



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS CURITIBA**

**GERÊNCIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
ELÉTRICA E INFORMÁTICA INDUSTRIAL - CPGEI**

**MATEUS SOARES DA CRUZ**

**MODELO DE TRÁFEGO PARA CONEXÃO À  
INTERNET UTILIZANDO ACESSO DISCADO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CURITIBA  
AGOSTO - 2007.**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial

---

**DISSERTAÇÃO**  
apresentada à UTFPR  
para obtenção do grau de

**MESTRE EM CIÊNCIAS**

por

**MATEUS SOARES DA CRUZ**

---

**MODELO DE TRÁFEGO PARA CONEXÃO À INTERNET  
UTILIZANDO ACESSO DISCADO**

---

Banca Examinadora:

Presidente e Orientadora:

Profa. Dra. Keiko Verônica Ono Fonseca

UTFPR

Examinadore(a)s:

Prof. Dr. Emílio Carlos Gomes Wille

UTFPR

Prof. Dra. Cristina Duarte Murta

UFPR

Curitiba, Agosto de 2007



**MATEUS SOARES DA CRUZ**

**MODELO DE TRÁFEGO PARA CONEXÃO À INTERNET UTILIZANDO  
ACESSO DISCADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de “Mestre em Ciências” – Área de Concentração: Telemática.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Keiko Verônica  
Ono Fonseca

Curitiba  
2007

## Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UTFPR – Campus Curitiba

C955m Cruz, Mateus Soares da  
Modelo de tráfego para conexão à internet utilizando acesso discado /  
Mateus Soares da Cruz. Curitiba. UTFPR, 2008  
XV, 64 p. il. ; 30 cm

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Keiko Verônica Ono Fonseca  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.  
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial.  
Curitiba, 2008  
Bibliografia p. 59 – 64

1. Sistemas de telecomunicações. 2. Internet – Acesso discado. 3. Telefonia fixa. I. Fonseca, Keiko Verônica Ono, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. III. Título.

CDD: 621.382

## Dedicatória

Dedico este trabalho

A minha esposa e minha filha:

Pelo apoio e pela compreensão a  
mim dispensados nas horas mais  
difíceis

Aos meus pais:

Por terem me mostrado o caminho e  
me ensinado que a diferença entre o  
sucesso e o fracasso está na  
determinação de lutar.





## Agradecimentos

Agradeço à Deus pela proteção e conquistas concedidas.

Agradeço à Profa. Doutora. Keiko Verônica Ono Fonseca pelos conhecimentos transmitidos, pela compreensão, pela oportunidade e pelo apoio nos momentos mais difíceis.

Agradeço ao Mestre e Doutor Prof. Carlos Marcelo Pedroso, pelos ensinamentos, apoio e orientação dispensados no desenvolvimento do presente trabalho.

Agradeço o apoio do Sr. Álvaro Gomes gerente de Operações e aos colegas do setor de Engenharia da empresa GVT, que é uma grande Operadora de Telecomunicações Brasileira.

Agradeço aos diversos colegas que participaram direta ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho e dispensaram de seu tempo para me auxiliar nos estudos das disciplinas do curso.

E principalmente, a minha esposa que sempre me incentivou e apoiou, nunca deixando de acreditar em mim e afirmando que seria possível à conclusão deste projeto.

Meus mais sinceros agradecimentos

Mateus Soares da Cruz



## Sumário

Dedicatória.....	iii
.....	
Agradecimentos.....	v
.....	
Sumário.....	vii
.....	
Lista de	ix
Figuras.....	
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>x</b>
<b>Lista de Abreviaturas e Siglas.....</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de Símbolos.....</b>	<b>xiii</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>xiv</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>xv</b>
.....	
<b>1 – Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 – MOTIVAÇÃO .....	1
1.2 – OBJETIVOS .....	3
1.3 - ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	4
<b>2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>5</b>
2.1 - SISTEMAS DE TELEFONIA .....	5
2.1.1 - Ferramentas de Planejamento .....	5
2.1.2 – Teoria de Tráfego .....	6
2.1.2.1 - Conceitos de Teoria de Tráfego Telefônico .....	6
2.1.2.2 - Medidas de Tráfego Telefônico .....	7
2.2 - TEORIA DE FILAS .....	11
2.2.1 - Aplicação de Teoria de Filas .....	11
2.2.2 - Classificações e Configurações de Filas .....	12
2.2.3 - Fatores Caracterizadores das Filas .....	15
2.2.4 - Parâmetros de Operação das Filas .....	19

2.2.5 – Notação das Filas .....	20
2.2.6 – Modelos de Filas .....	22
2.2.6.1 – Modelos de Filas Específicos .....	24
2.3 - CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA .....	27
2.4 - ACESSO DISCADO À INTERNET .....	28
<b>3 - DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....</b>	<b>31</b>
3.1 - IMPACTO DOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS .....	31
3.2 - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	32
3.3 – FERRAMENTA DE COLETA AUTOMÁTICA – FCAT .....	35
3.3.1 – Protocolo SNMP .....	36
3.3.2 – Descrição da MIB .....	37
3.3.3 – Aquisição de Dados .....	39
<b>4 – METODOLOGIA .....</b>	<b>41</b>
4.1 – TRATAMENTO DOS DADOS .....	41
4.2 – MODELAGEM DO SISTEMA .....	42
<b>5 – RESULTADOS .....</b>	<b>49</b>
5.1 - ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	49
<b>6 – CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>53</b>
6.1 - CONCLUSÃO .....	53
6.2 – TRABALHOS FUTUROS .....	55
<b>7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>

## Lista de Figuras

<b>1</b>	Tempos de ocupação de um enlace .....	8
<b>2</b>	Tempos de ocupação de um enlace por unidade de tempo .....	8
<b>3</b>	Representação gráfica do tráfego na HMM.....	11
<b>4</b>	Ilustração da Operação de um Sistema de Filas .....	13
<b>5</b>	Classificação das Filas – População e Canais de Atendimento .....	14
<b>6</b>	Configurações Básicas de Filas .....	15
<b>7</b>	Localização das Variáveis .....	22
<b>8</b>	Topologia de rede com acesso a central telefônica.....	28
<b>9</b>	Acesso discado à Internet.....	29
<b>10</b>	A rede de acesso substitui a conexão direta à central de comutação em um sistema de telefonia utilizando interface V5.....	31
<b>11</b>	Topologia Típica.....	32
<b>12</b>	Sub-árvore da MIB II .....	38
<b>13</b>	Número de chegadas ao longo do dia para a Cidade2 em (a) 31/03/2006, (b) 01/04/2006, (c) 02/04/2006 e (d) 03/04/2006.....	43
<b>14</b>	Função de auto-correlação para (a) os intervalos entre chegadas tomadas como um todo e (b) para o horário entre 19:00h e 23:00h.....	44
<b>15</b>	Histograma, diagrama boxplot e QQPlot para o intervalo entre chegadas no intervalo entre 00:00h e 01:00h.....	45

## Lista de Tabelas

<b>1</b>	Recomendações ITU-T .....	33
<b>2</b>	Conjunto de dados em estudo .....	42
<b>3</b>	Resultado dos testes de aderência .....	48

## Lista de Abreviaturas e Siglas

ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações, entidade integrante da Administração Pública Federal indireta, vinculada ao Ministério das Comunicações, instituída pela Lei Geral das Telecomunicações – (LGT).
ASN.1	<i>Abstract Syntax Notation One</i>
ERL	Unidade de medida de tráfego (Erlang)
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i>
FCAT	Ferramenta de Coleta Automática de Tráfego
FIFO	Acrônimo derivado do inglês “first in, first out”, significa que o primeiro a chegar é o primeiro a sair.
FTP	Protocolo de Transferência de Arquivos ( <i>File Transfer Protocol</i> )
G/M/1	Sistema de fila com um servidor onde o tempo de serviço é dado por uma distribuição exponencial e o intervalo entre chegada das entidades segue uma distribuição genérica (Notação de Kendall).
HMM	Hora de Maior Movimento de tráfego telefônico.
IAB	<i>Internet Architecture Board</i>
INTERNET	Rede mundial de milhares de redes de computadores menores e milhões de computadores comerciais, educacionais, governamentais e pessoais.
IP	<i>Internet Protocol</i>
ISDN	<i>Integrated Services Digital Network</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITU-T	<i>International Telecommunications Union – Telecommunications</i> . Organização dos padrões de telecomunicações que substituiu a CCITT ( <i>International Telegraph and Telephone Consultative Committee</i> ).
LAN	<i>Local Area Network</i>
LGT	Lei Geral das Telecomunicações
LIFO	Acrônimo derivado do inglês “last in, first out”, significa que o último a chegar é o primeiro a sair.
M/G/1	Sistema de fila com um servidor onde o tempo de serviço é dado por uma distribuição genérica e o intervalo entre chegada das entidades segue uma distribuição exponencial (Notação de Kendall).
M/M/1	Sistema de fila com um servidor onde o tempo de serviço é dado por uma

distribuição exponencial e o intervalo entre chegada das entidades segue uma distribuição exponencial (Notação de Kendall).

MIB	<i>Management Information Base</i>
MMPP	<i>Markov Modulated Poisson Process</i>
OFTEL	Órgão Regulamentador das Telecomunicações Britânicas
OID	<i>Object Identifier</i>
PASI	Provedor de Acesso a Serviços Internet
PDH	<i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i>
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
STFC	Sistema de Telefonia Fixo Comutado
TCP/IP	Protocolo de Controle de Transferência no Protocolo Internet ( <i>Transmission Control Protocol</i> ).
TELNET	Recurso do sistema operacional que permite o acesso remoto entre computadores.
UC	Unidade Central, denominada mestre na topologia “mestre-escravo”.
UR	Unidade Remota, denominada mestre na topologia “mestre-escravo”.
VoIP	Voz sobre Protocolo Internet
WAN	<i>Wide Area Network</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>
xDSL	Onde o X é uma notação genérica a qual se refere à família de protocolos para o <i>Digital Subscriber Line</i> .



## Lista de Símbolos

<b><i>pm</i></b>	<b>Representa a probabilidade de perda;</b>
<b><i>m</i></b>	Representa o número de servidores;
<b><math>\rho</math></b>	Representa a intensidade tráfego;
<b><math>\mu</math></b>	Representa a taxa de serviço;
<b><math>\lambda</math></b>	Representa a taxa de chegadas.
<b>TF</b>	Tempo médio em que os clientes aguardam na fila à espera do serviço.
<b>TS</b>	Tempo médio decorrido entre a chegada do cliente à fila e a sua saída após ter recebido o serviço.
<b>NF</b>	Quantidade média de clientes na fila.
<b>NS</b>	Quantidade média de clientes na fila adicionada à quantidade de clientes que estão recebendo o serviço.
<b>Pn</b>	Probabilidade de que quantidade de elementos na fila mais a quantidade de elementos em atendimento seja igual a n.
<b>Pw</b>	Probabilidade de se ter w elementos em fila esperando atendimento.
<b>IC</b>	Intervalo entre chegadas

## **Resumo**

Estudos recentes indicam que uma significativa parcela dos usuários da Internet ainda se utiliza de modems e linhas discadas e esta situação deve permanecer ainda por algum tempo até a completa difusão de sistemas de acesso de banda larga no Brasil ou mesmo no mundo. O acesso discado à Internet através do sistema de telefonia fixa comutada (STFC) representa importante parcela das remunerações das operadoras de telefonia no Brasil. Assim sendo, o conhecimento do comportamento deste tráfego é fundamental para o dimensionamento do sistema de Telecomunicações. Este trabalho apresenta um modelo de tráfego para um sistema de acesso à Internet utilizando linhas discadas, estabelecido a partir de dados reais obtidos de uma operadora de telecomunicações. O modelo proposto a partir da análise detalhada desses dados em relação ao modelo de tarifação telefônica no Brasil atualiza os modelos apresentados na literatura até então e permite estabelecer e testar políticas de gerência de recursos e métodos de realizar o planejamento de capacidade do sistema.

## Abstract

Recent reports present a significant number of users that still access the Internet through dial-up connections. This kind of access will remain important until broadband access systems became accessible at affordable prices not only in Brasil but also worldwide. Particularly in Brazil, dial-up traffic exchange between public switched telephone network (PSTN) providers represents an important revenue to them. Indeed, the knowledge of the dial-up traffic behavior is fundamental to the dimensioning of modem pool and preserve/improve service quality. This work presents a traffic model for Internet access through dial-up connections. The model was build based on recorded data from a nation (switching data for 13.963h0 Traffic of Td, The 4.824h0 Tj(3) 4.0

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

#### 1.1 - MOTIVAÇÃO

As atuais redes de telecomunicações precisam ser projetadas para acomodar uma mistura heterogênea de classes de tráfego, embora inicialmente tenham sido elaboradas para um único tipo de tráfego - o de voz.

Devido à crescente quantidade de aplicações e serviços atrelados a estas redes (MARTINE, 1994) é de extrema importância o estudo detalhado destas, para se determinar modelos de tráfego para planejamento, otimização e análise de desempenho, com garantia de qualidade de serviço, particularmente de prevenção de congestionamento e capacidade com controle de sobrecargas.

Diversos avanços dos sistemas de telecomunicações fazem parte do cotidiano até do mais simples cidadão: fax, telefonia, Internet, etc. Dentre estes, segundo Nicolaci-da-Costa (2002) o acesso à Internet figura como um dos mais importantes, e tem sido objeto de várias pesquisas acadêmicas devido ao valor que agrega para diferentes setores da ciência e tecnologia (PINHEIRO, 2003).

Entre as diferentes formas de acesso à Internet, este estudo foca as conexões por linha discada ou acesso discado à Internet (*dial-up*), um dos primeiros tipos de acesso, sendo ainda hoje muito utilizado de acordo com Juliasz (2006) e Beggs (2006). Este tipo de acesso à Internet foi e ainda é responsável por mudanças na característica de tráfego dos usuários que antes utilizavam sua linha telefônica para somente tráfego de voz e segundo a *Agencia Nacional de Telecomunicações* (ANATEL, 2002) é um importante recurso para a inclusão do Brasil à Era Digital conforme descrito por Minassian (2005).

A conexão por linha discada é um tipo de acesso à Internet feito através das operadoras do STFC (*Sistema Telefônico Fixo Comutado*) na forma de uma ligação

telefônica destinada ao PASI (*Provedor de Acesso a Serviços Internet*), onde o usuário origina uma chamada telefônica com origem em um modem e uma linha telefônica para conectar seu computador a um nó de uma rede de computadores de um provedor de acessos. A partir desse momento, o PASI encarrega-se de fazer o roteamento para a Internet. Este tipo de acesso perde adeptos devido à massificação de acessos de banda larga, como xDSL (*onde o X é uma nota não genérica a qual se refere à família de protocolos para o Digital Subscriber Line*), ligações por cabo e sem fio. No entanto, a utilização de linhas discadas está longe de ser extinta.

Conforme Perez (2006), o número de usuários com acesso de banda larga tem registrado um forte crescimento, porém 60% dos usuários de acesso discado se dizem satisfeitos com seus recursos, e não pensam em mudar para o acesso com banda larga. Entre as principais razões para isso está o acesso a conexões rápidas no local de trabalho, seguido pelo custo atrelado à assinatura destes serviços e o tipo de uso, como por exemplo, para leitura e escrita de e-mails.

O levantamento realizado pelo Ibope/NetRatings por Juliasz (2006) revela que o Brasil fechou o ano de 2005 com aproximadamente 4,8 milhões de usuários da Internet ativos realizando acesso através de linhas discadas, representando um montante de 39,1% do total de usuários da Internet residencial brasileira.

Um dos principais motivos deste perfil de uso se deve ao fato da tarifação atualmente realizada pelas operadoras do STFC no Brasil, que utilizam o pulso único como fator de cobrança para o acesso discado em determinados horários, desonerando os horários entre 00:00 horas e 06:00 horas durante a semana e a partir de 14:00 horas do sábado até 06:00 horas da segunda-feira. De acordo com dados da ANATEL (2006), órgão regulamentador do setor de Telecomunicações no Brasil, o acesso discado corresponde por quase 500 milhões de pulsos mensais dos 7 bilhões de pulsos/mês que circulam pelas redes de telefonia fixa.

