

259425-8

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**Um Paradigma Orientado a
Análise de Performance
de Redes de Pacotes**

por

Marcelo Spohn

Dissertação submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de
Mestre em Ciência da Computação

Profa. Liane Margarida Rockenbach Tarouco
Orientadora

Prof. Neron Arruda Leonel
Co-orientador

Porto Alegre, setembro de 1993.

UFRGS
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
BIBLIOTECA

CIP - CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Spohn, Marcelo

Um Paradigma orientado a análise de performance de redes de pacotes/Marcelo Spohn.— Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1993.

187 p.: il.

Dissertação (mestrado)—Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Porto Alegre, 1993. Orientadora: Tarrouco, Liane Margarida Rockenbach

Dissertação: Gerência de Performance de Redes
Modelo de Tráfego, Simulação de Tráfego
Planejamento de Capacidade, Redes X.25



SABi



05221306

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Sistema de Biblioteca da UFRGS

30091

681.327.84(043)
5762P

INF
1994/250425-8
1994/08/30

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a meus pais que, através de muito trabalho, conseguiram oferecer as condições ideais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus irmãos, que me apoiaram nos momentos difíceis.

À minha esposa Lucí, pelo carinho e companheirismo, obrigado.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro prestado, custeando minha bolsa de mestrado.

Em especial à Dra. Liane M. R. Tarouco, pela orientação dedicada a este trabalho, tornando sempre disponíveis os recursos necessários a sua execução.

Aos demais, que direta ou indiretamente me apoiaram, obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	11
RESUMO	14
ABSTRACT	16
1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Contexto	18
1.2 Objetivos	19
1.3 Estruturação Deste Trabalho	19
2 GERÊNCIA DE PERFORMANCE	21
2.1 Introdução	21
2.2 Análise de Performance no Projeto de Redes	22
2.3 Atividades Envolvidas na Implementação da Gerência de Performance	23
2.3.1 Controle Operacional da Rede	24
2.3.2 Administração da Rede	25
2.3.3 Gerência de Capacidade	26
2.3.4 Planejamento de Capacidade	27
2.3.5 Os Fatores de Sucesso da Gerência de Performance	28
2.3.5.1 Recursos Humanos e Ferramentas	28
2.3.5.2 Metodologia de Implementação	29
2.4 A Arquitetura OSI de Gerência de Redes	32
2.4.1 Banco de Informações de Gerência	33
2.4.2 Áreas Funcionais de Gerência	34
2.4.3 Processo de Aplicação Para Gerência de Sistemas .	35
2.5 Considerações	36
3 ESTADO DA ARTE EM GERÊNCIA DE PERFORMANCE DE REDES ..	37
3.1 Introdução	37
3.2 Redes X.25 de Longa Distância	38
3.3 Redes TCP/IP de Longa Distância	41
3.4 Redes Heterogêneas	44
3.5 Redes Locais	46
3.6 Considerações	48

4	ABORDAGEM SISTEMÁTICA DO PROJETO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	49
4.1	Introdução	49
4.2	Objetivos do Projeto	50
4.3	Definição do Sistema Modelado	51
4.4	Serviços Providos e Resultados Associados	52
4.5	Seleção das Métricas	54
4.6	Parâmetros que Afetam a Performance do Sistema	57
4.7	Fatores de Performance Seleccionados	59
4.8	Técnica de Avaliação de Desempenho Seleccionada	61
4.9	Seleção da Carga de Trabalho	62
4.9.1	O Modelo de Tráfego Desenvolvido	64
4.9.1.1	Critério de Classificação das Aplicações	65
4.9.1.2	Modelo de Tráfego para Simulação	68
4.10	Verificação e Validação do Modelo	75
4.11	Apresentação dos Resultados	75
4.12	Experiências com o Modelo	76
5	ESPECIFICAÇÃO FORMAL DO SISTEMA	77
5.1	A Técnica Utilizada	77
5.2	Interação Entre Blocos do Sistema	78
5.3	O Bloco de Monitoração do Tráfego	79
5.3.1	O Processo Captura de Quadros	79
5.3.2	O Processo Agrega Dados das Conexões	84
5.4	O Bloco de Análise do Tráfego	93
5.4.1	O Processo Parâmetros de Análise	93
5.4.2	O Processo Geração das Saídas	96
5.5	O Bloco de Simulação do Tráfego	103
5.5.1	O Processo Gera Conexão	105
5.5.2	O Processo Gera Estatísticas	109
5.5.3	O Processo Aloca Recursos	113
6	IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO DO SISTEMA	115
6.1	Introdução	115
6.2	Ambiente de Desenvolvimento	115
6.2.1	Plataforma de Hardware	115
6.2.2	Ambientes de Desenvolvimento de Software	116
6.3	O Bloco Monitoração do Tráfego	117
6.3.1	O Processo Captura de Quadros	117

