

Ano Letivo 2016-17

Unidade Curricular MODELAÇÃO DE REDES

Cursos ENGENHARIA INFORMÁTICA (2.º ciclo) (\*)  
ENGENHARIA ELETRÓNICA E TELECOMUNICAÇÕES (Mestrado Integrado) (\*)  
  
(\*) Curso onde a unidade curricular é opcional

Unidade Orgânica Faculdade de Ciências e Tecnologia

Código da Unidade Curricular 14741042

Área Científica CIÊNCIA DE COMPUTADORES

Sigla

Línguas de Aprendizagem Inglês

Modalidade de ensino Presencial

Docente Responsável Noélia Susana Costa Correia

| DOCENTE                     | TIPO DE AULA | TURMAS  | TOTAL HORAS DE CONTACTO (*) |
|-----------------------------|--------------|---------|-----------------------------|
| Noélia Susana Costa Correia | PL; T        | T1; PL1 | 30T; 30PL                   |

\* Para turmas lecionadas conjuntamente, apenas é contabilizada a carga horária de uma delas.

| ANO   | PERÍODO DE FUNCIONAMENTO* | HORAS DE CONTACTO | HORAS TOTAIS DE TRABALHO | ECTS |
|-------|---------------------------|-------------------|--------------------------|------|
| 1º,5º | S1                        | 30T; 30PL         | 168                      | 6    |

\* A-Anual; S-Semestral; Q-Quadrimestral; T-Trimestral

## Precedências

```
<#assign seq2 = []> <#assign semestre_atual="teste"> <#assign existemObrigatorias= 0 > <#list planoDisciplinaAtribList as
planoDisciplinaAtrib> <#if planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.cursos.codePublico == 'S' &&
planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.codePublico == 'S' && planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.codePublico == 'S' &&
planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.cursos.codeActivo== 'S' && planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.codeActivo== 'S' &&
planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.codeActivo== 'S' > <#if
seq2?seq_contains(planoDisciplinaAtrib.plandisc.codeDurInscricao)?string("s","n") == "n"> <#if
planoDisciplinaAtrib.plandisc.codeDurInscricao="S1,S2"> <#if seq2?seq_contains("S1")?string("s","n") == "n"> <#assign seq2 = seq2 + [
"S1" ] /> <#if> <#if seq2?seq_contains("S2")?string("s","n") == "n"> <#assign seq2 = seq2 + [ "S2" ] /> <#if> <#else> <#assign seq2 =
seq2 + [ planoDisciplinaAtrib.plandisc.codeDurInscricao ] /> <#if> <#assign semestre_atual=
planoDisciplinaAtrib.plandisc.codeDurInscricao/> <#if> <#if !planoDisciplinaAtrib.plandisc.getTableGrupos()??> <#assign
existemObrigatorias = 1 /> <#if> <#if> </#list> <#assign seq13 = []> <#assign firstRow=0> <#assign separador=", "> <#list
planoDisciplinaAtribList as planoDisciplinaAtrib> <#if planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.cursos.codePublico == 'S' &&
planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.codePublico == 'S' && planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.codePublico == 'S' &&
planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.cursos.codeActivo== 'S' && planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.codeActivo== 'S' &&
planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.codeActivo== 'S' > <#if (existemObrigatorias == 1 &&
!planoDisciplinaAtrib.plandisc.getTableGrupos()??) || existemObrigatorias == 0 > <#if
!planoDisciplinaAtrib.plandisc.tableGrupos?has_content> <#list planoDisciplinaAtrib.plandisc.disprecesForDisprPladiFk as
disprecesForDisprPladi > <#if !(disprecesForDisprPladi.disopcao)??> <#if
seq13?seq_contains(disprecesForDisprPladi.tableDiscipByCdDisPre.descDiscip)?string("s","n") == "n"> <#if firstRow!=0> <#assign
seq13 = seq13 + [ separador ] /> <#if> <#assign seq13 = seq13 + [ disprecesForDisprPladi.tableDiscipByCdDisPre.descDiscip ] />
<#assign firstRow=1> <#if> <#if> </#if> <#if (disprecesForDisprPladi.disopcao)??> <#if
seq13?seq_contains(disprecesForDisprPladi.disopcao.tableDiscip.descDiscip)?string("s","n") == "n"> <#if firstRow!=0> <#assign seq13
= seq13 + [ separador ] /> <#if> <#assign seq13 = seq13 + [ disprecesForDisprPladi.disopcao.tableDiscip.descDiscip ] /> <#assign
firstRow=1> <#if> <#if> </#list> <#else> <#-- caso seja opcional --> <#list planoDisciplinaAtrib.plandisc.tableGrupos.disopcaos as
disopcao> <#if disopcao.tableDiscip.codeDiscip == codeDiscip> <#list disopcao.opcprecesForOpcprDisopFk as disprecesForDisprPladi
> <#if (disprecesForDisprPladi.tableDiscip)??> <#if seq13?seq_contains(disprecesForDisprPladi.tableDiscip.descDiscip)?string("s","n")
== "n"> <#if firstRow!=0> <#assign seq13 = seq13 + [ separador ] /> <#if> <#assign seq13 = seq13 + [
disprecesForDisprPladi.tableDiscip.descDiscip ] /> <#assign firstRow=1> <#if> <#if> </#if> <#if
(disprecesForDisprPladi.disopcaoByOpcpreceDisopcaoPreFk.tableDiscip)??> <#if
seq13?seq_contains(disprecesForDisprPladi.disopcaoByOpcpreceDisopcaoPreFk.tableDiscip.descDiscip)?string("s","n") == "n"> <#if
firstRow!=0> <#assign seq13 = seq13 + [ separador ] /> <#if> <#assign seq13 = seq13 + [
disprecesForDisprPladi.disopcaoByOpcpreceDisopcaoPreFk.tableDiscip.descDiscip ] /> <#assign firstRow=1> <#if> <#if> </#list>
</#if> </#list> </#if> </#if> </#if> </#list> <#assign firstRow=0> <#if seq13?has_content> <#list seq13?chunk(1) as row><#list row as
cell><#if firstRow != 0> </#if>${cell}<#assign firstRow=1 /> </#list> </#list> <#else> Sem precedências </#if>
```