E no resto do mundo pode ser notado que esta característica de uso não é diferente, pois conforme a pesquisa Oftel (2001) 28% dos usuários residenciais e 44% dos pequenos negócios britânicos utilizam acesso por linha discada à Internet. Nos Estados Unidos da América de acordo com Beggs (2006), o número de acessos

residenciais com banda larga aumentou 40%, de 60 milhões para 84 milhões de março de 2005 a março de 2006. No entanto, o número de conexões discadas à Internet também aumentou em 25 milhões neste mesmo período, e uma das principais explicações para a longa vida das conexões discadas está no preço, conforme Perez (2006) e Beggs (2006), pois os usuários americanos reportam taxas mensais de \$41 para acesso à Internet utilizando cabo, \$38 para serviços xDSL e somente \$18 para conexões através de acessos discados, demonstrando uma diferença superior a 100% nos valores praticados por tipo de acesso.

No Brasil existem operadoras que oferecem linhas telefônicas com contrato diferenciado para realização do acesso à Internet na modalidade de linhas discadas, oferecendo tarifas diferenciadas e PASI próprio. Neste caso, o preço do acesso fica em torno de R\$ 30,00 mensais contra R\$ 55,00 para o acesso mais barato em banda larga, incentivando desta forma ainda mais o uso da linha discada para acesso à Internet.

Este trabalho apresenta a caracterização do tráfego para os sistemas de acesso discado à Internet (*dial-up*), sendo realizado sobre dados coletados de uma grande operadora de telecomunicações brasileira. Foram analisados registros de tráfego de sistemas de acesso discado de duas grandes cidades brasileiras de população maior que 1,5 milhão de habitantes. Exceto pelo trabalho de Iversen (2000), o qual, porém, mescla em seu estudo o tráfego de acesso discado e o acesso ISDN (*Rede Digital de Serviços Integrados*) à Internet, não sendo conhecidos trabalhos recentes que reportem caracterização deste tipo de tráfego a partir de dados reais de operadoras de telecomunicações, mas sim de ambientes universitários e simulações, o que limita o escopo destes modelos. Esta constatação também é notada em Novak (2003) que atribui seus resultados a este fato.

Um modelo que caracterize o tráfego oferecido ao sistema de acesso discado é fundamental para o estudo de alternativas de planejamento de capacidade do sistema das operadoras de Telecomunicações bem como para o estabelecimento de políticas de gerência de recursos disponíveis.

Os resultados obtidos do modelo estabelecido a partir da análise de dados de uma rede real são comparados com os obtidos na literatura e discutidos em termos de

planejamento da capacidade do sistema em estudo. A contribuição deste trabalho está na caracterização mais precisa do intervalo entre chegadas de conexão discada e do tempo de conexão aceita, fazendo uso do conhecimento do modelo de tarifação das conexões em função do horário no Brasil. Os resultados obtidos determinaram uma maior precisão no cômputo da probabilidade de bloqueio do sistema.

## 1.2 – OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é estabelecer uma metodologia capaz de auxiliar no planejamento de capacidade, nas políticas de negócio e nos modelos de tarifação das operadoras de telecomunicações de forma a atender uma especificação de qualidade de serviço do modelo de tráfego proposto, para tanto, considera-se a característica de tráfego estudado do acesso discado à Internet.

## 1.3 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação foi organizada da seguinte forma: o capítulo 1 descreve o problema a ser identificado e a motivação para sua solução. No capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica sobre teoria de tráfego e de filas, sistemas e telefonia e o capítulo 3 relaciona o problema com os modelos de tráfego existentes. O capítulo 4 demonstra a metodologia para a coleta de dados de tráfego, análise dos dados de tráfego obtido, e sua aplicação para o estabelecimento do modelo de tráfego. No capítulo 5 são discutidos os resultados e a aplicação deste modelo em planejamento de capacidade, a comparação dos resultados obtidos com o modelo proposto em relação àqueles apresentados na literatura, e finalmente no capítulo 6 são discutidas as conclusões obtidas e sugeridas algumas propostas para trabalhos futuros.

## **CAPÍTULO 2**

### **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **2.1 – SISTEMAS DE TELEFONIA**

No início do século XX a telefonia passou a ser assimilada pelo cotidiano das pessoas, gerando uma demanda maior do que a planejada, de tal forma que o número de linhas telefônicas em serviço passou a ser insuficiente para atender a quantidade de solicitações de chamadas de voz, surgindo então um primeiro problema no tráfego telefônico, o congestionamento e a perda de chamadas.

O matemático dinamarquês Agner Kuarup Erlang, conforme Brockmeyer (1948), ingressou no ano de 1908 na companhia telefônica dinamarquesa de Copenhague, onde realizou suas pesquisas embasadas nos problemas de congestionamento e tempo de espera para completar as chamadas telefônicas, percebidas pelos clientes desta companhia, realizando importantes estudos e descobertas que deram origem a uma teoria, conhecida como teoria de tráfego na telefonia.

O planejamento e o dimensionamento das redes de telecomunicações são extremamente importantes, pois garantem o escoamento de tráfego de forma satisfatória, usando a menor quantidade possível de equipamentos, com o objetivo de minimizar os custos e garantir qualidade de serviço.

##### **2.1.1 – Ferramentas de Planejamento**

Para que os serviços de telefonia do tipo acesso à Internet fossem disseminados, foram necessárias as construções de gigantescas redes de telecomunicações, alastrando-se pelos mais remotos pontos do planeta, composta de fios de cobre, de fibras ópticas, cabos submarinos e outros meios de conexão. Para tanto, de acordo com Siemens (1975), são necessárias pesadas simulações computacionais e complexos estudos matemáticos para que esses serviços tenham funcionamento seguro e eficiente de forma



a se compreender como essas imensas redes devem ser planejadas e controladas com garantia de qualidade de serviço.

Devido à complexidade do tráfego das atuais redes, encontra-se uma grande dificuldade em um simples estudo ou pesquisa na tentativa de isolar os seus diversos componentes. Por exemplo, a determinação do comportamento dos diferentes cenários de tráfego telefônico ao longo de um mesmo dia envolve períodos de ociosidade e de congestionamento característicos das redes telefônicas e que as tornam ainda mais difíceis de serem estudadas.

### 2.1.2 - Teoria de Tráfego

A solução teórica para tarefas de planejamento pertence ao setor de teoria de tráfego conforme demonstrou Syski (1960), e de acordo com Brockmeyer (1948) em especial a desenvolvida por Erlang.

Os três modelos desta teoria foram aceitos pela comunidade científica: a comprovação da distribuição de Poisson na chegada das chamadas telefônicas, atualmente empregado no uso do planejamento de facilidades; o modelo Erlang B, utilizado para medir a taxa de bloqueio de requisições em sistemas sem fila de espera e o modelo Erlang C, utilizado para medir a taxa de bloqueio de requisições em sistemas com fila de espera. Estes modelos foram aplicados apenas no dimensionamento de rotas diretas, pois ainda não eram considerados modelos para o dimensionamento de caminhos secundários. Nos meados da década de 50, Roger Wilkinson apresentou uma solução para esse problema, todavia sem obter resultados numéricos pela falta de recursos computacionais. Porém, conforme Martine (1994) em 1980, Henry Jacobsen publicou os resultados da solução apresentada por Wilkinson.

#### 2.1.2.1 - Conceitos de Teoria de Tráfego Telefônico

Com o conhecimento dos conceitos de teoria de tráfego, os sistemas de telefonia, de acordo com Jeszensky (2004), começaram a ser planejados de tal modo que as

chamadas realizadas pelos usuários passaram a ter uma maior probabilidade de sucesso, pois sua aplicação e objetivo é dimensionar de maneira eficiente os recursos das redes de telecomunicações, podendo ser citado como exemplo o dimensionamento de circuitos que interligam a central telefônica ao PASI.

Porém, quantos circuitos são necessários para um bom atendimento aos usuários, mas que ao mesmo tempo garanta a eficiente utilização dos circuitos? Ou em outras palavras quantos circuitos são necessários para uma dada especificação de qualidade de serviço? Essa qualidade de serviço pode significar, por exemplo, uma chamada perdida (não completada) em cada 100 chamadas ocorridas, isto é uma perda de chamadas 1 %.

Usualmente as características de tráfego podem ser evidenciadas de acordo com os seguintes critérios de tratamento de chamadas:

- a) sem espera de chamadas e com bloqueio, é o tratamento clássico, em que quando não há circuitos livres as chamadas sofrem bloqueios (Erlang B);
- b) com espera de chamadas podendo ser com ou sem bloqueio, as chamadas que chegam à central são colocadas em um buffer, e se não houver circuitos disponíveis aguardam por um determinado tempo até que se liberem os circuitos ou são bloqueadas, recebendo nesse último caso, tons de ocupados (Erlang C).

#### 2.1.2.2 - Medidas de Tráfego Telefônico

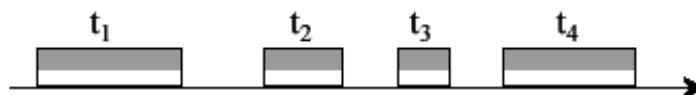
De acordo com a Teoria de Tráfego a ocorrência das chamadas telefônicas é aleatória, podendo ocorrer a qualquer instante, assim como os tempos de conversação que podem durar alguns segundos como algumas horas. Dessa forma, há uma necessidade de mensurar e caracterizar as medidas de tráfego telefônico.

As medidas mais importantes são: o volume, a intensidade e a hora de maior movimento.

➤ Volume de Tráfego

É a soma dos tempos ocupados durante as conversações em um grupo de enlaces ou circuitos de conexão.

Seja  $t_i$ ,  $i = 1, \dots, 4$ , os tempos de ocupação de um enlace, como mostrado na Figura 1 a seguir.



**Figura 1** - Tempos de ocupação de um enlace.

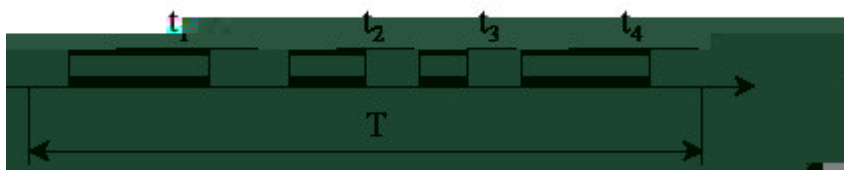
O volume de tráfego  $Y$  é dado por:

$$Y = \sum_{i=1}^4 t_i$$

O volume de tráfego indica apenas a quantidade de ocupação, mas não a eficiência ou grau de utilização. Como exemplo, sejam dois enlaces, A e B, que foram ocupados 6 e 8 horas, respectivamente. Pode-se concluir que o enlace B foi mais utilizado que o A.

➤ Intensidade de tráfego

A intensidade de tráfego escoado, por um grupo de enlaces, durante um período de tempo  $T$ , é a soma das durações de tempo de ocupação dividida por  $T$ . Sendo que  $T$  é o tempo de observação ou unidade de tempo.



**Figura 2** – Tempos de ocupação de um enlace por unidade de tempo.

A intensidade de tráfego  $A$  da Figura 2 é dada por:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^4 t_i}{T} = \frac{Y}{T}$$

A intensidade de tráfego é uma grandeza adimensional. Entretanto, utiliza-se uma unidade que é o Erlang (Erl) em homenagem a A. K. Erlang conforme Brockmeyer (1948).

Se um enlace ou circuito ou canal tem 1 Erlang (Erl) de intensidade de tráfego, significa que ele está 100% do tempo de observação ocupado.  $T$  pode ser 1 hora, 1 minuto, 1 segundo. Em geral, trabalha-se com tempo médio de ocupação ( $t_m$  ou  $1/\mu$ ) ou conversação que pode ser obtido após uma série de medições estatísticas.

Seja  $c$  o número de ocorrências de chamadas, então, a intensidade de tráfego pode ser escrita como:

$$A = \frac{ct_m}{T}$$

onde,

$$\frac{c}{T} = \lambda$$

e  $\lambda$  = número de chamadas por unidade de tempo ou taxa de chamadas,

e  $\mu$  = taxa de atendimento ou ritmo de serviço.

$$A = \lambda t_m = \frac{\lambda}{\mu}$$

$$\mu = 1/t_m$$

Quando a intensidade de tráfego (ou simplesmente tráfego)  $A$  se referir ao tráfego de  $N$  circuitos (enlaces, circuitos ou canais), é admitida que a distribuição de

probabilidade de ocupação dos circuitos seja a mesma para todos eles. Assim,

$\rho = \frac{A}{N}$  representa a intensidade de tráfego de circuito individual.

➤ Hora de maior movimento - HMM

A hora de maior movimento ou HMM é o período de tempo durante o qual uma central telefônica acusa o tráfego mais intenso a escoar. A capacidade deve ser dimensionada de tal modo que, durante a HMM, somente uma porcentagem muito pequena de ligações solicitadas não possa ser estabelecida, pelo menos não imediatamente, por falta de capacidade, ou seja, as ligações se perdem ou que precisam esperar.

Para exemplificar a Figura 3 representa um possível comportamento de tráfego, onde o período entre 09:00 e 11:00 horas está o maior tráfego que pode corresponder ao período em que as empresas, escritórios, fábricas, etc, estão em plena atividade de trabalho. O tráfego começa a diminuir em torno das 17:00 horas, mas recomeça a aumentar por volta das 19:00 e 20:00 horas, quando a maioria das pessoas está em suas residências e iniciam chamadas consideradas sociais. A HMM do exemplo está entre 09:30 horas e 10:30 horas.

Os princípios gerais para a coleta de estatísticas de tráfego telefônico são definidos na Recomendação E.500 (1998) da ITU-T (*International Telecommunications Union - Telecommunications*) a qual recomenda efetuar medições de tráfego a cada quarto de hora, e isto durante 10 dias úteis consecutivos. Estes dias deverão ser normais, ou seja, não poderão ser feriados ou conterem quaisquer acontecimentos anormais.



**Figura 3** – Representação gráfica do tráfego na HMM.

## 2.2 - TEORIA DE FILAS

A Teoria das Filas teve início com Erlang nos sistemas de telefonia, e desde então, inúmeros modelos quantitativos têm sido desenvolvidos para ajudar à tomada de decisão envolvendo filas de espera. Porém, foi somente a partir da Segunda Guerra Mundial que a teoria foi aplicada a outros problemas de filas. Mesmo tendo evoluído ao longo do tempo, a complexidade matemática envolvida nessa teoria tem deixado problemas sem solução.

### 2.2.1 – Aplicação de Teoria de Filas

A teoria das filas é aplicada em problemas operacionais que envolvem fluxos de serviço. Em sua configuração básica existem dois tipos de entidades, uma necessitando de serviço e a outra fornecendo o serviço pretendido. O primeiro passo é assegurar que a quantidade média de serviço ofertada seja capaz de atender a demanda média solicitada para que gargalos permanentes não ocorram. Se a média da oferta de serviço não for pelo menos igual à demanda média, um acúmulo de serviço (gargalo) irá ocorrer até que a demanda por serviço seja reduzida ou a oferta aumentada.

Mesmo quando a capacidade média de fornecimento de serviço é suficiente para atender a demanda média, gargalos transientes e, em certos casos, permanentes podem ocorrer porque tanto a oferta de serviço quanto a demanda variam.

As variações na regularidade das chegadas de clientes, ou no tempo dedicado ao seu atendimento, ou em ambos, provocam flutuações no sistema. Algumas vezes chegam mais clientes do que o sistema tem capacidade de atender de imediato, e uma fila de comprimento variável irá se formar. Em outras ocasiões alguns canais de serviço ficarão desocupados (ociosos), unidades diferentes esperam tempos diferentes na fila e a liberação de clientes não ocorrerá de forma regular. Todas as partes envolvidas na operação variam de modo mais ou menos aleatório e todos os parâmetros mensuráveis, associados à operação da fila, são variáveis estocásticas e apresentam flutuações acima e abaixo dos valores médios.

