os valores públicos acima referidos.
 - c) Como se pode atacar o algoritmo através de interposição (*meet-in-the-middle attack*).
8. Para que servem as associações seguras no âmbito do IPSec e como se usam após a sua criação?
9. Considere as associações seguras do IPSec. Explique:
 - a) Qual o conteúdo de uma associação segura.
 - b) Como se relaciona uma associação segura com um datagrama IPSec recebido.
10. Considere os cabeçalhos extra do IPSec. Explique:
 - a) Para que serve o campo SPI (*Security Parameter Index*) presente em cada um deles.
 - b) O processo de escolha do valor desse campo para um dado datagrama IPSec.
11. O IPSec pode usar duas formas de autenticação entre máquinas/redes: chaves secretas partilhadas ou pares de chaves assimétricas com certificação da componente pública. Indique cenários operacionais concretos em que cada uma das formas de autenticação seja mais vantajosa.
12. Explique para que serve o cabeçalho ESP do IPSec.

13. Explique, ilustrando a sua resposta, a diferença entre os modos de transporte e de túnel IPSec.
14. Numa VPN (*Virtual Private Network*), as técnicas de encapsulamento (*tunnelling*) e cifra/controlo de integridade estão, muitas vezes, associadas mas servem propósitos diferentes. Explique em que consiste o ESP em modo de túnel do IPSec e qual a vantagem do seu uso face ao ESP em modo de transporte, o modo mais simples de usar o ESP no IPSec.
15. O cabeçalho IPSec AH em modo de transporte pode ser substituído pelo cabeçalho IPSec ESP em modo de túnel. Discuta:
 - a) As vantagens e as desvantagens relativas dos dois métodos.
 - b) O uso alternativo do cabeçalho ESP em modo de transporte (em vez do modo de túnel).
16. Indique, justificando, qual dos modos do IPSec, de transporte ou de túnel, faria sentido escolher para criar as seguintes VPN:
 - a) Rede-rede.
 - b) Rede-máquina.
17. Considere uma VPN rede-rede usando IPSec em modo de túnel. Indique:
 - a) Quem gere as associações seguras IPSec usadas pela VPN.
 - b) Como se processa a aplicação e a validação dos mecanismos do IPSec numa comunicação entre quaisquer duas máquinas em redes distintas ligadas através da VPN.
18. Por que razão existem problemas quando os datagramas IPSec atravessam uma *gateway* que aplica mecanismos de NAT? Considere, na resposta, todas os cenários relativos ao uso de AH ou ESP e dos modos de transporte e de túnel.
19. Considere o protocolo PPTP (*Point-to-Point Tunneling Protocol*):
 - a) Explique de forma sintética a sua evolução face ao PPP (*Point-to-Point Protocol*).
 - b) Explique por que razão no PPTP não se deve usar o protocolo de autenticação PAP (*Point-to-point Authentication Protocol*).
20. O protocolo de autenticação PAP era considerado suficientemente seguro em ligações *dial-up* PPP em redes telefónicas, mas já não é aconselhável ser usado em VPN PPTP na Internet. Explique porquê.
21. As VPN podem atuar em níveis protocolares distintos: nível 2 (PPTP, L2TP – *Layer 2 Tunneling Protocol*, etc.), nível 3 (IPSec) e níveis acima do 4 (SSH – *Secure SHell*, etc.). Discuta as vantagens e as desvantagens de atuar a um nível mais baixo ou mais alto.

