

UMA PROPOSTA DE PLANO PEDAGÓGICO PARA A MATÉRIA

REDES DE COMPUTADORES (3.2.1)

José Augusto Suruagy Monteiro

Joberto Sérgio Barbosa Martins

William Ferreira Giozza

Mestrado em Redes de Computadores

Universidade Salvador – UNIFACS

{suruagy, joberto, giozza}@unifacs.br

Resumo

O objetivo principal deste artigo é a apresentação de uma proposta genérica de um plano pedagógico que possa servir de base para a elaboração de currículos de cursos de graduação da área de computação e informática abrangendo especificamente as disciplinas direta ou indiretamente vinculadas à matéria redes de computadores. A proposta apresentada neste artigo leva em conta as seguintes categorias de cursos de computação: Cursos de Bacharelado em Ciência da Computação, Cursos de Engenharia de Computação, Cursos de Bacharelado em Sistemas de Informação e Licenciatura em Computação.

1 Introdução

Nos últimos anos tem havido uma forte demanda por profissionais da área de Informática com conhecimentos que lhes permitam ensinar, pesquisar, projetar, gerenciar, instalar, administrar e desenvolver sistemas para uso em redes de computadores. Esta demanda é devida ao processo de informatização das empresas e da explosão do uso dos computadores nas mais variadas aplicações.

Neste contexto, o objetivo principal deste artigo é a apresentação de uma proposta genérica que possa servir de base para a elaboração de currículos de cursos de graduação da área de computação e informática abrangendo especificamente as disciplinas direta ou indiretamente vinculadas à matéria redes de computadores. A proposta apresentada neste artigo leva em conta as seguintes categorias de cursos de computação: Cursos de Bacharelado em Ciência da Computação, Cursos de Engenharia de Computação, Cursos de Bacharelado em Sistemas de Informação e Licenciatura em Computação.

Tal classificação segue a proposta básica de identificação de cursos do MEC conforme documento sobre as Diretrizes Curriculares atualmente em uso pela Comissão de Especialistas de Ensino de Computação e Informática (CEEInf) [4]

As diretrizes curriculares do MEC observam os seguintes aspectos gerais relativos ao ensino da matéria redes de computadores nos cursos de graduação:

Conhecimentos básicos na área de Redes de Computadores envolvem os princípios da comunicação de dados, através da apresentação de seus conceitos básicos, topologias, conceitos relacionados à transmissão e codificação da informação (tipos de transmissão, multiplexação e modulação, modalidades de comutação, técnicas de detecção de erros, etc.), conhecimentos de como o hardware e o software de redes estão organizado em níveis, formando as arquiteturas de redes. Exemplos de arquiteturas de redes devem ressaltar os serviços, as funções de cada nível e os respectivos protocolos de comunicação; os diversos tipos de redes (locais, metropolitanas e geograficamente distribuídas), as redes de integração de serviços e aspectos básicos de interconexão de redes.

Conhecimentos complementares da área podem oferecer uma visão geral dos sistemas operacionais de redes; da necessidade de gerenciar redes; dos ataques possíveis e dos métodos aplicáveis à segurança de redes e conhecimentos de como modelar e avaliar o desempenho de sistemas de rede de computadores.

Aulas práticas também são recomendadas que possam, por exemplo, familiarizar o aluno com os serviços, aspectos de instalação, gerência e segurança de redes.

Portanto, é preciso formar pessoas que entendam da área de redes de computadores para desenvolver e pesquisar, formar pessoas para instalar, administrar e gerenciar a infra-estrutura de redes e formar outros que tenham um conhecimento mais superficial do funcionamento das redes que lhes permitam selecionar a tecnologia mais adequada e desenvolver aplicativos de forma distribuída.

A proposta apresentada neste documento representa a opinião atual dos autores sobre a matéria "redes de computadores" dentro do contexto acima definido.

Este artigo encontra-se estruturado da seguinte forma: na seção 2 é apresentada a matéria de redes de computadores para os cursos de bacharelado em Ciência da Computação; na seção 3 é apresentada a matéria de redes de computadores para os cursos de Engenharia de Computação; na seção 4 é apresentada a matéria de redes de computadores para os cursos de bacharelado em Sistemas de Informação; na seção 5 é apresentada a matéria de redes de computadores para os cursos de Licenciatura em Computação; na seção 6 são apresentadas nossas conclusões; na seção 7 apresentamos nossos agradecimentos; e, finalmente, na seção 8 é apresentada a bibliografia.

2 Redes de Computadores para Cursos de Bacharelado em Ciência da Computação

2.1 Objetivos

Os egressos de cursos de Ciência da Computação devem ser profissionais qualificados para desenvolver pesquisa e/ou promover o desenvolvimento tecnológico na área em termos de *hardware* e de *software*. Portanto, todos os formandos deverão ter um conhecimento abrangente de toda a área da computação e alguns terão um maior aprofundamento em redes de computadores através de disciplinas eletivas avançadas muitas vezes executadas em

comum com disciplinas de pós-graduação onde os trabalhos e avaliações podem ser ou não diferenciados para cada grupo.

Com relação às experiências de outras universidades com respeito aos seus programas de bacharelado, observou-se o seguinte:

- No curso de ciência da computação da Carnegie-Mellon há uma única disciplina introdutória em redes de computadores com ênfase nos compromissos de engenharia e de desempenho no projeto e implementação de redes. Ela inclui um projeto substancial envolvendo o projeto e a implementação de uma pilha completa de protocolos¹. Todos os cursos da pós-graduação estão disponíveis aos alunos da graduação desde que tenham todos os pré-requisitos e o consentimento do professor.
- Na UCL (*University College of London*)², no terceiro ano são oferecidas 4 disciplinas relacionadas diretamente à matéria redes de computadores: Arquitetura de Redes, Multimídia, Desempenho de Redes e Modelagem de Sistemas. Na disciplina de Arquitetura de Redes são introduzidas as tecnologias básicas de redes, é estudado o caso particular da Internet e é introduzido o conceito de "qualidade de serviço" e suas implicações. Na de Multimídia são apresentadas as técnicas de representação, codificação, compressão e outros esquemas de processamento de mídia contínua. Na disciplina de Desempenho de Redes são apresentadas as técnicas disponíveis e é demonstrado como elas são usadas para resolver um conjunto de problemas de desempenho. A de Modelagem de Sistemas, mais geral, introduz o conceito de modelos e como eles são construídos e validados. No quarto ano são oferecidas as seguintes disciplinas: Segurança, Sistemas Móveis e Ambientes Virtuais.
- Em Stanford³ a disciplina de introdução a redes de computadores é ministrada em conjunto com a pós-graduação. Já a de tópicos avançados em comunicação de dados e a de Projetos em redes de computadores são voltadas sobretudo para os alunos de pós-graduação.
- A UCLA⁴ segue esta mesma linha com um curso introdutório na graduação e outros avançados que podem ser cursados conjuntamente com os alunos da pós-graduação.

Nesta seção serão descritas as características básicas deste grupo de disciplinas para ambos os perfis.

2.2 Conhecimentos prévios

Dado o enfoque apresentado para o curso de ciência da computação, temos que os conhecimentos prévios requeridos para a realização das disciplinas da área de redes de computadores são os seguintes:

- conhecimentos básicos de ciência da computação,
- conhecimentos básicos de matemática e
- conhecimentos básicos de física e eletricidade.

¹ <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs.cmu.edu/Web/csd/bcs/ugcourses.html>

² <http://www.cs.ucl.ac.uk/teaching/>

³ <http://cse.stanford.edu/mcs/degree/CScourses.html>

⁴ http://www.cs.ucla.edu/csd/cs_catalog.html

Do ponto de vista da estruturação da grade curricular, tem-se que as disciplinas de redes discutidas serão cursadas, tipicamente, a partir do 5º semestre ou 3º ano do curso, dependendo de uma organização semestral ou anual.

Em termos de disciplinas ou temática, entende-se os pré-requisitos indicados adiante como um conjunto de conhecimentos recomendados como formação básica para os alunos dos cursos de ciência da computação.

Neste contexto, os pré-requisitos sugeridos para as disciplinas da área de redes de computadores num curso de ciência da computação são os seguintes:

Pré-requisitos em ciência da computação:

- Introdução à Ciência da Computação
- Programação (matéria 3.1.1.1): estruturas de dados e linguagens de programação
- Computação e Algoritmos (matéria 3.1.1.2): estruturas de dados; estruturas discretas; lógica e especificação formal; projeto e análise de algoritmos
- Sistemas de Computação: sistemas operacionais
- Arquitetura de Computadores (matéria 3.1.1.3)

Pré-requisitos em matemática (matéria 3.1.2):

- Cálculo Diferencial e Integral
- Modelos Probabilísticos

Pré-requisitos de física e eletricidade (matéria 3.1.3):

- Leis básicas da Eletricidade
- Representação matemática e Unidades de Medidas das Grandezas Elétricas
- Princípio de operação dos dispositivos semicondutores
- Teoria Eletromagnética e Ondas
- Fenômenos ópticos

Os pré-requisitos em ciência da computação são essenciais para que o aluno entenda de uma forma sistêmica a interação das diversas camadas de rede com o sistema operacional, o interfaceamento da máquina com as placas de rede. Além disso ele deve ter conhecimento sobre pelo menos uma linguagem de programação de alto nível e estrutura de dados para ser capaz de analisar e implementar protocolos de comunicação. O conhecimento de complexidade de algoritmos lhe permitirá avaliar os compromissos bastante comuns em redes de computadores tais como os envolvendo roteamento, as tabelas de roteamento, manejo de *buffers*, etc.

Em relação aos pré-requisitos em matemática, o conhecimento de cálculo será útil em questões de otimização e como base para o estudo de modelos probabilísticos. Por sua vez, estes serão úteis para poder compreender as questões envolvidas com a aleatoriedade do tráfego gerado em redes, modelagem de erro, disputa pelo acesso de canais compartilhados, etc.

Já os pré-requisitos de física e eletricidade facilitarão a compreensão dos aspectos relativos à transmissão de sinais através dos diversos meios disponíveis (camada física).

Os pré-requisitos sugeridos seguem a sugestão básica de pré-requisitos apresentada em [42] juntamente com a organização das matérias de formação básica das Diretrizes Curriculares [4] acrescidas de considerações complementares fruto da evolução das tecnologias, do próprio mercado e do foco do curso adotado em particular.

2.3 Divisão da Matéria em Disciplinas (Conteúdos)

Em seguida indicamos um conjunto de conteúdos programáticos que recomendamos para a formação de redes num curso de ciência da computação:

Conteúdo 1: Redes de Computadores;

Conteúdo 2: Laboratório de Redes de Computadores;

Conteúdo 3: Avaliação de Desempenho de Sistemas.

O elenco de conteúdos programáticos indicados, é um **elenco básico** de cursos para a graduação. Os conteúdos 1 e 2 tratam respectivamente da teoria e da prática de redes de computadores sendo, efetivamente os conteúdos "essenciais" para a matéria redes de computadores. O conteúdo 3 trata da avaliação de desempenho de sistemas de uma maneira geral e permitirá ao aluno avaliar o desempenho das redes de computadores, em particular em relação a medidas tais como vazão e tempo de resposta. Este conteúdo poderá ser útil também para outras matérias tais como: Arquitetura de Computadores, Sistemas Operacionais, Banco de Dados e Sistemas Distribuídos.

O total de carga horária mínima sugerida é de 180 horas, sendo 120 horas para os conteúdos 1 e 2 e 60 horas para o conteúdo 3.