A teoria das filas possui aplicação em diversos ramos da atividade humana, conforme alguns exemplos a seguir:

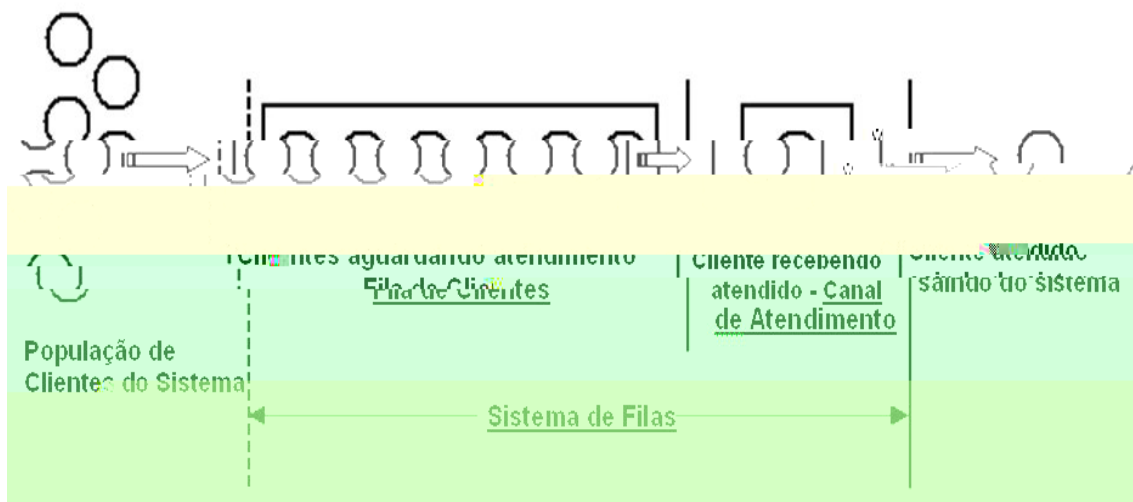
- ✓ Estabelecimento da política de atendimento de serviços públicos com a determinação do número de atendentes por especialidade;
- ✓ Estudo de sistemas de almoxarifado, determinação de nível de estoque;
- ✓ Estudo de operação de centro de processamento de dados,
- ✓ Determinação de equipes de manutenção;
- ✓ Sincronização de semáforos;
- ✓ Estudo de operação de caixas de bancos e supermercados;
- ✓ Determinação da quantidade de equipamentos em uma instalação fabril;
- ✓ Determinação de tempo de espera de comunicações telefônicas;

### 2.2.2 - Classificações e Configurações de Filas

A teoria das filas é uma técnica de solução de problemas relativos a filas de espera por meio analítico. O modelo conceitual dessa teoria consiste em clientes que surgem, ao longo do tempo, em busca de serviço, provenientes de uma população. Estes clientes se unem em um sistema de filas e permanecem na mesma até que, em determinado momento, seja selecionado, segundo um critério conhecido como disciplina da fila, para receber o serviço pretendido. O serviço é então prestado pela entidade chamada de canal de atendimento e, findo este, o cliente é liberado, deixando assim o sistema de filas.

A Figura 4 demonstra o processo de operação de uma fila. Nela pode se perceber os três componentes básicos do sistema, que são:

- Clientes – Unidade de chegada que requerem atendimento. Podem ser pessoas, maquinas, peças, poços etc.
- Canal de atendimento – Processo ou entidade que realiza o atendimento do cliente. Pode ser canal múltiplo ou único.
- Fila – Número de clientes esperando atendimento. Ocorre sempre que a capacidade de atendimento do sistema for menor que a demanda de serviço pelos clientes.



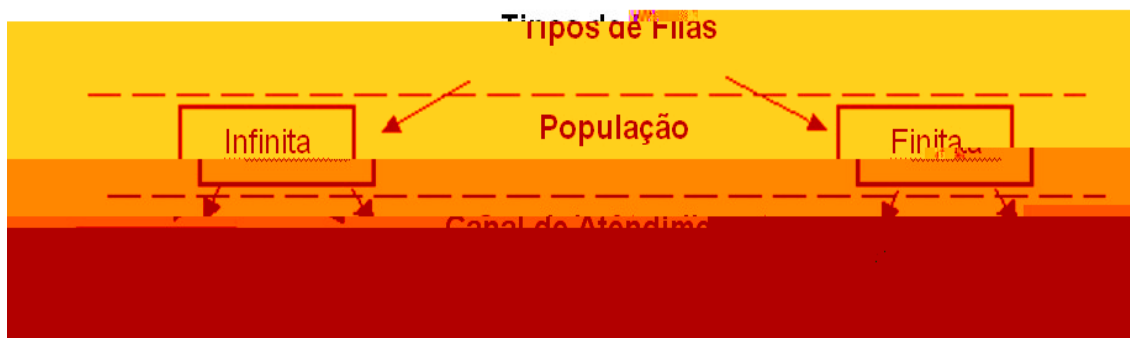
**Figura 4** – Ilustração da Operação de um Sistema de Filas.

Na Figura 4 o conjunto formado pela fila de clientes e canal de atendimento constituem o sistema de filas, e os clientes oriundos de uma população.

Na Figura 5 é apresentada uma classificação preliminar das filas, baseada no tamanho da população e no número de canais de atendimento.

O grupo de onde vêm os clientes é chamado de População, sendo considerada infinita quando o seu tamanho é suficientemente grande a ponto da chegada de um cliente não afetar significativamente a probabilidade ou a taxa de chegada dos próximos clientes. É finita em caso contrário.





**Figura 5** – Classificação das Filas – População e Canais de Atendimento.

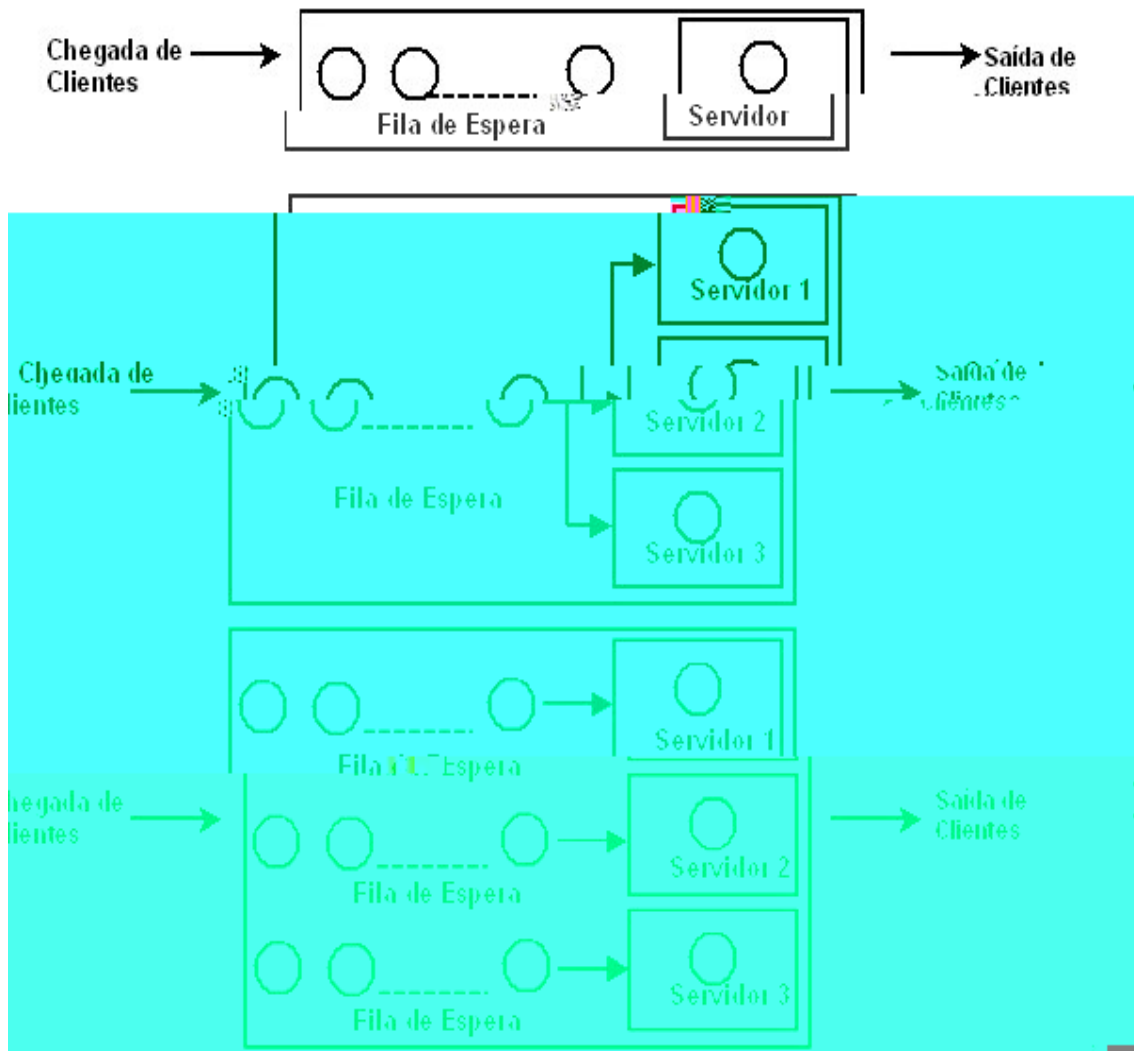
Fonte: SHAMBLIM, James E.; STEVENS JR., Gladstone Taylor. **Pesquisa Operacional: Uma Abordagem Básica**. São Paulo: Atlas, 1987.

O canal de atendimento é dito múltiplo quando há vários prestadores de serviço em paralelo, ou seja, prestando o mesmo serviço à fila de clientes e ao mesmo tempo. É considerado simples quando existe apenas um prestador de serviço para atender a fila de clientes.

Na Figura 6 observa-se algumas configurações básicas de filas, onde:

- A primeira configuração tem fila única e canal de atendimento único. Os clientes entram na fila e aguardam atendimento segundo a ordem de chegada, ou seja, o primeiro que chega é o primeiro a ser atendido – sistema FIFO (acrônimo derivado do inglês “*first in, first out*”). Este tipo de fila é encontrado, por exemplo, em caixas eletrônicos, ou em locais onde existe apenas um caixa.
- Na segunda configuração tem-se fila única e vários canais de atendimento funcionando em paralelo. A seqüência de atendimento também obedece ao sistema FIFO, sendo que, neste caso, o cliente da vez será atendido pelo próximo canal de atendimento a ficar vago. Este sistema de filas é comumente encontrado no despacho de bagagens de aeroportos e filas de bancos.
- A terceira configuração é formada por várias configurações do primeiro tipo (fila e canal de atendimento único) em paralelo. Neste tipo de arranjo, ao chegar o cliente escolhe a fila e espera nela até ser servido pelo canal de atendimento

correspondente daquela fila. Encontra-se esta configuração de fila em *fast-foods*, como, por exemplo, a lanchonete McDonald's.



**Figura 6.** Configurações Básicas de Filas.

Fonte: RAGSDALE, Cliff T. **Spreadsheet Modeling and Decision Analysis**. 3rd. ed. Cincinnati: South-Western, 2001.

### 2.2.3 - Fatores Caracterizadores das Filas

Os sistemas de filas são caracterizados por fatores que condicionam o seu funcionamento e afetam o seu desempenho. Tais fatores caracterizadores ditam a forma de operar do sistema e são divididos nos seis parâmetros que estão apresentados:

- Tamanho da população;
- Distribuição dos tempos entre as chegadas;
- Distribuição dos tempos de serviço;
- Disciplina da fila;
- Tamanho da fila;
- Número de servidores.

Sendo definidos da seguinte forma:

➤ Tamanho da população

Conforme já visto, a população que fornece os clientes pode ser considerada finita ou infinita, conforme seu tamanho. Como os cálculos para a população infinita são mais simples, e de acordo com Shamblim e Stevens (1987) esta suposição é normalmente adotada quando o tamanho da população é um número fixo relativamente grande e é normalmente assumida em qualquer modelo quando não se estabelece nada em contrário.

Mas, para população finita é mais complicado analiticamente, pois o número de clientes na fila afeta a quantidade de clientes antes e depois do sistema em qualquer tempo. Deve-se fazer esta suposição quando a taxa de chegada de novos clientes é afetada de forma significativa pela quantidade de clientes no sistema de filas.

➤ Distribuição dos tempos de serviço

A distribuição dos tempos de serviço é a taxa (clientes por unidade de tempo) segundo a qual o canal de atendimento pode realizar o serviço requerido pelos clientes que chegam para serem atendidos. Observa-se que esta seria a taxa atingida se o canal de atendimento estivesse sempre ocupado, isto é, se não houvesse tempo ocioso dos servidores. O tempo de atendimento é aquele decorrido entre o início e o final do serviço para um cliente, sendo dado pelo inverso da taxa de atendimento.

O tempo de atendimento é uma variável aleatória e, como tal, tem-se uma dispersão dos seus valores em torno da média. Para cada valor possível existe uma probabilidade de ocorrência. O conjunto formado por esses valores possíveis e suas respectivas probabilidades de ocorrência vai constituir a distribuição de probabilidades dos tempos de atendimento. A forma dessa distribuição diz respeito ao modo como os clientes são atendidos.

São vários os elementos que influenciam esta característica: dimensionamento da capacidade de atendimento; treinamento dos prestadores de serviço; rotinas administrativas; procedimentos de execução dos serviços e sistemas de informações, entre outros. Estes elementos, passíveis de análise, ao serem modificados resultam em alteração no comportamento do sistema. As mudanças introduzidas são sentidas pelos clientes por meio de modificações no tempo ou na taxa de atendimento.

Conforme Andrade (1998), o primeiro passo no estudo de um sistema de filas é o levantamento estatístico do tempo gasto em cada atendimento que, ou seja, a taxa de atendimento que via de regra, é aleatório, ou seja, não é uma constante para todos os clientes. O objetivo do estudo estatístico é determinar qual distribuição de probabilidades representa o comportamento do tempo de atendimento. Para Shamblim e Stevens (1987), esta distribuição também é importante por determinar o grau de complexidade matemática do problema.

Ma o descrito por Hillier e Lieberman (1991), a distribuição estatística do taxa de atendimento que mais se usa na prática (por ser mais simples de manipular) é a distribuição exponencial. Outras distribuições importantes são a genérica (tempo de serviço constante) e a distribuição de Erlang. Mas para Pinaco (1969), a distribuição exponencial raramente é seguida em casos reais, no entanto, é usada em função da complexidade matemática envolvida no uso de outras distribuições.

Mas para Prado (1999), em situações do mundo real a distribuição exponencial negativa geralmente não se adapta ao processo de atendimento. E não existe uma única distribuição que melhor se ajuste; dentre as opções com boas possibilidades de uso estão a hiper-exponencial de grau  $m$  e a Erlang de grau  $m$ .

➤ Distribuição dos tempos entre chegadas

A distribuição dos tempos entre chegadas é a taxa (clientes por unidade de tempo) segundo a qual os clientes chegam para serem atendidos. É o inverso do intervalo entre chegadas.

Como estas chegadas de clientes na fila são aleatórias, ocorrendo variações ao acaso da quantidade de clientes que chegam por unidade de tempo, é necessário que se especifique o padrão estatístico mediante o qual os clientes vão surgindo. Para tal deve-se fazer um levantamento estatístico referente às chegadas de clientes à fila, haja vista que se deseja conhecer, além da quantidade média, a máxima e a mínima, e como os valores se distribuem em torno da média.

Uma suposição normalmente usada em problemas de filas é que a distribuição dos tempos entre as chegadas se dá segundo em processo de Poisson. Conforme Prado (1999), a distribuição de Poisson tem se mostrado aplicável em inúmeros processos de chegada de casos reais.

➤ Disciplina da fila

A disciplina da fila ou prioridade é a regra que define o próximo cliente a ser atendido, ou ainda, é a ordem segundo a qual os componentes da fila são selecionados para o atendimento.

O pressuposto comum é que o primeiro a chegar seja o primeiro a ser atendido (FIFO), podendo ser também o da ordem inversa de chegada – último a chegar é o primeiro a ser atendido LIFO (acrônimo derivado do inglês “*last in, first out*”) ou ainda ser aleatória ou segundo um critério qualquer de prioridade estabelecido.

➤ Tamanho da fila

Uma fila se caracteriza pelo número máximo permissível de clientes que poderá absorver. Baseado nesta quantidade, pode-se ter filas infinitas ou finitas. Supõe-se filas infinitas na maioria dos casos, inclusive em situações em que existe uma cota superior relativamente grande para o tamanho da fila, uma vez que trabalhar com um número assim pode ser complicado para análise.

