



DEI

DEPARTAMENTO
DE ENGENHARIA INFORMÁTICA

TÉCNICO LISBOA

Arquitectura e Sistemas Operativos (ASO)

Luís Veiga, luís.veiga@tecnico.ulisboa.pt

Ricardo Chaves, ricardo.chaves@tecnico.ulisboa.pt

José Delgado, jose.delgado@tecnico.ulisboa.pt

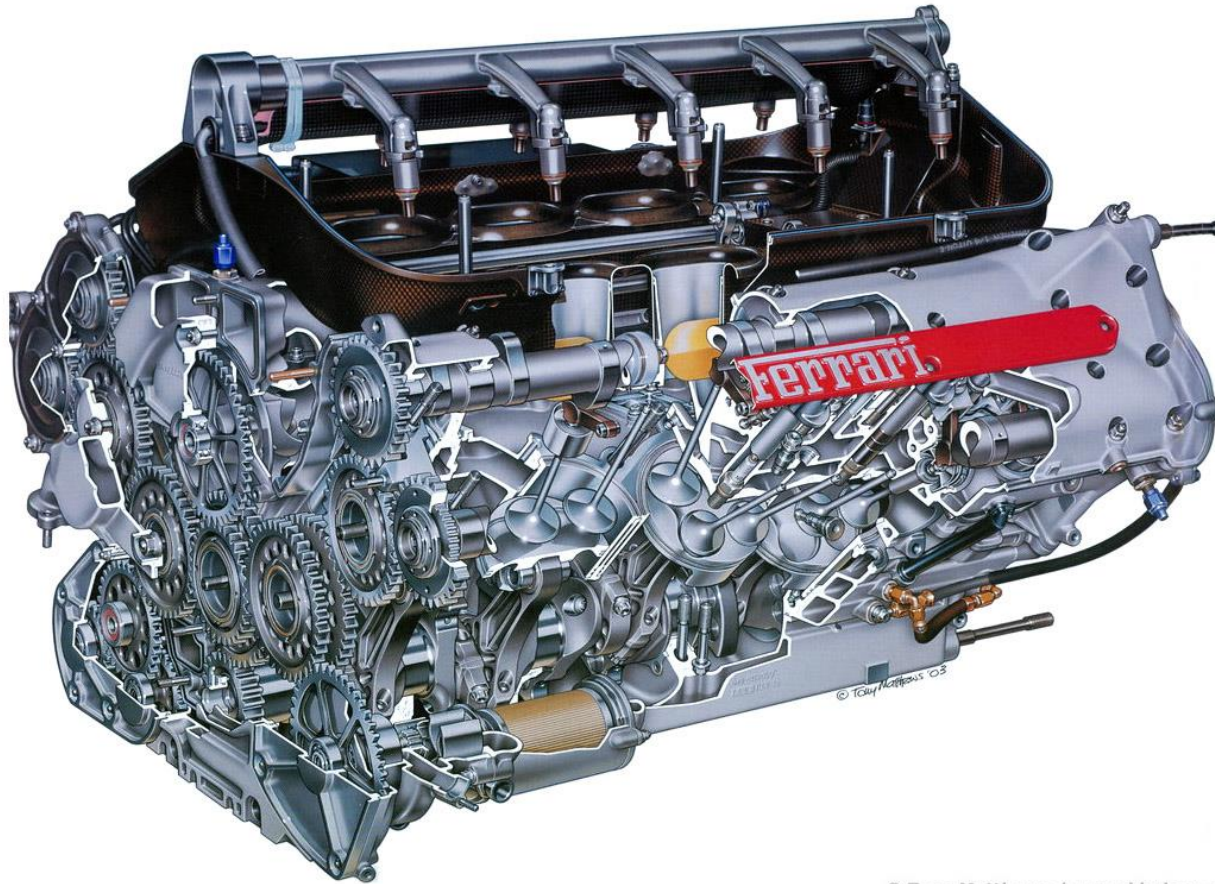
Paolo Romano, romanop@gsd.inesc-id.pt

João Garcia, joao.c.garcia@tecnico.ulisboa.pt





ASO – *O Motor da Computação Actual*



© Tony Matthews / www.khulsey.com