O elenco de conteúdos programáticos em termos de **disciplinas optativas ou complementares** ainda considerando a matéria redes de computadores é o seguinte:

Conteúdo 4: Tópicos em Redes de Alta Velocidade - 30 a 60 hs

Conteúdo 5: Administração de Sistemas Heterogêneos - 30 a 60 hs

Conteúdo 6: Gerência de Redes - 30 a 60 hs

Conteúdo 7: Segurança de Redes - 30 a 60 hs

Conteúdo 8: Especificação e Validação de Protocolos e Sistemas Distribuídos - 30 a 60 horas

Estas disciplinas podem ser ofertadas exclusivamente para a graduação ou podem fazer parte de um conjunto de disciplinas da pós-graduação que são ofertadas para aqueles alunos que desejam dar na sua formação um enfoque maior na área de redes de computadores.

Conteúdos afins:

Conteúdo 9: Sistemas Multimídia e Hipermídia - 15 a 60 hs

Conteúdo 10: Sistemas Distribuídos - 30 a 60 hs

Conteúdo 11: Banco de Dados Distribuídos - 15 a 60 hs

Segue um detalhamento dos conteúdos programáticos e/ou disciplinas recomendadas para a matéria redes de computadores nos cursos de ciência da computação.

2.3.1 Conteúdo 1 - Redes de Computadores (Básico)

2.3.1.1 Objetivos

Este conteúdo tem como clientela alunos do terceiro ou quarto ano que estão iniciando os estudos na área de redes de computadores.

O seu objetivo é apresentar aos estudantes uma visão conceitual abrangente da área de redes de computadores. Esta visão deve cobrir adequadamente a visão de modelo, os conceitos de serviços, camadas e protocolos, topologias de rede, aspectos de distribuição da informação e a maneira como os softwares de redes são instalados e operam em diferentes ambientes operacionais. O conteúdo deve ainda conceituar e detalhar todas as camadas de protocolos desde a camada física até a de aplicações.

2.3.1.2 Pré-requisitos

Os pré-requisitos para este conteúdo são basicamente todos os apresentados na subseção 2.2.

O conhecimento dos conceitos básicos de estruturas de dados e de uma linguagem de programação é desejável. O conceito básico de sistemas de computação (arquitetura e sistemas operacionais) é igualmente recomendado visando facilitar o entendimento claro da operação dos softwares de rede e a sua instalação e manutenção. Já os conhecimentos de física e eletricidade facilitarão a compreensão dos aspectos relativos à transmissão de sinais através dos diversos meios disponíveis à camada física.

2.3.1.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Na introdução deve ser feita uma apresentação de forma abrangente sobre os conceitos básicos de redes, terminologia, topologia, tipos de rede de acordo com a abrangência geográfica, arquitetura, modelos de referência, serviços, qualidade de serviço, camadas e protocolos, modalidades de comutação, etc. O foco deve estar concentrado sobre o tipo de rede mais popular no momento, atualmente o foco deveria ser sobre os serviços e protocolos para a Internet.

A seguir deve ser apresentada a funcionalidade e detalhamento de cada uma das camadas: física, enlace, subcamada de acesso ao meio, rede, transporte e aplicação. A abordagem adotada pode ser *top-down*, isto é, da camada de aplicação à camada física, como no livro de Kurose e Ross [20] ou *bottom-up*, isto é, da camada física à camada de aplicação, como no livro de Tanenbaum [51]. A primeira abordagem é mais adequada a um curso voltado ao desenvolvimento de aplicações e para permitir a execução de trabalhos voltados ao *software* de rede desde praticamente o início do curso. Já na segunda abordagem, os problemas e as soluções encontradas para resolvê-los são progressivamente apresentados partindo-se de um modelo idealizado de comunicação e a introdução gradativa de realidade ao mesmo.

A carga horária sugerida é de 90 a 120 horas, a depender da incorporação ou não do conteúdo de laboratório dentro da(s) disciplina(s) teórica(s).

2.3.1.4 Livros-Texto Recomendados

Esta é uma área onde os livros-texto ficam rapidamente desatualizados. Felizmente a Internet é uma fonte muito rica de material adicional seja em páginas de fabricantes através de *white-*

papers que através de *sites* com tutoriais sobre diversas tecnologias⁵. De qualquer modo, sugere-se a adoção de livros-texto abrangentes que cubram com uma certa profundidade cada um dos temas propostos para este conteúdo, de preferência nas suas versões originais devido aos frequentes erros de tradução.

Portanto, recomenda-se que seja adotado um dos seguintes textos:

- Kurose e Ross [20]: livro mais recente com versão on-line disponível na Internet, com animações, ponteiros para textos adicionais, tais como RFCs, propostas de laboratórios e transparências para instrutores;
- Tanenbaum: terceira edição em inglês [51] publicada em 1996, é preciso complementá-lo com tópicos mais recentes tais como Modems V.90, ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), Gigabit Ethernet, Serviços Diferenciados, MPLS (*MultiProtocol Label Switching*), além de novos desenvolvimentos em relação por exemplo ao ATM. A versão em português [53], mais acessível aos alunos, contém alguns errinhos de tradução.
- Soares et al. [43]: texto bastante abrangente com a vantagem adicional de ter sido escrito em português, portanto sem problemas de tradução. Ainda está vinculado ao modelo OSI apesar de apresentar em detalhes a Internet e o ATM, que são a base do novo livro de Tanenbaum. Por ter sido escrito praticamente na mesma época também é preciso complementá-lo com tópicos mais recentes.

Há também outros textos de introdução a redes de computadores tais como o de Stallings [44] e o de Keshav [21] que procura avaliar as alternativas e suas conseqüências.

Devem também estar disponíveis na biblioteca textos complementares, correspondentes aos demais conteúdos propostos, tais como os de Comer sobre interconexão de redes com TCP/IP [5][6][7], o de Perlman sobre equipamentos e protocolos de interconexão [37], o de Stallings sobre redes locais e metropolitanas [46], o de Cunningham sobre Gigabit Ethernet [9], e o de Ginsburg sobre ATM para redes empresariais [13], etc.

Ainda como material complementar podem ser utilizados materiais instrucionais de fabricantes tais como o Netprep⁶ da 3Com em parceria com a WestNet e os da Cisco Networking Academy⁷.

2.3.2 Conteúdo 2: Laboratório de Redes de Computadores (Básico)

2.3.2.1 Objetivos

O objetivo deste laboratório é o de dar ao aluno a oportunidade de ver na prática como funcionam as redes de computadores tanto do ponto de vista do *hardware* como do *software*.

2.3.2.2 Pré-requisitos

Os pré-requisitos são basicamente os mesmos do Conteúdo 1: Redes de Computadores (vide subseção 2.3.1.2).

⁵ Por exemplo, vide o site da techguide.com (<http://www.techguide.com/>) ou o Webtorials.com (<http://www.webtorials.com/>).

⁶ <http://education.3com.com/netprep/>

⁷ <http://www.cisco.com/warp/public/779/edu/academy/>

2.3.2.3 Conteúdo Programático da Disciplina

De modo mais detalhado poderíamos dizer que os pontos abordados neste laboratório são: sedimentar os conceitos básicos do TCP/IP tais como configuração de ambientes de rede, roteadores, endereçamento, roteamento IP estático/dinâmico; conhecer os aspectos práticos que compõem os principais serviços Internet, entre eles: DNS, SMTP, etc.; conhecer as características dos principais sistemas operacionais de rede e as ferramentas de administração e interoperabilidade para ambientes heterogêneos, além de implementar os protocolos das camadas do modelo TCP/IP nos diversos sistemas operacionais de rede; conhecer protocolos e ferramentas que permitam o gerenciamento remoto e local de redes de computadores; conhecer soluções e protocolos para implementação de mecanismos de segurança em redes; e entender os aspectos relativos ao desempenho da rede e à administração do ambiente do usuário, assim como das estações de trabalho, servidores e equipamentos de internetworking.

O conteúdo aqui descrito pode ser coberto dentro de disciplina(s) específica(s) ou como parte de disciplina(s) que integre(m) a parte teórica com a parte prática.

Para o curso de ciência da computação deveria haver um equilíbrio entre projetos de *software*, tais como a implementação de aplicativos (servidor Web ou servidor de correio eletrônico) ou de um protocolo de transporte confiável e experimentos de *hardware* tais como a instalação e configuração de placas, roteadores, etc.

2.3.2.4 Livros-Texto Recomendados

Os livros a serem utilizados dependem do material a ser coberto no laboratório:

- Administração de redes TCP/IP: [18];
- Gerência de redes: [48];
- Interconexão de redes usando TCP/IP: [5];
- Segurança: [26]; e
- Serviços DNS: [1].

Material complementar: Administração de sistemas UNIX [34], Linux [22] e Windows NT [30]; Criptografia [41]; Protocolo SNMP [33] e Sendmail [8].

2.3.3 Conteúdo 3: Avaliação de Desempenho de Sistemas (Básico)

2.3.3.1 Objetivos

Apresentar as diversas técnicas de avaliação de desempenho de sistemas. Introduzir o conceito de intervalo de confiança. Apresentar a técnica e pelo menos um pacote de Simulação. Apresentar as técnicas de análise dos resultados de simulação. Apresentar a técnica de modelagem analítica e sua aplicação na avaliação de desempenho de redes de computadores.

2.3.3.2 Pré-requisitos

Conhecimento de matemática: cálculo diferencial e integral e modelos probabilísticos.

2.3.3.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Técnicas de avaliação de desempenho; revisão de probabilidade e estatística; comparação de sistemas usando dados de amostras; introdução à simulação; ferramentas de simulação; geração de valores aleatórios; distribuições comumente utilizadas; análise de resultados de simulação. Projeto experimental; introdução à teoria das filas; análise de uma fila única; redes de filas; Planejamento de capacidades: Web e comércio eletrônico.

A carga horária mínima recomendada é de 60 horas, podendo chegar a 120 horas a depender do aprofundamento desejado de assuntos específicos tais como a teoria das filas.

2.3.3.4 Livros-Texto Recomendados

Um livro básico que cobre praticamente todo o assunto é o livro do Jain [19] que traz muitos exemplos baseados em redes de computadores, complementado com livros de planejamento de capacidade para sistemas específicos como os de Menascé e Almeida [28][29] para servidores Web e comércio eletrônico, respectivamente. Para um maior aprofundamento sobre a teoria das filas podem ser usados textos tais como o clássico de Kleinrock [24] ou o de Trivedi [54] que traz também uma boa revisão de probabilidade e processos estocásticos.

2.3.3.5 Laboratório

Para uma boa fixação das técnicas apresentadas é essencial que o aluno aplique-as a problemas concretos. Sugere-se que cada aluno escolha um sistema a ser estudado ao longo de todo o curso aplicando-se as diversas técnicas de avaliação à medida que forem sendo estudadas. A definição do sistema e do estudo a ser realizado deveria ser efetuada utilizando-se a abordagem sistemática apresentada na seção 2.2 do livro de Jain [19]. Para evitar atrasos no início do estudo os alunos devem escolher sistemas para os quais tenham um certo grau de conhecimento de modo a saber especificar que parâmetros do sistema e da carga afetam as medidas de desempenho escolhidas.