22. Por que razão uma comunicação segura IPSec com cabeçalhos ESP aumenta a latência e diminui o desempenho em comunicações sobre *modems* analógicos com capacidade de compressão.
23. A compressão de dados é uma das opções de muitos protocolos de comunicação segura (SSL (*Secure Sockets Layer*), SSH, PGP, etc.). Indique as vantagens que advêm da sua utilização.
24. Os protocolos de comunicação segura de mais alto nível, como o SSL, o SSH e o PGP, podem optar por comprimir os dados antes de os tornar seguros, enquanto os protocolos de mais baixo nível, como o IPSec, não possuem tal opção. A que se deve esta diferença de atuação?
25. Qual a vantagem para a segurança das comunicações de utilizar encapsulamento (túneis IPSec, multiplexagem SSH, etc.)?
26. O encapsulamento é uma das tecnologias normalmente usadas pelas VPN (por exemplo, PPTP). Explique porquê.
27. Considere a multiplexagem de vários fluxos de comunicação através de um único canal de comunicação seguro; indique:
 - a) Quais as vantagens da multiplexagem para a segurança.
 - b) Dois protocolos que permitem obter essa multiplexagem.
 - c) Explique como o pode fazer com SSH.
28. Considere os conceitos de segurança na ligação (*link security*) e de segurança entre extremos (*end-to-end security*). Explique por que razão uma VPN pode associar-se com os dois conceitos (considere, por exemplo, uma VPN PPTP).
29. Considere dois tipos de VPN: PPTP e SSL. Compare-os quanto a:
 - a) Abrangência (protocolos abrangidos pela VPN).
 - b) Facilidade de configuração e utilização.
30. A comunicação segura entre duas máquinas usando IPSec e o protocolo de negociação de chaves IKE (*Internet Key Exchange*) segue estes passos: (1) estabelecimento de uma SA (*Security Association*) IKE, (2) estabelecimento das SA IPSec e (3) transmissão de dados usando IPSec. Explique:
 - a) Para que serve cada passo.
 - b) Que cenários operacionais concretos levam à sua execução.

A.9 Redes sem fios 802.11 (WLAN ou Wi-Fi)

1. Considere o controlo de integridade de tramas usado no WEP (*Wired Equivalent Privacy*), baseado na função CRC. Explique:
 - a) Como funciona.
 - b) De que forma pode ser facilmente contornado por atacantes que queiram modificar uma trama.
2. O controlo de integridade do WEP usa CRC, que não é criptográfico. Que problemas podem advir desse facto?
3. Considere o processo de autenticação SKA (*Shared Key Authentication*) do WEP. Explique:
 - a) Como é que opera.
 - b) Como pode ser atacado.
4. Considere os mecanismos de segurança introduzidos pelo TKIP (*Temporal Key Integrity Protocol*). Indique:
 - a) A relação entre o TKIP e o WEP.
 - b) Dois mecanismos usados pelo TKIP que eliminam vulnerabilidades do WEP.
5. A proteção de tramas 802.11 com WEP tinha vários problemas de segurança, tanto ao nível da cifra como do controlo de integridade. Esses problemas foram mitigados, numa fase transitória, usando TKIP.
 - a) Como é que o TKIP resolveu o problema de controlo de integridade do WEP?
 - b) Indique por que razão o TKIP passou a incluir os endereços do transmissor e do recetor no cálculo da chave de cifra de cada trama.
6. Considere o controlo de integridade de tramas usado no WEP, baseado na função CRC. Explique:
 - a) Como funciona.
 - b) De que forma pode ser facilmente contornado por atacantes que queiram modificar uma trama.
7. Considere a autenticação de rede nas comunicações sem fios 802.11:
 - a) Indique como funcionam os mecanismos de autenticação OSA (*Open System Authentication*) e SKA do WEP.
 - b) Explique os princípios gerais da autenticação com 802.1X e EAP (*Extensible Authentication Protocol*).
8. Em comunicações sem fios há que considerar vulnerabilidades que não existem em infraestruturas cabladas. Indique:

- a) Quais são essas vulnerabilidades.
 - b) De que modo são evitadas no 802.11.
9. O facto de se usar segurança entre extremos (*end-to-end*) em comunicações sensíveis é razão para se abandonar, sem mais, a segurança de ligação (*link security*) em comunicações sem fios subjacentes? Explique porquê.
10. Considere a arquitetura de autenticação WEP usada em redes sem fios 802.11. Explique:
- a) Quais os modelos possíveis de autenticação.
 - b) Por que razão é possível um cliente ser enganado por um AP (*Access Point*) falso.
11. As chaves de sessão nas comunicações seguras devem ser usadas de forma limitada e os limites podem ser: (i) um número máximo de octetos cifrados com a chave ou (ii) um tempo máximo de utilização. Explique, de forma resumida, por que razão:
- a) O modelo de gestão de chaves de sessão do WEP não é o adequado.
 - b) O modelo de gestão de chaves de sessão do WPA (*Wi-Fi Protected Access*) e do 802.11i são os adequados.
12. O WEP não define qualquer política de gestão dos valores VI (Vetor de Iniciação) usados nas tramas protegidas. Explique, recorrendo a exemplos ilustrativos, que problemas podem resultar dessa omissão.
13. O WEP não faz um uso correto das chaves simétricas partilhadas entre os (utentes dos) equipamentos móveis e (a administração d)os AP. Indique:
- a) Quais os usos incorretos a que nos referimos.
 - b) Um ataque concreto que explore vulnerabilidades criadas devido às incorreções antes referidas.
14. O WEP não usa chaves contínuas diferenciadas consoante o sentido da comunicação. Explique:
- a) Como isso poderia ser feito de forma fácil (sem reduzir outros critérios de segurança).
 - b) Que vantagens adviriam desse facto.
15. Considere a arquitetura de autenticação 802.1X usada em redes sem fios 802.11; explique:
- a) Qual a vantagem de usar EAP na autenticação dos suplicantes.
 - b) Qual o papel do autenticador e do servidor de autenticação.
 - c) Para que serve a autenticação em quatro passos entre o suplicante e o autenticador.