Agenda

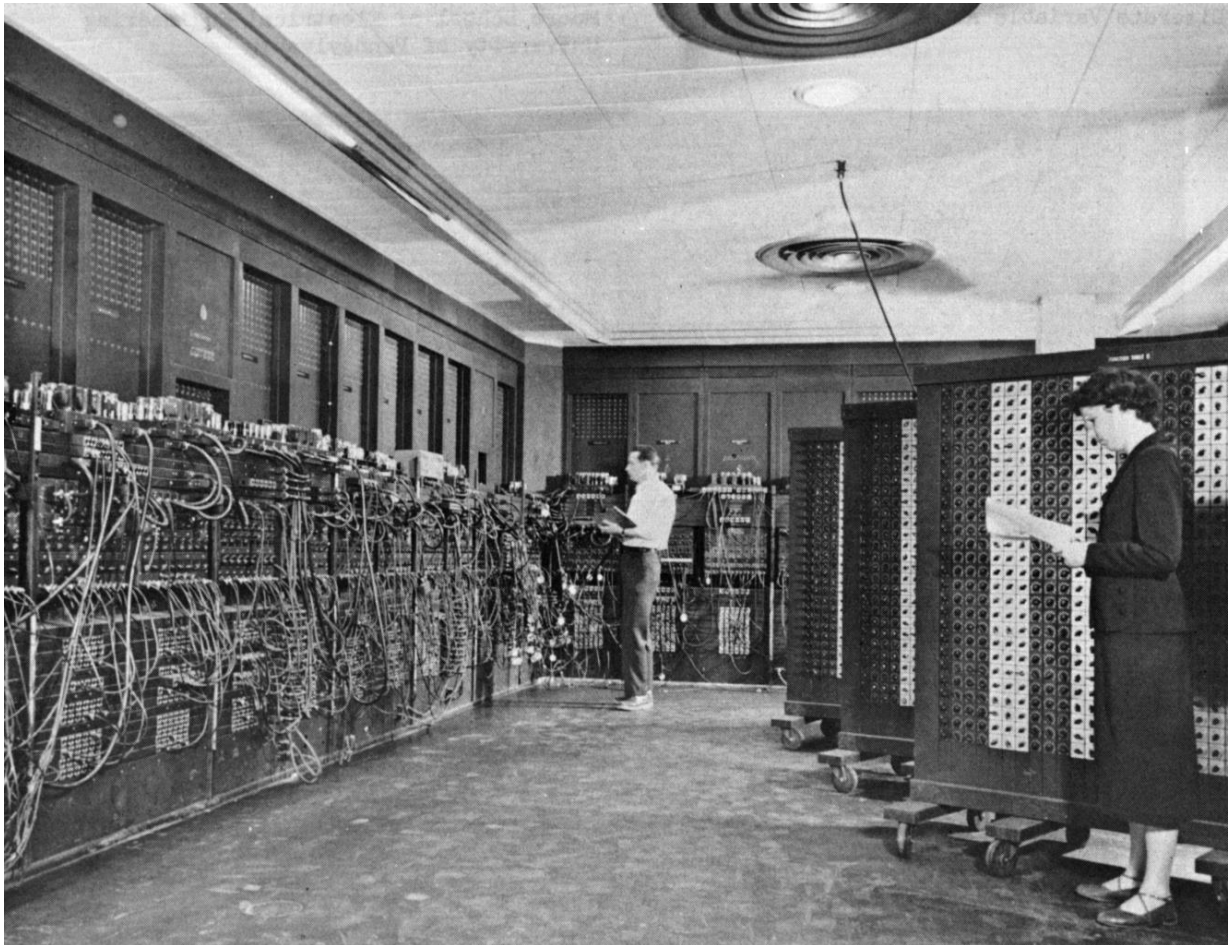
1. ASO no âmbito da LEIC
2. Quem Somos
3. Subáreas de ASO
4. Disciplinas ASO na LEIC
5. Saídas Profissionais de ASO



1. ASO no âmbito da LEIC



ASO nos primórdios (1940-50)



Eniac.jpg

ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) in Philadelphia, Pennsylvania

Date

c. 1947 to 1955

Source

U.S. Army Photo



ASO no sec. XXI

Google



amazon

...e muito mais...



