

Estratégias Alternativas na Leccionação das Aulas Laboratoriais das Comunicações por Computador

Bruno Dias

bruno.dias@di.uminho.pt

Grupo de Comunicações por Computador
Departamento de Informática
Universidade do Minho

Julho 2005

Resumo

Posicionando-se como uma das mais importantes no plano de estudos do curso de Licenciatura em Engenharia de Sistemas e Informática da Universidade do Minho, sobretudo para os alunos do ramo de Tecnologias de Informação, a disciplina de Comunicações por Computador II aborda, em pormenor, tópicos de grande relevo na área, como o Encaminhamento na Internet, a nova versão do Protocolo Internet ou as Arquitecturas de Gestão de Redes. A relevância destes temas requer uma formação sólida, baseada numa componente laboratorial de grande importância relativa. Com o objectivo de melhorar a qualidade da leccionação de índole prática/laboratorial foram introduzidos nesta disciplina, a nível experimental, dois métodos de implementação complementar: as exposições temáticas, por parte dos alunos, no início de cada trabalho prático e a utilização de software de simulação de equipamentos de rede com suporte a protocolos de encaminhamento IP. Este artigo descreve esse novo regime de leccionação e consequentes adaptações no regime de avaliação dos formandos, enquadrando o plano de estudos da disciplina no plano curricular do respectivo curso, na área das comunicações por computador.

1. Introdução

A oferta de formação superior na área das Comunicações por Computador, no Departamento de Informática (DI) da Universidade do Minho (UM), tem quase duas décadas e tem sido responsabilidade do Grupo de Comunicações por Computador (GCOM). Inicialmente restringida a duas disciplinas obrigatórias (Fundamentos das Telecomunicações e Redes de Computadores) e uma opcional (Comunicações por Computador), integradas no plano de formação do curso de Licenciatura em Engenharia de Sistemas e Informática (LESI), tem sido necessário, devido à crescente importância que estas matérias têm assumido no perfil desejado para os engenheiros da LESI, alargar esta oferta a outras disciplinas obrigatórias e opcionais. Além disso, algumas destas matérias têm vindo a ser integradas noutros cursos de engenharia, nomeadamente na Licenciatura em Engenharia de Comunicações (LEC), e em cursos de especialização e mestrados, como por exemplo o Mestrado e Curso de Especialização em Informática ou o Mestrado em Sistemas Móveis.

1.1 Enquadramento de Formação

A disciplina de Comunicações por Computador II (CC-II) surge no segundo semestre do quarto ano do plano de formação do curso de LESI, sendo obrigatória para os cerca de oitenta alunos que, em geral, escolhem o ramo de Tecnologias de Informação. Esta disciplina enquadra-se assim num esquema de formação contínua na área de comunicações por computador, sendo precedida por três cadeiras semestrais obrigatórias, Fundamentos das Telecomunicações (FT) e Comunicações de Dados e Redes (CDR) do terceiro ano da LESI e Comunicações por Computador I (CC-I) do primeiro semestre do quarto ano do mesmo curso.

Apesar da temática das comunicações por computador ser introduzida no curso de LESI logo no primeiro ano,¹ é na disciplina de FT que os alunos recebem uma formação básica sobre os conceitos básicos da transmissão de sinais digitais, teoria de informação e respectivos mecanismos de codificação para transmissão em sistemas de redes de computadores. Esta formação é logicamente encadeada no semestre seguinte com a disciplina de CDR onde são abordadas matérias mais específicas das pilhas protocolares OSI² e Internet, nomeadamente alguns dos protocolos mais importantes até ao nível de transporte (HDLC,³ IP,⁴ ICMP,⁵ UDP⁶ e TCP⁷). É dada uma ênfase especial à formação genérica sobre tecnologias de ligação, topologias de rede, sistemas de cablagem, tipos de equipamentos de rede, etc.

