

## **APRENDIZADO DE REDE DE PACOTES ATRAVÉS DE LABORATÓRIO COM ANALISADOR DE PROTOCOLOS**

**Fabiano Zaruch Chinasso** – fabiano.chinasso@unicenp.edu.br

UNICENP – Centro Universitário Positivo

Endereço: Rua Prof. Pedro Viriato Parigot de Souza, 5300 – Campo Comprido

81280-330 – Curitiba – Paraná

***Resumo:** O aprendizado de rede de computadores exige a abstração do aluno sobre a arquitetura de protocolos utilizada, muitas vezes sem a possibilidade de experimentação que comprove a aplicabilidade e funcionalidade dos diversos elementos que compõem cada protocolo, já que estes são representações lógicas dos diversos componentes da rede. O objetivo deste trabalho é apresentar o uso de ferramentas em laboratório capazes de proporcionar ao aluno esta experimentação, além de fornecer um método de análise da rede que é fundamental para a investigação de falhas e depuração de projetos de redes, levando-se em conta a atuação do futuro engenheiro no mercado de telecomunicações. O projeto apresentará a estrutura mínima necessária ao laboratório, propostas de atividades a serem realizadas, além de relacionar a importância destas atividades na futura atuação profissional dos alunos.*

***Palavras-chave:** Sistemas de Telecomunicações, Protocolos de rede, Laboratório*

### **1 INTRODUÇÃO**

A disciplina de Sistemas de Telecomunicações do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Positivo – UnicenP ocupa-se com diversos aspectos relacionados com as telecomunicações, temas como a Teoria de Informação, Comunicação Ópticas, Rádio Enlaces e Teoremas de Amostragem são devidamente abordados para fornecer ao aluno as ferramentas básicas da Engenharia de Telecomunicações.

Outro tópico, não menos importante, que é abordado na disciplina é a Arquitetura de Redes de Computadores. Assim, modelos de referência, como o modelo OSI regulamentado pela ISO (TANEMBAUM, 2003) e o modelo TCP/IP (COMER, 1996), principal padrão em uso no mercado, são focos do estudo na disciplina, de forma a dar capacitação ao aluno sobre funcionamento e aplicação destas redes em sistemas reais de telecomunicações. Desta forma devem ser abordados não só os aspectos relacionados a comunicação de dados como, também o emprego destas arquiteturas para telecomunicações de voz e imagem, uma vez que a criação de redes convergentes tem sido o principal foco de esforço de engenheiros e empresas ligadas ao ramo das telecomunicações nos últimos anos (Miller, 2002), considerando as áreas de telefonia fixa e móvel, televisão a cabo e da própria Internet.

Para a criação destas redes convergentes tornou-se necessário a criação de famílias de protocolos capazes de cobrir as necessidades de diversos tipos de aplicações que envolvem dados e outros tipos de mídias. Estas famílias de protocolos são apresentados como uma

arquitetura dividida em camadas como é apresentado na Figura 1, onde cada camada desempenha um conjunto de funções específicas dentro da rede (TANEMBAUM, 2003).