Como ferramenta de simulação sugere-se que inicialmente seja utilizada uma extensão de uma linguagem de propósito geral de modo que o aluno possa se familiarizar com os mecanismos básicos de funcionamento de um simulador. SMPL [25] é uma destas linguagens e estende C com funções de manipulação de filas, geração de valores aleatórios e agendamento de eventos. Pode-se também utilizar outras linguagens de simulação que estiverem disponíveis na instituição.

Para simulações mais complexas de protocolos e redes de computadores podem ser usados pacotes de simulação como o *ns* (*network simulator*)⁸. Uma apresentação das características do *ns* e de suas ferramentas associadas, assim como uma comparação com outros simuladores, podem ser encontradas em [2].

Para a modelagem de sistemas utilizando-se modelagem analítica podem ser usadas ferramentas como o PDQ (*Pretty Damn Quick*) [14] e o Tangram-II⁹ [3]. O PDQ é uma biblioteca de funções em C que resolvem redes de filas através da técnica da análise do valor médio (MVA), enquanto que o Tangram-II resolve modelos gerais baseados em cadeias de Markov.

⁸ Disponível em <http://www-mash.cs.berkeley.edu/ns/>.

⁹ Disponível em <http://www.land.ufrj.br>

2.3.4 Conteúdo 4: Tópicos em Redes de Alta Velocidade (Optativa)

2.3.4.1 Objetivos

O objetivo deste conteúdo e de sua(s) disciplina(s) associada(s) é o de explorar as tecnologias emergentes de redes de alta velocidade que ainda se encontrem em fase de estudos e de padronização assim como questões ainda não resolvidas.

2.3.4.2 Pré-requisitos

Redes de Computadores e Avaliação de Desempenho de Sistemas, respectivamente Conteúdos 1 e 3.

2.3.4.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Tópicos especiais tais como controles de tráfego e de congestionamento, modelagem de tráfego, alocação de recursos, serviços integrados e diferenciados na Internet, redes fotônicas, etc.

2.3.4.4 Livros-Texto Recomendados

Artigos selecionados e livros tais como [32] sobre redes ópticas.

2.3.5 Conteúdo 5: Administração de Sistemas Heterogêneos (Optativo)

2.3.5.1 Objetivos

Este conteúdo tem como objetivo apresentar as principais ferramentas disponíveis para a administração de sistemas heterogêneos.

2.3.5.2 Pré-requisitos

Redes de Computadores (Conteúdo 1).

2.3.5.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Sistema UNIX para o administrador de sistemas; aspectos básicos de redes TCP/IP; administração de redes TCP/IP; sistemas de arquivos distribuídos; NIS; NFS; automounter; DNS; segurança de informações; acesso seguro à Internet; "firewalls".

2.3.5.4 Livros-Texto Recomendados

Administração de sistemas UNIX [34].

2.3.5.5 Laboratório

Diversos itens propostos para o Laboratório de Redes de Computadores (subseção 2.3.2) têm a ver com este conteúdo. Portanto, pode-se deixar para exercitá-los em conjunto com esta disciplina.

2.3.6 Conteúdo 6: Gerência de Redes (Optativo)

2.3.6.1 Objetivos

Apresentar as principais funções de gerenciamento; o Paradigma gerente e agente; Bases de informações de gerência (MIBs); Sistemas de Gerência; e Protocolos de gerência.

2.3.6.2 Pré-requisitos

Redes de Computadores (conteúdo 1).

2.3.6.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Funções de gerenciamento: configuração, falhas, segurança, desempenho e contabilização; Objeto Gerenciado; Processos gerente e agente; MIBs; Gerenciamento OSI; Gerenciamento Internet (SNMP); Gerenciamento ATM; Arquitetura do sistema TMN; plataformas de gerenciamento.

2.3.6.4 Livros-Texto Recomendados

Livro do Stallings sobre gerência [48].

2.3.6.5 Laboratório

Diversos itens propostos para o Laboratório de Redes de Computadores (subseção 2.3.2) têm a ver com este conteúdo. Portanto, pode-se deixar para exercitá-los em conjunto com esta disciplina.

Para a sua realização é conveniente termos uma rede à disposição com elementos gerenciáveis e algum tipo de plataforma de gerência comercial ou de domínio público.

2.3.7 Conteúdo 7: Segurança de Redes (Optativo)

2.3.7.1 Objetivos

Conhecer soluções e protocolos para implementação de mecanismos de segurança em redes.

2.3.7.2 Pré-requisitos

Redes de Computadores (conteúdo 1).

2.3.7.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Criptografia e PGP (conceito de chave pública e privada e infra-estrutura de chave pública - PKI), Sniffer; Rede Privada Virtual VPN: Sniffer, alteração de tabela de roteamento; Proxy; Web caching, NAT, ataque IP Spoofing, comandos NETSTAT; Filtro de Pacotes: portas, serviços e protocolos, IP Spoofing, DNS; IPSEC; Ferramentas para diagnósticos de segurança (SATAN, COPS, ISS); *Middleware*.

2.3.7.4 Livros-Texto Recomendados

Stallings [47] e [26].

2.3.7.5 Laboratório

Diversos itens propostos para o Laboratório de Redes de Computadores (subseção 2.3.2) têm a ver com este conteúdo. Portanto, pode-se deixar para exercitá-los em conjunto com esta disciplina.

2.3.8 Conteúdo 8: Especificação e Validação de Protocolos e Sistemas Distribuídos (Optativo)

2.3.8.1 Objetivos

O objetivo deste conteúdo é o de apresentar as técnicas de especificação e validação em particular de protocolos de comunicação, e a sua utilidade seja no projeto de protocolos que na geração de implementações livres de erros oriundos da má interpretação de descrições baseadas em linguagens naturais.

2.3.8.2 Pré-requisitos

Conhecimento de uma linguagem de programação de alto nível e deve ser ministrado pelo menos em paralelo com o conteúdo de Redes de Computadores.

2.3.8.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Importância de métodos formais na especificação e validação de protocolos e sistemas distribuídos. Descrição de técnicas formais: máquinas de estados finitos, redes de Petri, linguagens Estelle, Lotos e SDL. Projeto de protocolos e sistemas distribuídos. Implementação de protocolos e sistemas distribuídos. Ferramentas para desenvolvimento e validação. Estudos de casos.

2.3.9 Conteúdo 9: Sistemas Multimídia e Hiperemídia (Afim)

Vide seção 4.3.7.

2.3.10 Conteúdo 10: Sistemas Distribuídos (Afim)

Deve incluir tópicos tais como: Conceitos básicos de sistemas distribuídos; Paradigmas de linguagens de programação distribuída; Técnicas de descrição de sistemas; Ambientes de suporte ao desenvolvimento de sistemas distribuídos; Estudo de casos; etc.

Este conteúdo corresponde a uma disciplina básica da matéria Sistemas Distribuídos e, portanto, encontra-se detalhada na proposta de plano pedagógico correspondente.

2.3.11 Conteúdo 11: Banco de Dados Distribuídos (Afim)

Este conteúdo encontra-se detalhado nos Planos Pedagógicos das matérias Sistemas Distribuídos e/ou Banco de Dados.

2.4 Metodologia de ensino das disciplinas

Nas disciplinas básicas a metodologia de ensino é basicamente a de aulas teóricas apresentando o conteúdo das mesmas. Dado que hoje praticamente todos os alunos já são internautas até mesmo antes de entrar no curso superior, eles já conhecem as redes pelo menos do ponto de vista de usuários. Este é um bom início a ser explorado através de trabalhos de implementação de algum aplicativo simples. Nas disciplinas práticas deverão ser

explorados aspectos mais práticos envolvendo a instalação de placas de rede, implementação de protocolos de enlace, roteamento, etc.

Nas disciplinas avançadas os alunos podem também preparar e apresentar seminários sobre temas novos e específicos.

2.5 Laboratórios - Necessidades

Dependendo dos experimentos a serem realizados, o ideal seria termos equipamentos de rede (*bridges* e roteadores) disponíveis para serem configurados e gerenciados livremente pelos alunos, sem fazer parte da rede de produção da instituição. Onde isto não for possível, podem ser usadas máquinas com diversas placas de rede que sejam configuradas para atuar como roteadores.

Para os trabalhos de programação de aplicativos e de protocolos podem ser utilizados o Linux e seus compiladores associados.

Em termos de necessidades de equipamentos para os laboratórios as métricas de qualidade de ensino da CEEInf [4] devem ser observadas.

2.6 Professores - perfil

Para o curso de ciência da computação, a menos do conteúdo de laboratório, é recomendado que todos os professores sejam doutores e que desenvolvam pesquisa na área de redes de computadores para que possam ilustrar e abrir horizontes para que os alunos interessados também venham a desenvolver pesquisa nesta área dentro de algum curso de pós-graduação. Inclusive, diversas das disciplinas optativas podem ser disciplinas ministradas conjuntamente para alunos de cursos de pós-graduação.

2.7 Sistema de avaliação

Dado ao grande volume de material a ser coberto nestes cursos, é recomendável que todas ou boa parte das avaliações sejam realizadas com livro aberto de modo a se cobrar do aluno não tanto a definição de conceitos básicos mas uma compreensão mais profunda do assunto que os leve a propor alternativas em cenários não apresentados diretamente pelo livro-texto.

O aluno deve ser avaliado também com base em trabalhos práticos e eventuais seminários realizados.

3 Redes de Computadores para Cursos de Engenharia de Computação

3.1 Objetivos

Pragmaticamente pode-se definir os egressos de cursos de Engenharia de Computação como profissionais qualificados para pesquisa, projeto e desenvolvimento de sistemas computacionais, tanto na área de hardware quanto na área de software. Tal definição reflete em geral uma formação tradicional de engenheiro electricista/eletrônico acrescida dos fundamentos de Computação, seguindo o modelo de atribuições profissionais do Engenheiro de Computação reconhecidas pela CONFEA (resolução 380 de 17 dezembro de 1993).

Por outro lado, refletindo as características da nova LDB que permite uma maior flexibilização e adequação do perfil do profissional formado às necessidades do mercado,

pode-se considerar os egressos de cursos de Engenharia de Computação simplesmente como profissionais capacitados a atuar em áreas tecnológicas que exigem o conhecimento combinado de Engenharia Elétrica e da Computação, tais como por exemplo:

- automação industrial e controle de processos;
- circuitos e sistemas integrados e microeletrônica;
- processamento de sinais digitais (imagem, voz);
- sistemas eletrônicos e de computação embutidos em equipamentos para eletrônica;
- automotiva e médica, telefonia celular, etc.
- comunicação de dados e redes de computadores;

Esses profissionais altamente qualificados devem ter formação sólida em Matemática e Física, e nos fundamentos da Engenharia Elétrica e da Computação, passar por especializações técnicas em software, hardware e aplicações de sistemas computacionais, de modo a estarem capacitados para especificar, conceber, desenvolver, implementar, adaptar, produzir, instalar e manter sistemas computacionais, bem como perfazer a integração dos recursos de hardware e de software necessários para o atendimento das necessidades informacionais, computacionais e de automação de organizações em geral. Esse perfil profissional permite, aos egressos de cursos de Engenharia de Computação, trabalhar em grupos de desenvolvimento de aplicações de computadores, em empresas produtoras de software, em empresas fabricantes ou integradoras de sistemas de computação e no desenvolvimento de programas para aplicações tecnológicas avançadas ou comerciais.

3.2 Conhecimentos prévios

Os conhecimentos prévios requeridos para a realização das disciplinas da área de redes de computadores num curso de Engenharia de Computação são semelhantes aos dos cursos de Ciência da Computação (seção 2.2) que incluem por exemplo:

- conhecimentos básicos de Ciência da Computação,
- conhecimentos básicos de Matemática (acrescidos de Análise de Sistemas Lineares),
- conhecimentos básicos de Física e Eletricidade.