ASO no âmbito da LEIC

- Missão:
 - Investigação e Ensino das componentes **infraestruturais** dos sistemas informáticos
- Motivação:
 - A infraestrutura dos sistemas informáticos é determinante para a computação à escala actual:
 - *Internet-of-Things*
 - Computação Ubíqua
 - *Cloud computing*
 - Redes Sociais
 - Big Data (*Data Engineering*)



ASO no âmbito da LEIC

- Missão:
 - Investigação e Ensino das componentes **infraestruturais** dos sistemas informáticos
- Desafios: área de constante inovação, devido a:
 - Evolução constante do hardware, dos multi-cores aos smartphones e dispositivos embebidos
 - Dependência crescente da sociedade nos serviços informáticos que eleva a fasquia ao nível da fiabilidade da infraestrutura
 - Valor cada vez maior dos bens digitais que eleva a fasquia de exigência ao nível da segurança dessa infraestrutura



ASO no âmbito da LEIC

- Missão:
 - Investigação e Ensino das componentes **infraestruturais** dos sistemas informáticos
- ASO estuda, desenha e desenvolve a infraestrutura dos sistemas informáticos a vários níveis:
 - Arquitectura de Computadores
 - Sistemas Operativos
 - Plataformas distribuídas (armazenamento, processamento, monitorização, interligação de sistemas, middleware)
 - Redes de Dados
 - Segurança



ASO - Grandes Objectivos

- Criar mecanismos infraestruturais que permitam transparência:
 - de acesso: acesso a recursos deve ser feito pelas mesmas operações, quer sejam locais quer remotos
 - de localização/distribuição: cliente deve conseguir ter acesso aos recursos mesmo que não saiba a sua localização física
 - de concorrência: vários processos devem operar concorrentemente sem interferências.
 - de replicação: deve ser possível ter múltiplas instâncias de um mesmo recurso sem que os clientes reparem
- ...ajudar o programador a abstrair-se destas questões



ASO - Grandes Objectivos

- Criar mecanismos infraestruturais que permitam transparência:
 - a faltas: eventuais falhas devem ser toleradas e escondidas dos utilizadores e aplicações
 - à mobilidade: os clientes e os recursos devem poder mover-se dentro do sistema sem que isso afecte a operação dos mesmos
 - ao desempenho: deve ser possível reconfigurar o sistema para melhorar desempenho à medida que a carga varie
 - à escala: sistema deve ser capaz de se expandir em escala sem que para tal seja preciso alterar a estrutura do sistema nem os seus algoritmos
-e que sejam seguros



2. Quem Somos



Quem Somos



José Manuel da Costa Alves Marques (ist12023)

jose.marques@link.pt



Luís Eduardo Teixeira Rodrigues (ist126480)

ler@tecnico.ulisboa.pt



Rodrigo Seromenho Miragaia Rodrigues (ist14022)

rodrigo.rodrigues@inesc-id.pt



José Carlos Martins Delgado (ist11899)

jose.delgado@tecnico.ulisboa.pt



Quem Somos



Paulo Jorge Pires Ferreira (ist12958)

pjpf@tecnico.ulisboa.pt



Miguel Nuno Dias Alves Pupo Correia (ist130598)

miguel.p.correia@tecnico.ulisboa.pt



Luís Manuel Antunes Veiga (ist14191)