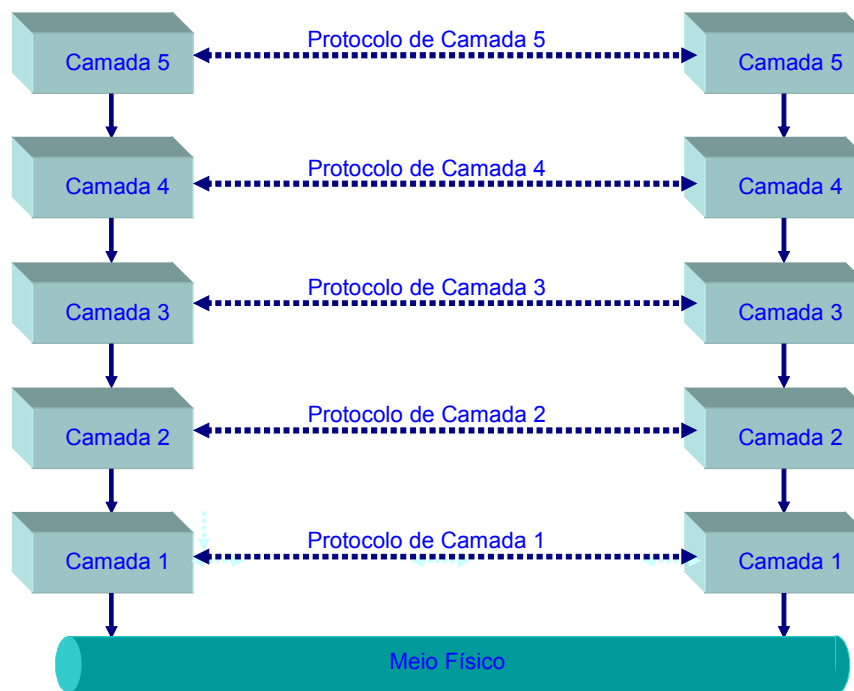


Figura 1 – Arquitetura de protocolos

De maneira geral estas camadas são apresentados aos estudantes como entidades virtuais que realizam as funções necessárias ao funcionamento da rede, mas prevalecendo o aspecto teórico, não permitindo uma visão dinâmica e real do que realmente acontece e de como é implementada esta função dentro de um sistema eletrônico, como um micro-computador ou outro equipamento para comunicação digital.

Para cada conjunto de funções dentro da rede é exigida a implementação de um protocolo, que de maneira geral constitui-se de uma seqüência de bytes implementada em cada camada da arquitetura de rede, esta seqüência de bytes denomina-se cabeçalho. Estes cabeçalhos são trocados, entre os terminais de origem e destino, para serem processados por um programa ou rotina presente em cada terminal como é mostrado na Figura 2.

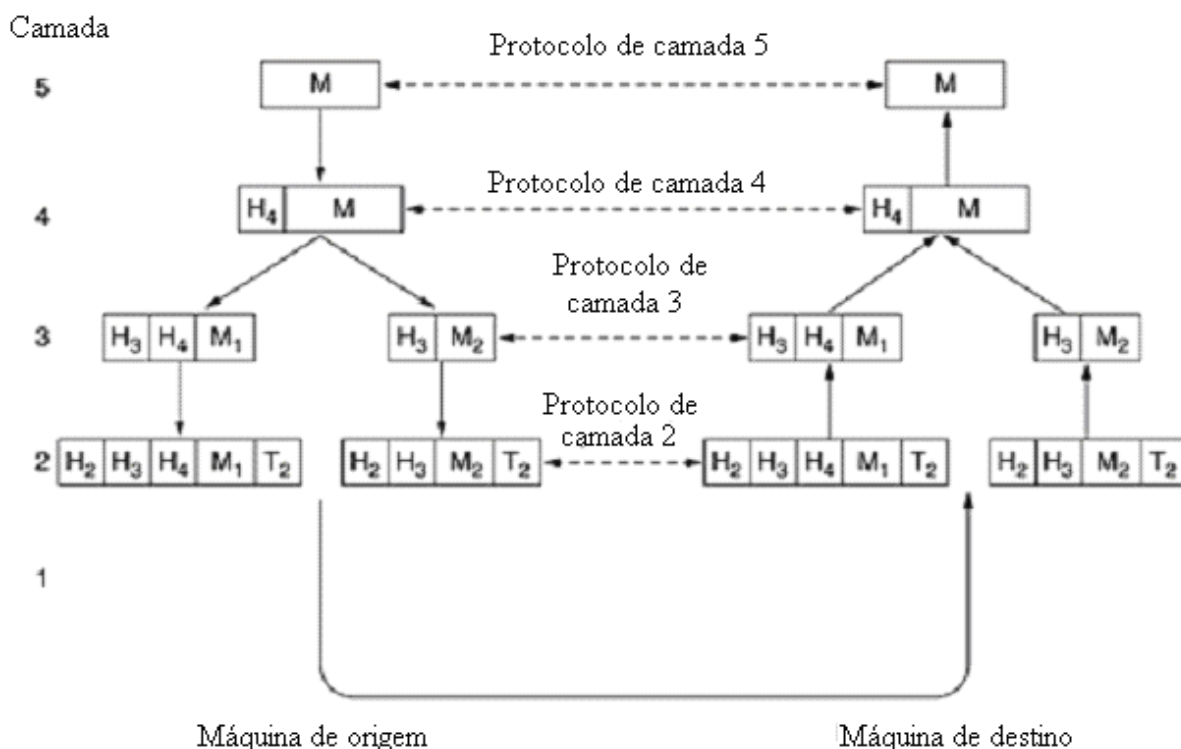


Figura 2 – Cabeçalhos num protocolo (TANEMBAUM, 2003)