Nos sistemas de filas em que essa cota superior é demasiadamente pequena, a mesma é atingida com certa frequência sendo necessário se admitir uma fila finita.

➤ Estrutura do sistema

A estrutura do sistema é um outro fator que tem muita influência no funcionamento de um sistema de filas. Diz respeito ao seu arranjo, definindo se a fila é única ou múltipla, se há um ou mais canais de atendimento e se o atendimento ocorre em apenas uma etapa ou em série (o cliente, ao ser atendido por um canal de atendimento, passa para outro para ter concluído o serviço pretendido). O sistema de filas pode ter estruturas muito variadas e cada uma delas vai exigir um tratamento analítico diferente.

#### 2.2.4 - Parâmetros de Operação das Filas

São definidas como parâmetros de operação das filas as variáveis dependentes envolvidas no processo que exprimem o estado ou desempenho do sistema, dado suas características de formação, sendo, portanto os indicadores do sistema. Sendo:

**1** – Fator de utilização ( $\rho$ ) – É o percentual de tempo em que todos os canais de serviço estão ocupados.

**2** – Tempo médio na fila (**TF**) - Tempo médio em que os clientes aguardam na fila à espera do serviço.

**3** – Tempo médio no sistema (**TS**) – Tempo médio decorrido entre a chegada do cliente à fila e a sua saída após ter recebido o serviço.

**4** – Tamanho médio da fila (**NF**) – Quantidade média de clientes na fila.

**5** – Número médio de clientes no sistema (**NS**) – Quantidade média de clientes na fila adicionada à quantidade de clientes que estão recebendo o serviço.

**6** – Probabilidade de existir  $n$  elementos no sistema (**P<sub>n</sub>**) – Probabilidade de que a quantidade de elementos na fila mais a quantidade de elementos em atendimento seja igual a  $n$ .

**7** – Probabilidade de existir  $w$  elementos na fila (**P<sub>w</sub>**) - Probabilidade de se ter  $w$  elementos em fila esperando atendimento.

#### 2.2.5 – Notação das Filas

Devido à grande variedade dos modelos de filas, criou-se um sistema de notação para descrevê-los. Esse sistema é conhecido como Notação de Kendall e seu nome foi atribuído em homenagem ao seu criador, David Kendall. A estrutura da notação conforme Prado (1999), é definida da seguinte forma:

**A/B/c/K/m/Z**

Onde:

**A** - descreve a distribuição dos intervalos entre as chegadas de clientes na fila;

**B** - descreve a distribuição dos tempos de serviço no canal atendimento;

**c** – descreve a quantidade de canais de serviço;

**K** – descreve a capacidade máxima do sistema (número máximo de clientes no sistema);

**m** – descreve o tamanho da população;

**Z** – descreve a disciplina da fila.

Os valores de A e B dependem respectivamente da distribuição de probabilidade usada na representação dos intervalos de chegada de clientes e dos tempos de serviço, respectivamente, que em geral são:

- M** – Markoviana, mesmo que Poisson e Exponencial Negativa;
- Em** – Erlang de grau m;
- Hm** – Hiper-exponencial de estágio m;
- D** – Determinística ;
- G** – Geral.

Quando não há limite de tamanho de fila, a população é infinita e a disciplina da fila é FIFO faz-se o uso da notação simplificada A/B/c, tendo estes parâmetros o significado já descrito.

Exemplo de notação completa:      M/M/2/20/∞/lifo

- M - Intervalo entre chegadas obedece o processo de Poisson;
- M - Tempo de atendimento é exponencial;
- 2 - 2 canais de serviço;
- 20 - fila de no máximo 20 clientes;
- ∞ - população infinita;
- LIFO - seqüência de atendimento em que o último a chegar é o primeiro a ser atendido.

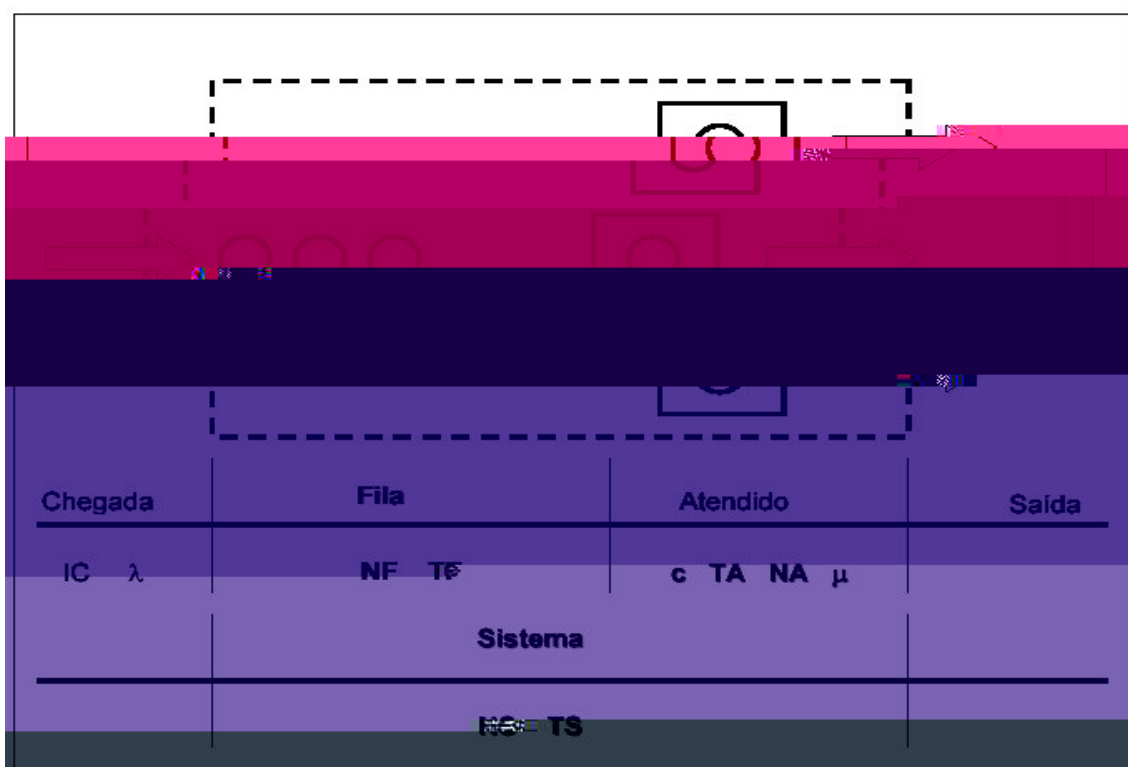
Notação Simplificada:      M/Em2/3

- M - Intervalo entre chegadas obedece o processo de Poisson;
- Em2 - Tempo de atendimento Erlang de grau 2;
- 3 - 3 canais de serviço não há limite para tamanho da fila.
- ∞ - população infinita.
- Seqüência de atendimento por ordem de chegada (FIFO).



### 2.2.6 – Modelos de Filas

Existem muitos modelos de filas disponíveis para avaliar o comportamento de sistemas com diferentes combinações dos fatores caracterizadores: da taxa de chegada, do tempo de atendimento, arranjo da fila, tamanho da população e disciplina da fila. Antes de apresentar as equações para cálculo dos parâmetros de operação de alguns desses modelos, será mostrado, com auxílio da figura 7, a localização destas variáveis e as equações que as relacionam e que são válidas para qualquer modelo de filas.



**Figura 7** - Localização das Variáveis.

Fonte: PRADO, Darci Santos do. **Teoria das Filas e Simulação**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1999.

a) Variáveis referentes ao processo de chegada:

-  $\lambda$  = taxa média de chegadas associada a uma distribuição de probabilidade (forma da taxa de chegada);

- IC = tempo médio entre chegadas, que por definição  $IC = 1/\lambda$

São fatores caracterizadores associados à população.

b) Variáveis referentes à fila:

- **TF** = tempo médio de permanência na fila;
  
- **NF** = número médio de clientes na fila;

São variáveis dependentes e resultam da interação dos fatores caracterizadores das filas

c) Variáveis referentes ao sistema de atendimento:

- **$\mu$**  = taxa média de atendimento ou de serviço, é associada a uma distribuição de probabilidade (taxa de atendimento);
  
- **TA** = tempo médio de atendimento;
  
- **c** = quantidade de atendentes
  
- Por definição:  **$TA = 1 / \mu$**

As variáveis acima são fatores caracterizadores ligados ao atendimento e ao arranjo do sistema.

- **NA** = número médio de clientes que estão sendo atendidos é um parâmetro de operação do sistema.

d) Variáveis referentes ao sistema:

- **TS** = tempo médio de permanência no sistema;
  
- **NS** = quantidade média de clientes no sistema

Estas variáveis são parâmetros de operação do sistema, logo são dependentes dos fatores caracterizadores.

As equações a seguir se aplicam ao sistema de filas, sendo:

$$\text{Taxa de utilização dos atendentes } \rho = \lambda / (m \mu)$$

$$\mathbf{NS} = \mathbf{NF} + \mathbf{NA}$$

$$\mathbf{NA} = \lambda / \mu$$

$$\mathbf{NS} = \mathbf{NF} + \lambda / \mu = \mathbf{NF} + \mathbf{TA} / \mathbf{IC}$$

$$\mathbf{TS} = \mathbf{TF} + \mathbf{TA}$$

$$\mathbf{NA} = \rho = \lambda / (m \mu)$$

$$\mathbf{NF} = \lambda \cdot \mathbf{TF}$$

$$\mathbf{NS} = \lambda \cdot \mathbf{TS}$$

Estas duas últimas equações são chamadas fórmulas de Little, e conforme Hillier e Lieberman (1991) o pesquisador John D. C Little foi quem primeiro as demonstrou.

#### 2.2.6.1 Modelos de Filas Específicos

É apresentado apenas um exemplo dos muitos modelos de filas existentes, e cuja configuração é de interesse deste trabalho. Apresenta-se a seguir uma visão a respeito de suas características, e as expressões matemáticas para cálculo do seu fator de desempenho.

É importante ressaltar que, na abordagem matemática dada pela teoria de filas, segundo Prado (1999), se exige que exista estabilidade no fluxo de chegada e no processo de atendimento, ou seja, os valores de  $\mu$ ,  $\lambda$  e suas respectivas distribuições de probabilidade sejam constantes no tempo, caracterizando um processo estacionário. É

Este estado de estabilidade<sup>2</sup> somente é alcançado após decorrido um certo tempo de operação, suficiente para que o funcionamento do sistema tenha perdido a influência do seu estado inicial. Se a taxa de chegada exceder a capacidade total dos prestadores de serviço, o sistema fica totalmente ocupado por todo o tempo e a fila se torna infinitamente longa. Verifica-se que a fila permanece infinitamente longa mesmo que a capacidade média total do sistema seja igual à taxa média de chegada. Isso ocorre porque o intervalo entre as chegadas e o tempo de atendimento variam de forma imprevisível, mesmo sendo seus valores médios constantes. Logo, haverá momentos em que os servidores ficam inativos e este tempo é então perdido. Assim sendo, os servidores não são mais capazes de atender aos clientes no período em que a demanda fica mais intensa.

➤ Modelo M/M/m

Este é o modelo de sistema com fila única e diversos canais de atendimento, correspondente à segunda configuração da figura 6, e possui os seguintes fatores caracterizadores:

- As chegadas ocorrem segundo o processo de Poisson, com uma média de  $\lambda$  chegadas por unidade de tempo;
- Os tempos de atendimento por canal são iguais e seguem a distribuição exponencial negativa com média de  $1 / \mu$  ;
- O atendimento é feito conforme a disciplina da fila, sendo *FIFO*;
- A quantidade de canais de serviço (servidores) é  $m$ ;

---

<sup>2</sup> Uma série temporal é dita estacionária se suas propriedades estatísticas não mudam com o tempo, ou seja, a série estacionária tem média e variância constantes no tempo, e a covariância entre valores defasados da série depende apenas da defasagem, isto é, da distância temporal entre eles, sendo que os intervalos definidos entre eles não podem estar sobrepostos. O termo estacionariedade pode ser definido como forte ou fraca. Em um processo estacionário fraco ou de segunda ordem, apenas alguns momentos do processo permanecem invariantes no tempo, e no mínimo média e auto-correlação constantes.

- O número de clientes é suficientemente grande para que a população possa ser considerada infinita;
- O taxa de atendimento ou de serviço é  $m \cdot \mu$ ;
- O sistema está na sua condição de estabilidade  $\lambda < m \cdot \mu$ .

As equações para o cálculo dos parâmetros do sistema são:

- Probabilidade ( $P_n$ ) de haver  $n$  clientes no sistema se:

Para efeitos de cálculo  $m = c$ .

Para  $n < c$  :

$$P_n = \rho^n \cdot \frac{1}{n!} \cdot \frac{1}{\sum_{j=0}^{c-1} \frac{\rho^j}{j!} + \frac{\rho^c}{(c-1)! \cdot (c-\rho)}}$$

Para  $n \geq c$ :

$$P_n = \rho^n \cdot \frac{1}{c! \cdot c^{(n-c)}} \cdot \frac{1}{\sum_{j=0}^{c-1} \frac{\rho^j}{j!} + \frac{\rho^c}{(c-1)! \cdot (c-\rho)}}$$

- Probabilidade ( $P_{\text{ocup.total}}$ ) de que todos os canais estejam ocupados é:

$$P_{\text{ocup.total}} = \frac{\rho^c}{(c-1)! \cdot (c-\rho)} \cdot \frac{1}{\sum_{j=0}^{c-1} \frac{\rho^j}{j!} + \frac{\rho^c}{(c-1)! \cdot (c-\rho)}}$$

- Numero médio de clientes na Fila ( $NF$ ):

$$NF = \frac{\rho}{(c-\rho)} P_{\text{ocup.total}}$$

- Tempo médio de espera na Fila (**TF**):

$$TF = NF \cdot \frac{1}{\lambda}$$

- Quantidade média de clientes no sistema (**NS**):

$$NS = NF + \rho$$

- Tempo médio gasto no sistema (**TS**):

$$TS = NS \cdot \frac{1}{\lambda}$$

### 2.3 - CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA

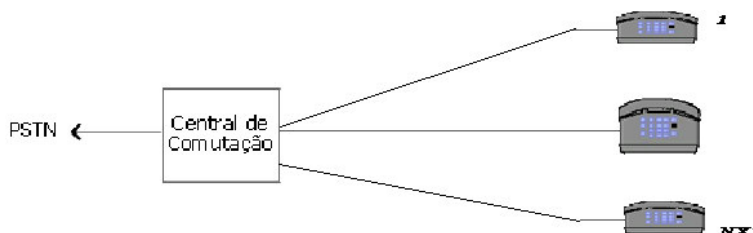
Com a evolução de tecnologia dos sistemas de telefonia a linha telefônica passou a ter um novo e importante papel para milhares de usuários, pois além de ser utilizada para acesso de voz também passou a prover acesso à Internet.

Nos sistemas de telefonia a rede de acesso é definida como sendo a conexão entre os usuários e as centrais telefônicas. Anteriormente as redes de acesso eram normalmente construídas utilizando cabos de fios metálicos em que um par era dedicado a cada usuário ligado até a central telefônica. Este par, juntamente com os recursos da central dedicados ao usuário é denominado de acesso ou linha telefônica.

As linhas telefônicas de vários usuários chegam às centrais telefônicas e são conectadas entre si quando um assinante (A) deseja falar com outro assinante (B). Convencionou-se chamar de A o usuário que origina a chamada e de B aquele que

recebe a chamada, sendo comutação o termo usado para indicar a conexão entre os usuários, dando origem ao termo Central de Comutação.

A central de comutação, apresentada na Figura 8, estabelece circuitos temporários entre os usuários permitindo o compartilhamento de meios e promovendo a otimização dos recursos disponíveis.