luis.veiga@tecnico.ulisboa.pt



Paolo Romano (ist90476)

romanop@gsd.inesc-id.pt



Quem Somos



Ricardo Jorge Fernandes Chaves (ist143817)

ricardo.chaves@inesc-id.pt



Alberto Manuel Ramos da Cunha (ist11959)

alberto.cunha@tecnico.ulisboa.pt



Renato Jorge Caleira Nunes (ist12102)

renato.nunes@tecnico.ulisboa.pt



João Coelho Garcia (ist14139)

joao.c.garcia@tecnico.ulisboa.pt



Quem Somos



Ricardo Jorge Feliciano Lopes Pereira (ist14222)

ricardo.pereira@inesc-id.pt



Nuno Miguel Carvalho dos Santos (ist14261)

nuno.m.santos@tecnico.ulisboa.pt



Miguel Filipe Leitão Pardal (ist14265)

miguel.pardal@tecnico.ulisboa.pt



Rui António dos Santos Cruz (ist40132)

rui.s.cruz@tecnico.ulisboa.pt



Quem Somos



João Pedro Faria Mendonça Barreto (ist45149)

joao.barreto@tecnico.ulisboa.pt



Miguel Ângelo Marques de Matos (ist427850)

miguel.marques.matos@tecnico.pt



Rui António Policarpo Duarte (ist14551)

rui.duarte@tecnico.ulisboa.pt



3. Subáreas de ASO



Diagrama das Subáreas de ASO



<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/departamentos/dei/area-cientifica-de-arquitecturas-e-sistemas-operativos>

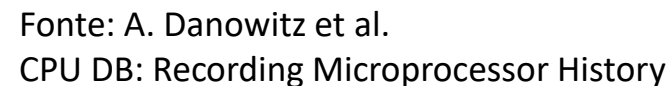


Arquitectura de Computadores e Sistemas Embebidos

- Ensinar e Investigar como são desenhados, organizados e otimizados os *computadores* actuais:
 - Princípios gerais da arquitectura de um computador
 - Evolução dos sistemas computacionais
 - Em particular, os sistemas embebidos com recursos limitados (*IoT*)
 - Arquitectura interna de um microprocessador
 - Programação de um microprocessador (e.g. linguagem *assembly*)
 - Organização e hierarquias de memória
 - Equipamentos de entrada/saída
 - Avaliar estratégias para optimização de programas
 - tendo em atenção a arquitetura computacional subjacente
 - baseadas em métricas de desempenho



- ## Microprocessor Transistor Counts 1971-2011 & Moore's Law





Arquitectura de Computadores e Sistemas Embebidos

- Paralelismo é a única forma de melhorar a performance
- Na infraestrutura dos sistemas computacionais este paralelismo está sempre presente:
 - Entre instruções do mesmo programa num processador
 - Entre *threads* a executar em processadores diferentes do mesmo multiprocessador (*multicore*)
 - Entre servidores no mesmo cluster (**centros de dados**)



Arquitectura de Computadores e Sistemas Embebidos

- LEIC
 - Introdução à Arquitectura de Computadores (IAC)
 - Organização de Computadores (OC)
- MEIC
 - Aplicações para Sistemas Embebidos (ASE)
 - Arquitecturas para Computação Embebida (ACEmb)
 - Dispositivos e Redes de Sistemas Logísticos (DRSL)



Sistemas Operativos e Sistemas Distribuídos

- Ensinar e Investigar como são desenhados, desenvolvidos e mantidos os sistemas operativos e sistemas distribuídos :
 - Fundamentos: mecanismos, algoritmos, estrutura interna dos sistemas operativos mais relevantes
 - Programação, ao nível sistema, sequencial e concorrente
 - Concepção e gestão de infra-estruturas computacionais distribuídas
 - Concepção e desenvolvimento de aplicações distribuídas de grande escala
 - Architecturas e tecnologias para aplicações distribuídas (middleware)
 - Computação em dispositivos móveis e desenvolvimento de aplicações para plataformas móveis
 - Architecturas, mecanismos, algoritmos, e tecnologias de virtualização
 - Plataformas de computação em nuvem para elasticidade de recursos
 - Requisitos não-funcionais chave: fiabilidade, escalabilidade, disponibilidade, mecanismos de tolerância a faltas e ataques



Sistemas Operativos e Sistemas Distribuídos

- Qual o sistema operativo mais comum atualmente?