No quarto ano os alunos continuam a sua formação nesta área com a disciplina de CC-I onde se dá ênfase às principais tecnologias de ligação que suportam o IP (como por exemplo as diversas variantes do protocolo *Ethernet* ou do protocolo ATM).⁸ Além disso, introduzem-se outras matérias que são leccionadas de uma forma menos exaustiva: qualidade de serviço em redes de computadores, IPv6, Multicast IP, protocolos e mecanismos para transmissão de dados em tempo real, redes sem fios 802.11 e aplicação de mecanismos de segurança em redes de computadores. Em termos de protocolos aplicativos são trabalhados os protocolos Telnet, SSH,⁹ FTP,¹⁰ SMTP,¹¹ NFS,¹² DNS,¹³ DHCP¹⁴ e HTTP/HTTPS.¹⁵ Esta disciplina termina a formação obrigatória, na área de comunicações por computador, para todos os alunos de LESI.

¹ O plano de estudos do curso inclui a disciplina de Conceitos de Sistemas Informáticos que é leccionada por módulos de quatro semanas, um dos quais é dedicado a matérias introdutórias na área das comunicações por computador, sobretudo do ponto de vista da utilização das aplicações Internet mais comuns.

² *Open Systems Interconnection*

³ *High-level Data Link Control*

⁴ *Internet Protocol*

⁵ *Internet Control Message Protocol*

⁶ *User Datagram Protocol*

⁷ *Transmission Control Protocol*

⁸ *Asynchronous Transfer Mode*

⁹ *Secure Shell*

¹⁰ *File Transfer Protocol*

¹¹ *Simple Mail Transfer Protocol*

¹² *Network File System*

¹³ *Domain Name System*

¹⁴ *Dynamic Host Configuration Protocol*

¹⁵ *(Secure) HyperText Transfer Protocol*

No segundo semestre é disponibilizada a opção de CC-II, ainda assim obrigatória para os alunos que escolham o ramo de Tecnologias de Informação. Esta disciplina aborda em profundidade algumas das matérias já introduzidas em CC-I, centrando o programa de formação em três áreas fundamentais: protocolos de encaminhamento IP (*unicast e multicast*), versão 6 do protocolo IP e arquitecturas para gestão de redes.

A oferta nesta área termina no primeiro semestre do quinto ano com a disponibilização da disciplina de Sistemas Telemáticos, onde as principais preocupações recaem sobre protocolos aplicativos para implementação de aplicações distribuídas e cooperativas, protocolos e mecanismos para implementação de qualidade de serviço em redes IP, redes de difusão selectiva e redes privadas virtuais.

Exceptuando a disciplina de Mobilidades em Redes IP, preparada especialmente para o Mestrado em Sistemas Móveis, as disciplinas oferecidas a outros cursos superiores ou de especialização ou em mestrados da UM, são, geralmente, coordenadas com as disciplinas preparadas para a LESI, adaptadas ao regime de leccionação previsto, ao perfil dos formandos e aos requisitos programáticos propostos pelas respectivas direcções de curso.

1.2 Regimes de Leccionação

Os regimes de leccionação das várias disciplinas anteriormente referidas dependem não só das exigências das próprias matérias, mas também da carga horária que é possível alocar tendo em conta as outras disciplinas do plano de formação do curso, ou do mestrado, no mesmo semestre lectivo. Além disso, é necessário ter em conta as disponibilidades do laboratório de ensino das comunicações por computador que, invariavelmente, terá que acomodar duas disciplinas da área em cada semestre. Por fim, o número total de alunos que efectivamente frequenta as aulas laboratoriais de cada disciplina e o número máximo de alunos em cada turno (limitado pelo número de postos de trabalho) impõe um número mínimo de turnos práticos/laboratoriais, obrigatoriamente igual ou inferior ao permitido pelo número de docentes disponíveis para os leccionar.

As disciplinas do curso da LESI na área das comunicações por computador têm um regime de leccionação em que a importância da componente prática/laboratorial vai crescendo à medida que os anos de formação vão passando, enquanto o regime das aulas teóricas é constante ao longo do curso, prevendo sempre uma carga horária semanal de duas horas.