Por outro lado, considerando-se a necessidade de um conhecimento mais aprofundado sobre os aspectos do hardware que compõe os sistemas computacionais e a crescente convergência entre as áreas de informática e telecomunicações já comentada anteriormente, os egressos de um curso de Engenharia de Computação devem receber um conjunto de informações que o situem na visão da eletrônica (*hardware*) e das telecomunicações como parte inerente do funcionamento e operação dos sistemas de comunicação de dados e das redes de computadores. Portanto, adicionalmente aos conhecimentos básicos de Ciência da Computação, de Matemática e de Física já explicitados anteriormente para o caso dos cursos de Ciência da Computação (seção 2.2), a realização das disciplinas da matéria de redes de computadores nos cursos de Engenharia de Computação requer:

- conhecimentos básicos de Engenharia Elétrica, Telecomunicações e Sistemas Digitais.

Os cursos de Engenharia de Computação têm uma duração típica de 5 anos (3555 a 4260 horas) e as disciplinas de Redes de Computadores deverão tipicamente ser cursadas no 4º ano e/ou 5º ano. Portanto, os pré-requisitos especificados devem ser cursados tipicamente nos 3 primeiros anos do curso.

3.2.1 Pré-requisitos em Engenharia Elétrica, Telecomunicações e Sistemas Digitais:

3.2.1.1 Circuitos Elétricos

Ementa: Circuitos concentrados; Leis de Kirchoff; Elementos de circuitos; Circuitos de primeira e segunda ordens; Resposta natural e forçada; Análise nodal e por malhas; Resposta arbitrária; Estado permanente e senoidal; Conceitos de admitância e impedância; Teoria dos grafos; Solução de circuitos por transformada de Laplace; Frequências naturais; Conversão analógico-digital (A/D) e digital-analógico (DFA); Osciladores; Amplificadores; Filtros; Moduladores e demoduladores.

3.2.1.2 Técnicas Digitais

Ementa: Conceitos de sistemas digitais; Sistemas de numeração: bases binárias, octal e hexadecimal; Aritmética binária; Conceitos de códigos: códigos numéricos, redundância e correção de erros; Código de Hamming; Álgebra booleana e teoria de chaveamento; Realização e minimização de funções booleanas e de chaveamento; Portas lógicas; Circuitos combinatórios MSI; Introdução aos circuitos sequenciais; Elementos de memória: fundamentos, bi-estáveis básicos, características temporais; Máquinas sequenciais síncronas e assíncronas: análise, representação, minimização, designação de estados e realização.

3.2.1.3 Projeto Lógico

Ementa: Famílias lógicas; Blocos combinatórios e sequenciais básicos; Conceitos de controle e temporização; Memórias, *gate arrays*, ULAs; Microprogramação.

3.2.1.4 Arquitetura de Computadores

Ementa: Códigos; Aritmética binária; Modelo de Von Neuman; Unidade lógica e aritmética; Unidade de controle; Microprocessadores; Dispositivos e organização de memória; Entrada e saída; Outras arquiteturas.

3.2.1.5 Princípios de Comunicações

Ementa: Análise de sinais; transmissão e filtragem de sinais; Modulação em amplitude, em frequência e em fase; Multiplexação em frequência (FDM); Ruído; Cálculo da razão sinal-ruído; Características da transmissão digital; Representação digital de sinais analógicos: sistemas PCM, DPCM, etc; Técnicas de modulação: transmissão em banda básica e transmissão via rádio; Cálculo de probabilidade de erro.

3.3 Divisão da Matéria em Disciplinas

Em seguida indicamos um conjunto de conteúdos programáticos que recomendamos para a formação de redes num curso de Engenharia de Computação:

Conteúdo 1: Redes de Computadores;

Conteúdo 2: Tecnologias de Redes: Locais, Longa Distância e Sem Fio;

Conteúdo 3: Avaliação de Desempenho de Sistemas.

O elenco de conteúdos programáticos indicados, é um elenco básico de cursos para a graduação. O conteúdo 1 trata dos fundamentos de redes de computadores incluindo teoria e prática (laboratório) enquanto que o conteúdo 2 permite aprofundar e discutir as principais tecnologias de redes de computadores. Esses dois primeiros conteúdos são efetivamente os

conteúdos "essenciais" para a matéria redes de computadores. O conteúdo 3 que trata da avaliação de desempenho de sistemas de uma maneira geral pode ser útil também para outras matérias tais como: Arquitetura de Computadores, Sistemas Operacionais, Banco de Dados e Sistemas Distribuídos.

O total de carga horária mínima sugerida para os conteúdos 1, 2 e 3 é de 210 horas.

Seguem algumas sugestões de conteúdos programáticos em termos de disciplinas optativas:

Conteúdo 4: Automação Industrial;

Conteúdo 5: Controle de Processos;

Conteúdo 6: Projeto de Redes de Computadores;

Conteúdo 7: Cabeação Estruturada;

Conteúdo 8: Projeto de Circuitos Integrados de Aplicação Específica (ASICs);

Conteúdo 9: Sistemas de Telecomunicações;

Conteúdo 10: Processamento Digital de Sinais;

Conteúdo 11: Processamento de Imagens;

Conteúdo 12: Eletrônica Embarcada;

Outros conteúdos.

Segue um detalhamento dos conteúdos programáticos e/ou disciplinas recomendadas para a matéria redes de computadores nos cursos de Engenharia de Computação.

3.3.1 Conteúdo 1 - Redes de Computadores

3.3.1.1 Objetivos

Este conteúdo tem como clientela alunos do quarto ano que estão iniciando os estudos na área de redes de computadores.

O seu objetivo é apresentar aos estudantes uma visão conceitual abrangente da área de redes de computadores. Esta visão deve cobrir adequadamente a visão de modelo, os conceitos de serviços, camadas e protocolos, topologias de rede, aspectos de distribuição da informação.. Além disso deve incluir a parte prática (laboratório) com o objetivo de dar ao aluno a oportunidade de ver na prática como funcionam as redes de computadores tanto do ponto de vista do *hardware* como do *software*.

3.3.1.2 Pré-requisitos

Os pré-requisitos para este conteúdo são basicamente todos os apresentados na subseção 3.2.

3.3.1.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Na introdução deve ser feita uma apresentação de forma abrangente sobre os conceitos básicos de redes, terminologia, topologia, tipos de rede de acordo com a abrangência geográfica, arquitetura, modelos de referência, serviços, camadas e protocolos, modalidades de comutação, etc. A seguir deve ser apresentada a funcionalidade e detalhamento de cada uma das camadas: física, enlace, subcamada de acesso ao meio, rede, transporte e aplicação.

É sugerido a realização de aulas práticas refletindo um equilíbrio entre projetos de *software*, tais como a implementação de aplicativos (servidor Web ou servidor de correio eletrônico) ou de um protocolo de transporte confiável e experimentos de *hardware* tais como experimentos com instalação e configuração de placas, roteadores, etc.

A carga horária sugerida é de, no mínimo, 90 horas de modo a incluir o conteúdo de laboratório dentro da(s) mesma(s) disciplina(s) teórica(s).

3.3.1.4 Livros-Texto Recomendados

Vide subseção 2.3.1.4.

3.3.2 Conteúdo 2 - Tecnologias de Redes: Projetos e Aplicações

3.3.2.1 Objetivos

O objetivo deste conteúdo é apresentar aos estudantes uma visão das alternativas tecnológicas das redes de computadores visando a sua utilização em projetos e desenvolvimentos.

A abordagem das alternativas deve enfatizar o foco pretendido para os egressos do curso envolvendo tópicos como automação industrial, circuitos integrados e microeletrônica, dentre outros. Um foco maior deve ser colocado para telecomunicações.

Globalmente, este conteúdo objetiva uma preparação dos alunos visando o entendimento da operação, projeto e manutenção de equipamentos em redes departamentais, corporativas e metropolitanas utilizadas nas instituições de maneira geral.

3.3.2.2 Pré-requisitos

O pré-requisito desta disciplina é a conceituação básica de redes de computadores (conteúdo 1).

3.3.2.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Tecnologias de acesso - modems, xDSL, RDSI; Padronização IEEE; tecnologia Ethernet; tecnologias de comutação de quadros - *switching*; tecnologia ATM nos contextos locais, metropolitano e de longa-distância; tecnologia *Frame Relay*; tecnologia X.25; tecnologia de redes sem fio; tecnologias metropolitanas e de banda larga – redes ópticas SDH/ SONET, DWDM; redes industriais, CLPs, robôs, automação; ASICs; projetos lógico e físico de redes; equipamentos.

A carga horária sugerida é de 60 horas incluindo aulas expositivas e seminários específicos sobre determinadas tecnologias.

3.3.2.4 Livros-Texto Recomendados

Os livros-texto recomendados para este conteúdo e/ou disciplina são os seguintes:

- Tanenbaum [51]: Esta referência aborda praticamente todos os tópicos do conteúdo mas deve ser complementada com tópicos mais recentes como Ethernet 1000BaseT [9], tecnologia de *switching*, tecnologias de acesso xDSL e outros tópicos.
- Stallings [46]: sobre redes locais e metropolitanas.

- Stallings sobre RDSI-FL, Frame Relay e ATM [45]: Esta referência cobre com detalhes a parte do conteúdo proposto no que toca as tecnologias de redes de longa-distância, SDH/ SONET e algumas tecnologias de acesso.
- Livros sobre redes de alta velocidade, em particular, sobre ATM [13].
- Interconexão com TCP/IP [5].
- Dayem [10]: Esta referência aborda as tecnologias sem fio (*wireless*).
- Redes ópticas: [39][32].

3.3.3 Conteúdo 3: Avaliação de Desempenho de Sistemas

Este conteúdo é igual ao apresentado na subseção 2.3.3 (curso de Ciência da Computação).

3.4 Metodologia de ensino das disciplinas

Além das tradicionais aulas expositivas é fortemente recomendável práticas de laboratório envolvendo o funcionamento de softwares de rede e experimentações com hardware de rede (ver sugestões na subseção 2.3.2).

Além disso trabalhos individuais ou em grupo abordando protocolos e/ou tecnologias de rede específicas com apresentação oral e escrita tendem a facilitar a aprendizagem dos alunos e prover uma contínua atualização das disciplinas.

3.5 Laboratórios – Necessidades

Ver subseção anterior e subseção 2.5).

3.6 Professores – perfil

É recomendável aliar aos conhecimentos teóricos uma boa experiência com o desenvolvimento e/ou operação de redes.

3.7 Sistema de avaliação

Vide subseção 2.7.

4 Redes de Computadores para Cursos de Sistemas de Informação

4.1 Objetivos

O objetivo desta seção é a apresentação de uma proposta genérica (roteiro) que possa servir de base para a elaboração de currículos para os Cursos de Sistemas de Informação abrangendo especificamente as disciplinas direta ou indiretamente vinculadas à área de redes de computadores.

Os cursos de sistema de informação são normalmente caracterizados como sendo cursos que utilizam a computação como atividade meio visando a formação de recursos humanos para automação dos sistemas de informação das organizações.

Em termos práticos, tem-se observado que os cursos de sistemas de informação são opções de formação bastante comuns em faculdades, institutos e instituições de 2º grau que, num determinado momento, desejam participar no mercado de cursos de terceiro grau, entendendo

o termo "participação no mercado" como sendo o desejo de contribuir para a formação profissional de terceiro grau.