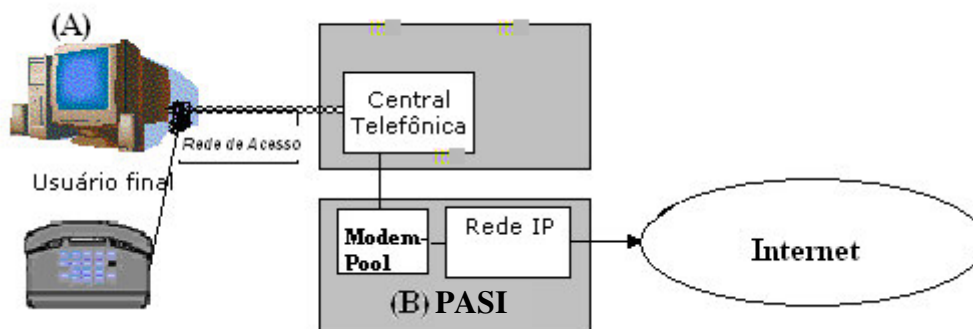
**Figura 8** - Topologia de rede com acesso a central telefônica.

#### 2.4 - ACESSO DISCADO À INTERNET

Na modalidade de acesso discado à Internet (*dial-up*), o usuário se relaciona com duas entidades: a operadora de telecomunicações do STFC e o PASI, considerado um provedor de serviço de valor adicionado.

O acesso à Internet por linha discada ou acesso discado (*dial-up*) é realizado através de sistemas de telefonia de operadoras de telecomunicações do STFC na forma de uma ligação telefônica destinada ao PASI (B), na qual o usuário (A) origina uma chamada telefônica utilizando uma linha telefônica e um modem do seu computador.

A central de comutação ao perceber que uma chamada tem destino ao PASI, realiza a entrega desta ao mesmo. O PASI, ao receber esta chamada através de um modem, inicia a troca de informações com o computador remoto para realizar a autenticação do usuário à Internet e estabelecer uma conexão em protocolo IP (*Internet Protocol*). A partir desse momento, o PASI encarrega-se de fazer o roteamento desta conexão para a Internet conforme apresentado na Figura 9.



**Figura 9 - Acesso discado à Internet.**

Este tipo de conexão é denominada de acesso discado à Internet (*dial-up*), e permite a comunicação via modem entre o computador do usuário, linha telefônica e o PASI, enquanto durar a ligação telefônica. Normalmente, esta comunicação está limitada a taxas de 56 Kbit/s.

O custo de acesso discado à Internet no Brasil possui dois componentes:

- Custo da ligação telefônica, cobrado por pulsos ou minutos, conforme o produto ou plano de serviço da operadora de serviço telefônico.
- Custo do provedor de acesso, em geral um valor fixo independente da utilização ou igual a zero no caso de provedores de Internet Grátis.

Dependendo da utilização, o componente custo da ligação telefônica pode se tornar o item preponderante no custo total de acesso à Internet, pois se tratam de ligações telefônicas de elevada duração. Assim sendo, algumas operadoras de telecomunicações do STFC já encaminham o tráfego destinado aos PASI de modo diferente das ligações telefônicas de voz. Este tráfego é desviado para redes IP que se conectam aos PASI.

O atual modelo de acesso discado apresenta uma série de pontos que limitam, na prática, um acesso mais efetivo à Internet. O custo da conexão telefônica é em muitos casos elevado para a população em geral, fazendo com que o tempo de conexão seja



reduzido ou deslocado para a madrugada e fins de semana nos horários de tarifa reduzida.

Existe uma situação particular na qual, durante o horário de tarifa reduzida, a operadora de telecomunicações do STFC do usuário paga mais de interconexão para a operadora à qual está conectada ao PASI, do que o que recebe do usuário. Isto ocorre porque enquanto o usuário paga apenas o valor de um pulso ou minuto por conexão, independentemente da duração desta, a sua operadora continua remunerando a outra com tarifas de uso de rede associadas ao tempo de sua utilização. Desta forma, é de particular interesse das operadoras que fornecem o serviço de acesso discado que este serviço seja oferecido com qualidade, pois impacta positivamente na sua remuneração.

Esta nova característica de utilização da linha telefônica para acesso à Internet e voz, embora não simultâneos, veio determinar um perfil de tráfego diferenciado dos modelos tradicionalmente utilizados para caracterizar o tráfego de voz.

A caracterização do tráfego de acesso discado por Teoria de Filas requer o conhecimento da quantidade de chegadas de conexões à Internet (taxa de chegada  $\lambda$ ), o tempo entre a chegada das conexões (intervalo entre chegadas  $IC$ ), o tempo de duração da conexão, em geral mais longo se comparado estatisticamente com a conexão de voz (taxa de atendimento ou de serviço  $\mu$ ), e o número de canais de serviço disponíveis (por serem estáticos determinam o número de servidores  $m$ ). Estes dados nos permitem calcular a taxa de utilização ou intensidade de tráfego  $\rho = \lambda / (m \mu)$  e todos os outros parâmetros caracterizadores de sistema de Filas.

O levantamento estatístico e a caracterização destas informações fazem parte dos objetivos deste trabalho.

## CAPÍTULO 3

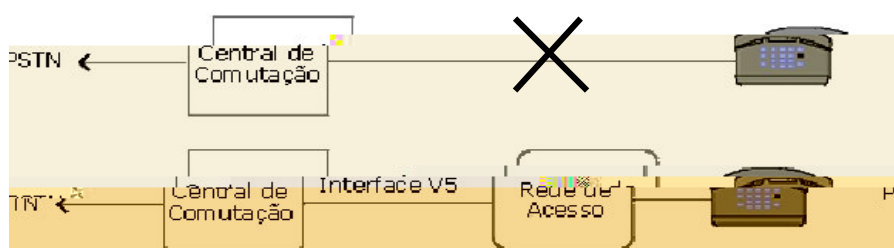
### DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

#### 3.1 – IMPACTO DOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS

No princípio os projetistas dos sistemas de telecomunicações identificaram que com o modelo de tarifação, o sistema poderia se tornar economicamente viável se houvesse um maior compartilhamento de recursos de rede entre todos os usuários. Esta partilha, porém, criaria a probabilidade do não atendimento de algumas requisições, com bloqueio ou perda do serviço pretendido.

A questão operacional a esclarecer é: qual a quantidade de recursos necessários para que as requisições de serviço solicitadas e não-atendidas fiquem dentro de um padrão desejado e aceitável de qualidade de rede?

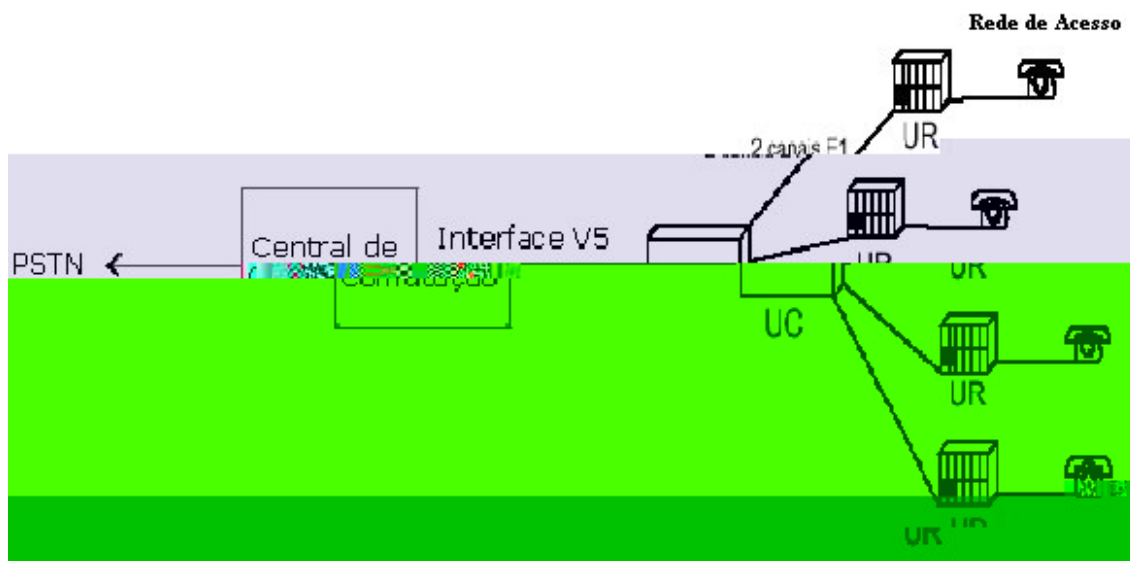
Uma proposta implementada foi a substituição da conexão dos cabos telefônicos da central de comutação até os usuários, com a mudança da tecnologia de elementos de rede, para elementos que utilizassem interface V5, conforme padrão ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) (1999), topologia a qual conecta a rede de acesso até a central de comutação. As Figuras 10 e 11 demonstram a modificação da topologia da rede, onde em um primeiro cenário as linhas telefônicas dos usuários (ex. par metálico) não são mais terminadas diretamente na central de comutação e sim no elemento de rede de acesso.



**Figura 10** - A rede de acesso substitui a conexão direta à central de comutação em um sistema de telefonia utilizando interface V5.

### 3.2 - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Com as novas topologias a rede de acesso passou a ser feita por um elemento de rede mais próximo dos clientes, e uma topologia típica que é comumente encontrada nas operadoras de telecomunicações do STFC é apresentada na Figura 11. Descrita como tipo mestre-escravo, na figura, o mestre é denominado de Unidade Central (UC) e o escravo de Unidade Remota (UR).



**Figura 11** - Topologia Típica “Mestre-Escravo”.

Nesta topologia o conjunto de equipamentos denominados UC e UR estão conectados respectivamente à Central de Comutação e à rede de acesso. O sistema em questão opera utilizando a tecnologia PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*) ITU-T Recomendação G.703 (1972) ou SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) ITU-T Recomendação G.803 (1993), conforme definição encontrada na Tabela 1.

A UC é conectada com feixes E1 conforme Recomendação ITU-T G.703 (1972), (feixe de 2Mbits/s com 30 canais de serviço de 64Kbits/s) à Central de Comutação. A UR é responsável por fornecer o acesso final aos clientes e se encontra conectada à UC. Quando um usuário inicia uma chamada telefônica, ele irá reservar um dos canais disponíveis do enlace (ou time slot) ao longo do tempo de duração da chamada. Este procedimento corresponde à reserva realizada normalmente para um canal de voz. O

número de canais a serem disponibilizados para o serviço é o objeto do estudo realizado.

G.703	<i>Physical/Eletrical Characteristics of Hierarchical Digital Interfaces.</i>
G.803	<i>Architecture of transport networks based on the synchronous digital hierarchy.</i>
G.704	<i>Synchronous Frame Structures used at 1544, 6312, 2048, 8488 and 44.736 kbit/s Hierarchical Levels.</i>
G.821	<i>Error performance of an international digital connection operating at a bit rate below the primary rate and forming part of an integrated services digital network</i>
G.804	<i>Architectures of transport networks based on the synchronous digital hierarchy</i>
G.826	<i>Error Performance Parameters and Objectives for International Constant Bit Rate Digital Paths at or Above the primary Rate.</i>

**Tabela 1.** Recomendações ITU-T.

Em conjunto com o avanço tecnológico das redes de telecomunicações surgiram novos problemas no campo do planejamento, análise e otimização dessas redes. Usualmente, o planejamento de capacidade da UC determina a quantidade de canais a serem reservados baseados em modelos tradicionais aplicados ao tráfego de voz. O dimensionamento estabelece uma taxa de ocupação que minimize o bloqueio por falta de recursos.

A topologia da Figura 11 é um exemplo que descreve uma Central telefônica ligada a UC através de quatro feixes E1, a qual disponibiliza canais de acordo com o solicitado pelas Unidades Remotas; a Unidade Central é conectada a até quatro Unidades Remotas com dois feixes E1 (estáticos) por Unidade Remota, somando oito feixes E1 entre Unidade Central e Unidades Remotas; uma Unidade Remota pode estar conectada a quatrocentos e oitenta clientes (linhas telefônicas) sendo expansível a novecentos e sessenta, porém disponibiliza o máximo de dois feixes E1, ou seja, sessenta canais, que são ocupados de acordo com a demanda de tráfego.

O caso estudado na operadora verificou-se a ocorrência de uma quantidade de perda de chamadas na HMM, comprometendo a qualidade do serviço. Presumiu-se que devido à mudança na característica de tráfego dos clientes o planejamento baseado em modelos tradicionais de tráfego de voz não atendia as especificações desejadas de bloqueio, isto é, o uso da linha telefônica para acesso à Internet passou a exigir o redimensionamento do número de canais entre Unidade Central e Unidade Remota.

Os dados coletados da rede da operadora, mostram que a origem das perdas de chamadas ocorriam entre Unidade Central e Unidade Remota 1, devido à quantidade de solicitações para chamadas originadas e terminadas com destino a Unidade Remota 1 ultrapassavam o limiar de canais disponíveis, de acordo com relatórios técnicos da operadora. Este problema pode ser comparado e transformado com um sistema de filas com vários servidores com perda de chamadas e o canal é equivalente a um servidor disponível.

A situação de congestionamento é observada em virtude do crescimento da planta da operadora e da ocupação dos equipamentos, que devido aos novos produtos ou serviços oferecidos, principalmente serviços de acesso discado à Internet. Estes fatos impactam no uso das linhas telefônicas e modificaram o perfil de uso do sistema, criando assim a necessidade de estudar os novos perfis de tráfego e estabelecer novas metodologias para a realização do planejamento de capacidade.

Na revisão da literatura realizada sobre o assunto estudado, identificamos que Färber (1998), Novak (2003) e Schikora (2006), apresentam análises de tráfego de acesso discado questionando o uso dos modelos clássicos de comportamento do tráfego de voz em sistemas de acesso discado, mas o trabalho de Alvim (2001) confirma a mudança na característica da tipificação do tráfego telefônico, com a diferenciação de HMM voz e HMM Internet. No entanto, estes trabalhos se referem a informações pouco recentes ou obtidas em redes universitárias. Os resultados apresentados em Iversen (2000) bem como os aqui apresentados mostram o contrário.

Embora sejam encontrados estudos com o objetivo de analisar o desempenho de redes, Kleinrock (1975) e Melamed (1996), estes se referem à rede de pacotes. Porém o trabalho de Leland (1994) "*On the self-similar nature of Ethernet traffic*" questiona a

adequação dos modelos tradicionais, ou seja, os modelos Markovianos, tendo em vista que o tráfego nas redes de pacotes apresenta uma nova natureza estatística, chamada de auto-similar. Beran, Sherman e Willinger (1995) e Garrett (1994) investigaram a natureza estatística do tráfego de vídeo em redes de pacotes; o trabalho WAN/LAN de Paxson e Floyd (1995) apresenta resultados da característica estatística do tráfego, mostrando que os modelos poissonianos aplicam-se apenas a tráfegos muito específicos como é o caso do tráfego gerado por TELNET e pelo tráfego gerado pelo controle de conexões FTP. Outros trabalhos como os apresentados por Crovella e Bestavros (1995 e 1997) buscam caracterizar o tráfego produzido na WWW.

A contribuição deste trabalho é particular e inédita por realizar a modelagem do processo de atendimento e chegada de conexões observando-se o tráfego real de uma grande operadora brasileira de telecomunicações do STFC, cujo perfil de usuário é grandemente afetado pelo modelo atual de tarifação. Os resultados obtidos possibilitam estabelecer metodologias mais adequadas para o dimensionamento de sistemas de operadoras de telecomunicações do STFC para acessos discados bem como para o estabelecimento de políticas de negócios, tais como investimentos e qualidade de rede.

### 3.3 - FERRAMENTA DE COLETA AUTOMÁTICA DE TRÁFEGO - FCAT

Embasado na necessidade de controle e gerenciamento sobre o tráfego real da rede e com conhecimento da característica de tráfego, fez-se um estudo detalhado sobre os equipamentos da topologia de rede “Mestre-Escravo” ou Unidade Central /Unidade

(*Management Information Base*) privadas, controladas pelo fabricante, limitando as ações de engenharia.

O problema foi contornado através de um trabalho de engenharia reversa sobre o protocolo SNMP, a notação ASN.1 e as MIBs privadas utilizadas. Diversos autores consultados serviram de embasamento teórico (HARNEDY, 1998; SZTAJNBERG, 1996; STALLING, 1996; PERKINS, 1997; MAURO, 2001).