Na Tabela 1 é apresentado o regime de leccionação semanal para cada disciplina da área de comunicações por computador no plano de formação actual do curso da LESI. A informação do peso relativo que se indica para as aulas teórico-práticas (ATP) ou para as aulas práticas/laboratoriais (APL), tenta representar a importância total que a frequência a essas aulas tem para a avaliação global do formando nessa disciplina. Este valor tem em conta os seguintes parâmetros:

- A carga horária das ATP ou APL, comparativamente com as aulas teóricas;

- A importância indirecta que a abordagem das matérias nas ATP e APL tem para que o formando consiga alcançar os requisitos de avaliação estabelecidos para a disciplina, i.e., a importância relativa que a formação e experimentação planeadas para as ATP ou APL alcança em todos os elementos de avaliação definidos para a disciplina;
- A importância directa que a frequência das aulas ATP e APL tem para que o formando consiga alcançar os requisitos de avaliação estabelecidos para a disciplina, i.e., o peso da avaliação quantitativa dos elementos de avaliação estritamente dependentes das ATP e APL (como, por exemplo, a avaliação da participação nas aulas durante a realização dos vários trabalhos/projectos práticos/laboratoriais, a avaliação quantitativa dos resultados desses trabalhos/projectos através da análise dos respectivos relatórios, etc).

Regime de Leccionação Semanal

| Disciplina | Teóricas | Teórico-práticas | Práticas/Laboratoriais | Peso Relativo TP/P |
|------------|----------|------------------|------------------------|--------------------|
| FT | 2 | 2 | - | 20-30% |
| CDR | 2 | - | 3 | 30-40% |
| CC-I | 2 | - | 3 | 40-50% |
| CC-II | 2 | - | 4 | 50-60% |
| ST | 2 | - | 2 | 40-50% |

Tabela 1: Regimes de leccionação semanal das disciplinas da LESI/UM.

De salientar que o regime de leccionação destas disciplinas, e respectivo método de avaliação dos formandos, está de acordo com as regras gerais do Regulamento sobre Inscrições, Avaliação e Passagem de Ano (RIAPA) em vigor na Universidade do Minho. Assim, em todas as disciplinas é seguida a mesma filosofia de avaliação baseada numa nota final que é a soma ponderada de dois tipos de elementos de avaliação:¹⁶

- Uma avaliação por exame final escrito – este exame final é preponderantemente de índole teórica mas, dependendo das disciplinas, exigirá mais ou menos conhecimentos que são apreendidos preferencial ou exclusivamente através da realização dos projectos/trabalhos das ATP/APL;
- Uma avaliação por frequência das aulas ATP ou APL – este elemento de avaliação é de índole estritamente prático/laboratorial e resulta da conjugação de outros elementos de avaliação:¹⁷ a análise da participação dos alunos durante as aulas, avaliação dos resultados dos trabalhos/projectos efectuados (através da análise de questionários directos preenchidos durante as ATP/APL e/ou de relatórios sumariando o trabalho realizado ao longo de um conjunto de aulas) e da avaliação de pequenas exposições temáticas que os formandos têm que fazer aos seus pares durante as APL.

Tal como já foi referido, um outro factor que influencia a forma como o regime de leccionação das disciplinas está definido é o número efectivo de alunos que

¹⁶ O peso atribuído a cada elemento de avaliação depende de cada disciplina.

¹⁷ Pelo menos um destes elementos secundários de avaliação deve ser tido em consideração.

frequentam as ATP e APL. Enquanto nas disciplinas de carácter obrigatório (FT, CDR e CC-I) esse número ronda a centena, nas disciplinas opcionais o número de formandos que frequenta as aulas APL anda perto das seis dezenas. Como se pretende uma participação realmente efectiva de todos os formandos durante a realização dos trabalhos ou projectos, sobretudo nas APL, o número limite de alunos por turno é de vinte, garantindo assim, no mínimo, um posto de trabalho para cada grupo de dois alunos.

2. Comunicações por Computador II da LESI/UM

Como já foi indicado anteriormente, esta disciplina é oferecida no segundo semestre do quarto ano e pretende ser um complemento opcional à formação base em comunicações por computador incluída nas três disciplinas antecedentes e obrigatórias: FT, CDR e CC-I. Assim, o programa temático desta disciplina envolve sobretudo a consolidação e aprofundamento dos principais conceitos apresentados nessas três disciplinas, com evidente destaque para as matérias introduzidas em CC-I.