Worldwide Device Shipments by Operating System (Thousands of Units)

Operating System	2012	2013	2014	2015
Android	503,690	877,885	1,102,572	1,254,367
Windows	346,272	327,956	359,855	422,726
iOS/Mac OS	213,690	266,769	344,206	397,234
RIM	34,581	24,019	15,416	10,597
Chrome	185	1,841	4,793	8,000
Others	1,117,905	801,932	647,572	528,755
Total	2,216,322	2,300,402	2,474,414	2,621,678

Fonte: Gartner



Sistemas Operativos e Sistemas Distribuídos

Worldwide Device Shipments by Segment (Thousands of Units)

Device Type	2012	2013	2014	2015
PC (Desk-Based and Notebook)	341,273	299,342	277,939	268,491
Tablet (Ultramobile)	119,529	179,531	263,450	324,565
Mobile Phone	1,746,177	1,804,334	1,893,425	1,964,788
Other Ultramobiles (Hybrid and Clamshell)	9,344	17,195	39,636	63,835
Total	2,216,322	2,300,402	2,474,451	2,621,678

Fonte: Gartner

- Maioria dos computadores são dispositivos móveis
- Muitos problemas específicos a estes dispositivos
 - Consumo de energia
 - Segurança e privacidade
 - Desenvolvimento de aplicações para ambientes com recursos limitados
- *Wearables* amplificam muitos destes problemas



Sistemas Operativos e Sistemas Distribuídos

- Sistemas distribuídos iniciais
 - Final da década de 70, início da década de 80
 - 10-100 nós ligados por uma rede local, ligação limitada à internet
 - Poucos serviços oferecidos (partilha de ficheiros, impressoras, email)
- Sistemas à escala da Internet
 - Década de 90
 - Sistema global de larga escala, composto por redes de redes
 - Altamente heterogéneo
 - Nós eram essencialmente servidores e desktops
- Sistemas contemporâneos
 - Inclui nós móveis (laptops, smart phones, etc.)
 - Inclui nós embebidos em “coisas” (e.g. máquinas de lavar, smart homes)
 - Nós autónomos substituídos por grupos de nós que oferecem serviços na Cloud



Sistemas Operativos e Sistemas Distribuídos

- Fiabilidade: aspecto chave nos sistemas distribuídos
 - em grande escala, as falhas são a norma, e não a exceção
 - i.e., num centro de dados, a probabilidade de existir pelo menos uma falha em cada instante é muito elevada
- Exemplo: DRAM. Causas:
 - *"transient charged particle strikes from the decay of radioactive molecules in chip packaging material"*
 - *"charged alpha particles from the atmosphere"*
 - memória vs. controlador vs. canal
- A tendência ao nível do hardware é para piorar:

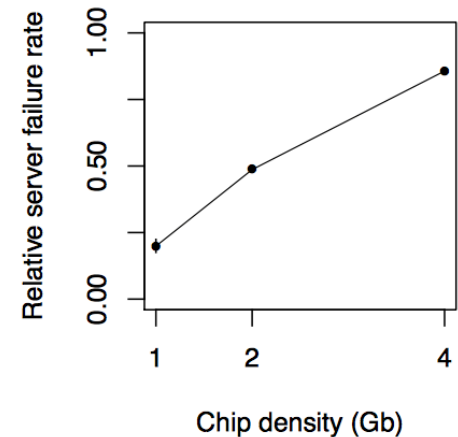
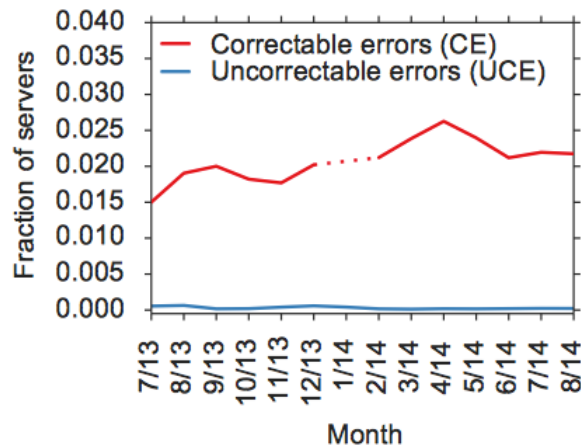
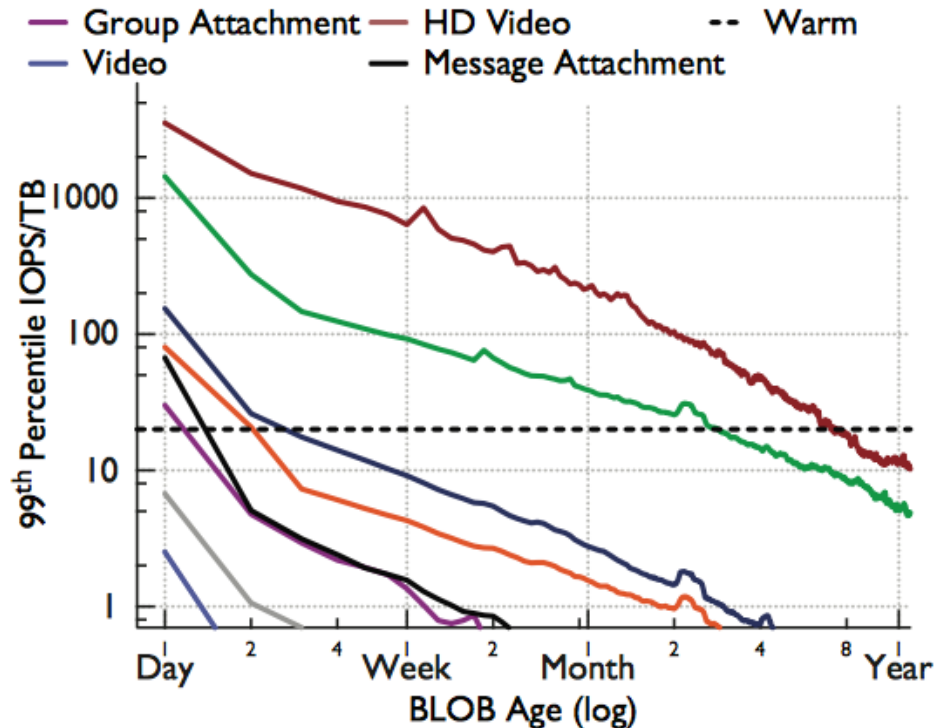


Fig. 6: The relative failure rate for servers with different chip densities. Newer densities (related to newer technology nodes) show a trend of higher failure rates.



Sistemas Operativos e Sistemas Distribuídos

- Como lidar com as falhas?
- Necessária redundância (replicação)
 - Tipo de redundância depende das características do sistema



Fonte: S. Muralidhar et al. f4: Facebook's Warm BLOB Storage System
IEI, 1º Semestre 2016/2017



Sistemas Operativos e Sistemas Distribuídos

Classes de Disponibilidade

Tipo	Indisponibilidade (min/ano)	Disponibilidade	Classe
Não gerido	52 560	90%	1
Gerido	5 256	99%	2
Bem gerido	526	99.9%	3
Tolerante a faltas	53	99.99%	4
Alta disponibilidade	5	99.999%	5
Muito alta disponibilidade	0.5	99.9999%	6
Ultra disponibilidade	0.05	99.99999%	7