Os enfoques específicos adotados nos cursos de sistemas de informação devem ser objeto de consideração e têm um impacto razoável na definição de sua grade curricular.

Globalmente, as ementas das disciplinas da área de redes propostas nas grades curriculares dos cursos deve ser por um lado suficientemente abrangentes e, por outro lado, um pouco focadas na ênfase particular pretendida pela instituição.

4.2 Conhecimentos prévios

Dado o enfoque apresentado para o curso de sistemas de informação, temos que os conhecimentos prévios requeridos para a realização das disciplinas da área de redes de computadores são os seguintes:

- conhecimentos básicos de ciência da computação e
- conhecimentos básicos de matemática discreta.

Do ponto de vista da estruturação da grade curricular, tem-se que as disciplinas de redes discutidas serão cursadas, tipicamente, a partir do 4º semestre ou 2º ano do curso, dependendo de uma organização semestral ou anual.

Em termos de disciplinas ou temática, entende-se os pré-requisitos indicados adiante como um conjunto de conhecimentos recomendados como formação básica para os alunos dos cursos de sistemas de informação.

Neste contexto, os pré-requisitos sugeridos para as disciplinas da área de redes de computadores num curso de sistemas de informação são os seguintes:

Pré-requisitos em ciência da computação:

- Introdução à Ciência da Computação
- Estrutura de Dados
- Sistemas de Computação

Pré-requisitos de matemática:

- Cálculo Diferencial e Integral
- Modelos Probabilísticos

Um outro aspecto importante em termos de formação básica para os alunos dos cursos de sistemas de informação é a convergência entre as áreas de informática e telecomunicações. É um fato comumente aceito pela comunidade científica e acadêmica que as áreas de telecomunicações e informática estão em processo de convergência. Neste contexto, os egressos de um curso de sistemas de informação devem receber um conjunto de informações mínimas que o situem na visão da comunicação de dados como parte inerente do funcionamento e operação das comunicações e das redes de computadores. Assim sendo, recomendamos:

- A criação de uma disciplina específica de introdução às comunicações digitais e comunicação de dados ou
- A inserção dos tópicos da temática "comunicações digitais e comunicação de dados" numa disciplina introdutória de redes de computadores.

Os pré-requisitos sugeridos seguem a sugestão básica de pré-requisitos apresentada em [42] acrescidas de considerações complementares fruto da evolução das tecnologias, do próprio mercado e do foco do curso adotado em particular.

4.3 Conteúdos Programáticos e/ou Disciplinas

Em seguida indicamos um conjunto de conteúdos programáticos que recomendamos para a formação de redes num curso de sistemas de informação.

A "forma" como estes conteúdos são contemplados nas grades curriculares dos programas propostos é certamente flexível e pode ou não assumir as denominações adotadas na recomendação abaixo. Deve ficar claro que o aspecto fundamental que está sendo recomendado neste documento é a cobertura dos tópicos técnicos indicados com liberdade de nomeação de disciplinas segundo:

1. A ênfase adotada na formação dos egressos do programa;
2. A carga horária adotada para as disciplinas do programa;
3. A especialização dos professores e
4. Outras considerações.

Obviamente, o próprio conteúdo programático recomendado também pode ser ampliado ou ajustado segundo a ênfase do curso e outros aspectos específicos da instituição e programa. Está sendo recomendado efetivamente os aspectos considerados "essenciais" para uma formação mínima na área de redes com qualidade.

O elenco de conteúdos programáticos ou **disciplinas** sugeridos para a composição da área de redes de computadores na grade curricular dos cursos de sistemas de informação é o seguinte:

Conteúdo 1: Redes de Computadores

Conteúdo 2: Tecnologias de Redes: Locais, Longa Distância e Sem Fio

Conteúdo 3: Tecnologias TCP/IP e WEB

Conteúdo 4: Programação Distribuída em Redes

Conteúdo 5: Modelagem e Simulação Discreta de Sistemas

O elenco de conteúdos programáticos indicados, é um elenco básico. Como tal, comporta já neste nível uma escolha de ênfase para o curso. Os conteúdos 1 a 3 são recomendados para todas as ênfases propostas e, assim sendo, são efetivamente os "essenciais" para a matéria redes de computadores.

Os conteúdos 4 e 5 são também conteúdos básicos do ponto de vista de formação mas implicam numa opção de ênfase que será complementada pela escolha de conteúdos programáticos e/ou disciplinas complementares e optativas. Em particular, a opção pela implantação do conteúdo 4 como disciplina básica na grade permite uma implantação de ênfase de curso em programação distribuída. Já a implementação do conteúdo 5 como disciplina básica na grade permite uma ênfase do curso em modelagem de redes e sistemas.

O total de carga horária mínima sugerida é de 180 horas.

O elenco de conteúdos programáticos em termos de **disciplinas optativas ou complementares** ainda considerando a matéria redes de computadores é o seguinte:

Conteúdo 6: Comércio Eletrônico - 15 a 30 hs

Conteúdo 7: Gerente de Projetos e Sistemas - 15 a 30 hs

Conteúdo 8: Administração, Gerência e Segurança de Redes - 30 a 60 hs

Conteúdo 9: Sistemas Multimídia e Hipermídia - 15 a 60 hs

Conteúdo 10: Sistemas Distribuídos - 30 a 60 hs

Conteúdo 11: Banco de Dados Distribuídos - 30 a 60 hs

Outros conteúdos

A opção entre as disciplinas complementares sugeridas é uma decorrência da escolha do(s) foco(s) a ser(em) definido(s) para o perfil dos egressos do curso (Gerência de Sistemas, *WEB Design*, Suporte de Redes, Programação Distribuída, etc.). As escolhas de opções são bastante variadas e a idéia desta recomendação é apontar para algumas que consideramos mais relevantes ou que tenham um maior potencial de absorção pelas empresas e instituições, entretanto a efetiva implantação do cursos deve considerar outras opções além das apontadas neste documento.

A título de exemplo, um perfil de curso de sistemas de informação com ênfase no segmento de "Administração e Programação WEB" poderia ter como conteúdo programático e/ou disciplinas complementares ou optativas:

- Sistemas Multimídia e Hipermídia
- Administração, Gerência e Segurança de Redes
- Comércio Eletrônico e
- Gerência de Projetos e Sistemas

além de outros conteúdos que venham especificamente a ser focados no perfil de egressos em particular.

Segue um detalhamento dos conteúdos programáticos e/ou disciplinas recomendadas para a matéria redes de computadores nos cursos de sistemas de informação.

4.3.1 Conteúdo 1 - Redes de Computadores

4.3.1.1 Objetivos

O conteúdo tem como clientela alunos do segundo ou terceiro ano que estão iniciando os estudos na área de redes de computadores.

O objetivo do conteúdo é apresentar aos estudantes uma visão conceitual abrangente da área de redes de computadores. Esta visão deve cobrir adequadamente a visão de modelo, os conceitos de camadas de rede, protocolo de rede, topologias de rede, aspectos de distribuição da informação e a maneira como os softwares de redes são instalados e operam em diferentes ambientes operacionais. O conteúdo deve conceituar todos os níveis de protocolos até o nível das aplicações em rede.

Globalmente, este conteúdo objetiva uma preparação dos alunos visando o detalhamento de tecnologias de rede, protocolos e aplicações distribuídas utilizadas na implantação, operação e manutenção de sistemas de informática em geral.

4.3.1.2 Pré-requisitos

Um pré-requisito deste conteúdo e/ou disciplina introdutória vem a ser os conhecimentos básicos em comunicação de dados. Sugere-se que tal pré-requisito seja tratado através de uma disciplina do tipo "Comunicação de Dados" onde os conceitos básicos de telecomunicações e princípios básicos de engenharia elétrica são abordados ou inclui-se esta temática na própria disciplina.

O conhecimento dos conceitos básicos de estruturas de dados e de uma linguagem de programação é desejável. O conceito básico de sistemas operacionais é igualmente recomendado visando facilitar o entendimento claro da operação dos softwares de rede e a sua instalação e manutenção.

4.3.1.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Conceitos básicos de redes: modelo de rede, camada de rede, protocolo, serviços, arquitetura; noções de endereçamento; tipos de rede: locais, de longa distância e metropolitanas; funcionalidade específica das camadas do software de redes: níveis (1 a 7 – modelo ISO e 1 a 5 – modelo TCP/IP); principais soluções tecnológicas para a camada física; principais tecnologias de redes locais (LAN) e de redes de longa distância (WAN); princípios de roteamento; principais equipamentos de interconexão de redes - repetidores, pontes, roteadores e comportas; funcionalidades básicas dos protocolos de aplicação: correio eletrônico, transferência de arquivos, emulação de terminais, serviços de diretório de redes, suporte à aplicações Web e outros; princípios de segurança e gerência de redes.

Disciplina de 30 hs.

Dependendo do nível de aprofundamento apresentado para o conteúdo proposto, ele poderá ser apresentado em duas disciplinas. Um foco conceitual mais detalhado pode ser uma opção para programas que procurem trabalhar de forma mais abrangente a conceituação em detrimento da visão das alternativas tecnológicas de mercado.

4.3.1.4 Livros-Texto Recomendados

As recomendações para livro-texto deste conteúdo são as seguintes:

- Tanenbaum, *Computer Networks* [51]: Esta referência aborda praticamente todos os tópicos básicos e conceituais do conteúdo. Eventualmente a referência deve ser complementada com tópicos mais recentes encontrados tipicamente via Web.
- . Soares, L. F. G. *et al.*, *Redes de Computadores: das LANs, MANs e WANs às Redes ATM* [43]: Esta referência cobre os princípios básicos da tecnologia ATM e alguns outros tópicos quanto à padronização e tecnologias de redes.
- Kurose, J e Ross, K, *Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet* [23]: Esta é uma referência complementar num estilo Web que se encontra disponível na rede.
- Outras referências num estilo tutorial e "white-paper" (tipicamente, disponíveis via Web) podem ser acrescentadas em função do enfoque adotado para o conteúdo.

4.3.2 Conteúdo 2 - Tecnologias de Redes: Locais, Longa Distância e Sem Fio

4.3.2.1 Objetivos

O conteúdo programático e/ou disciplina tem como clientela alunos com conhecimentos básicos dos princípios operacionais das redes de computadores.

O objetivo do conteúdo é apresentar aos estudantes uma visão das alternativas tecnológicas das redes de computadores visando a sua utilização em projetos, desenvolvimentos, operação, suporte, etc.

A abordagem das alternativas deve cobrir as tecnologias de redes locais, as alternativas tecnológicas para as redes de longa distância, as tecnologias utilizadas em redes metropolitanas e as soluções sem fio. O enfoque utilizado deve ser a visão prática de utilização das tecnologias de rede em projetos de redes, na implantação de sistemas e na visão de como operar e manter tal tipo de infra-estrutura. Dada a contínua evolução tecnológica observada para estas tecnologias, recomenda-se uma abordagem que privilegie o estado da arte e aquelas opções tecnológicas de maior utilização e impacto nos sistemas de redes e telecomunicações.

Recomenda-se que a(s) disciplina(s) implantando o conteúdo proposto faça uma introdução detalhada das alternativas básicas para os protocolos de suporte ao desenvolvimento de aplicações distribuídas.

Globalmente, este conteúdo objetiva uma preparação dos alunos visando o entendimento da operação, projeto e manutenção de redes departamentais, corporativas e metropolitanas utilizadas nas instituições de maneira geral.