O objetivo deste trabalho é a apresentar um ambiente de laboratório e um conjunto de práticas que permitam ao aluno observar o funcionamento dinâmico destes protocolos, contribuindo para a compreensão efetiva das redes de computadores, que quando estudadas através de uma abordagem meramente teórica, permite apenas a compreensão da rede como uma entidade estática, o que é bastante diferente de sua real estrutura.

## 2 O AMBIENTE DE LABORATÓRIO

O foco principal do estudo de redes de computadores na disciplina de Sistemas de Telecomunicações é a arquitetura TCP/IP, tendo em vista a atual tendência de universalização do uso desta família de protocolos para os diversos tipos de redes de telecomunicação, além do constante crescimento da Internet como a principal rede de interligação dos computadores de uso pessoal no planeta.

A implementação de uma rede baseada nesta arquitetura de rede exige em princípio a escolha de uma tecnologia para interconexão de computadores de maneira a constituir redes locais. Para cobrir este aspecto foram utilizados *Switches* (comutadores) e placas de rede compatíveis com o padrão IEEE 802.3 (SPURGEON, 2000), em virtude de sua alta utilização no mercado e facilidade de instalação.

Outra parte importante que foi definida é o sistema operacional que deveria ser utilizado nos computadores. A escolha foi a utilização de um sistema com código aberto como o Linux, que garantiu um compromisso com os seguintes aspectos:

- Flexibilidade de configuração;
- Capacidade de utilização dos computadores como roteadores de rede;
- Disponibilidade de programas para implantação de serviços na rede;
- Disponibilidade de ferramentas de análise e monitoramento da rede;
- Suporte de desenvolvimento facilitado por ferramentas *open source*;
- Baixo custo de implantação.

Além destes equipamentos, tidos como básicos para a implementação da rede foram utilizados roteadores e equipamentos multiplex para possibilitar a implementação de uma rede WAN (Wide Area Network) que permitisse ao aluno a experimentação sobre um sistema completo, utilizado na implementação de uma rede de computadores em grandes áreas de abrangência. A Figura 3 apresenta o diagrama de conexão desta rede.

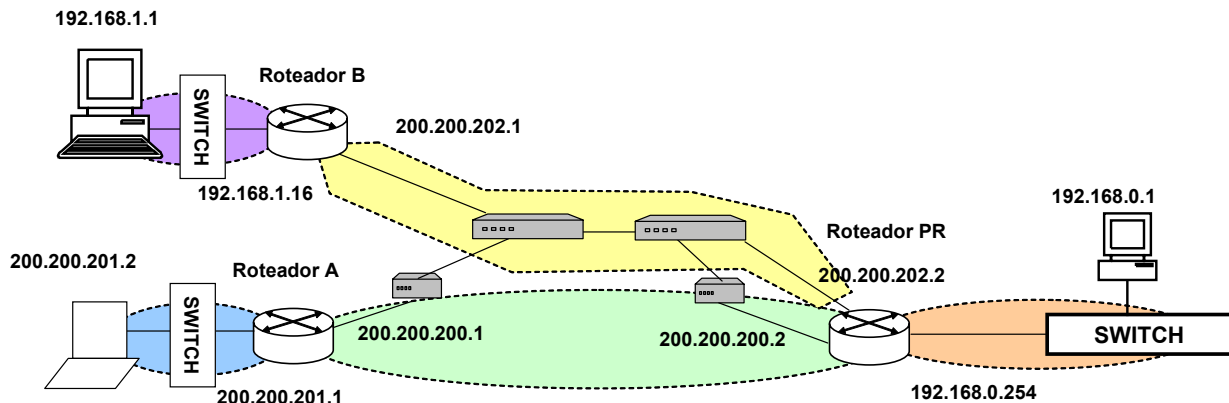


Figura 3 – Rede laboratório

Através desta estrutura é possível a interligação de até três diferentes redes locais dentro do laboratório, cada uma simulando um sistema autônomo. Estes sistemas autônomos podem ser configurados pelas equipes de alunos de modo a dividí-los em sub-redes, bem como é possível monitorar o tráfego dentro de cada sistema autônomo, ou mesmo, entre eles.