Porém não se encontrou na literatura estudada nenhum estudo ou trabalho similar sobre o problema identificado, e sim empresas privadas especializadas no desenvolvimento de ferramentas de gerência de tráfego em diferentes topologias e protocolos de acordo com as necessidades almejadas pelos clientes, cujos serviços de desenvolvimento teriam um elevado custo e prazo indeterminado.

As seções seguintes descrevem o método aplicado para o desenvolvimento da FCAT, a qual nos permitiu obter os dados estatísticos desejados, através do estudo do protocolo SNMP, da estrutura das MIBs, da notação ASN.1 e da técnica de aquisição dos dados.

### 3.3.1 – Protocolo SNMP

O protocolo SNMP (RFC 3411) foi desenvolvido inicialmente para integrar a gerência de diferentes tipos de rede com uma arquitetura simples e que causasse pouca sobrecarga na rede, operando na camada de aplicação, usando a camada de transporte do protocolo TCP/IP, e podendo ignorar o hardware de rede das camadas inferiores.

O SNMP possibilita aos administradores de rede gerenciar o desempenho da rede, encontrar e resolver problemas de rede, e planejar o crescimento desta, além de controlar quaisquer dispositivos da rede e não apenas os que possuem conexão com sua rede física, pois utiliza o protocolo IP.

O software de gerência de redes segue o modelo cliente-servidor convencional: onde executa uma aplicação 'cliente' na máquina do gerente e uma aplicação 'servidora'

no dispositivo de rede a ser analisado ou monitorado. Para evitar confusão com outras aplicações de rede, os sistemas de gerência de redes evitam os termos 'cliente' e 'servidor'. Em vez disso, usam "Gerente" para a aplicação cliente e "Agente" para a aplicação servidora que roda no dispositivo de rede, fornecendo uma interface de todos os parâmetros de sua configuração.

Estes parâmetros são armazenados em uma estrutura de dados chamada MIB e estas podem ser do tipo MIBs públicas (abertas) ou MIBs privadas.

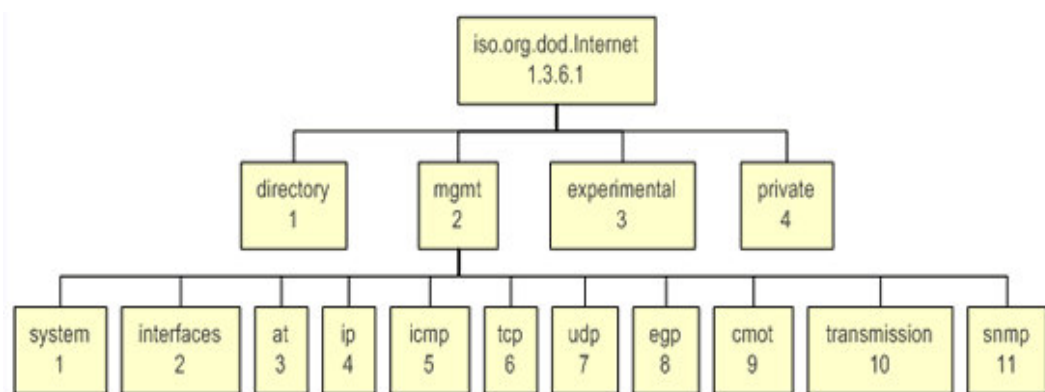
### 3.3.2 - Descrição da MIB

A MIB (RFC 3418) possui uma estrutura em árvore padronizada que contém os objetos gerenciáveis de um determinado dispositivo de rede. Essa estrutura não tem limites e, de acordo com a necessidade, pode ser atualizada e expandida.

São identificadas na Figura 12 quatro sub-árvores:

- *directory*(1): contém informações sobre o serviço de diretórios OSI (X.500).
- *mgmt*(2): contém informações de gerenciamento de rede.
- *experimental*(3): contém os objetos que ainda estão sendo pesquisados pelo IAB (*Internet Architecture Board*).
- *private*(4): contém objetos definidos por outras organizações privadas.





**Figura 12** – Sub-árvore da MIB II.

Na Figura 12 a sub-árvore *private*(4) é dedicada às empresas privadas, podem ser solicitadas sub-árvores aos órgãos de padronização destinada ao uso específico de um fabricante. O uso de objetos dessa sub-árvore permite que um dispositivo de rede seja identificado de forma precisa.

Um objeto gerenciável é uma visão abstrata de um recurso de um dispositivo da rede. Ele corresponde a uma estrutura de dados e operações obtidas a partir do modelamento dos recursos desse dispositivo de rede.

Cada objeto possui as seguintes características:

- Um rótulo (*label*), em formato texto, e uma identificação única denominada OID (*Object Identification*), que é composta por uma seqüência de números que identifica a posição do objeto na árvore da MIB.
- Atributos: tipo de dado, descrição e informações de status, configuração e estatísticas, entre outras.
- Operações que podem ser aplicadas ao objeto: leitura (*read*), escrita (*write*) e comando (*set*).

A notação ASN.1 (*Abstract Syntax Notation One*) foi a linguagem desenvolvida pelo ITU-T de acordo com a atualização da Recomendação X.683 (1995) e escolhida pela ISO 8824 para a definição dos objetos gerenciáveis da MIB. Ela utiliza conceitos de orientação a objeto para definir um recurso, seus atributos e as operações que podem ser executadas por este recurso, quando aplicável.

O gerente é o software que executa na estação de gerenciamento da rede e sua regra é contatar os diferentes agentes executando na rede para coletar os valores armazenados na sua base interna, ou seja, na MIB.

### 3.3.3 - Aquisição de Dados

A FCAT desenvolvida para equipamentos com topologia “Mestre-Escravo” que utilizam interface V5, realiza a aquisição dos dados através de coletas periódicas na Unidade Central, coletando as informações relativas às conexões entre a Unidade Central e as Unidades Remotas, informações as quais se encontram disponibilizadas na forma de MIBs privadas de acordo com a estrutura em árvore de disposição do OID.

Estas informações são tratadas e utilizadas para consulta de estatísticas de tráfego que permitam a construção de gráficos e históricos de utilização, criando a disponibilidade de verificação de tráfego em data e horários específicos.

As informações após serem tratadas são disponibilizadas via interface *Web* para mais fácil acesso e controle, sendo uma ferramenta essencial no planejamento e controle da rede por parte da engenharia de tráfego.

Os principais benefícios obtidos com o desenvolvimento da FCAT foram:

- Disponibilidade de verificação de tráfego em data e horários de interesse específicos;
- Ferramenta auxiliar no planejamento e controle da qualidade de rede;

- Criação de histórico (banco de dados) do tráfego por elemento instalado na planta da operadora;
- Auxílio à tomada de decisão para melhor alocação de recursos e investimentos;
- Melhoria na qualidade de rede oferecida aos clientes.

## CAPÍTULO 4

### METODOLOGIA

O controle e o gerenciamento do tráfego real da rede das operadoras em geral se baseiam na realização de medições ativas ou passivas e posterior análise de dados obtidos. Estes dados são analisados estatisticamente e o tráfego, uma vez caracterizado, pode determinar um modelo adequado a ser aplicado para o dimensionamento do sistema.

#### 4.1 – TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados de tráfego necessários para o desenvolvimento do modelo de tráfego foram obtidos a partir da FCAT desenvolvida.

A base de dados coletada foi considerada extremamente grande, pois continha em torno de 5 (cinco) milhões de linhas, contendo informações de tempo de chegada, tempo de duração da chamada, chamadas completadas, chamadas perdidas, número de origem (A), número de destino (B), e para que fossem somente extraídas as informações de tráfego gerado por acesso discado à Internet em grandes cidades brasileiras que são o foco deste estudo, foram necessárias aplicações de filtros avançados.

Com a aplicação dos filtros foi disponibilizado o conjunto de dados que foi foco do estudo, e é mostrado na Tabela 2, onde a Cidade1 possui uma população de 1,5 milhão de pessoas e na Cidade2 vivem 2,3 milhões de pessoas.

Os dados são registrados em termos de chamada individual, instante de chegada no sistema, instante de término, origem (A), destino(B), entre outros de interesse limitado para este trabalho. A precisão e a resolução dos dados são da ordem de segundos.

Para efeitos de estudo foram desconsideradas as identificações do cliente de origem, com a intenção de preservar a fonte de informação e por não ser o foco deste trabalho.

Data	Local	
31/03/2006, sexta-feira	Cidade1	Cidade2
01/04/2006, sábado	Cidade1	Cidade2
02/04/2006, domingo	Cidade1	Cidade2
03/04/2006, segunda feira	Cidade1	Cidade2
04/04/2006, terça-feira	Cidade1	Cidade2

**Tabela 2.** Conjunto de dados em estudo.

A modelagem de tráfego mostrada na próxima seção resulta do estudo dos dados extraídos com o trabalho de re-engenharia.

#### 4.2 – MODELAGEM DO SISTEMA

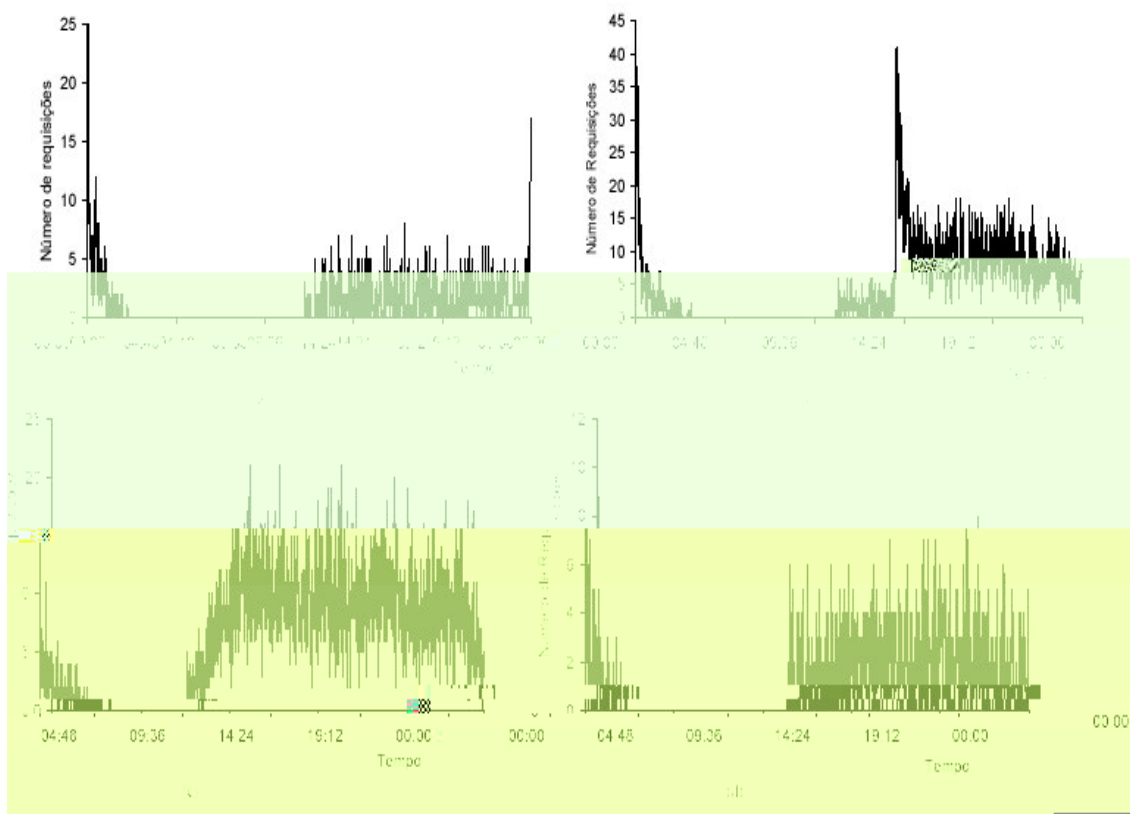
Após o tratamento da base de dados o sistema foi modelado observando-se as seguintes métricas:

1. Tempo de conexão de um dado cliente (processo de atendimento);
2. Intervalo entre chegadas (processo de chegadas).

A série temporal típica de acessos ao sistema é mostrada na Figura 13 e reflete os regimes de tarifação atuais para o sistema de telefonia.

As solicitações para conexão nos dias comerciais possuem comportamento indicado na Figura 13 (a) e (d), que mostra o número de chegadas para sexta e segunda feira, respectivamente. Nestes dias, a partir de 00:00 horas ocorre um aumento do numero de novas conexões devido ao menor custo de ligações, configurando vários regimes de operação durante o dia.

A análise da série com as chegadas de requisições de conexão mostra que o comportamento do usuário varia conforme o período do dia, sendo influenciado principalmente pelo regime de tarifação. Demonstrando que o processo de chegadas não pode ser estudado em conjunto, pois o sistema é periódico e não estacionário.



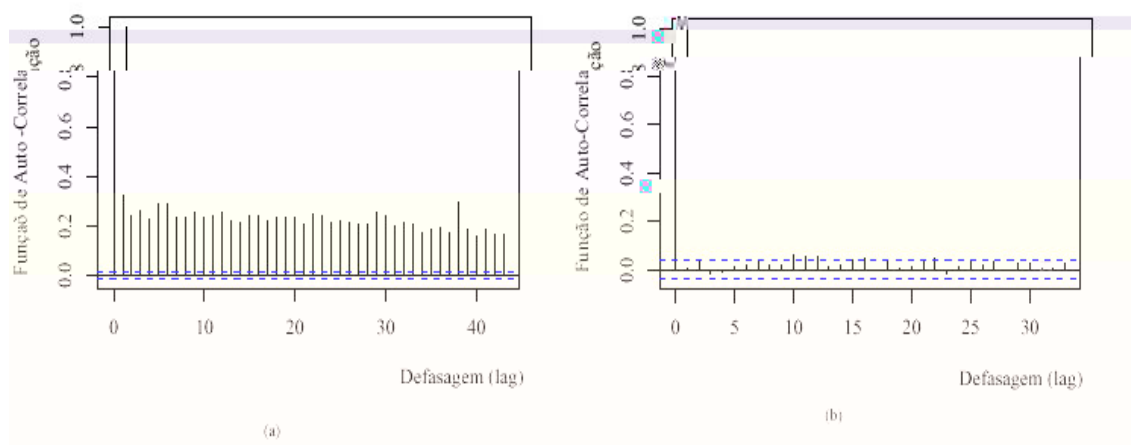
**Figura 13** - Número de chegadas ao longo do dia para a Cidade2 em (a) 31/03/2006, (b) 01/04/2006, (c) 02/04/2006 e (d) 03/04/2006.

Para realizar um estudo apropriado, deve ser feita a seleção de determinadas faixas horárias onde o sistema possui estacionariedade<sup>3</sup>. Isto pode ser feito observando-se a série de chegadas de diversos dias, por exemplo, em dias de semana nos intervalos horários de 09:00 à 12:00 horas, de 15:00 à 18:00 horas ou de 00:00 à 01:00 hora.

<sup>3</sup> Uma série temporal é dita estacionária se suas propriedades estatísticas não mudam com o tempo, ou seja, a série estacionária tem média e variância constantes no tempo, e a covariância entre valores defasados da série depende apenas da defasagem, isto é, da distância temporal entre eles, sendo que os intervalos definidos entre eles não podem estar sobrepostos. O termo estacionariedade pode ser definido como forte ou fraca. Em um processo estacionário fraco ou de segunda ordem, apenas alguns momentos do processo permanecem invariantes no tempo, e no mínimo média e auto-correlação constantes.

A Figura 14 (a) mostra a função de auto correlação dos intervalos entre chegadas tomados como um todo em comparação com a função de auto-correlação do intervalo entre 19:00 e 23:00 horas(b).

O teste para verificar a estacionariedade é observar o decaimento da função de auto-correlação que de acordo com a Figura 14 (b) é mais acentuado para os dados tomados entre 19:00 à 23:00 horas, comprovando a estacionariedade da série neste período.



**Figura 14** - Função de auto-correlação para (a) os intervalos entre chegadas tomadas como um todo e (b) para o horário entre 19:00 e 23:00 horas.