4.3.2.2 Pré-requisitos

O pré-requisito desta disciplina é a conceituação básica de redes de computadores.

4.3.2.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Tecnologias de acesso - modems, xDSL, RDSI; Padronização IEEE; tecnologia Ethernet e suas variantes (10base5, 10baseT, 100baseT, 1000baseT outras); tecnologias de comutação de quadros - *switching*; tecnologia ATM nos contextos locais, metropolitano e de longa-distância; tecnologia *Frame Relay*; tecnologia X.25 (revisão); tecnologia de redes sem fio (SST, etc.); tecnologias metropolitanas e de banda larga - SDH/ SONET - introdução; interconexão de tecnologias de rede: funções de bridging e roteamento; aplicações importantes e relevantes sobre tecnologias de rede: voz sobre ATM, voz sobre FR, banco de dados distribuídos e outras; aspectos da qualidade de serviço (QoS) das tecnologias de rede; arquiteturas de rede com presença de mercado: TCP/IP, Netware, SNA e outras; produtos de mercado implementando as tecnologias.

Disciplina de 30 a 60 hs.

4.3.2.4 Livros-Texto Recomendados

Os livros-texto recomendados para este conteúdo e/ou disciplina são os seguintes:

- Tanenbaum, A. S., *Computer Networks* [51]: Esta referência aborda praticamente todos os tópicos do conteúdo mas deve ser complementada com tópicos mais recentes como ethernet 1000baseT, tecnologia de switching, tecnologias de acesso xDSL e outros tópicos.

- Stallings, W., ISDN, *Broadband ISDN with Frame Relay and ATM* [45]: Esta referência cobre com detalhes a parte do conteúdo proposto no que toca as tecnologias de redes de longa-distância, SDH/ SONET e algumas tecnologias de acesso.
- Soares, L. F. G. *et al. Redes de Computadores: das LANs, MANs e WANs às Redes ATM* [43]: Esta referência cobre a tecnologia ATM e alguns outros tópicos quanto à padronização e tecnologias de redes.
- Ginsburg, D., *ATM - Solutions for Enterprise Internetworking* [13]: Esta referência complementa o tópico ATM das referências anteriores.
- Rifaat A. Dayem, *Mobile Data & Wireless LAN Technologies* [10]: Esta referência aborda as tecnologias sem fio (*wireless*).

4.3.3 Conteúdo 3 - Tecnologias TCP/IP e WEB

4.3.3.1 Objetivos

O objetivo do conteúdo é apresentar aos estudantes uma visão detalhada dos protocolos de roteamento, transporte e aplicação com ênfase na tecnologia TCP/IP.

A abordagem recomendada para este conteúdo consiste então numa visão operacional dos protocolos de roteamento, a funcionalidade dos protocolos de transporte e um detalhamento dos protocolos de aplicação incluindo todas as funcionalidades básicas (correio, transferência de arquivos, etc.) num cenário de redes TCP/IP pela sua forte e predominante presença no mercado.

O conteúdo deve aprofundar igualmente os protocolos, serviços e funcionalidade das aplicações WEB como elemento de informação para conteúdos subsequentes do tipo multimídia e comércio eletrônico.

Uma visão conceitual dos aspectos de gerência de redes e segurança de sistemas deve ser apresentado igualmente neste conteúdo.

4.3.3.2 Pré-requisitos

O pré-requisito deste conteúdo é a conceituação básica de redes de computadores.

Algumas noções básicas de tecnologias de rede (nível 2) são necessárias para a introdução dos conceitos de roteamento e, neste sentido, recomenda-se que, no mínimo, este conteúdo seja abordado em paralelo com o conteúdo tratando as tecnologias de rede (conteúdo 2).

4.3.3.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Arquitetura TCP/IP; endereçamento IP; ferramentas para administração e gerência de endereços; roteamento IP - princípios básicos; protocolos de manipulação de tabelas de rotas: RIP, OSPF, BGP e outros; evolução IPv4 para IPv6; equipamentos roteadores - princípios básicos e facilidades; TCP - funcionalidade e operação; interface de programação no TCP - *sockets* e outras; interface de programação de aplicações - API; princípios de programação cliente/ servidor no TCP; protocolos de aplicação da família TCP/IP - FTP, NFS, telnet, correio eletrônico - SMTP, serviço de diretório - DNS, suporte à gerência - SNMP, suporte à Web - HTTP; estratégia de aplicações Web e tecnologias relacionadas - HTML, XML, VRML e outras; princípios de gerência e segurança do IP; princípios de comércio eletrônico.

Disciplina de 60 hs (min).

4.3.3.4 Livros-Texto Recomendados

Os livros-texto recomendados para o conteúdo proposto são os seguintes:

- Tanenbaum, A. S., *Computer Networks* [51]: Esta referência trata o tema TCP/IP sem um aprofundamento maior e, neste sentido, pode ser utilizada como uma referência básica tratando conceitos e operação básica.
- Stevens, W. R., *TCP/IP Illustrated - Vol. 1 - The Protocols* [50]: Esta referência aborda em detalhe todos os aspectos operacionais dos protocolos básicos e protocolos de aplicação do TCP/IP. Esta é a referência principal se o enfoque do conteúdo é no sentido de detalhar o TCP/IP e seus protocolos de aplicação.
- Comer, D., *Internetworking with TCP/IP, - Vols. 1,2 e 3* [5][6][7]: Estes três volumes são, em conjunto, uma referência principal. Estas referências são complementares em relação ao livro do Tanenbaum e abordam os tópicos com um detalhamento menor em relação ao livro do Stevens.
- Perlman, Radia, *Interconnections: Bridges, Routers, Switches, and Internetworking Protocols* [37]: Esta referência contempla em detalhe os aspectos técnicos referentes à função de roteamento, seus protocolos e a comutação de nível 2 (*switching*). Esta é uma referência complementar.

4.3.4 Conteúdo 4 - Programação Distribuída em Redes

4.3.4.1 Objetivos

Este conteúdo tem como clientela alunos com uma formação básica conceitual nas tecnologias de redes e conhecedores dos princípios de programação que desejam utilizar a infra-estrutura de redes como suporte para o desenvolvimento de aplicações distribuídas (no sentido em que "rodam sobre uma estrutura descentralizada de redes").

O objetivo principal deste conteúdo é o aprendizado de técnicas de desenvolvimento de sistemas e/ou programas descentralizados ou distribuídos numa estrutura baseada numa rede de computador. O conteúdo deverá conceituar os problemas e soluções para a distribuição do processamento além de apresentar soluções e implementações para tais problemas em termos de uma linguagem ou estratégia de distribuição. O foco maior deverá ser a programação.

4.3.4.2 Pré-requisitos

Os pré-requisitos para este conteúdo e/ou disciplina são os princípios de programação e os princípios de implantação e operação de uma estrutura de rede de computador (TCP/IP ou outra). Neste sentido, espera-se que o aluno tenha conhecimentos de programação numa linguagem tipo C ou, opcionalmente, uma outra linguagem mais orientada para o foco do curso (VB, Delphi, outras). Além disso, o aluno deve ter conhecimentos sobre uma solução de rede para a qual irá desenvolver aplicações.

4.3.4.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Desenvolvimento de aplicações distribuídas - conceitos; paradigmas OO e procedural; linguagens de programação - C, C++, JAVA e outras; programação JAVA - aspectos

semânticos e sintáticos; arquitetura Java; desenvolvimento de programas e sistemas em Java; Java versus C++; CORBA - princípios e aplicações.

Disciplina de 30 a 60 hs.

4.3.4.4 Livros-Texto Recomendados

As recomendações são as seguintes:

- Cay S. Hostmann and Gery Cornell, *Core Java 2* [17]: Esta referência aborda a programação Java..
- John A. Pew e Stephen G. Pew, *Instant Java* [38]: Esta referência aborda a programação Java.
- Robert Orfali and Dan Harkey, *Instant CORBA* [36]: Esta referência aborda os princípios básicos do CORBA.

4.3.5 Conteúdo 5 - Modelagem e Simulação Discreta de Sistemas

Vide Conteúdo de Avaliação e Desempenho de Sistemas na subseção 2.3.3. Para os alunos de sistemas de informação este conteúdo ou disciplina deve ter um caráter mais prático no sentido que deve focar em sistemas e aplicações comumente utilizados nas instituições.

4.3.6 Conteúdo 6: Administração, Gerência e Segurança de Redes

4.3.6.1 Objetivos

O objetivo deste conteúdo ou disciplina é o de apresentar para os alunos os conceitos, protocolos, métodos e ferramentas utilizados para a administração e a gerência de uma rede de computadores. Além disso, a segurança de redes deve ser abordada através da apresentação da identificação dos problemas de segurança e das possíveis soluções para estes problemas. Do ponto de vista da gerência da rede, a gerência SNMP deve ser o foco principal. No que toca a administração de redes propõe-se uma maior atenção para a gerência em ambiente TCP/IP.

4.3.6.2 Pré-requisitos

Os pré-requisitos necessário para este conteúdo ou disciplina são os conhecimentos das tecnologias de rede (conteúdo 2) e conhecimentos sobre TCP/IP (conteúdo 3).

4.3.6.3 Conteúdo Programático da Disciplina

O conteúdo programático proposto é o seguinte:

Arquitetura de gerência de redes de computadores, grupos funcionais, gerência SNMP, protocolos, MIB, RMON, padronização, arquitetura física e arquitetura informacional, gerência OSI - princípios, gerência TMN - princípios; gerência e administração de redes TCP/IP, ferramentas de administração de redes, serviços e aplicações para a administração de redes, conceitos básicos de segurança; gerência de riscos; ferramentas básicas de segurança; criptografia; *firewall*; kerberos; SSL; segurança de transações - SET; segurança de correio - PEM, PGP; gerenciamento de segurança.

Disciplina de 30 a 60 horas.

4.3.6.4 Livros-Texto Recomendados

Os livros-texto recomendados para este conteúdo ou disciplina são os seguintes:

- Tanenbaum, A. S., *Computer Networks* [51]: Esta referência trata os tópicos gerência SNMP e segurança sem aprofundamento e, neste sentido, pode ser utilizada como uma referência introdutória tratando conceitos e operação básica.
- Stallings, W., *SNMP, SNMPv2, SNMPv3, and RMON 1 and 2* [48]: Esta referência trata da gerência SNMP incluindo a gerência OSI.
- Hunt, Craig, *TCP/IP Network Administration* [18]: Esta referência trata da administração de redes TCP/IP
- Comer, D., *Internetworking with TCP/IP, - Vols. 1 e 2* [5][6]: Estas referências são também para a gerência SNMP.
- Stallings, W. , *Network Security Essentials - Applications and Standards* [47]: Esta referência aborda os tópicos relativos à segurança de redes e sistemas.

4.3.7 Conteúdo 7: Sistemas Multimídia e Hiperídia

4.3.7.1 Objetivos

Os objetivos básicos deste conteúdo ou disciplina são a apresentação dos fundamentos da tecnologia multimídia e hiperídia. Deve-se abordar as questões relevantes à construção de aplicações multimídia e de sistemas e redes capazes de suportá-las. Além disso, deve-se abordar as questões relevantes à arquitetura, especificação e construção de hiperdocumentos estruturados para a WWW. O aluno deverá estar capacitado para desenvolver aplicações hiperídia na Web que explorem o acesso ao conteúdo e à estrutura dos hiperdocumentos

4.3.7.2 .Pré-requisitos

Os pré-requisitos para este conteúdo ou disciplina são os princípios da arquitetura TCP/IP (conteúdo 3).