Classe de Disponibilidade = $\log_{10} [1 / (1 - D)]$

D: Disponibilidade

(Também chamado o “número de noves de disponibilidade”)



Sistemas Operativos e Sistemas Distribuídos

- LEIC
 - Sistemas Operativos (SO)
 - Sistemas Distribuídos (SDis)
- MEIC
 - Administração e Gestão de Infraestruturas de It (AGI)
 - Ciber Segurança Forense (CSF)
 - Computação em Nuvem e Virtualização (CNV)
 - Computação Móvel e Ubíqua (CMU)
 - Desenvolvimento de Aplicações Distribuídas (DAD)
 - Segurança Informática em Redes e Sistemas (SIRS)
 - Sistemas de Elevada Confiabilidade (SEC)



Aplicações e Serviços em Redes

- Ensinar e Investigar como são concebidas, desenhadas e exploradas as redes actuais:
 - Concepção de redes de computadores, arquitecturas e protocolos principais da Internet (IP, UDP, TCP), e.g. peer-to-peer
 - Saber programar aplicações de rede usando a interface de sockets e protocolos nível aplicação (Web e HTTP; FTP; SMTP; DNS)
 - Algoritmos de encaminhamento e controlo de congestionamento
 - Streaming áudio e vídeo; telefonia pela Internet; qualidade de serviço
 - Segurança em redes: criptografia, confidencialidade, autenticação
 - Conceito de “Ambiente Inteligente” sensível e reactivo à presença de pessoas e das suas acções e preferências
 - Especificação, concepção, implementação, exploração e utilização de serviços em redes de telecomunicações
 - Tecnologias emergentes para construir novas soluções de redes e de serviços



Aplicações e Serviços em Redes

- Bens sob a forma digital:
- Valor cada vez maior a vários níveis:
 - comercial e de negócio (e.g., sistemas de informação das empresas)
 - sentimental (e.g., fotografias)
 - direitos e liberdades pessoais (e.g., privacidade de dados médicos)
 - monetário (e.g., *bitcoin*), etc.
 - cada vez mais alojados em computadores espalhados pelo mundo, e.g., clouds, redes *peer-to-peer*



Aplicações e Serviços em Redes

- Quais as ameaças actuais a estes bens digitais?
- Podem ser categorizadas em três tipos:
 - Integridade
 - Confidencialidade
 - Disponibilidade



Aplicações e Serviços em Redes

- LEIC
 - Redes de Computadores (RC)
- MEIC
 - Ambientes Inteligentes (AI)
 - Engenharia de Serviços (ESer)
 - Gestão e Segurança de Redes (GSR)



Segurança em ASO

- Aspecto transversal às três subáreas de ASO:
 - ASO é responsável:
 - pela infraestrutura que serve de base aos sistemas informáticos
 - ASO tem também como objetivo:
 - garantir a segurança dessa infraestrutura



Segurança em ASO - Exemplos recentes

Yahoo Scanned Everyone's E-mails for the NSA

NSA Contractor Arrested for Stealing Classified Information

The Hacking of Yahoo

an a

Recovering an iPhone 5c Passcode

Remember the San Bernardino killer's iPhone, and how the FBI maintained that they couldn't get the encryption key without Apple providing them with a universal backdoor? Many of us computer-security experts said that they were wrong, and there were several possible techniques they could use. One of them was manually removing the flash chip from the phone, extracting the memory, and then running a brute-force attack without worrying about the phone deleting the key.

The FBI said it was impossible. We all said they were wrong. Now, Sergei Skorobogatov has proved them wrong. Here's his [paper](#):



Segurança em ASO - Exemplos recentes

Tesla Model S Hack

Impressive remote hack of the Tesla Model S.