6.3.2	O Processo Agrega_Dados_das_Conexoes	118
6.4	O Bloco Análise_do_Tráfego	121
6.4.1	O Processo Parâmetros_da_Análise	121
6.4.2	O Processo Geração_das_Saídas	124
6.5	O Bloco Simulação_do_Tráfego	127
6.5.1	O Modelo de Simulação em GPSS	127
6.5.2	O Processo Gera_Conexão	135
6.5.2.1	Representação dos Padrões de Carga de Tráfego ..	135
6.5.2.2	Os Fatores do Sistema	142
6.5.2.3	O Tamanho da Simulação	143
6.5.2.4	Instante do Estabelecimento das Conexões	143
6.5.2.5	Simulando o Tráfego para Vários Dias	143
6.5.2.6	Parametrização de Uma Conexão	144
6.5.3	O Processo Gera_Estatísticas	145
6.5.3.1	Contabilização de Conexões Rejeitadas	145
6.5.3.2	Contabilização das Métricas de Performance	146
6.5.3.3	Tabulação dos Fatores Simulados	146
6.5.3.4	Geração das Conexões_Simuladas	151
6.5.3.5	Fim de um Período de Simulação	152
6.5.4	O Processo Aloca_Recursos	152
6.6	Verificação e Validação do Modelo de Simulação	152
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	164
7.1	Classificação das Aplicações no Modelo de Tráfego .	164
7.2	As Métricas de Performance	165
7.3	Seleção da Velocidade do Enlace de Comunicação	165
7.4	Conclusão	166
ANEXO A-1	EXPERIMENTOS SOBRE O MODELO VALIDADO	168
BIBLIOGRAFIA	181

LISTA DE ABREVIATURAS

AE	Application Entity
BPS	Bits Por Segundo
B-ISDN	Broadband-Integrated Services Digital Network
CCITT	International Telegraph and Telephone Consultative Commmitee
DCE	Data Circuit-terminating Equipment
DTE	Data Terminal Equipment
FDC	Função de Distribuição Cumulativa
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FTP	File Transfer Protocol
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Organization for Standarization
LAN	Local Area Network
LAPB	Link Access Procedure Balanced
LME	Layer Management Entity
MIB	Management Information Base
NETBLT	Network Block Transfer protocol
NNTP	Network News Transfer Protocol
NSDU	Network Service Data Unit
OSI	Open Systems Interconnection
OSI/TP4	Open Systems Interconnection/Transport Protocol class 4
PAD	Packet Assembly/Disassembly
RENPAK	Rede Nacional de Pacotes
RLOGIN	Remote Login Application
SMAE	Systems Management Application Entity
SMAP	Systems Management Application Proccess
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
TELNET	Remote Terminal Application
TPDU	Transport Protocol Data Unit
VMNET	Método de executar o protocolo RSCS no topo de TCP
VMTP	Versatile Message Transaction Protocol
X11	X window system

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Passos da atividade de planejamento de capacidade de uma rede	31
Figura 2.2	Modelo estrutural da gerência OSI	35
Figura 4.1	Ilustração do sistema a ser modelado	52
Figura 4.2	Métricas de performance associadas aos resultados de uma requisição de serviço	55
Figura 5.1	Diagrama de interação dos blocos do sistema de análise de performance	80
Figura 5.2	Diagrama de interação dos processos de MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO	81
Figura 5.3	Diagrama do processo CAPTURA_DE_QUADROS	82
Figura 5.4	Estrutura de dados passada em Pacotes	83
Figura 5.5	Diagrama do processo AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES	85
Figura 5.6	Estrutura de dados passada em Conexões_Monitoradas e em Conexões_Simuladas	86
Figura 5.7	Diagrama do procedimento Trata_DATA	89
Figura 5.8	Diagrama do procedimento Trata_CLEAR	90
Figura 5.9	Diagrama de interação dos processos de ANÁLISE_DO_TRÁFEGO	94
Figura 5.10	Diagrama do processo PARÂMETROS_DE_ANÁLISE .	95
Figura 5.11	Diagrama do processo GERAÇÃO_DAS_SAÍDAS	99
Figura 5.12	Estruturas de dados passadas em Fatores_de_Carga_de_Tráfego : (b) usada apenas pelo fator Intervalo de Tempo Médio Entre Conexões	102
Figura 5.13	Diagrama de interação dos processos de SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO	104
Figura 5.14	Estrutura de dados passada em Fatores_do_Sistema	105
Figura 5.15	Diagrama do processo GERA_CONEXÃO	106
Figura 5.16	Diagrama do processo GERA_ESTATÍSTICAS	110
Figura 5.17	Diagrama do processo ALOCA_RECURSOS	114
Figura 6.1	Estrutura física de comunicação entre as plataformas de hardware utilizadas	116
Figura 6.2	Cenário de "login" para obtenção da identificação do usuário	119