Do plano de estudos de CC-II destacam-se os seguintes temas, que recebem um tratamento especial pela sua importância relativa e em que a formação teórica é complementada por trabalhos laboratoriais específicos a serem realizados num período que abrange várias semanas por cada tema (i.e., várias APLs):

- Protocolos de Encaminhamento IP Interno – este tema aborda em profundidade os mais importantes protocolos de encaminhamento IP, tanto baseados no algoritmo de vector de distância como baseados no algoritmo de estado das ligações. Protocolos como o RIP¹⁸ o IGRP¹⁹ ou o OSPF²⁰ são estudados pormenorizadamente, incluindo as diferenças entre as suas várias versões ou evoluções. Associados a estes protocolos também são apresentados outros conceitos importantes tais como as diferentes formas de endereçamento IP (por classes, sub-endereçamento, CIDR,²¹ agregação, etc), o encapsulamento dos protocolos de encaminhamento, balanceamento de carga, técnicas para minimização de ciclos, etc.
- Protocolos de Encaminhamento IP Externo – tal como o tema anterior, também esta forma específica de encaminhamento IP é apresentada pormenorizadamente, incluindo o estudo detalhado do protocolo BGP²² e dos conceitos que lhe estão associados (como por exemplo, os Sistemas Autónomos, as Confederações, os Sistemas Autónomos de Trânsito, etc).
- Versão 6 do IP – o IPv6 é estudado em detalhe durante algumas semanas, desde as novas formas de endereçamento, às novas extensões do cabeçalho, passando pelo suporte às redes IP móveis, à implementação de estratégias de diferenciação/classificação de qualidade de serviço e à utilização de mecanismos de segurança definidos pelo IPsec.²³

¹⁸ *Routing Information Protocol*

¹⁹ *Interior Gateway Routing Protocol*

²⁰ *Open Short Path First*

²¹ *Classless Inter-Domain Routing*

²² *Border Gateway Protocol*

²³ *IP Security*

- Arquitecturas de Gestão de Redes – neste tema são abordados, de forma introdutória, os modelos de gestão OSI e TMN,²⁴ e em pormenor o INMF²⁵ (mais conhecido como o modelo SNMP).²⁶ Nas semanas dedicadas a esta arquitectura são apresentados todos os conceitos importantes que lhe são inerentes bem como os componentes em que se desdobram as normas principais que o definem (SMI,²⁷ MIBs,²⁸ SNMP, USM²⁹ e VACM)³⁰ bem como outras que o complementam de forma efectiva (convenções textuais e RMON³¹ MIB).

2.1 Regime de Leccionação e Método de Avaliação

Enquadrado no regime geral do RIAPA/UM a disciplina de CC-II divide-se em aulas de índole teórica (duas aulas semanais de uma hora cada) e em aulas de índole laboratorial (uma APL semanal de quatro horas), tal como pode ser conferido na Tabela 1. Atendendo a vários regimes especiais de que alguns alunos gozam, o número efectivo médio de alunos que frequentam CC-II e que, obrigatoriamente, necessitam de ser acomodados nas aulas laboratoriais, é de cerca de sessenta, distribuídos equitativamente por três turnos práticos.

Propositadamente, pretende-se que os elementos de avaliação relacionados com a frequência das APL tenham um peso igual ou superior aos elementos de avaliação relacionados com a frequência das aulas teóricas para que a realização dos trabalhos laboratoriais (e actividades afins) seja, neste fase da formação, o veículo principal para a consolidação dos conceitos apresentados na teoria.

A classificação final da disciplina é obtida pela soma ponderada dos seguintes elementos de avaliação:

- 30% resultam da classificação obtida na análise dos relatórios dos trabalhos laboratoriais; estes relatórios incluem respostas imediatas a questões que devem ser respondidas durante a realização dos próprios trabalhos no laboratório pois são acerca das actividades que os alunos devem desenvolver para atingir os objectivos propostos, e respostas a questões menos directas e que poderão ser respondidas mais tarde durante a feitura do relatório do trabalho, pois, em geral, são mais complexas e que necessitam de um estudo mais aturado por parte dos alunos;
- 15% resultam da avaliação que o docente faz
 - da participação efectiva dos alunos durante a realização dos trabalhos no laboratório e
 - da qualidade das apresentações temáticas que os alunos têm que fazer aos seus pares no início de cada trabalho (os temas