Para monitoramento do tráfego de pacotes é utilizado o programa de captura *Wireshark* que possibilita a avaliação e estudo do funcionamento dinâmico dos protocolos utilizados na rede. Este programa proporciona ao usuário as seguintes possibilidades (LAMPING et al, 2007):

- Captura dos pacotes em tempo real ;
- Separação e estruturação da seqüência de bytes capturados nas respectivas camadas a que pertencem;
- Discriminação e avaliação de cada campo na respectiva camada de protocolo;
- Análise detalhada de uma conexão de dados através de grafos de mensagens;
- Estatísticas sobre o tráfego de dados sobre as diversas conexões realizadas.

A Figura 4 apresenta a tela do programa *Wireshark* identificando-se estas possibilidades. Observa-se na área central que é possível facilmente identificar todas as camadas do modelo TCP/IP de acordo com o modelo teórico para esta arquitetura de rede.

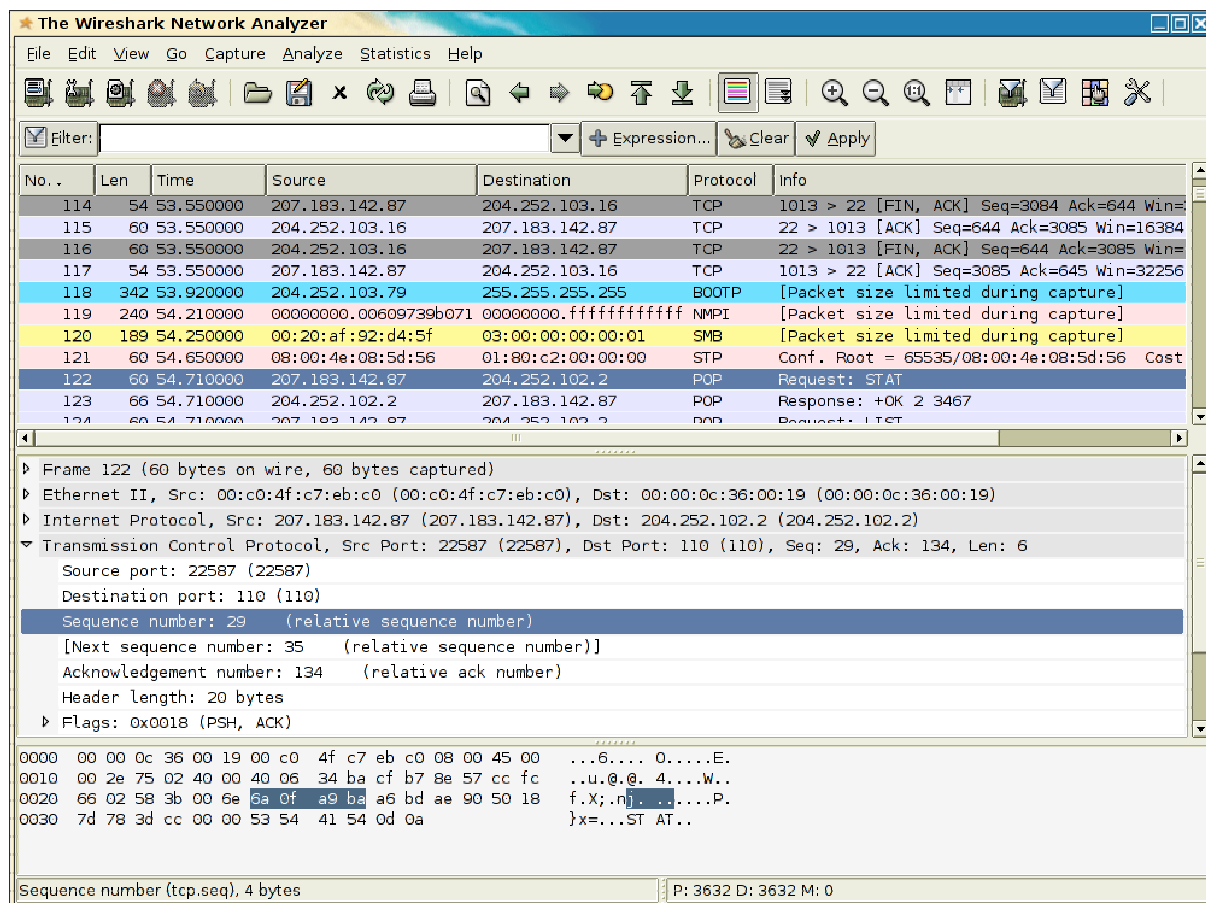


Figura 4 – Tela do programa Wireshark

### 3 ATIVIDADES

Serão descritas duas atividade realizadas pelos alunos no laboratório da disciplina de Sistemas de Telecomunicação, exemplificando as possibilidades de uso