16. Considere o mecanismo de autenticação e distribuição de chaves 802.1X, usado no WPA e 802.11i. Descreva as três fases e o propósito de cada uma delas.
17. O 802.1X fornece um serviço de autenticação ao nível 2 da pilha de protocolos. Por que razão foi necessário usar um serviço a este nível e não outro qualquer para gerir a autenticação e o controlo de acesso a uma rede sem fios 802.11?

A.10 Protocolos de autenticação

1. Explique por que razão a autenticação de entidades é, normalmente, um requisito fundamental para a concretização de políticas de autorização.
2. Considere os protocolos de autenticação com desafio-resposta e segredo partilhado; explique:
 - a) De uma forma genérica, como funcionam.
 - b) Como podem ser desenhados para facultar autenticação mútua (com um mínimo de mensagens trocadas).
3. Considere o conceito de autenticação com senha descartável:
 - a) Que cenários operacionais justificam o seu uso?
 - b) Escolha um protocolo de autenticação com senha descartável e descreva o seu funcionamento.
4. Considere o protocolo de autenticação HOTP (*HMAC-Based One-Time Password Algorithm*), que permite calcular OTP (*One-Time Passwords*) a partir de uma chave partilhada e de um contador fracamente sincronizado. Explique:
 - a) Como evolui o contador ao longo da utilização de OTP geradas com este protocolo?
 - b) Que configurações podem ser feitas no validador para lidar com essa evolução.
5. A autenticação de máquinas no SSH é feita recorrendo a chaves públicas pré-partilhadas. Explique:
 - a) Por que razão esta é uma abordagem válida, por contraponto ao recurso a chaves públicas certificadas.
 - b) Como é realizada, normalmente, a distribuição das chaves públicas partilhadas.
6. Considere um processo de autenticação biométrica de pessoas; explique:
 - a) Como é que opera. (**Sugestão: tenha em consideração as ações de recenseamento e autenticação do titular.**)
 - b) Quais as vantagens e as desvantagens que podem advir da dificuldade de transferir credenciais de autenticação para terceiros.