²⁴ *Telecommunications Management Network*

²⁵ *Internet-standard Network Management Framework*

²⁶ *Simple Network Management Protocol*

²⁷ *Structure of Management Information*

²⁸ *Management Information Bases*

²⁹ *User-based Security Model*

³⁰ *View-based Access Control Model*

³¹ *Remote Monitoring*

destas apresentações são definidos antecipadamente pelo docente);

- 55% resultam da classificação obtida pelos formandos num exame final escrito abordando todos os temas leccionados, tanto do ponto de vista meramente teórico como do ponto de vista laboratorial, ou seja, também neste exame é elevada a importância que assume um efectivo aproveitamento da frequência das APL por parte dos alunos.

No laboratório de ensino das comunicações por computador estão disponíveis os seguintes equipamentos e que são disponibilizados directa ou indirectamente aos alunos para a realização dos trabalhos propostos:

- Equipamentos de rede – encaminhadores e comutadores da *Cisco Systems*, encaminhadores sem fios 802.11 e bastidor de repartição (de salientar que o laboratório já tem integrada cablagem UTP com os respectivos pontos de terminação espalhados por todos os pontos onde é possível instalar postos de trabalho ou equipamentos de rede);
- Postos de trabalho com imagens *Linux* e *Microsoft Windows XP* (um destes postos de trabalho serve de cópia de segurança e normalmente não é utilizado pois serve de imagem original que pode ser transferida, em caso de necessidade, em poucos minutos para um dos outros postos de trabalho);
- Servidor *Linux* (que não é utilizado directamente pelos alunos) e que aloja os serviços de rede essenciais no laboratório (NFS, LDAP,³² DHCP, DNS e SMTP);
- Outros equipamentos de apoio (impressora, gravadores de CD e de DVD, cablagem avulsa, etc).

Em termos de material de apoio a oferta complementa-se com a disponibilização de variados manuais dos equipamentos presentes no laboratório, de textos de síntese preparados pelos docentes sobre as matérias a abordar nos trabalhos laboratoriais e alguns livros (ou capítulos de livros) e artigos sobre os temas mais importantes de cada trabalho proposto.

Por fim, salientar que a rede deste laboratório tem conectividade completa para o resto da rede da UM e conectividade global limitada aos protocolos HTTP/HTTPS (através de *proxy*) e SSH.

2.2 Principais Dificuldades na Leccionação

Ao fim de alguns anos de experiência na leccionação desta disciplina concluiu-se que as maiores dificuldades na sua leccionação prendem-se com a efectividade da aprendizagem dos protocolos de encaminhamento IP do ponto de vista prático, i.e., do ponto de vista da sua aplicabilidade em ambientes de implementação real. Estas dificuldades dividem-se em dois tipos de problemas:

- Dificuldades na associação entre os conceitos teóricos que servem de base à definição dos protocolos de encaminhamento e a forma como estes são realmente implementados (muitas vezes a nomenclatura usada nas normas não coincide com a utilizada pelo *software* variado que

³² *Lightweight Directory Access Protocol*

implementa esses protocolos, por vezes as implementações integram mecanismos adicionais que não estão definidos nas normas enquanto, muitas vezes, não incluem todos os mecanismos previstos nas mesmas normas, etc);

- Dificuldades na associação entre os comandos específicos dos sistemas operativos dos equipamentos de rede e os resultados esperados em termos de comportamento normalizado dos protocolos; este tipo de dificuldades é menos séria e depende muito da familiarização que os formandos possuem com os diversos sistemas operativos dos equipamentos de rede.