## Conhecimentos Prévios recomendados

Redes de Computadores

---

### Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências)

O objectivo desta disciplina é desenvolver modelos matemáticos, e aplicar técnicas de otimização, para resolver problemas de planeamento/design em redes de computadores/comunicação com vista ao melhoramento do desempenho e minimização de custos. Serão analisadas tecnologias específicas.

**\* Competências-chave adquiridas:**

Compreender como desenvolver modelos matemáticos e como aplicar técnicas de otimização a problemas de redes de computadores e comunicações em geral.

**\* Resultados da aprendizagem:**

Perceber as redes modernas e sua complexidade

Identificar os fatores que podem levar a uma melhor qualidade de serviço para os utilizadores

Fundamentos teóricos e práticos utilizados na modelação de redes

Apresentar soluções para problemas específicos de planeamento/design em redes

---

### Conteúdos programáticos

**1. Introdução à modelação de redes**

Redes de comunicação: uma analogia

Redes de comunicação e network providers

Noções de tráfego e demanda

Noções de encaminhamento e fluxos

Arquitecturas: redes multi-camada

Ciclo de gestão de uma rede

**2. Problemas de planeamento/design de redes**

Tipos de formulação e notação

Problemas de dimensionamento

Problemas de encaminhamento

Problemas de justiça (fairness)

Desenho de topologia

Planeamento de restauro

Planeamento em redes multi-camada

**3. Modelação considerando uma tecnologia**

Redes IP: engenharia de tráfego intra-domínio

Redes MPLS: otimização de tuneis

Redes ATM: desenho de caminhos virtuais

Redes de telefones comutadas por circuitos: dimensionamento

Redes de transport SONET/SDH: capacidade e proteção

Redes em anel SONET/SDH: planeamento de largura de banda

Redes WDM: restauro usando comutadores óticos

IP sobre SONET: planeamento multi-camada

---

### Metodologias de ensino (avaliação incluída)

Estão disponíveis slides para apoio às aulas teóricas. O conteúdo será sedimentado por trabalhos sobre casos de estudo e exercícios, feito nas aulas práticas, que permitem que os alunos aprendam a modelar e a resolver problemas de planeamento de redes.

Avaliação: A pontuação final é a média ponderada de:

- Exame escrito: 70%
- Projetos/trabalhos: 30%

Os alunos estão admitidos a exames se entregam os relatórios dos trabalhos até o último dia de aulas.