4.3.7.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Motivação, objetivos e fundamentos da tecnologia multimídia, características, representação, codificação e compressão de dados de mídia discreta e mídia contínua., aspectos de sistemas operacionais multimídia, objetos multimídia: composição espacial e temporal, sistemas e aplicações hiperídia, hiperdocumentos, arquitetura de sistemas hiperídia, linguagens: HTML; XML; SGML; RDF, aplicações.

Disciplina de 15 a 60 horas.

4.3.7.4 Livros-Texto Recomendados

- Steinmetz, R. e Nahrstedt, K., *Multimedia; Computing, Communications & Applications* [49]: Esta referência aborda os sistemas multimídia.
- Nielsen, J., *Multimedia and Hypertext : The Internet and Beyond* [35]: Esta referência aborda também os sistemas hiperídia.
- Harold, E. J., *XML Bible* [16]: Esta referência aborda o padrão XML em particular.

4.3.8 Conteúdo 8: Sistemas Distribuídos

4.3.8.1 Objetivos

O objetivo deste conteúdo ou disciplina é a apresentação de estratégias de distribuição para aplicações em estruturas de redes de computadores. Aborda-se no conteúdo os problemas básicos de distribuição, a distribuição de objetos e a arquitetura CORBA como uma alternativa de implantação para a distribuição de forma padronizada. Outras soluções de distribuição proprietárias ou específicas podem ser abordadas de forma complementar. O enfoque do conteúdo deve estar nas soluções para a implantação de sistemas distribuídos.

4.3.8.2 Pré-requisitos

Os pré-requisitos para este conteúdo ou disciplina são os conhecimentos básicos de redes de computadores e noções de programação.

4.3.8.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Aspectos técnicos para a computação distribuída, padrões de comunicação; tecnologias básicas da computação distribuída; RPC e modelo cliente/servidor; tolerância a falhas; comunicação em grupo; sincronismo; modelo transacional; distribuição de objetos, modelagem, arquitetura CORBA - IDL, ORB; ferramentas para construção de aplicações distribuídas.

Disciplina de 15 a 60 horas.

4.3.8.4 Livros-Texto Recomendados

- Tanenbaum, A.S., *Distributed Operating Systems* [52]: Esta referência aborda os aspectos básicos da distribuição.
- Dan Harkey and Robert Orfali, *Client/Server Programming with Java and CORBA* [15]: Esta referência aborda a programação Java/CORBA.
- Robert Orfali and Dan Harkey, *Instant CORBA* [36]: Esta referência aborda os princípios do CORBA.

4.3.9 Conteúdo 9: Comércio Eletrônico

4.3.9.1 Objetivos

O objetivo deste conteúdo ou disciplina é a introdução técnica dos princípios de implantação, operação, manutenção, administração e segurança para as aplicações de comércio eletrônico ou aplicações transacionais baseadas na estrutura da internet/ web.

Este conteúdo deverá detalhar os recursos técnicos necessários para a montagem de uma aplicação de comércio eletrônico indicando suas componentes, relacionamentos e fazer referência a aspectos inerentes ao projeto como, por exemplo, princípios básicos de marketing neste contexto.

4.3.9.2 Pré-requisitos

Os pré-requisitos deste conteúdo ou disciplina são os conhecimentos da operação de uma rede TCP/IP (conteúdo 3) e, opcionalmente, conhecimentos de segurança de redes (conteúdo 6).

4.3.9.3 Conteúdo Programático da Disciplina

O conteúdo programático proposto é o seguinte:

Comércio eletrônico - princípios e impactos em serviços, marketing, mercado e concorrência, componentes técnicos para uma solução de comércio eletrônico, hardware, rede TCP/IP, suporte HTTP, HTML, XML, VRML e outros protocolos de suporte; aplicações Web, servidores de banco de dados, aplicações específicas de comércio: *shopping car*, diretórios, outras; segurança das transações, segurança dos dados, segurança dos sistemas; planejamento e dimensionamento da aplicação - planejamento de capacidade, servidores, memória, comunicações; *marketing* na era digital, desenvolvimento de *web-sites* competitivos.

Disciplina de 15 a 30 horas.

4.3.9.4 Livros-Texto Recomendados

- Peter Varhol, *Implementing a World Wide Web Site for Your Organization* [55]: Esta referência aborda aspectos estratégicos relativos à implantação do comércio eletrônico.
- Anita Rosen, *The E-Commerce Question and Answer Book: A Survival Guide for Business Managers* [40]: Esta referência aborda aspectos estratégicos relativos à implantação do comércio eletrônico.
- Simson Garfinkel and Gene Spafford, *Web Security & Commerce* [12]: Esta referência trata dos aspectos de segurança envolvidos na implantação de soluções de comércio eletrônico.
- Daniel A. Menasce and Virgilio A. F. Almeida, *Scaling for E-Business : Technologies, Models, Performance, and Capacity Planning* [29]: Esta referência aborda os aspectos de planejamento de capacidade de equipamentos e recursos necessários na implantação de uma solução de comércio eletrônico.
- Noel Jerke and Don Kiely, *Visual Basic Developer's Guide to E-Commerce with ASP and SQL Server* [20]: Esta referência apresenta uma solução tecnológica envolvendo os vários componentes da solução de comércio eletrônico alinhado com um fornecedor específico.

4.3.10 Conteúdo 10: Gerente de Projetos e Sistemas

4.3.10.1 Objetivos

O objetivo deste conteúdo ou disciplina é apresentar as técnicas e metodologias para o planejamento, controle e desenvolvimento de projetos de sistemas. As técnicas discutidas melhoram a produtividade e a qualidade de gerência de projetos e tornam o trabalho em equipe mais produtivo e eficaz.

Alguns dos aspectos a serem abordados no conteúdo são os estilos de gerência, os problemas de comunicação, a motivação pessoal, as técnicas de gerência de tempo, a gerência de conflitos e a tomada de decisões.

4.3.10.2 Pré-requisitos

Este conteúdo não tem pré-requisito explícito, sendo porém recomendado que o mesmo seja tratado durante a fase mais conclusiva do curso em questão.

4.3.10.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Ciclo de vida e fases de desenvolvimento do projeto; metodologias de desenvolvimento de projetos; produtividade; qualidade; técnicas de gerência do tempo; relacionamento; trabalho em equipe; técnicas de gerência de conflitos; tomada de decisões; controle de mudanças; elaboração de propostas de projetos; projetos com qualidade.

Disciplina de 15 a 30 horas.

4.3.11 Conteúdo 11: Banco de Dados Distribuídos

Consultar o documento referente à matéria banco de dados. As redes de computadores são um mero recurso de distribuição no que toca esta solução técnica específica.

4.4 Metodologia de ensino das disciplinas

Nenhuma recomendação específica para a metodologia de ensino.

4.5 Laboratórios - Necessidades

A necessidade de laboratórios para a matéria redes de computadores pode ser vista como segue:

- Necessidade de experimentação com tecnologias de rede de forte presença nas empresas e instituições e
- Necessidade de experimentação para a gerência e administração de redes.

De maneira geral sugere-se, no mínimo, a inserção de práticas de laboratório para os seguintes conteúdos:

- Tecnologias TCP/IP e WEB
- Programação Distribuída em Redes

Em termos de necessidades de equipamentos para os laboratórios as métricas de qualidade de ensino da CEEInf [4] devem ser observadas.

4.6 Professores - perfil

Os professores de um curso de Sistemas de Informação devem preferencialmente ter nível de doutor sendo entretanto aceitável mestres ou especialistas com renomada experiência profissional na sua área de atuação dada a conotação prática atribuída a este tipo de curso.

As métricas de qualidade e recomendações da CEEInf (Comissão de Especialista de Ensino de Computação e Informática) definem uma quantificação adequada para a qualificação do corpo docente em termos de números de doutores, mestres e especialistas e devem ser levadas em conta quando da formação do quadro de professores do curso.

4.7 Sistema de avaliação

Num curso de sistemas de informação sugere-se que o sistema de avaliação utilizado possa fazer uso de recursos adicionais além dos tradicionais exames com provas. Sugere-se a utilização de outros mecanismos complementares do tipo:

- Projeto de curso
- Seminários

- Monografias
- Trabalhos de pesquisa
- Levantamentos de mercado
- Outros

Tais mecanismos são sugeridos como forma de melhor testar a capacitação do aluno na execução de atividades práticas e outras mais próximas do seus futuros compromissos profissionais.

5 Redes de Computadores para Cursos de Licenciatura em Computação

5.1 Objetivos

Um curso de Licenciatura em Computação deve formar educadores para o ensino médio para escolas não técnicas. Para escolas técnicas é desejável que o educador tenha sido formado em um Bacharelado em Ciência da Computação ou num curso de Engenharia da Computação. Portanto, ao excluirmos os futuros professores de escolas técnicas, o conhecimento a ser adquirido sobre redes de computadores deve ser o mais generalista possível focando nas características gerais de funcionamento das redes de pacotes, redes locais, protocolos Internet e sobretudo nas aplicações tradicionais (correio eletrônico e Web) e multimídia.

5.2 Conhecimentos prévios

Dado o enfoque apresentado para o curso de licenciatura em computação, o único conhecimento prévio para a realização de disciplinas da matéria redes de computadores é o de conhecimentos básicos em ciência da computação. Em particular, conhecimentos básicos sobre os sistemas de computação (arquitetura e sistemas operacionais) e estruturas de dados e linguagens de programação.

5.3 Divisão da Matéria em Disciplinas (Conteúdos)

Indicamos abaixo um conjunto de conteúdos programáticos que recomendamos para a formação de redes num curso de licenciatura em computação:

Conteúdo 1: Introdução às Redes de Computadores - 45 a 60 horas;

Conteúdo 2: Programação para a Web - 45 a 60 horas; e

Conteúdo 3: Sistemas Multimídia e Hipermídia (15 horas).

Os conteúdos básicos são os 1 e 2, sendo que o 3 pode ser apresentado de forma resumida dentro de uma disciplina que cubra o conteúdo 1 acima.

Segue um detalhamento dos conteúdos programáticos e/ou disciplinas recomendadas para a matéria redes de computadores nos cursos de licenciatura em computação.

5.3.1 Conteúdo 1: Introdução às Redes de Computadores

5.3.1.1 Objetivos

O aluno deverá ser introduzido a partir da sua experiência concreta sobre as características gerais de funcionamento das redes de pacotes, redes locais, protocolos Internet e de suas aplicações tradicionais. O foco deverá estar concentrado nos conceitos básicos e na funcionalidade dos diversos equipamentos, camadas e protocolos

5.3.1.2 Pré-requisitos

Conhecimentos básicos sobre os sistemas de computação (arquitetura e sistemas operacionais) e estruturas de dados e linguagens de programação.

5.3.1.3 Conteúdo Programático da Disciplina

Na introdução deve ser feita uma apresentação de forma abrangente sobre os conceitos básicos de redes, terminologia, topologia, tipos de rede de acordo com a abrangência geográfica, arquitetura, modelos de referência, serviços, qualidade de serviço, camadas e protocolos, modalidades de comutação, etc. O foco deve estar concentrado sobre o tipo de rede mais popular no momento, atualmente o foco deveria ser sobre os serviços e protocolos para a Internet.