do laboratório como ferramenta pedagógica para concretização do aprendizado sobre arquitetura de redes. Estas atividades têm sido desenvolvidas no curso desde o ano de 2003 e fazem parte do método de ensino e avaliação da disciplina

#### 3.1 Captura de pacotes e estudo de campos de protocolos

Nesta primeira atividade é proposto o uso do programa *Wireshark* para a captura e estudo de campos do protocolo IP, com isto os alunos podem visualizar o comportamento dinâmico de cada campo presente no cabeçalho IP visualizado na Figura 5. Para envio dos pacotes é usado o aplicativo *ping*, disponível no sistema operacional *Linux*.

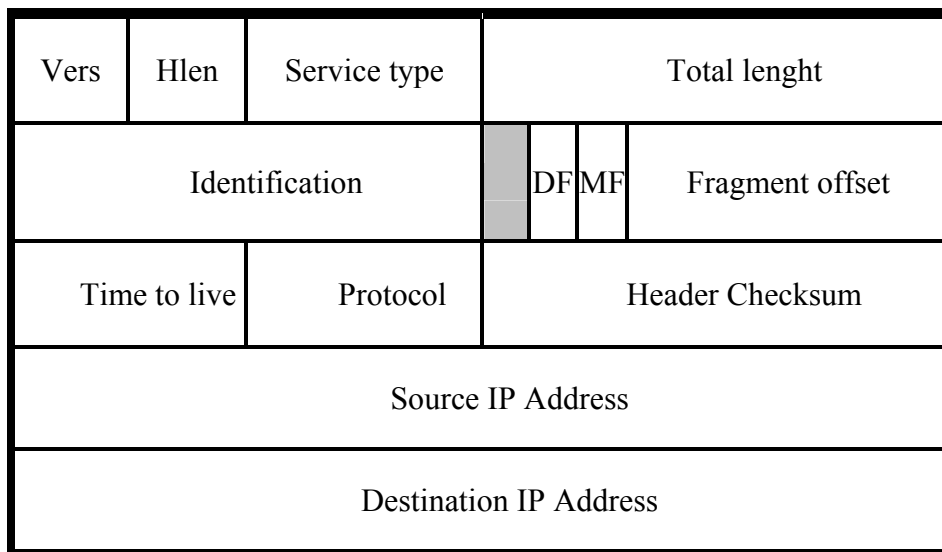


Figura 5 – Cabeçalho protocolo IP

A Figura 6 apresenta o esquema simplificado utilizado nesta experiência, mas que permite um estudo completo de todos os campos do protocolo IP. A máquina *Host 2*, é utilizada como máquina respondedora e pode ser uma máquina utilizada por outra equipe no laboratório, com isto os alunos vêm-se obrigados a utilizar outros recursos do programa *Wireshark* como filtros, para discriminar o tráfego gerado em sua máquina com o de outras máquinas.