7. Imagine que pretende usar o Cartão de Cidadão para fazer autenticação local numa máquina Linux. Explique como o poderia fazer usando o par de chaves assimétricas de autenticação do titular do documento. (**Sugestão: tenha em consideração as ações de recenseamento e autenticação do titular.**)
8. A autenticação de máquinas pode-se fazer com chaves públicas certificadas (por exemplo, SSL) ou com chaves públicas não certificadas (por exemplo, SSH). Explique:
 - a) As vantagens e as desvantagens de cada uma das abordagens.
 - b) A razão das opções tomadas no SSL e no SSH face a esta questão.
9. Considere o processo de autenticação de utentes do Linux; explique:
 - a) Como é que opera.
 - b) Justificando, de que forma devem ser protegidos os recursos usados nesse processo.
10. Considere um processo de autenticação com desafio-resposta; explique:
 - a) Como é que opera.
 - b) Como é que o mesmo pode ser usado para autenticar pessoas titulares de um Cartão de Cidadão.
11. Considere o conceito de autenticação multifator:
 - a) Em que consiste?
 - b) Explique como obtida no caso da autenticação de subscritores de serviços GSM.
12. A distribuição de chaves com autoridades terceiras confiáveis (KDC – *Key Distribution Centers*) pressupõe a autenticação das entidades a quem as chaves são distribuídas perante uma ou duas dessas autoridades. Explique como no Kerberos, que é um exemplo de uma dessas autoridades, se resolve o problema quando as duas entidades – por exemplo, um cliente e um servidor – são conhecidas (ou seja, identificadas e autenticadas) por dois serviços Kerberos diferentes (assumindo o cenário mais simples).
13. O mecanismo de autenticação com senhas descartáveis S/Key é vulnerável a ataques com dicionários, muito embora nunca se transmita a mesma senha entre autenticado e autenticador. Explique como.
14. O Kerberos é constituído por dois serviços: o serviço de autenticação (AS – *Authentication Service*) e o serviço de distribuição de bilhetes (TGS – *Ticket Granting Service*). Explique para que fim são contactados pelas aplicações-clientes que usam autenticação Kerberos.
15. A distribuição de chaves de sessão simétricas entre pares de interlocutores é um problema complexo que pode ser resolvido através de entidades terceiras confiáveis designadas como Centros de Distribuição de Chaves. A utilização destes centros pressupõe que estes são seguros e que atuam corretamente. Explique a necessidade destes dois pressupostos.

16. A distribuição segura de chaves de sessão requer a autenticação das entidades envolvidas e a autenticação dos dados trocados (correção e frescura). Explique o objetivo de cada um dos requisitos.
17. Explique em que consiste um ataque com dicionário e mostre como pode ser efetuado contra o modelo-base de autenticação do UNIX.
18. A arquitetura PAM (*Pluggable Authentication Modules*) permite adaptar os princípios gerais da autenticação (prova de autenticidade, alteração dos elementos de prova, autorização para iniciar uma sessão e salvaguarda de credenciais) às necessidades reais de autenticação de sistemas ou aplicações específicas. Explique como.
19. Explique o modelo de operação da autenticação S/Key.
20. Um Centro de Distribuição de Chaves (KDC – *Key Distribution Center*) é muito prático para fazer uma distribuição autenticada de chaves de sessão entre dois interlocutores que nada partilham entre si. Explique, no caso concreto do Kerberos:
 - a) Como se garante a autenticação mútua dos interlocutores (*principals*).
 - b) Que segredos têm esses interlocutores de partilhar com o Kerberos para conseguir usufruir dos seus serviços.
21. Um dos aspetos relevantes da tecnologia atual de autenticação biométrica é a afinação das taxas de erros do processo de autenticação: falsos positivos e falsos negativos. Explique o que significam objetivamente esses erros (não confundir com a consequência da sua ocorrência).
22. A autenticação biométrica, normalmente, não permite derivar uma chave de autenticação, ao contrário do que acontece com a autenticação tradicional com senhas. Porquê?
23. Os sistemas UNIX atuais dispõem de uma infraestrutura de autenticação de utentes designada por PAM. Explique, de forma sucinta mas completa:
 - a) Como é que as aplicações que requerem a autenticação usam o PAM.
 - b) Como é que o PAM permite incorporar diferentes mecanismos de autenticação de pessoas (por exemplo, com senha ou com biometria).
24. Os sensores biométricos permitem normalmente ser afinados para controlar duas taxas de erros: FAR (*False Accept Rate*) e FRR (*False Reject Rate*). Explique:
 - a) Por que razão existem esses erros.
 - b) Que compromissos se fazem quando se afinam os sensores.
25. O serviço Kerberos possui dois subserviços: AS e TGS. Explique as vantagens operacionais desta subdivisão:
 - a) Para a comodidade e segurança dos clientes.