A seguir deve ser apresentada a funcionalidade de cada uma das camadas: física, enlace, subcamada de acesso ao meio, rede, transporte e aplicação. A abordagem adotada deve ser *top-down*, isto é, das aplicações à camada física.

5.3.1.4 Livros-Texto Recomendados

Podem ser utilizados textos genéricos como os de Kurose [23], Tanenbaum [51] e Soares [43] com seleção do material a ser apresentado, ou algum texto mais superficial.

Ainda como material complementar podem ser utilizados materiais instrucionais de fabricantes tais como o Netprep da 3Com em parceria com a WestNet e o Cisco Networking Academy.

5.3.1.5 Laboratório

Para o curso de licenciatura em computação deveria haver um equilíbrio entre projetos de *software*, tais como a implementação de aplicativos (servidor Web ou servidor de correio eletrônico) e experimentos de *hardware* tais como a instalação e configuração de placas, roteadores, etc., dado que muitos destes alunos além de ensinarem redes poderão estar envolvidos com o funcionamento dos laboratórios de suas escolas.

5.3.2 Conteúdo 2: Programação para a Web

Disciplina equivalente ao Conteúdo 4 do curso de Sistemas de Informação (subseção 4.3.4).

5.3.3 Conteúdo 3: Sistemas Multimídia e Hiperídia

Disciplina equivalente ao Conteúdo 7 do curso de Ciência da Computação (subseção 2.3.9).

5.4 Metodologia de ensino das disciplinas

A metodologia de ensino é basicamente a de aulas teóricas apresentando o conteúdo das mesmas. Nos laboratórios deverão ser explorados aspectos mais práticos envolvendo a instalação de placas de rede, configuração das máquinas e roteamento, além do desenvolvimento de um aplicativo.

5.5 Laboratórios - Necessidades

Dependendo dos experimentos a serem realizados, o ideal seria termos equipamentos de rede (*bridges* e roteadores) disponíveis para serem configurados e gerenciados livremente pelos alunos, sem fazer parte da rede de produção da instituição. Onde isto não for possível, podem ser usadas máquinas com diversas placas de rede que sejam configuradas para atuar como roteadores.

Para os trabalhos de programação de aplicativos e de protocolos podem ser utilizados o Linux e seus compiladores associados.

5.6 Professores - perfil

Para o curso de licenciatura em computação é recomendado que todos os professores sejam pelo menos mestres com uma vivência prática de redes, mas sem a necessidade do desenvolvimento de pesquisa na área.

5.7 Sistema de avaliação

O aluno deve ser cobrado em avaliações escritas sobre os conceitos básicos de redes, devendo ser avaliado também com base em trabalhos práticos e eventuais seminários realizados.

6 Conclusões

Neste artigo foi apresentada uma proposta genérica de plano pedagógico para a matéria Redes de Computadores para cursos de graduação da área de computação e informática, levando em conta as seguintes categorias de cursos de computação: Cursos de Bacharelado em Ciência da Computação, Cursos de Engenharia de Computação, Cursos de Bacharelado em Sistemas de Informação e Licenciatura em Computação.

A proposta apresentada neste documento representa a opinião atual (junho de 2000) dos autores. Os autores se propõem a manter na página: <http://www.nuperc.unifacs.br/ensinoderedes> uma versão atualizada deste artigo assim como ponteiros para outras páginas e interesse. A versão atualizada refletirá os comentários e as contribuições de outros membros da comunidade a serem consultados até mesmo antes da realização efetiva do II Curso de Qualidade de Cursos de graduação da Área de Computação e Informática, cujas contribuições agradecemos antecipadamente.

7 Agradecimentos

Queremos agradecer a todos os colegas que nos forneceram subsídios para a elaboração desta proposta: Jacques Sauv  (UFPB), Jean-Marie Farines (UFSC), José Ferreira de Rezende (UFRJ), Luis Fernando Meirelles da UCPel [27], Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho (USP). Eles não são responsáveis por eventuais falhas neste texto.

Queremos também agradecer antecipadamente a todos os que contribuirão com suas sugestões para que este plano reflita o mais possível a visão de toda a comunidade de ensino e pesquisa em redes de computadores.

8 Bibliografia

- [1] Albitz, P. e Liu, C., *DNS and BIND*. 3rd. edition, O'Reilly & Associates, 1998.
- [2] Breslau, L. *et al.*, Advances in Network Simulation. *IEEE Computer*, p. 59-67, May 2000.
- [3] Carmo, R. *et al.*, Performance/Availability Modeling with the TANGRAM-II Modeling Environment. *Performance Evaluation*. v.33, n.1, p.45-65, June. 1998.
- [4] Comissão de Especialistas de Ensino de Computação e Informática - CEEInf, *Diretrizes Curriculares de Cursos da Área de Computação e Informática*. 1999.
- [5] Comer, D., *Internetworking with TCP/IP*, - Vol. 1 - Principles, Protocols and Architectures, 4th Edition, Prentice-Hall, 2000.
- [6] Comer, D., *Internetworking with TCP/IP*, - Vol. 2 - Design, Implementation and Internals, Prentice-Hall, 3rd Edition, 1998.
- [7] Comer, D., *Internetworking with TCP/IP*, - Vol. 3 - Client-Server Programming and Applications, Prentice-Hall, 1997.
- [8] Costales, B. e Allman, E., *Sendmail*. 2nd edition, O'Reilly & Associates, 1997.
- [9] Cunningham, D. G. e Lane, W. G., *Gigabit Ethernet Networking*. Macmillan , Indianápolis, 1999.
- [10] Dayem, R. A., *Mobile Data & Wireless LAN Technologies*, Prentice-Hall, 1997.
- [11] Feit, S., *TCP/IP*. McGraw-Hill, second edition, 1996.
- [12] Garfinkel, Simson and Spafford, Gene, *Web Security & Commerce*, O'Reilly Nutshell, 1997.
- [13] Ginsburg, D., *ATM - Solutions for Enterprise Internetworking*, 2nd Edition, Addison-Wesley, 1998.
- [14] Gunther, N., *The Practical Performance Analyst*. McGraw-Hill, 1998.
- [15] Harkey, D. and Orfali, R., *Client/Server Programming with Java and CORBA*, Second Edition, John Wiley & Sons, 1998.
- [16] Harold, E. J., *XML Bible*, IDG Books Worldwide, 1999.
- [17] Hostmann, C. S. and Cornell, G., *Core Java 2* , Volume 1: Fundamentals, Java Series - SUN, 1998.
- [18] Hunt, C., *TCP/IP Network Administration*, 2nd Edition, O'Reilly & Associates, 1998.
- [19] Jain, R. *The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation and Modeling*. John Wiley & Sons, 1991.
- [20] Jerke, N. and Kiely, D., *Visual Basic Developer's Guide to E-Commerce with ASP and SQL Server*, Sybex, 2000.
- [21] Keshav, S., *An Engineering Approach to Computer Networking*, Addison Wesley, 1997.
- [22] Kirch, O., *Linux Network Administrator's Guide*. O'Reilly & Associates, 1^a ed., 1995.
- [23] Kurose, J e Ross, K, *Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet*, Addison-Wesley, 2000. Disponível em <http://www.seas.upenn.edu/~ross/book/Contents.htm>
- [24] Kleinrock, L., *Queueing Systems*. vol. 1. John Wiley, 1976.
- [25] MacDougall, M. H. *Simulating Computer Systems*. MIT Press, 1987.
- [26] *Maximum Security: A Hacker's Guide to Protecting Your Internet Site and Network*, 2^a ed.; Sams, 1998.
- [27] Meirelles, L.F.T. e Belomo Filho, J.A., *Redes de Computadores na Grade Curricular dos Cursos de Informática da UCPel*. Disponível em <http://redes.ucpel.tche.br/ensino/grad.html>.
- [28] Menascé, D. e Almeida, V., *Capacity Planning for WEB Performance: Metrics, Models, & Methods*. Prentice-Hall, 1998.

- [29] Menascé, D. A. and Almeida, V. A. F., *Scaling for E-Business: Technologies, Models, Performance, and Capacity Planning*, Prentice-Hall, 2000.
- [30] Minasi, M., *Mastering Windows NT Server 4*. 6^a ed., Sybex, 1999.
- [31] Minoli, D e Minoli, E., *Delivering Voice over frame Relay and ATM*. John Wiley, 1998.
- [32] Mukherjee, B., *Optical Communications Networks*. McGraw-Hill, New York, 1997.
- [33] Murray, J. D., *Windows NT SNMP: Simple Network Management Protocol*. O'Reilly & Associates, 1998.
- [34] Nemeth, E. et al., *Unix System Administration Handbook*. 3rd. edition, Prentice Hall, 2000.
- [35] Nielsen, J., *Multimedia and Hypertext : The Internet and Beyond, Ap Professional*, 1995.
- [36] Orfali, R. and Harkey,D., *Instant CORBA*, John Wiley, 1997.
- [37] Perlman, R., *Interconnections: Bridges, Routers, Switches, and Internetworking Protocols*, Addison-Wesley, 2nd Edition, 1999.
- [38] Pew, J. A. and Pew, S.G., *Instant Java, 3rd edition*, Prentice Hall, 1998.
- [39] Ramaswani, R. e Sivarajan, K. – *Optical Networks: a practical perspective*. Morgan Kaufmann, São Francisco, 1998.
- [40] Rosen, A., *The E-Commerce Question and Answer Book: A Survival Guide for Business Managers*, Amacom, 1999.
- [41] Schneier, B., *Applied Cryptography: Protocols, Algorithms and Source Code in C*. John Wiley, 2nd Ver. ed., 1995.
- [42] Soares, L. F. G. e Monteiro, J. A. S., O Ensino na Área de Redes de Computadores. *In: Anais do II Workshop sobre Educação em Informática*, vol. II, Caxambu, p. 75-93, 1994.
- [43] Soares, L. F. G. et al. *Redes de Computadores: das LANs, MANs e WANs às Redes ATM*. Campus, 1995.
- [44] Stallings, W., *Data and Computer Communications*. Prentice-Hall, 6^a edição, 1999.
- [45] Stallings, W., *ISDN, Broadband ISDN with Frame Relay and ATM, Fourth Edition*, Prentice-Hall, 1999.
- [46] Stallings, W., *Local and Metropolitan Area Networks*. 6ed., Prentice-Hall, 2000.
- [47] Stallings, W., *Network Security Essentials - Applications and Standards*, Prentice-Hall, 1999.
- [48] Stallings, W., *SNMP, SNMPv2, SNMPv3, and RMON 1 and 2* , Addison-Wesley, 3^a ed., 1999.
- [49] Steinmetz, R. e Nahrstedt, K., *Multimedia; Computing, Communications & Applications*, Prentice Hall, 1995.
- [50] Stevens, W. R., *TCP/IP Illustrated - Vol. 1 - The Protocols*, 4th Edition, Addison-Wesley, 1994.
- [51] Tanenbaum, A. S., *Computer Networks, 3rd Edition*, Prentice-Hall, 1996.
- [52] Tanenbaum, A.S., *Distributed Operating Systems*, Prentice-Hall, Inc., 1994.
- [53] Tanenbaum, A. S., *Redes de Computadores, Tradução da 3a. Edição*, Campus, 1997.
- [54] Trivedi, K. S., *Probability & Statistics with Reliability, Queuing, and Computer Science Applications*. Prentice-Hall, 1982.
- [55] Varhol, P., *Implementing a World Wide Web Site for Your Organization*, Computer Technology Research Corporation, 1996.