- <https://youtu.be/c1XyhReNcHY?t=5m45s>



4. Disciplinas ASO na LEIC



ASO na LEIC

1º Ano				
Introdução à Arquitectura de computadores	Álgebra Linear	Cálculo Diferencial Integral I	Fundamentos de Programação	Introdução à Engenharia Informática
Lógica para Programação	Matemática Discreta	Cálculo Diferencial Integral II	Int Algoritmos e Estruturas de Dados	
2º Ano				
Sistemas Operativos	Análise Complexa e Equações Diferenciais	Programação com Objectos	Mecânica e Ondas	Gestão
Análise e Síntese de Algoritmos	Probabilidades e Estatística	Interface Pessoa Máquina	Eletromagnetismo e Ótica	Teoria da Computação
3º Ano				
Redes de Computadores	Organização de Computadores	Base de Dados	Inteligência Artificial	Computação gráfica
Sistemas Distribuídos	Engenharia de Software	Análise e Modelação de Sistemas	Compiladores	Aspectos Profissionais e Sociais da Engenharia Informática



ASO na LEIC

1º Ano				
Introdução à Arquitectura de computadores	Álgebra Linear	Cálculo Diferencial Integral I	Fundamentos de Programação	Introdução à Engenharia Informática
Lógica para Programação	Matemática Discreta	Cálculo Diferencial Integral II	Int Algoritmos e Estruturas de Dados	
2º Ano				
Sistemas Operativos	Análise Complexa e Equações Diferenciais	Programação com Objectos	Mecânica e Ondas	Gestão
Análise e Síntese de Algoritmos	Probabilidades e Estatística	Interface Pessoa Máquina	Eletromagnetismo e Ótica	Teoria da Computação
3º Ano				
Redes de Computadores	Organização de Computadores	Base de Dados	Inteligência Artificial	Computação gráfica
Sistemas Distribuídos	Engenharia de Software	Análise e Modelação de Sistemas	Compiladores	Aspectos Profissionais e Sociais da Engenharia Informática



ASO na LEIC

1º Ano				
Introdução à Arquitetura de computadores	Álgebra Linear	Cálculo Diferencial Integral I	Fundamentos de Programação	Introdução à Engenharia Informática
Lógica para Programação	Matemática Discreta	Cálculo Diferencial Integral II	Int Algoritmos e Estruturas de Dados	
2º Ano				
Sistemas Operativos	Análise Complexa e Equações Diferenciais	Programação com Objectos	Mecânica e Ondas	Gestão
Análise e Síntese de Algoritmos	Probabilidades e Estatística	Interface Pessoa Máquina	Eletromagnetismo e Ótica	Teoria da Computação
3º Ano				
Redes de Computadores	Organização de Computadores	Base de Dados	Inteligência Artificial	Computação gráfica
Sistemas Distribuídos	Engenharia de Software	Análise e Modelação de Sistemas	Compiladores	Aspectos Profissionais e Sociais da Engenharia Informática



5. Saídas Profissionais de ASO



Saídas Profissionais de ASO

- ASO está nas seguintes Especializações MEIC:
 - Sistemas Distribuídos
 - Tecnologia dos Sistemas Informáticos
 - Ciber-Segurança
 - Processamento e Análise de Dados



Saídas Profissionais de ASO

- Gestão e consultadoria de infraestruturas IT
 - administração e análise de redes, serviços e aplicações na *cloud*
- Análise e projecto de sistemas complexos e heterogéneos
 - *Internet-of-things, cyber-physical systems*
- Big-Data engineering
 - *stream processing*, e.g., detecção de fraudes em cartão de crédito
- Desenvolvimento de aplicações distribuídas e móveis
 - aspecto chave nas *startups*
- Desenho, desenvolvimento e gestão de sistemas de grande escala
 - e.g. Google, Facebook
- Desenvolvimento de *middleware*
- Desenho de sistemas adaptáveis e confiáveis
- Consultoria e análise de segurança
- Auditoria de sistemas informáticos



Diagrama das Subáreas de ASO



<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/departamentos/dei/area-cientifica-de-arquitecturas-e-sistemas-operativos>





Obrigado.

Questões ?