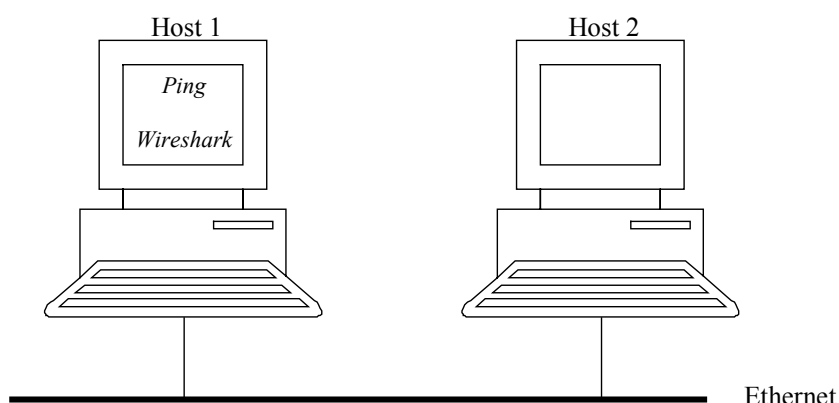


Figura 6 – Esquema da atividade captura de pacotes

Como exemplo da avaliação dinâmica dos campos do cabeçalho IP que pode ser realizada pelos alunos, é apresentado na Figura 7 um exemplo com o comportamento dos campos responsáveis pelo controle da fragmentação de pacotes no protocolo IP (COMER, 1996). O funcionamento destes campos pode ser facilmente observado pelo aluno, capturando-se os pacotes que foram enviados pelo comando *ping* com a opção *-l* (comprimento do pacote) com valores maiores que 1500 bytes, que é a capacidade máxima de transmissão da tecnologia *Ethernet* (SPURGEON, 2000) e assim, exigindo que o mecanismo de fragmentação seja utilizado pela camada de rede IP.

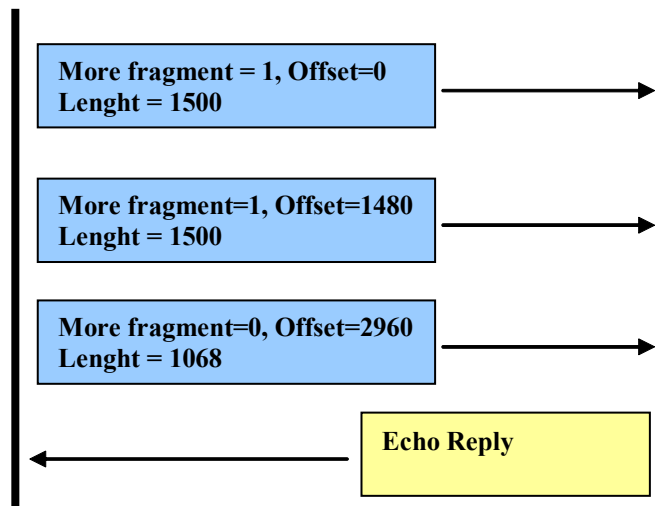


Figura 7 – Fragmentação de pacotes IP

### 3.2 Projeto e configuração de sub-redes

Esta outra atividade permite que o aluno exercite a realização de projetos e configuração de sub-redes em redes IP. Sub-rede é uma metodologia para possibilitar a divisão de uma rede IP classe A, B ou C em várias redes menores (PETERSON & DAVIE, 2004). Isto permite que uma empresa, espalhada em várias localidades, que necessite N endereços diferentes de computadores em cada localidade, por exemplo, possua um mesmo endereço de rede classe B em todas as localidades, sem precisar adquirir novos endereços de rede classe B para cada localidade. Assim, o endereço classe B da empresa seria dividido da maneira apresentada: os primeiros 16 bits possuem o endereço classe B da rede propriamente dita e os últimos 16 bits, normalmente utilizados para endereçar as máquinas, seriam divididos em duas partes.

A primeira parte desta divisão seria utilizada para endereçar cada localidade da empresa e outra para endereçar os computadores dentro de cada localidade. Por exemplo: poderiam ser utilizados 6 bits para endereço de sub-rede (endereço da localidade) e os 10 bits restantes para endereço de máquina, assim haverão 62 diferentes sub-redes pertencentes à rede classe B e até 1022 computadores em cada sub-rede.