Ainda em relação aos trabalhos:

- São aceites se cumprirem os objetivos.
- Podem ser feitos por grupos de 2 alunos.
- A discussão e avaliação é individual.

Os critérios de admissão são aplicados a todos os alunos, incluindo os trabalhadores-estudantes e dirigentes associativos.

---

### Bibliografia principal

Michal Pióro and Deepankar Medhi, "Routing, Flow, and Capacity Design in Communication and Computer Networks", Elsevier.

Academic Year 2016-17

Course unit NETWORK MODELING

Courses INFORMATICS ENGINEERING (\*)  
ELECTRONIC ENGINEERING AND TELECOMMUNICATIONS (Integrated Master's) (\*)

(\*) Optional course unit for this course

Faculty / School Faculdade de Ciências e Tecnologia

Main Scientific Area CIÊNCIA DE COMPUTADORES

Acronym

Language of instruction English

Learning modality presential

Coordinating teacher Noélia Susana Costa Correia

| Teaching staff              | Type  | Classes | Hours (*) |
|-----------------------------|-------|---------|-----------|
| Noélia Susana Costa Correia | PL; T | T1; PL1 | 30T; 30PL |

\* For classes taught jointly, it is only accounted the workload of one.

## Contact hours

| T  | TP | PL | TC | S | E | OT | O | Total |
|----|----|----|----|---|---|----|---|-------|
| 30 | 0  | 30 | 0  | 0 | 0 | 0  | 0 | 168   |

T - Theoretical; TP - Theoretical and practical ; PL - Practical and laboratorial; TC - Field Work; S - Seminar; E - Training; OT - Tutorial; O - Other

## Pre-requisites

```
<#assign seq2 = []> <#assign semestre_actual="teste"> <#assign existemObrigatorias= 0 > <#list planoDisciplinaAtribList as
planoDisciplinaAtrib> <#if planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.cursos.codePublico == 'S' &&
planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.codePublico == 'S' && planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.codePublico == 'S' &&
planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.cursos.codeActivo== 'S' && planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.codeActivo== 'S' &&
planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.codeActivo== 'S' > <#if
seq2?seq_contains(planoDisciplinaAtrib.plandisc.codeDurlInscricao)?string("s","n") == "n"> <#if
planoDisciplinaAtrib.plandisc.codeDurlInscricao="S1,S2"> <#if seq2?seq_contains("S1")?string("s","n") == "n"> <#assign seq2 = seq2 + [
"S1" ] /> </#if> <#if seq2?seq_contains("S2")?string("s","n") == "n"> <#assign seq2 = seq2 + [ "S2" ] /> </#if> <#else> <#assign seq2 =
seq2 + [ planoDisciplinaAtrib.plandisc.codeDurlInscricao ] /> </#if> <#assign semestre_actual=
planoDisciplinaAtrib.plandisc.codeDurlInscricao/> </#if> <#if !planoDisciplinaAtrib.plandisc.getTableGrupos()??> <#assign
existemObrigatorias = 1 /> </#if> </#if> </#list> <#assign seq13 = []> <#assign firstRow=0> <#assign separador=", "> <#list
planoDisciplinaAtribList as planoDisciplinaAtrib> <#if planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.cursos.codePublico == 'S' &&
planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.codePublico == 'S' && planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.codePublico == 'S' &&
planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.cursos.codeActivo== 'S' && planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.planos.codeActivo== 'S' &&
planoDisciplinaAtrib.plandisc.ramos.codeActivo== 'S' > <#if (existemObrigatorias == 1 &&
!planoDisciplinaAtrib.plandisc.getTableGrupos()??) || existemObrigatorias == 0 > <#if
!planoDisciplinaAtrib.plandisc.tableGrupos?has_content> <#list planoDisciplinaAtrib.plandisc.disprecesForDisprPladiFk as
disprecesForDisprPladi > <#if !(disprecesForDisprPladi.disopcao)??> <#if
seq13?seq_contains(disprecesForDisprPladi.tableDiscipByCdDisPre.descDiscip)?string("s","n") == "n"> <#if firstRow!=0> <#assign
seq13 = seq13 + [ separador ] /> </#if> <#assign seq13 = seq13 + [ disprecesForDisprPladi.tableDiscipByCdDisPre.descDiscip ] />
<#assign firstRow=1> </#if> </#if> <#if (disprecesForDisprPladi.disopcao)??> <#if
seq13?seq_contains(disprecesForDisprPladi.disopcao.tableDiscip.descDiscip)?string("s","n") == "n"> <#if firstRow!=0> <#assign seq13
= seq13 + [ separador ] /> </#if> <#assign seq13 = seq13 + [ disprecesForDisprPladi.disopcao.tableDiscip.descDiscip ] /> <#assign
firstRow=1> </#if> </#if> </#list> <#else> <#-- caso seja opcional --> <#list planoDisciplinaAtrib.plandisc.tableGrupos.disopcaos as
disopcao> <#if disopcao.tableDiscip.codeDiscip == codeDiscip> <#list disopcao.opcprecesForOpcprDisopFk as disprecesForDisprPladi
> <#if (disprecesForDisprPladi.tableDiscip)??> <#if seq13?seq_contains(disprecesForDisprPladi.tableDiscip.descDiscip)?string("s","n")
== "n"> <#if firstRow!=0> <#assign seq13 = seq13 + [ separador ] /> </#if> <#assign seq13 = seq13 + [
disprecesForDisprPladi.tableDiscip.descDiscip ] /> <#assign firstRow=1> </#if> </#if> <#if
(disprecesForDisprPladi.disopcaoByOpcpreceDisopcaoPreFk.tableDiscip)??> <#if
seq13?seq_contains(disprecesForDisprPladi.disopcaoByOpcpreceDisopcaoPreFk.tableDiscip.descDiscip)?string("s","n") == "n"> <#if
firstRow!=0> <#assign seq13 = seq13 + [ separador ] /> </#if> <#assign seq13 = seq13 + [
disprecesForDisprPladi.disopcaoByOpcpreceDisopcaoPreFk.tableDiscip.descDiscip ] /> <#assign firstRow=1> </#if> </#if> </#list>
</#if> </#list> </#if> </#if> </#if> </#list> <#assign firstRow=0> <#if seq13?has_content> <#list seq13?chunk(1) as row><#list row as
cell><#if firstRow != 0> </#if>${cell}<#assign firstRow=1 /> </#list> </#list> <#else> no pre-requisites </#if>
```