- b) Para a gestão das chaves secretas guardadas pelo Kerberos.
26. Por que razão a utilização de autenticação Kerberos entre aplicações cliente-servidor “kerberizadas” obriga as máquinas das entidades que a usam (*principals*) a manter relógios bastante sincronizados?
27. O serviço Kerberos gere dois tipos de bilhetes: bilhetes para o TGS, conhecidos como TGT (*Ticket Granting Ticket*), e bilhetes para outros serviços. Explique:
- a) Qual a diferença entre estes bilhetes ao nível da sua estrutura interna e modelo de utilização.
- b) O modo como cada um deles é obtido (ou seja, como é formulado o seu pedido e processada a resposta em termos protocolares).
28. Considere o protocolo de autenticação Kerberos. O mesmo usa Bilhetes (*tickets*) e Autenticadores (*authenticators*). Os bilhetes são distribuídos por dois serviços, o AS e o TGS. Explique:
- a) Por que razão existe uma separação entre o AS e o TGS em relação à emissão de bilhetes?
- b) Um bilhete possui identidades e uma chave. Explique para quê (e não se esqueça de envolver os Autenticadores na explicação!).
29. No GSM (*Global System for Mobile communication*), os equipamentos móveis possuem algoritmos criptográficos implantados em locais diferentes: (i) a cifra das comunicações com A5 é feita pelo equipamento móvel; e (ii) a geração de respostas a desafios para autenticação e de chaves de sessão, com A8, A3 ou COMP128, é feita pelo cartão SIM (*Subscriber Identification Module*). Indique as vantagens que advêm desta separação:
- a) Para a segurança do utente.
- b) Para a gestão das operadoras.
30. A arquitetura PAM permite adaptar os princípios gerais da autenticação (prova de autenticidade, alteração dos elementos de prova, autorização para iniciar uma sessão e salvaguarda de credenciais) às necessidades reais de autenticação de sistemas ou aplicações específicas. Explique como.
31. Considerando o mecanismo de autenticação de utentes Kerberos, indique quais os problemas que teria que resolver para o integrar com mecanismos de autenticação biométrica.
32. No GSM, os equipamentos móveis usam diversos algoritmos criptográficos, os quais são realizados por componentes diferentes: (i) cartão SIM ou (ii) equipamento móvel. Indique:
- a) Quais as operações criptográficas realizadas por cada um.

- b) Como é que essa separação aumenta a segurança e a operacionalidade na exploração do GSM.
33. O protocolo Kerberos é vulnerável a ataques com dicionários. Explique como faria exatamente um ataque com dicionário ao Kerberos (mensagens a capturar, testes a efetuar para dar por concluído com sucesso o ataque, etc.).
34. Considere a afinação de um sistema de autenticação biométrica não ideal, em que é preciso equilibrar taxas de aceitação falsa (FAR) e rejeição falsa (FRR); explique como efetuaria a mesma:
- a) Num sistema de relógio de ponto.
 - b) Num sistema de acesso a um cofre forte de uma instituição bancária.
35. Considere o protocolo de autenticação com senhas descartáveis S/Key; explique:
- a) Qual o seu propósito.
 - b) Como funciona.
 - c) Quais as suas vulnerabilidades.
36. Considere o conceito de autenticação com senha descartável; explique:
- a) Em que consiste.
 - b) Quais as suas vantagens e as desvantagens.
37. A versão 5 do Kerberos possui um campo na mensagem inicial do utente para o servidor AS (*preauthenticated data*) que consiste numa marca temporal cifrada com a chave (derivada da senha) do utente. Este campo destina-se a minimizar o risco de ataques com dicionários. Indique, justificando:
- a) Que tipos de ataques com dicionários são evitados.
 - b) Que tipos de ataques com dicionários são, mesmo assim, possíveis.
38. Considere o modelo de autenticação de utentes no GSM; explique:
- a) Como funciona de forma a permitir acesso em *roaming* de utentes.
 - b) Para efeitos de autenticação, a confiança que deve existir entre o utente e operador que o aceita em *roaming*?
39. Considere os protocolos de autenticação com desafio-resposta; explique, ilustrando com um diagrama, como pode realizar um protocolo unilateral desse tipo usando as operações de cifra assimétricas do Cartão de Cidadão (do autenticado).
40. Indique duas vantagens da autenticação biométrica face aos demais mecanismos de autenticação de pessoas.
41. Explique como funciona o mecanismo de autenticação do Linux.