Em ambos os casos, os problemas são agudizados porque:

- De uma forma geral, os alunos não preparam o tema dos trabalhos propostos antes do início da primeira APL dedicada à realização desse trabalho (mesmo depois do tema ter sido apresentado com profundidade nas aulas teóricas). Isto faz com grande parte da primeira APL de cada trabalho seja ocupada apenas com a familiarização dos alunos com o tema a abordar durante o resto do trabalho. Tendo em conta que cada APL tem uma escolaridade de quatro horas, torna-se impossível o aproveitamento efectivo do tempo disponível no calendário escolar.
- Os equipamentos de rede do laboratório de ensino das comunicações por computador são limitados e para que os dez grupos possam experimentar efectivamente com algumas configurações distintas o comportamento dos vários protocolos de encaminhamento é preciso que cada grupo siga um conjunto muito preciso de passos controlados e guarde os resultados de cada um desses passos para posterior análise durante a realização do relatório do trabalho. Esta forma de realização de tarefas, muito controlada, não dá azo a uma efectiva experimentação dos mecanismos envolvidos na implementação dos vários protocolos. Os grupos sentem-se, inclusive, constrangidos para repetir um passo ou um conjunto de passos de determinada sequência, mesmo que algo tenha corrido mal (e muitas das vezes só se apercebem disso posteriormente) ou para simplesmente testarem outras hipóteses de configuração, fruto de uma legítima e necessária curiosidade do processo de aprendizagem.

Com o intuito de ultrapassar estas dificuldades, ou pelo menos, minorá-las, foram introduzidos, no ano lectivo de 2004/2005, dois novos métodos na leccionação em CC-II:

- Obrigatoriedade de pequenas apresentações temáticas nas APL, por parte dos alunos, no início de cada trabalho;
- Utilização de *software* de simulação de equipamentos de rede e seu sistema operativo e que possibilitem a realização individual (por grupo) dos trabalhos de experimentação laboratorial com protocolos de encaminhamento IP.

Estas duas soluções, a sua implementação e análise dos resultados dessa implementação, serão abordadas nas secções seguintes.

2.3 Apresentações nas APL

Esta tarefa, imposta a todos os alunos que frequentem as APL, tem como principal objectivo forçar a preparação com alguma antecedência dos temas a abordar nos trabalhos laboratoriais. Espera-se assim reduzir substancialmente a inércia inicial demonstrada na primeira APL de cada trabalho.

Para aumentar a sua efectividade, esta medida foi complementada com as seguintes:

- Os temas a preparar para cada APL são definidos pelos docentes com uma antecedência mínima de uma semana;
- Em cada APL haverá duas apresentações de 15 minutos cada, sobre outros tantos temas que todos os grupos deverão preparar, apesar de apenas poderem vir a fazer uma apresentação por APL (isto obriga a que, durante todo o semestre, todos os grupos preparem todas as matérias essenciais para a realização de todos os trabalhos laboratoriais);
- Os dois grupos que farão a apresentação em cada APL só serão conhecidos no início da própria APL, mediante sorteio condicionado;³³
- Os grupos não estão limitados a um número máximo de apresentações;
- Para aumentar o número total de apresentações (aumentando assim o nível de preparação dos alunos e diminuindo a probabilidade de haver grupos que não sejam sorteados para realizar qualquer apresentação), os trabalhos mais extensos (como é o caso dos trabalhos dedicados ao encaminhamento IP) serão divididos tematicamente em vários trabalhos mais pequenos;
- No final de cada exposição é motivada a discussão sobre alguns aspectos do tema abordado;
- Como forma de recompensa directa e imediata do esforço extra dos alunos, estas apresentações serão classificadas pelo docente do respectivo turno e integradas na classificação final da disciplina (ver secção 2.1).

Como medida de aplicação deste método, refira-se que na disciplina de CC-II, no ano lectivo de 2004/2005 foram definidos, no total, doze temas para apresentação pelos alunos nas APL, tendo apenas um grupo (de entre vinte e nove grupos) não realizado qualquer apresentação. Mais especificamente, foram propostos oito temas para apresentação nas aulas dedicadas a trabalhos laboratoriais sobre encaminhamento IP interno e externo.

Apesar de os resultados desta medida se fazerem notar em todos os trabalhos laboratoriais, a sua implementação nos trabalhos dedicados ao encaminhamento IP teve um impacto que foi sentido de forma mais efectiva, sobretudo quando comparados os níveis de preparação inicial dos alunos nas APL dos anos transactos, quando este método ainda não tinha sido aplicado.

³³ Os grupos que já foram sorteados terão menor probabilidade de serem sorteados repetidamente.