#### 4.3 – VALIDAÇÃO DO SISTEMA

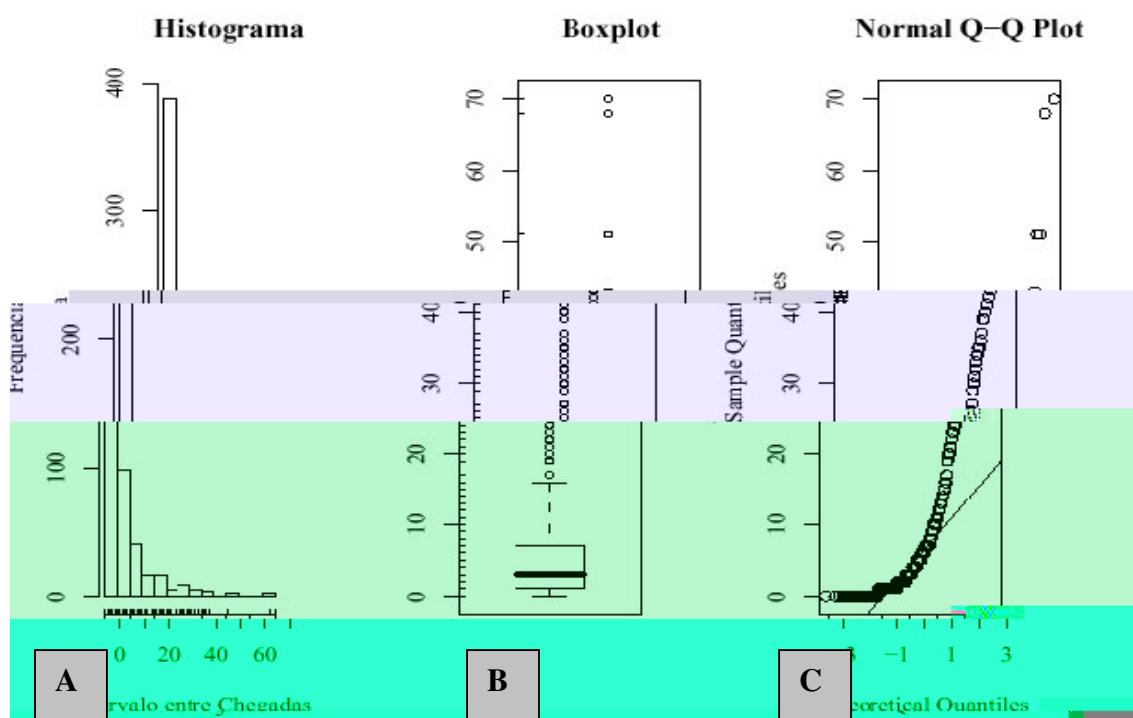
Diversos períodos de tempo (horários) durante o dia apresentam característica de tráfego semelhante, observando-se comportamentos diferenciados para dias de semana, sábados e domingos, como citado na introdução deste trabalho devido as características particulares do regime de tarifação brasileira do STFC.

Um horário particularmente congestionado nos dias da semana é no intervalo entre 00:00 à 01:00 hora, também estimulado devido à redução na tarifa telefônica neste horário, conseqüentemente representando o período onde a taxa de chegadas de

requisições de conexão é maior, sendo a sua caracterização de fundamental importância para a validação deste estudo.

A Figura 15 demonstra os gráficos e se referem ao teste de hipótese realizado sobre a auto-correlação do processo que caracteriza o tráfego avaliado, sendo os gráficos A) Histograma, B) Box-plot e C) QQ-plot para o IC observado no horário de 00:00 à 01:00 horas do dia 01/04/2006, com a precisão e resolução dos dados da ordem de segundos.

O gráfico da Figura 15 A demonstra o Histograma no qual o intervalo entre chegadas IC apresenta um forte indicativo pela frequência que os dados podem ser aderentes a uma distribuição exponencial.



**Figura 15** – A) Histograma, B) *Box-plot* e C) *QQ-Plot* para o intervalo entre chegadas IC de 00:00 à 01:00 horas do dia 01/04/2006.

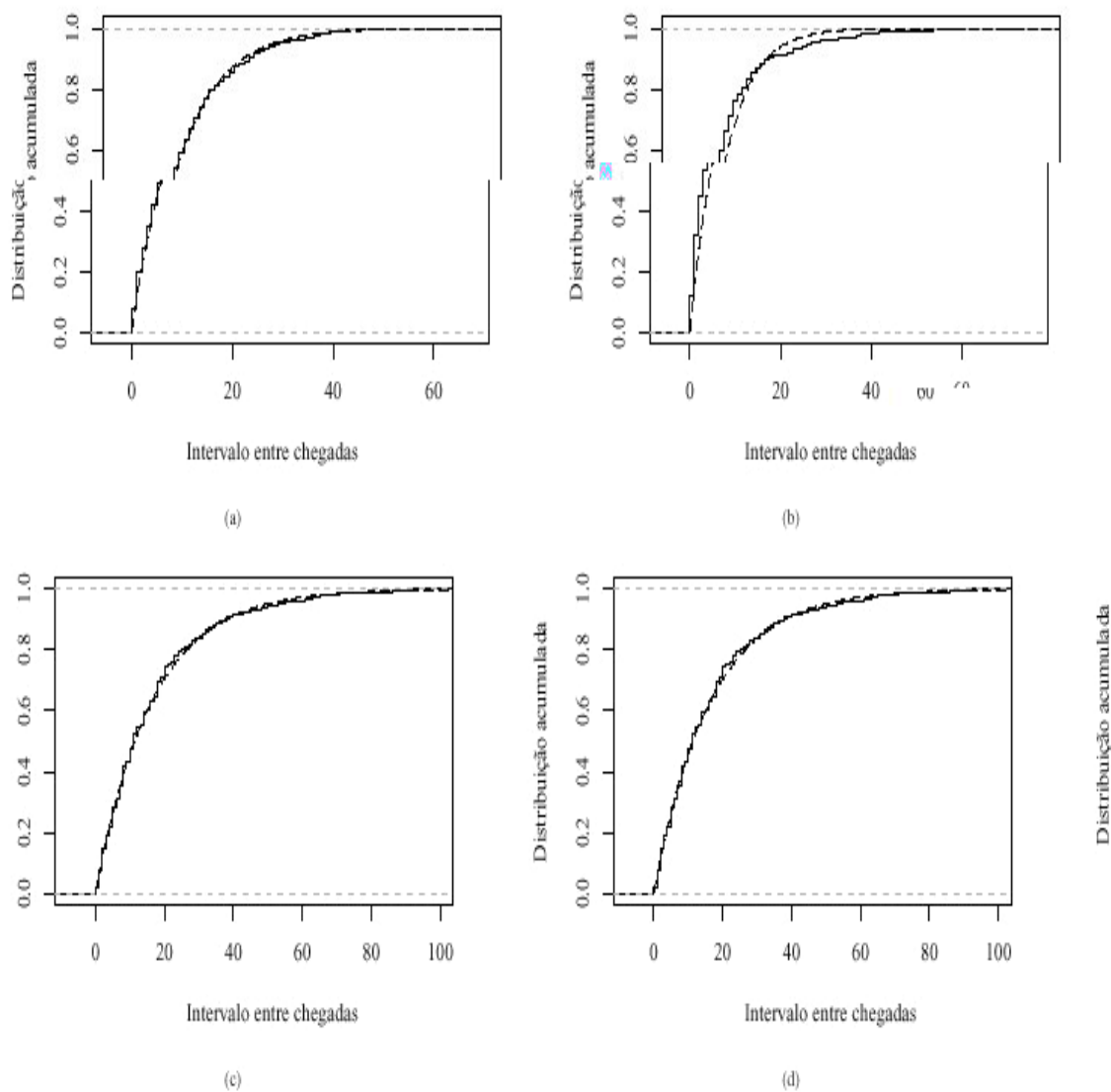


O gráfico da Figura 15 B mostra o *Box-plot* dos dados analisados no qual demonstra que a mediana fica muito próxima do primeiro quartil inferior Q1 e que o IC apresenta um valor pequeno.

O gráfico *QQ-Plot* da Figura 15 C analisa o intervalo entre chegadas IC e procura comparar a distribuição de probabilidade empírica encontrada no sistema com uma distribuição de probabilidade teórica conhecida, ou seja, a Distribuição Normal.

Para comprovar o teste de hipótese, foi realizado o teste de aderência da distribuição exponencial aos dados de tráfego para os diversos dias em estudo no intervalo estudado entre 00:00 à 01:00 hora com um intervalo de confiança de 95%.

O resultado é demonstrado no gráfico da Figura 16, que realiza a comparação entre a distribuição empírica (linha contínua) e a distribuição exponencial (linha tracejada), onde pode ser observada a boa aderência aos dados, com a precisão dos dados da ordem de segundos.



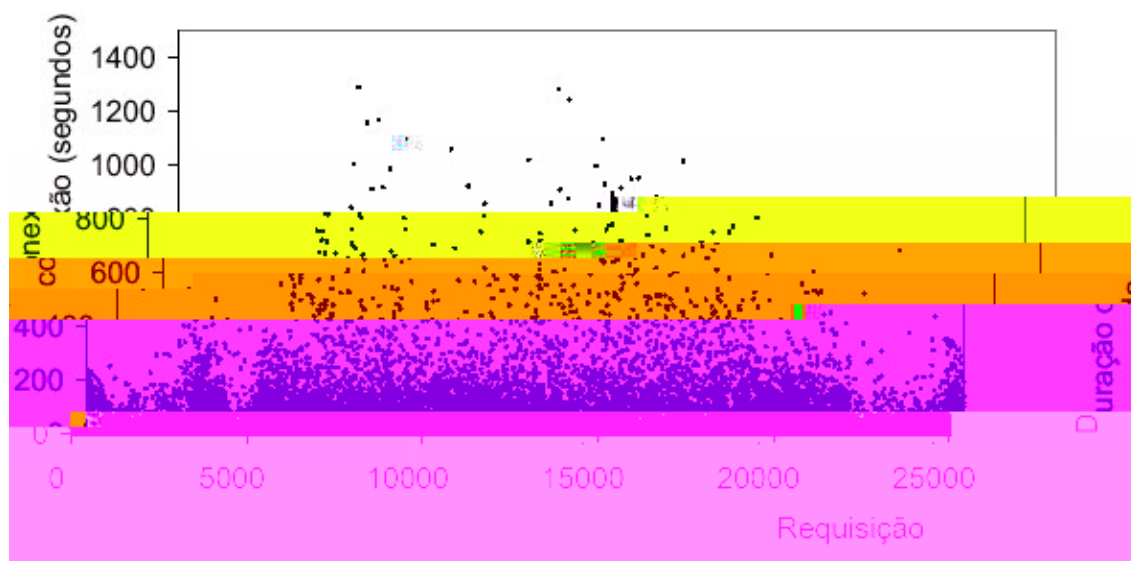
**Figura 16** - Distribuição de probabilidade do intervalo entre chegadas de requisições (Cidade2) entre 00:00h e 01:00h em (a) 31/03/2006, (b) 01/04/2006, (c) 02/04/2006 e (d) 03/04/2006.

O teste de aderência foi realizado também sobre outros intervalos de horários para o tráfego das duas cidades analisadas e a distribuição que se ajusta melhor aos dados foi à distribuição exponencial, conforme mostra a Tabela 3.

Intervalo de observação	Local	
	Cidade1	Cidade2
00:00 à 01:00 horas	Exponencial	Exponencial
09:00 à 12:00 horas	Exponencial	Exponencial
14:00 à 18:00 horas	Exponencial	Exponencial
19:00 à 23:00 horas	Exponencial	Exponencial

**Tabela 3.** Resultado dos testes de aderência.

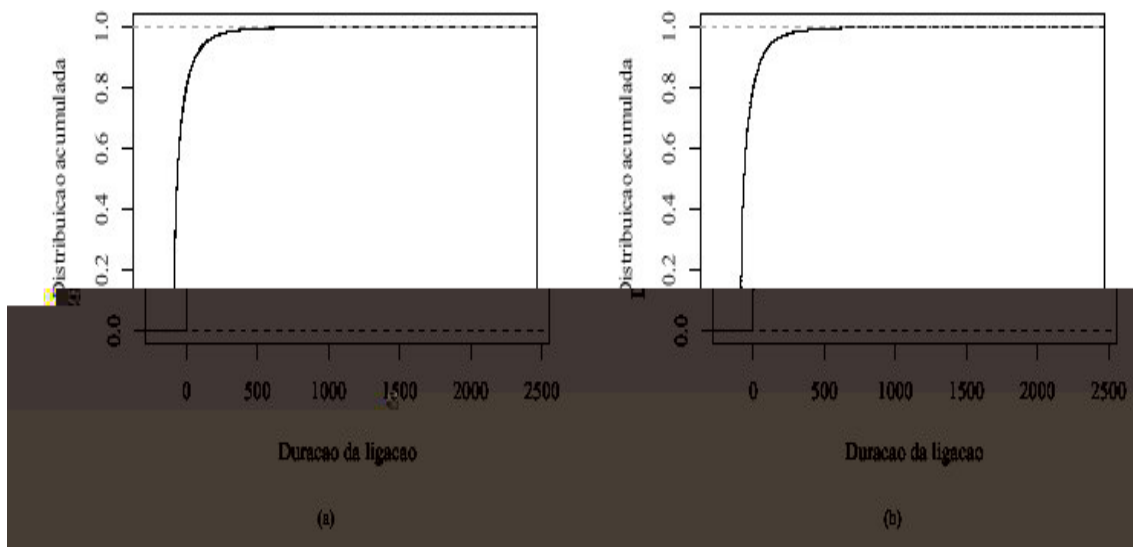
Outra variável importante em estudo é a duração da conexão. A série temporal representando o tempo de duração da conexão ao longo de todos os dias em estudo para as conexões realizadas na Cidade2 é mostrada na Figura 17, com a precisão e resolução dos dados da ordem de segundos. Observa-se que esta série apresenta um bom nível de estacionariedade, indicando que ela pode ser tratada como um todo.



**Figura 17** - Duração da conexão ao longo de todos os dias em estudo para a Cidade2.

O resultado apresentado na Figura 18, com a precisão dos dados da ordem de segundos. Observa-se que o tempo de conexão é sempre aderente à distribuição de Weibull, mesmo se observado em intervalos de tempo pequenos (horas) ou grandes (dias) coincide.

A caracterização do tempo de conexão é importante, mas para o estudo de desempenho do sistema a característica predominante é o fato do intervalo entre conexões poder ser modelado por uma distribuição exponencial, o que torna possível o uso do modelo M/G/m com perdas – ou seja, a probabilidade de perda de conexão do sistema depende apenas do tempo de médio de conexão e não da distribuição de probabilidade.



**Figura 18** - Distribuição acumulada para o tempo de conexão comparado com a distribuição de Weibull (linha pontilhada) em (a) Cidade1 e (b) Cidade2.



## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS

#### 5.1 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

O estudo do intervalo entre chegadas e do tempo de conexão indica que é possível utilizar o modelo de filas M/G/m com perdas (ou Erlang loss), embora seja comprovado que o tempo de conexão é sempre aderente à distribuição de Weibull. Este resultado contrasta com os estudos realizados anteriormente por Färber (1998-a, 1998 e 1999) onde o intervalo entre chegadas foi modelado utilizando-se distribuições de cauda longa, impedindo a aplicação do modelo Erlang loss.

No entanto, os trabalhos estudados foram realizados com bases de dados relativamente pequenas e refletindo o comportamento de um grupo bastante específico de usuários, por exemplo, nos estudos de Färber (1998-a), Novak (2003) e Schikora (2006) foram utilizados sistemas de acesso via linhas discadas em universidades. Em Novak (2003), o autor percebe que 6% dos usuários foram responsáveis por 50% dos acessos, o que reflete uma característica bastante específica de um público universitário conforme descrito pelo próprio autor.

Os estudos de Novak (2003) e Schikora (2006) procuram demonstrar que um melhor dimensionamento do número de modems é mais eficiente do que a imposição de regras de negócio do tipo limitação de tempo de sessões, liberando modems para uso por tempos determinados, para minimizar perdas de chamadas por bloqueio. Logo, a importância de modelos mais adequados para dimensionamento de banco de modems justifica o estudo aqui apresentado.

Nos resultados dos processos de chegada das chamadas encontrados se aproximam daqueles obtidos por Iversen (2000) na operadora dinamarquesa Tele Danmark, pois os mesmos consideraram uma base realmente grande de usuários, que permite avaliar melhor grandes sistemas de usuários. No entanto, os resultados

dinamarqueses consideram acessos mistos, discados e ISDN (ainda significativos na Europa, mas não no Brasil).