42. O protocolo de autenticação S/Key é vulnerável a ataques com dicionários à senha do autenticado? Justifique, considerando duas situações distintas:
- Acesso do atacante aos dados mantidos pelo autenticador.
 - Acesso do atacante aos dados trocados remotamente entre autenticador e autenticado.
43. Considere os paradigmas de autenticação com apresentação direta de credenciais e com desafio-resposta. Explique:
- Qual a diferença fundamental entre as mesmas.
 - Em que situações pode (deve) ser explorado cada um deles.
44. Considere o modelo de autenticação GSM; explique:
- Como funciona.
 - Os riscos que podem advir de uma personificação de uma BTS (*Base Transceiver Station*) por um atacante.
45. O GSM usa um processo de autenticação em que são usados, simultaneamente, algo que se tem e algo que se sabe. Explique porquê, complementando a sua explicação com um diagrama.
46. Considerando que o Cartão de Cidadão não realiza decifras com as suas chaves privadas, mas apenas assinaturas, como o usaria para realizar uma autenticação remota através de desafio-resposta?
47. Considere os protocolos de autenticação com desafio-resposta; explique por que razão o desafio deve ter um valor nunca antes usado (*nonce*) e como podem ser realizados estes protocolos usando o Cartão de Cidadão?
48. Explique como funciona o protocolo de autenticação S/Key, nomeadamente os seguintes aspetos:
- Iniciação dos dados no autenticador (ou servidor de autenticação).
 - Execução da autenticação.
49. Considere os protocolos de autenticação com segredo partilhado; explique:
- Em que consiste um ataque com dicionário.
 - Por que razão os protocolos do GSM e do RSA SecurID não são vulneráveis a este tipo de ataques.
50. Explique o modelo geral de exploração do PAM do Linux.
51. Descreva e dê exemplos dos três modelos genéricos de autenticação de pessoas.
52. Descreva como funciona o modelo de autenticação do GSM, focando todas as entidades e as trocas de dados envolvidas.

53. Imagine que pretende controlar o acesso a áreas protegidas usando fechaduras ativadas através do Cartão de Cidadão. Indique que cuidados deve ter na interação com o Cartão de Cidadão para tornar o controlo de acesso tão fidedigno quanto possível.
54. Explique como funciona a autenticação e distribuição de atributos de identidade usando o SAML Web Browser SSO Profile.
55. O Kerberos usa os conceitos de bilhete (*ticket*) e de chaves de sessão. Explique de que forma esses conceitos são usados para concretizar um ambiente com *Single Sign-On* (SSO)?
56. O Kerberos é um sistema que faculta a autenticação entre clientes (pessoas que usam aplicações cliente Kerberizadas) e serviços (igualmente Kerberizados). Explique o que significa essa Kerberização?
57. A gestão de identidades agregada, baseada num IdP (*Identity Provider*) para vários serviços (*Service Providers*) é normalmente usada para concretizar o conceito de *Single Sign-On* (SSO). Explique como é normalmente concretizado, na prática, para aplicações Web.
58. Considere uma interação via SAML (*Security Assertion Markup Language*) entre um IdP e um SP (*Service Provider*). Qual é o serviço que o SP requer do IdP via SAML?
59. Considere uma interação via SAML entre um IdP e um SP. Qual é o grau de controlo que o utente, que é autenticado pelo IdP, possui sobre os seus atributos enviados pelo IdP para o SP?

A.11 Controlo de acesso, autorização e delegação

1. Por regra, os mecanismos de controlo de acesso implicam alguma forma de autenticação prévia do sujeito controlado. Explique esta afirmação tendo em conta o mecanismo geral de controlo de acesso.
2. Considere o conceito de monitor de controlos de acesso. Indique:
 - a) Para que serve?
 - b) Dê dois exemplos práticos da sua exploração.
3. Considere o conceito abstrato de matriz de controlo de acesso. Explique como se realiza o seu fracionamento em:
 - a) Listas de controlo de acesso;
 - b) Capacidades (*capabilities*).
4. Considere o conceito de matriz de controlo de acesso.
 - a) Em que consiste?