## Prior knowledge and skills

Computer networks

---

### The students intended learning outcomes (knowledge, skills and competences)

The aim of this discipline is to develop mathematical models, and apply optimization techniques, to solve network design problems so that performance can be improved and costs minimized. Specific technologies will be analysed.

#### Key skills acquired:

Understand how to develop mathematical models and how to apply optimization techniques to network and communication design problems.

#### Learning outcomes:

Understand modern networks and their complexity  
Identify factors that might lead to better quality of service to users  
Theoretical and practical fundamentals used in network modelling  
Present solutions for specific network design problems

---

### Syllabus

#### 1. Introduction to network modelling

Communication networks: an analogy  
Communication networks and network providers  
Notion of traffic and traffic demand  
Notion of routing and flows  
Network architectures: multi-layer networks  
Network management cycle

#### 2. Network design problems

Formulation types and notation  
Dimensioning problems  
Routing problems

#### Fair networks

Topology design  
Restoration design  
Multi-Layer networks design

#### 3. Technology-related modelling

IP networks: intra-domain traffic engineering  
MPLS networks: tunneling optimization  
ATM networks: virtual path design  
Digital circuit-switched telephone networks: network dimensioning  
SONET/SDH transport networks: capacity and protection design  
SONET/SDH rings: ring bandwidth design  
WDM networks: restoration design with optical cross-connects  
IP over SONET: combined two-layer design

---

### Teaching methodologies (including evaluation)

Slides are available to students to support theoretical lectures. The contents will be sedimented by case study projects and exercises, done at practical lectures, that allow students to understand how to model and solve network design problems.

#### Assessment:

The final score is the weighted average of:

- Written exam: 70%
- Projects: 30%

Students are admitted to exams if they deliver project reports until the last day of lectures. Still concerning projects:

- Accepted only if it complies with the objectives.
- Can be done by a group of 2 students.
- Individual discussion is required.

The admission criteria is applied to all students, including work-students and associative leaders, since projects are not required to be done during lectures.

---

### Main Bibliography

Michal Pióro and Deepankar Medhi, "Routing, Flow, and Capacity Design in Communication and Computer Networks", Elsevier.