Por considerar uma base realmente grande de usuários, acredita-se que os resultados aqui apresentados conduzem a um modelo mais confiável do que os estudos encontrados na literatura atual sobre tais sistemas.

O modelo desenvolvido por Erlang indica que para um sistema de filas M/G/m, sem espaço em buffer, a probabilidade de perda (bloqueio) é dada pela Equação A:

$$p_m = \frac{(m\rho)^m / m!}{\sum_{j=1}^m [(m\rho)^j / j!]} \quad (\text{A})$$

Onde  $p_m$  representa a probabilidade de perda,  $m$  é o número de servidores,  $\rho$  é a intensidade tráfego, dada por  $\rho = \lambda / (m\mu)$ , com  $\mu$  representando o taxa de atendimento ou serviço e  $\lambda$  representando a taxa de chegadas.

Alternativamente, ao invés da expressão exata dada pela Equação A podem ser utilizadas expressões mais simples. Isto é particularmente importante para casos onde o número de servidores é muito grande. O limite superior para  $p_m$  foi desenvolvido por Harel (1988), e tem como resultado a Equação B a seguir :

$$UP1 = \frac{m(1 - \rho)^2 + 2\rho - (1 - \rho)\sqrt{4m\rho + m^2(1 - \rho)^2}}{-m\rho(1 - \rho) + 2\rho + \rho\sqrt{4m\rho + m^2(1 - \rho)^2}} \quad (\text{B})$$

Como exemplo, o dimensionamento do sistema para o horário entre 00:00 à 01:00 hora para a Cidade2 indica que o tempo médio de conexão  $T$  é de 61,98 minutos e o intervalo entre chegadas das conexões  $IC$  é de 6,25 segundos. Neste intervalo, para obter-se uma probabilidade de perda de 1% o sistema deverá reservar no mínimo 595 canais para este serviço (o que explica a quantidade de perda de ligações observadas

neste horário, uma vez que a quantidade de canais disponíveis é menor que esta, ou seja, reserva de 480 canais).

$$IC = 6,25 \text{ s} \quad IC = 1 / \lambda$$

$$\lambda = 1 / 6,25 = 0,16 \text{ clientes / s} = 9,6 \text{ clientes / min} = 576 \text{ clientes / hora}$$

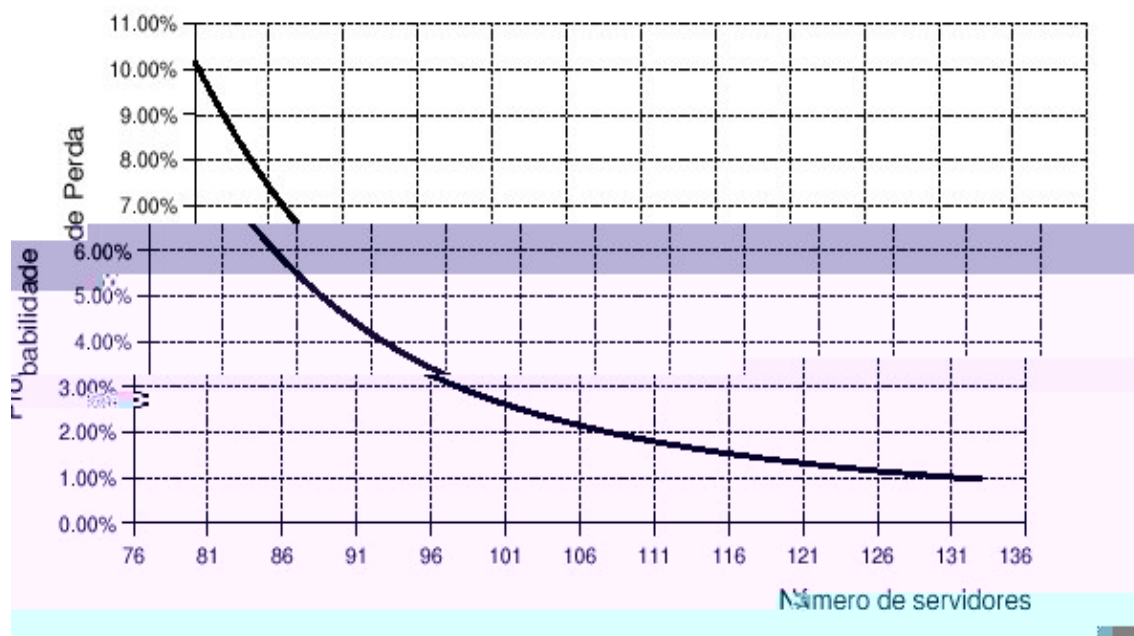
$$T = 61,98 \text{ min} \quad T = 1 / \mu$$

$$\mu = 1 / 61,98 * 60 = 1 / 3718,8 = 0,27 \text{ clientes / ms} = 0,0162 \text{ clientes / min}$$

$$= 0,968 \text{ clientes por hora}$$

$$N = \lambda / \mu = 576 / 0,968 = 595 \text{ clientes no sistema}$$

Considerando-se a faixa de horário entre 19:00 e 23:00 horas, observa-se um intervalo médio entre chegadas **IC** de 19,71 segundos e um tempo médio de conexão **T** de 24,9 minutos, com o sistema necessitando de no mínimo 132 canais reservados. A Figura 19 ilustra o limite para probabilidade de perda obtido para o sistema no horário entre 19:00 e 23:00 horas em função do número de canais reservados.



**Figura 19** - Probabilidade de perda em função do número de canais para o horário entre 19:00 e 23:00 horas para a Cidade2.





## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Nesta dissertação foram abordados: a mudança na característica do tráfego da rede das operadoras de telecomunicações em função do tipo de acesso discado à Internet e sua importância, os conceitos de Teoria de Tráfego e de Filas, a caracterização do sistema de acesso discado e a descrição do problema. A seguir foi apresentado a necessidade e o desenvolvimento da FCAT, descrevendo o estudo realizado sobre o protocolo SNMP, MIBs e notação ASN.1. Então, descreve-se a modelagem do tráfego de acordo com os dados coletados e tratados. Finalmente, apresenta-se o estudo estatístico e os testes de aderência, validando os resultados encontrados, as conclusões com as contribuições atingidas e a proposta para trabalhos futuros.

#### 6.1 – CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizada a modelagem do comportamento do usuário de conexões utilizando linhas discadas para acesso à Internet. Esta modalidade de acesso permanece importante e vem apresentando crescimento no número de usuários, a despeito do crescimento da modalidade de acesso em banda larga.

Através do estudo comprovou-se a mudança na característica de tráfego dos usuários que antes utilizavam sua linha telefônica para somente tráfego de voz.

Devido às necessidades de controle e engenharia foi desenvolvida a FCAT, sendo atualmente a ferramenta responsável pela coleta dos dados de tráfego e essencial no planejamento e controle da rede por parte da engenharia de tráfego da operadora de telecomunicações do STFC.

Após o devido tratamento foi caracterizado o tráfego de acesso discado à Internet, a partir dos dados obtidos pela FCAT da rede da operadora de telecomunicações de alcance nacional com tráfego de duas grandes cidades brasileiras.

Os dados tratados mostram que:

- Os intervalos entre chegadas de requisições de conexão podem ser modelados utilizando-se a distribuição exponencial, para determinadas faixas de horário e dias da semana, especialmente selecionadas considerando-se como critério a estabilidade da série no intervalo.
- O tempo de duração da conexão é mais bem modelada pela distribuição de Weibull. Como consequência, é possível utilizar o modelo M/G/m com perdas (Erlang Loss) para dimensionar o sistema.

O sistema de acesso discado à Internet possui características diversas da ligação para conferência de voz em termos de sua duração média, pois a duração da conexão à Internet é maior se comparada a conexão de voz.

Foi possível comprovar que o dimensionamento feito em separado, resulta em um número de canais mais adequado para suportar o sistema de acesso discado. Desta forma, deve ser somado ao número de canais necessários para o sistema de comutação de voz<sup>4</sup>.

Conforme decisão da ANATEL (2006), até 31 de julho de 2007, os usuários poderão optar por realizar a tarifação das chamadas locais por minutos de utilização. No entanto, não serão alterados os horários de tarifa reduzida que hoje são de segunda a sexta-feira, entre 00:00 e 06:00 horas; aos sábados, da 00:00 as 06:00 horas e das 14:00 as 24:00 horas; aos domingos e feriados nacionais das 00:00 as 24:00 horas, quando a tarifação será realizada por completamento da chamada e não por tempo de utilização.

Desta forma, as características do sistema de acesso discado, identificadas por este trabalho, continuam válidas e os resultados apresentados poderão ser utilizados para o dimensionamento de sistemas semelhantes no futuro.

---

<sup>4</sup> Embora o problema que motivou o desenvolvimento deste trabalho tenha sido identificado em uma rede de Telecomunicações operando com sistema SDH, os resultados também podem ser aplicados em redes PDH.

A modelagem realizada também pode ser utilizada na formação de preços para estes sistemas, que é uma questão atual e que tem recebido atenção na literatura recente, conforme Cheng (2006), Vannucci (2003) e Kennedy (2005).

## 6.2 – TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados obtidos com o presente estudo, poderão ser realizadas melhorias e modificações. Por exemplo:

- Caracterização do tráfego VoIP na rede das operadoras, utilizando a mesma metodologia;
- Aperfeiçoamento da FCAT, de forma atender o tráfego VoIP;
- Apresentar este modelo para a comunidade científica, proporcionando melhorias e sugestões;

Observação: Trabalho aceito no SBRC 2007.



**CAPÍTULO 7****REFERÊNCIAS B B B926Tj 3.481G 0 Td (926Tj 3.48128 0 Td (N)Tj**

CAMPOS, José A. F., **Análise de Redes Ópticas Sem Comutação Usando o Método do Tráfego Aleatório Equivalente**. Dissertação de Mestrado. São Carlos, julho 2002  
Universidade de São Paulo.

CASE, J. **SNMP Research**, Inc. K. McCloghrie CiscoSystems, Inc. M. Rose, Dover Beach Consulting, Inc., S. Waldbusser International Network Services, December 2002.  
CHENG, H. K., Dogan, K., and Elnicki, R. A., **Pricing and capacity decisions for non-profit Internet service providers**. Inf. Tech. and Management, 2006.

CROVELLA M. W. and BESTAVROS A., **Explaining world wide web traffic self-similarity**, Tech. Rep. TR-95-015, Computer Science Department, Boston University, 1995.

CROVELLA M. W. and BESTAVROS A., **Self-similarity in world wide web traffic: Evidence and possible causes**. IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 5, no. 6, pp. 835-846, 1997.

ETSI - European Telecommunications Standards Institute - **V interfaces at the digital Local Exchange (LE); V5.2 interface for the support of Access Network (AN); Part 1: V5.2 interface specification**

HAREL, A., **Sharp bounds and simple approximations for the erlang delay and loss formulas.** Manage. Sci.,1988.

HARNEDY, S., **Total SNMP: Exploring the Simple Network Management Protocol.** 2.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1998.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. – **Introducción a la Investigación de Operaciones.** 3. ed. Traducción Marcia González Osuma .México: McGraw-Hill, 1991. Traduzido da 5. ed. em inglês. Título Original: Introduction to Operations Research.

ITU-T, INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, **ITU-T Recommendation E.500 Traffic intensity measurement principles,** TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU, 11/98.

ITU-T, Recomendação G.703. **Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces,** 1972.

ITU-T, Recomendação G.803. **Architectures of transport networks based on the synchronous digital hierarchy,** 1993.

IVERSEN, V. B., Glenstrup, A. J., and Rasmussen, J., **Internet dial-up traffic modelling.** In Proceedings of the NTS-15: 15th Nordic Teletraffic Seminar, Sweden.2000.

JESZENSKY, Paul J. E.: **“Sistemas Telefônicos”.** Barueri, SP. Manole, 2004.

JULIASZ, Fábica: **“A Internet no Brasil”**– Diretora Executiva IBOPE//Netratings,

KENNDY I.G., **“Why is Network Planning Important?”** Lecture Notes, ELEN5007 - Teletraffic Engineering, School of Electrical and Information Engineering, University of the Witwatersrand, 2005.



KLEINROCK and S. Lam, **Packet switching in a multiaccess broadcast channel: Performance evaluation**, IEEE Transaction Communication, vol. 23, no. 4, pp. 410-423, April 1975.

KOTSIS, G. H. Hlavacs and C. Steinkellner, **Traffic source modeling**, Tech. Rep. TR-991001, Institute for Appl. Comp. Science and Inf. Systems, University of Vienna, 1999.

LELAND M. Taqqu W. Willinger and D. Wilson, **On the self-similarity nature of ethernet traffic (extended version)**. IEEE/ACM Trans. on Networking, vol. 2, no. 1, pp. 1-15, February 1994.

MARTINE, Roberta R.: **“Basic Traffic Analysis.”** Prentice Hall, Upper Saddle River, 1994.

MAURO, Douglas R. SHMIDT Kevin J., **SNMP Essencial**. Rio de Janeiro: Campus. 2001.

MELAMED, B., D. L. Jarferman and W. Willinger, **Stochastic Modeling of Traffic Processes**. CRC Press, in frontiers in queueing: models, methods and problems edition, 1996.

MINASSIAN, Ara Apkar, **O Brasil na Era Digital A Engenharia nas Comunicações**, Instituto de Engenharia - São Paulo, 17 de novembro de 2005.

NICOLACI-DA-COSTA, Ana Maria. **“Technological revolutions and subjective transformations”**. Psic.: Teor. e Pesq., May/Aug. 2002.

NOVAK, D. C., Rowland, D., and DaSilva, L., **“ Modeling dialup Internet access: An examination of user-to-modem ratios, blocking probability, and capacity planning in a modem pool ”**. Computers & Operations Research, 2003.

OFTTEL, **“OfTel 2000/01 review of the dial-up Internet access market”**, October 2000.

PAXSON, V. and S. FLOYD<sup>72397 0 Td (O)</sup>Tj 8.6451 0 Td (N)Tj 8.645

STALLING, A. W., **SNMP, SNMPv2 and RMON: Pratical Network Management**.  
2.ed. Massachusetts: Addison Wesley Longman, 1996.

YSKI, R.: “**Introduction to congestion theory in telephone systems.**” Edinburgh,  
London: Oliver and Boyd, 1960.

SZTAJNBERG, Alexandre., **Conceitos Básicos sobre os Protocolos SNMP e CMIP**.  
Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996.

VANNUCCI, D.E., Kennedy, I.G., Barker, M., **Impact of Tariff on dial-up Internet traffic: Modelling the subscriber response as a dynamic system**. ITC18 Workshop for Developing Countries, Berlin, 2003.





**RESUMO:**

Estudos recentes indicam que uma significativa parcela dos usuários da Internet ainda se utiliza de modems e linhas discadas e esta situação deve permanecer ainda por algum tempo até a completa difusão de sistemas de acesso de banda larga no Brasil ou mesmo no mundo. O acesso discado à Internet através do sistema de telefonia fixa comutada (STFC) representa importante parcela das remunerações das operadoras de telefonia no Brasil. Assim sendo, o conhecimento do comportamento deste tráfego é fundamental para o dimensionamento do sistema de Telecomunicações. Este trabalho apresenta um modelo de tráfego para um sistema de acesso à Internet utilizando linhas discadas, estabelecido a partir de dados reais obtidos de uma operadora de telecomunicações. O modelo proposto a partir da análise detalhada desses dados em relação ao modelo de tarifação telefônica no Brasil atualiza os modelos apresentados na literatura até então e permite estabelecer e testar políticas de gerência de recursos e métodos de realizar o planejamento de capacidade do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE**

Internet, Sistema de Telecomunicações, Tráfego, Tarifação e Telefonia Fixa.

**ÁREA/SUB-ÁREA DE CONHECIMENTO**

3.04.06.00-5 – Telecomunicações

3.04.06.03-0 – Sistemas de Telecomunicações

1.02.02.08-0 – Análise da dados

1.03.00.00-7 – Ciências da Computação

1.03.01.01-1 – Computabilidade e Modelos de Computação

1.03.04.04-5 – Teleinformática

Ano 2007

Nº: 453



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)



[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)