2.4 Ambientes de Simulação

Outra das medidas mais importantes, introduzidas em CC-II no ano lectivo de 2004/2005, tem a haver com a utilização de software de simulação de equipamentos de rede, nomeadamente de encaminhadores IP.

O principal objectivo desta medida é o disponibilizar um ambiente individual de simulação do funcionamento de uma rede IP virtual, mais ou menos complexa, em que os alunos possam livremente experimentar as configurações de endereçamento e encaminhamento que consideram mais adequadas para responder aos vários tipos de questões propostas nos enunciados dos trabalhos práticos (ver secção 2.1). Além disso, permite, de uma forma controlada, que os grupos trabalhem a ritmos diferentes, dependendo do seu nível de preparação, empenho e capacidades de aplicação dos conceitos apreendidos. Desta forma, também é possível uma classificação mais diferenciada e justa do seu desempenho nas APL.

De referir que a escolha do software de simulação teve em consideração os seguintes parâmetros:

- Preço de aquisição – infelizmente os recursos financeiros disponíveis eram limitados e era essencial a aquisição de um número de licenças suficientes para que cada posto de trabalho disponibilizasse essa aplicação.
- Interface de utilização simples e intuitivo – como a aplicação tem que ser utilizada em períodos muito limitados no tempo era imprescindível uma curva de aprendizagem linear e que os alunos *dominassem* em pouco tempo de utilização.
- Simulação de um leque suficientemente alargado de tecnologias e protocolos de forma a poder ser utilizado no âmbito de vários trabalhos laboratoriais e até de outras disciplinas que utilizassem o mesmo laboratório.
- Efectividade particular na simulação de redes IP, sobretudo nas suas componentes de endereçamento, comutação e encaminhamento, com possibilidade de monitorização do caminho seguido pelos pacotes dos diferentes protocolos.
- Suporte específico para o sistema operativo da *Cisco Systems*, uma vez que estes equipamentos dominam grande parte do mercado de equipamentos para encaminhamento IP, sendo, além disso, os equipamentos responsáveis pela implementação da rede real do laboratório de ensino das comunicações por computador.

Após alguma investigação por parte dos docentes responsáveis pela disciplina, complementada com opiniões de docentes de outras disciplinas e até dos técnicos que costumam ser responsáveis pela aquisição e instalação de software nos equipamentos comunitários do DI, decidiu-se a aquisição de dez licenças do *Network Visualizer* da empresa *RouterSim*.

Após a sua instalação em todos os postos de trabalho do laboratório e depois de um período de experimentação/ambientação a esta ferramenta, os docentes da disciplina adaptaram o trabalho de encaminhamento IP dos anos transactos, dividindo-o em três novos trabalhos dedicados respectivamente ao encaminhamento

IP estático, aos protocolos de encaminhamento IP interno e aos protocolos de encaminhamento IP externo.

Em comparação com o trabalho dos anos anteriores, era agora possível abordar questões mais específicas destes protocolos, obrigando, indirectamente, os alunos a estudarem e testarem em maior profundidade os mais variados aspectos destes protocolos. Foi possível, inclusive, levar os alunos a descobrir os principais *bugs* do programa na implementação de todos os protocolos de encaminhamento (à excepção do RIPv1):³⁴

- Na implementação do RIPv2, existe um erro grave pois a implementação não suporta utilização de sub-endereçamento nas tabelas de encaminhamento.
- Na implementação do OSPFv2 é fácil induzir uma situação de ciclo de encaminhamento estabelecendo dois caminhos paralelos entre dois encaminhadores; além disso, a classificação das áreas em *Stub*, *Not-so-Stubby* ou *Totally Stubby* não é possível; a informação de encaminhamento IP numa área OSPF nunca é passada dos seus encaminhadores de fronteira para encaminhadores de fronteira de outras áreas, nomeadamente da área zero.
- Na implementação do IGRP e do EIGRP o cálculo da métrica final de encaminhamento apenas tem em consideração a largura de banda da ligação de menor capacidade no caminho até ao destino, não sendo possível alterar o valor predefinido de qualquer dos coeficientes da fórmula para calcular a métrica associada a cada rota.
- Ainda não existe qualquer tipo de suporte efectivo para a simulação de protocolos IP externos, como por exemplo, o protocolo BGP.