- b) Normalmente é concretizada de forma desmembrada, em listas de controlo de acesso (*ACL – Access Control List*) ou capacidades (*capabilities*). Explique o que são estes dois conceitos.
5. Considere o modelo genérico de controlo de acesso.
- a) Descreva o mesmo.
- b) Explique como é que o mesmo atua para concretizar políticas de controlo de acesso obrigatórias (*MAC – Mandatory Access Control*) ou discricionárias (*DAC – Discretionary Access Control*).
6. Considere o modelo de controlo de acesso discricionário (*DAC*). Explique:
- a) Qual a diferença entre posse de direitos (positivos), ausência de direitos ou posse de direitos negativos.
- b) Dê um exemplo de aplicação prática útil de direitos negativos.
7. Considere os modelos de controlo de acesso discricionário (*DAC*) e obrigatório (*MAC*).
- a) Explique a diferença entre ambos.
- b) Dê exemplos de cada um considerando um sistema operativo como monitor de controlo de acesso.
8. Considere o conceito de controlo de acessos obrigatório (*MAC*). Indique:
- a) Como funciona?
- b) Dê dois exemplos práticos da sua exploração.
9. Explique em que consiste uma política de controlo de acesso por funções ou papéis (*RBAC – Role-Based Access Control*).
10. Uma política de controlo de acesso por funções ou papéis (*RBAC*) é diferente de uma política de controlo de acesso com listas de controlo de acesso (*ACL*) baseadas em grupos. Explique porquê.
11. Considere o conceito de controlo de acesso baseado em funções ou papéis (*RBAC*). Explique por que razão não pode ser concretizado com controlos de acesso baseados em grupos, usando um grupo por função?
12. Explique por que razão numa base de dados faz mais sentido optar por uma política de controlo de acesso por funções ou papéis (*RBAC*) do que por uma política de controlo de acessos discricionária relativamente a objetos (tabelas, registos, etc.).
13. Explique em que consiste uma política de controlo de acesso por funções ou papéis (*RBAC*) e qual a sua vantagem face ao modelo *DAC* (sugestão: ilustre a sua resposta com acessos a uma base de dados).
14. Considere uma política de separação de deveres (*SoD – Separation of Duties*). Explique:

- a) Em que consiste.
 - b) Qual é a sua relevância para a segurança de uma organização.
15. O modelo de controlo de acesso baseado em funções ou papéis (RBAC) pode ter uma variante que permite restrições (*constraints*), tal como a separação de deveres (SoD). Explique que vantagens podem advir da exploração desta variante.
16. O OAuth 2.0 é uma norma que permite conceder direitos de acesso a recursos. Indique quem são as entidades consideradas na mesma e qual o seu papel.

A.12 Integração de conceitos

1. A função CRC, usada no WEP para controlo de integridade, não pode ser considerada uma função de síntese. Explique porquê, tendo em conta os três requisitos que as funções de síntese têm de cumprir.
2. Tanto um mecanismo de NAT como um mecanismo de túnel IPSec servem para atingir um mesmo objetivo: necessitar de apenas um endereço IP público numa rede local para aceder à Internet. Compare os dois mecanismos quanto às seguintes questões:
 - a) Facilidade na interação IN-OUT (iniciada pelas máquinas da rede local, tendo como alvo quaisquer outras máquinas na Internet).
 - b) Facilidade na interação OUT-IN (iniciada por outras máquinas na Internet, tendo como alvo quaisquer máquinas da rede local).
3. Considere uma tentativa de intrusão por adivinhação de senha via SSH. Quais as vantagens e as desvantagens de usar os seguintes IDS para detetar o ataque:
 - a) NIDS?
 - b) HIDS?
4. As cifras contínuas são, normalmente, as preferidas para atuar ao nível da transmissão física sem fios de sinais digitais cifrados (por exemplo, WEP, GSM). Explique porquê.
5. Considere uma rede de máquinas continuamente monitorizada por sistemas independentes de deteção de intrusões, tanto HIDS como NIDS. Explique o que aconteceria em cada um desses tipos de sistemas IDS se, nessa rede de máquinas, se procurasse por vulnerabilidades usando uma aproximação semelhante à do OpenVAS (ou Nessus).
6. Qual o problema de usar uma ferramenta como o OpenVAS (ou Nessus) para detetar problemas numa rede de máquinas individualmente monitorizadas por HIDS ou globalmente monitorizadas por NIDS?
7. Discuta como em termos arquiteturais se pode integrar uma *firewall* do tipo filtro aplicacional com túneis (de saída) de uma VPN SSH e quais as limitações que se podem colocar à *firewall*. Use diagramas para ilustrar, da melhor maneira possível, a sua resposta.