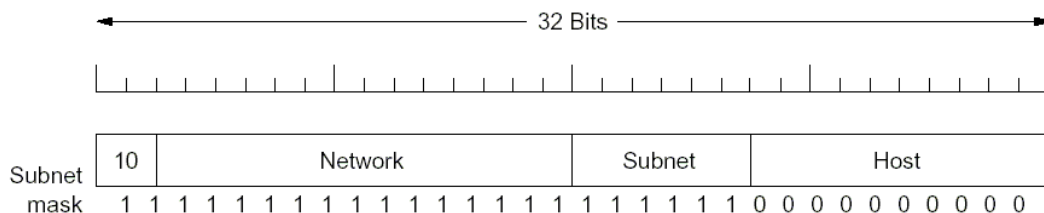


Figura 8 – Estrutura de endereços de sub-rede

Para entender como uma sub-rede funciona é preciso entender como um roteador processa a avaliação dos endereços IP. Cada roteador possui tabelas listando certos números de endereços de redes e números de endereços de computadores. Os primeiros informam como atingir redes distantes e os outros como atingir máquinas da rede local. Associada com cada entrada na tabela tem-se a interface de rede usada para atingir o destino.

Quando um pacote IP chega, seu endereço de destino é localizado nestas tabelas de roteamento. Se o pacote é para uma rede distante, é direcionado para interface conectada ao próximo roteador. Se for um computador da rede local o mesmo processo deve ser aplicado.

Se a rede não está presente na tabela, o pacote é enviado ao roteador “default” (padrão). Este algoritmo conduz a cada roteador manter endereços de redes distantes e computadores da rede local, aumentando o tamanho das tabelas.

Quando o método de sub-redes é utilizado as tabelas de roteamento são modificadas, adicionando-se o número da sub-rede a cada entrada. Assim um roteador na sub-rede  $k$  saberá como atingir outras sub-redes e computadores em sua própria sub-rede  $k$ , sem precisar conhecer computadores que pertencem a outras sub-redes. De fato tudo o que precisa ser mudado é que cada roteador deve executar a operação booleana E com a máscara de sub-rede para obter o endereço de rede e sub-rede, e então determinar em qual tabela deverá obter a interface para atingir o computador de destino. Com este processo é economizado bastante o espaço nas tabelas de roteamento, criando-se uma hierarquia de endereçamento de três níveis e eliminando-se as entradas para computadores na tabela.

Para que os alunos exercitem esta teoria é proposto o projeto da rede semelhante ao da Figura 9, onde são definidos o endereço de rede classe B e o número de sub-redes necessárias ou o número de máquinas em cada sub-rede. Após o projeto, que estabelece a divisão do campo destinado a endereço das máquinas, entre endereço de sub-rede e o próprio endereço de máquina, os alunos deverão realizar a configuração de cada máquina utilizando-se os comandos *ifconfig* e *route* disponíveis no sistema operacional *Linux* para configuração dos endereços e da tabela de roteamento respectivamente.

Através desta atividade, os alunos exercitam não só o projeto da sub-rede, propriamente dito, como também os conceitos de endereço de máquina, máscara de sub-redes, rotas e *default gateway* (roteadores padrão), necessários para o correto funcionamento da rede. Para o caso dos roteadores, necessários à construção da rede, são utilizadas máquinas *Linux* com *ip forwarding* (encaminhamento de pacotes IP) habilitado e duas interfaces de rede.