Apesar destes *bugs*, a utilização desta ferramenta foi muito apreciada, sobretudo no decorrer dos trabalhos dedicados ao encaminhamento IP interno, despoletando um interesse e uma dedicação especial por parte dos alunos. Foi possível, por parte dos docentes, verificar, com alguma facilidade, um maior nível de envolvimento dos formandos e a predisposição para se entregarem a um estudo mais aprofundado das matérias respectivas. Isto permitiu, em primeiro lugar, um maior nível de exigência nos enunciados dos trabalhos e, em última análise, uma preparação superior dos alunos nestas matérias dedicadas ao encaminhamento IP.

3. Conclusões

Este artigo pretende descrever a estratégia particular de leccionação da disciplina de Comunicações por Computador II, do quarto ano do plano curricular do curso da Licenciatura em Engenharia de Sistemas e Informática, preparada e leccionada pelos docentes do Grupo de Comunicações do Departamento de Informática da Universidade do Minho.

Além de ser introduzido o enquadramento da disciplina no referido plano de estudo na área das comunicações por computador, são apresentados os métodos mais recentemente integrados para ajudar a minorar as principais dificuldades sentidas nos

³⁴ A informação referente a estes *bugs* foi, entretanto, enviada para o suporte técnico da *RouterSim*, esperando assim contribuir para a sua resolução o mais rápida possível.

últimos anos de leccionação das aulas práticas laboratoriais. Assim, foi descrito o método das pequenas apresentações obrigatórias no início de cada trabalho prático e referida a utilização de software de simulação como base para a realização dos trabalhos práticos dedicados ao encaminhamento IP. Lembra-se agora o sucesso aparente que ambas as medidas parecem ter tido (aliás, o método das apresentações foi também introduzido com aparente sucesso na disciplina de CC-I, também no ano lectivo de 2004/2005).

No sentido de melhor avaliar o impacto destas medidas será necessário esperar os resultados da avaliação dos formandos (que ainda está em curso na altura da escrita deste documento) e os resultados da avaliação, por parte dos alunos, do ensino ministrado,³⁵ mas os bons resultados apercebidos desde já pelos docentes da disciplina geraram interesse suficiente para que fosse decidido aplicar novamente estes métodos no próximo ano escolar, pelo menos na disciplina de CC-II.

4. Agradecimentos

O autor deste artigo agradece a todos os docentes do grupo disciplinar GCOM do DI/UM que contribuíram ao longo destes anos na elaboração dos planos de formação na área de comunicações por computador, não só do curso da LESI como de todos os outros cursos, incluindo os de especialização e os mestrados.

Em especial, o autor agradece ao Doutor Alexandre Santos a responsabilidade maior na definição de um plano de estudos e regime de leccionação para a disciplina de CC-II, desde que é oferecida no plano curricular da LESI. Agradece também ao Doutor Paulo Carvalho a partilha, há já alguns anos, de responsabilidades na leccionação desta mesma disciplina.

5. Referências

1. Página da disciplina de Fundamentos das Telecomunicações/LESI:
<http://marco.uminho.pt/disciplinas/FT/>
2. Página da disciplina de Comunicações de Dados e Redes/LESI
<http://marco.uminho.pt/~pns/CDR/>
3. Página da disciplina de Comunicações por Computador I/LESI
<http://marco.uminho.pt/~dias/LESI/CC-I/>
4. Página da disciplina de Comunicações por Computador II/LESI
<http://marco.uminho.pt/~dias/LESI/CC-II/>
5. Página da disciplina de Sistemas Telemáticos/LESI
<http://marco.uminho.pt/disciplinas/ST/>
6. Página da Licenciatura em Engenharia de Sistemas e Informática/UM
<http://lesi.di.uminho.pt/>
7. Página do Mestrado e Curso de Especialização em Informática/UM
<http://wiki.di.uminho.pt/twiki/bin/view/MICEI/WebHome>
8. Página do Mestrado em Sistemas Móveis/UM
<http://msm.eng.uminho.pt/>
9. Página da empresa *RouterSim*
<http://www.routersim.com>

³⁵ Os resultados desta avaliação só são conhecidos no semestre escolar seguinte à realização dos respectivos inquéritos.