8. É possível que surjam falsos positivos quando se usa uma ferramenta como o OpenVAS (ou Nessus) para detetar problemas numa rede de máquinas individualmente monitorizadas por sistemas Tripwire (HIDS)? Justifique pormenorizadamente, incluindo uma descrição sumária do funcionamento de cada uma das ferramentas: OpenVAS e Tripwire.
9. Os sensores dos IDS, tipicamente, podem recolher dois tipos de dados. Indique:
 - a) De que tipos de dados estamos a falar.
 - b) Quais as vantagens e as desvantagens de cada um relativamente à deteção de atividades ilícitas exploradas através de canais seguros (por exemplo, propagação de vírus sobre canais SSH).
10. As versões mais recentes do PGP permitem dois tipos de tecnologias para suportar comunicação confidencial e assinaturas digitais: (i) RSA e (ii) Diffie-Hellman + ElGamal (DH/DSS). O ElGamal usa valores públicos e privados semelhantes aos do Diffie-Hellman, mas serve apenas para gerar e validar assinaturas digitais. Explique, a partir a conjugação destas duas técnicas, como se efetua no PGP a troca de uma mensagem confidencial entre as entidades A e B.
11. Quando se implanta uma VPN, há que associá-la a algo que funcione como uma *firewall* de modo a autenticar utilizadores legítimos da VPN, aos quais será possível atravessar a fronteira imposta pela *firewall*. A *firewall* pode ser um servidor SSH, um servidor RAS (*Remote Access Server*) ou mesmo uma componente mais complexa instalada a nível de um sistema operativo de uma máquina. Para o caso do SSH, indique, justificando, qual é o tipo da *firewall*: filtro de datagramas, filtro de circuitos ou filtro aplicacional.
12. Por que razões os servidores de VPN são, muitas vezes, integrados com máquinas *gateway*-bastião que protegem perímetros protegidos?
13. A utilização obrigatória de IPSec num servidor tem alguma influência na sua vulnerabilidade a ataques por inundação de segmentos SYN (*SYN flooding attacks*)?
14. Considere a utilização conjunta de NAT dinâmico (*masquerading*) e IPSec em modo de transporte com AH; explique:
 - a) Em que situações podem surgir problemas pela conjugação dos dois mecanismos.
 - b) Como podem ser conjugados de forma a evitar esses problemas.
15. Um dos problemas de autenticidade na Internet consiste na falsificação de endereços IP de origem (*IP spoofing*). Considerando o IPSec e os seus dois modos de operação (de transporte e de túnel), discuta aprofundadamente a contribuição que os seguintes cabeçalhos dão para evitar *IP spoofing*:
 - a) AH.
 - b) ESP (com e sem autenticação).

16. No âmbito da comunicação segura IPSec, explique:
- Para que serve o IKE?
 - Explique por que razões o IPSec é incompatível com o NAT, tanto com AH como com ESP? Considere, na sua resposta, o uso do modo de transporte.
 - Sendo o ESP capaz de fornecer mecanismos de controlo de integridade, que vantagem advém da utilização conjunta de AH e ESP para proteger o mesmo pacote IP com IPSec?
17. O protocolo de Diffie-Hellman não inclui autenticação das partes negociantes. Indique, com diagramas, que alterações faria ao protocolo, mas assegurando segurança futura perfeita da chave resultante, de forma que a autenticação fosse feita:
- Com uma chave secreta de longa duração partilhada entre as partes.
 - Com dois pares de chaves assimétricas, um por cada uma das partes.
18. O GSM e o WEP são, aparentemente, muito semelhantes em termos de tecnologia de cifra (tabela seguinte), mas a exploração do primeiro é muito mais segura no que diz respeito à privacidade dos dados cifrados. Explique porquê (assuma transmissão de dados, e não de voz, no caso do GSM).

	Cifra		VI
	Algoritmo	Chave	
GSM	A5	54 bits	22 bits, índice da mensagem
WEP	RC4	40 bits	24 bits, escolhido <i>ad hoc</i> pelo emissor

19. Considere o problema da distribuição de chaves de sessão entre entidades que, à partida, nada partilham entre si. Indique, justificando, algumas vantagens e as desvantagens de usar o protocolo de Diffie-Hellman ou o Kerberos para resolver este problema.
20. Explique como se processa a autenticação entre entidades (*principals*) registadas em domínios Kerberos distintos.