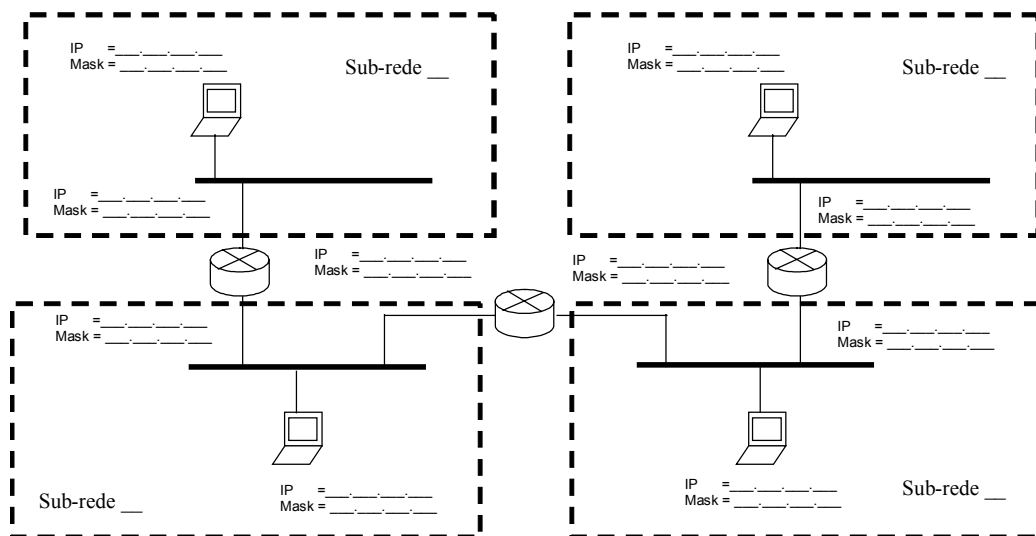


Figura 9 – Esquema da atividade com sub-redes

#### 4 CONCLUSÃO

O principal objetivo deste tipo de abordagem, com estudo do protocolo TCP/IP em laboratório, foi cobrir lacunas entre a viência acadêmica e as possíveis experiências necessárias a um engenheiro quando atuar profissionalmente com redes de computadores e de telecomunicações. Muitas vezes para investigação de falhas ou mesmo durante a implementação de uma determinada solução na rede, o profissional deverá utilizar a captura de pacotes como principal ferramenta para diagnose da rede.



Isto tudo proporcionará uma maior interação do aluno com sistemas bem próximos dos sistemas reais existentes no mercado, permitindo o domínio sobre a alta complexidade de redes computacionais, fornecendo aos egressos da universidade um diferencial em relação àqueles que apenas viram de maneira teórica o conteúdo de redes de computadores em seus respectivos cursos.

Outro ponto a ser destacado é que o laboratório implementado possui um ambiente flexível com possibilidade de incorporação de outras atividades, seja no próprio campo de redes de dados, através de simulações de tráfego, incorporações de outros serviços e estudo de outros protocolos, ou ainda, a implementação completa de redes convergentes com a incorporação de serviços de voz e imagem, através do uso de programas de código aberto ou desenvolvimento de soluções próprias.

Em resumo, este tipo de abordagem, no estudo de redes de computadores, tem vital importância estratégica dentro das disciplinas de telecomunicações, já que é bastante clara a atual estratégia de implementação de redes de dados e voz através da comutação de pacotes, além da forte sinalização de que outras redes, como a rede de celulares, deverão utilizar este tipo de tecnologia amplamente.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TANENBAUM, A. S. **Computer networks**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR, 2003.

COMER, D. **Internetworking with TCP/IP**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1996

MILLER, M. A. **Voice over IP technologies: building the converged network**. New York, NY: M&T Books, 2002

PETERSON, L. L.; DAVIE, B. S. **Redes de Computadores: uma abordagem sistêmica**. Rio de Janeiro: Campus; Elsevier, 2004

SPURGEON, C. E. **Ethernet : o guia definitivo**. Rio de Janeiro : Campus, 2000

LAMPING, U.; SHARPE, R.; WARNICKE, E. **Wireshark User's Guide**. Disponível em: <[http://www.wireshark.org/docs/wsug\\_html/](http://www.wireshark.org/docs/wsug_html/)> Acesso em: 24 mai. 2007.

## LEARNING OF PACKET NETWORK THROUGH LABORATORY WITH PROTOCOL ANALYZER

**Abstract:** *The learning of computer networks demands the abstraction of the student on the architecture of protocols used many times without the experimentation possibility that proves the applicability and functionality of the diverse elements that compose each protocol, since these are logical representations from diverse components of the net. The objective of this work is to present the use of tools in laboratory capable to provide to the student this experimentation, besides supplying a method of analysis of the net that is basic for the inquiry of imperfections and purification of projects of nets, taking itself in account the performance of the future engineer in the market of telecommunications. The project will present the necessary minimum structure to the laboratory, to propose activities to be carried through, besides relating the importance of these activities in the future professional performance of the students.*

**Key-words:** *Telecommunications Systems , Network Protocols, Laboratory*