Figura 6.3	Interface para seleção dos Usuários_da_Análise e Período_da_Análise	123
Figura 6.4	Opções derivadas de pesquisa a subconjunto de conexões existentes em Conexões_Monitoradas ou Conexões_Simuladas	124
Figura 6.5	Função de distribuição cumulativa do volume de dados transferidos	125
Figura 6.6	Gráfico de duração das conexões em função do volume de dados transferidos	126
Figura 6.7	FDCs observadas no sistema real e estimadas por simulação para o dia 5 de outubro: (a) "throughput" médio do canal de transmissão; (b) "throughput" médio do canal de recepção; (c) número de canais lógicos ocupados simultaneamente	154
Figura 6.8	FDCs observadas no sistema real e estimadas por simulação para o dia 6 de outubro: (a) "throughput" médio do canal de transmissão; (b) "throughput" médio do canal de recepção; (c) número de canais lógicos ocupados simultaneamente	156
Figura 6.9	FDCs observadas no sistema real e estimadas por simulação para o dia 7 de outubro: (a) "throughput" médio do canal de transmissão; (b) "throughput" médio do canal de recepção; (c) número de canais lógicos ocupados simultaneamente	158
Figura 6.10	FDCs observadas no sistema real e estimadas por simulação para o dia 8 de outubro: (a) "throughput" médio do canal de transmissão; (b) "throughput" médio do canal de recepção; (c) número de canais lógicos ocupados simultaneamente	160

Figura 6.11 FDCs observadas no sistema real e estimadas por simulação para o dia 9 de outubro: (a) "throughput" médio do canal de transmissão; (b) "throughput" médio do canal de recepção; (c) número de canais lógicos ocupados simultaneamente	162
Figura A-1.1 FDCs do (a) "throughput" médio do canal de transmissão e do (b) "throughput" médio do canal de recepção, para sistemas com 1,2 e 3 canais lógicos	170
Figura A-1.2 FDCs do "throughput" médio do canal de transmissão para sistemas com tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão de (a) 1 minuto, (b) 5 minutos e (c) 10 minutos	173
Figura A-1.3 FDCs do "throughput" médio do canal de recepção para sistemas com tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão de (a) 1 minuto, (b) 5 minutos e (c) 10 minutos ...	175
Figura A-1.4 FDCs do (a) "throughput" médio do canal de transmissão e do (b) "throughput" médio do canal de recepção, em função da distribuição dos tipos de aplicação no tráfego	179

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Variáveis associadas as aplicações modeladas	44
Tabela 4.1	Tipos de resultados associados a execução dos serviços providos	54
Tabela 4.2	Tamanho médio das NSDUs transferidas por vários tipos de aplicações	66
Tabela 4.3	Distribuição de freqüência de duração das conexões	70
Tabela 4.4	Distribuição de probabilidade completa do volume de octetos de dados transferidos ...	74
Tabela 5.1	Tipos de saída associados às Variáveis_de_Análise	97
Tabela 5.2	Distribuição de freqüência do "throughput" médio no canal de recepção do DTE-local ...	112
Tabela 6.1	Representação GPSS dos fatores de carga de tráfego com estrutura tipo_fator1	136
Tabela 6.2	Distribuição de freqüência do volume de dados transferidos, observada no mês de outubro	137
Tabela 6.3	Distribuição da duração das conexões em função do volume de dados transferidos, observada no mês de outubro	138
Tabela 6.4	Distribuição de freqüência do volume de dados transmitidos pelo DTE-local, em função do volume de dados transferidos, observada no mês de outubro	139
Tabela 6.5	Distribuição do número de octetos de controle recebidos pelo DTE-local, em função do volume de dados transferidos, observada no mês de outubro	140
Tabela 6.6	Distribuição do número de octetos de controle transmitidos pelo DTE-local, em função do volume de dados transferidos, observada no mês de outubro	141

Tabela 6.7	Fatores de carga de tráfego associados a um dia de simulação, no período compreendido entre os dias 5 e 9 de outubro	142
Tabela 6.8	Localização no programa GPSS (linha) do cálculo dos parâmetros associados às conexões	145
Tabela 6.9	Distribuição de frequência do "throughput" do canal de transmissão, resultante da simulação do tráfego dos dias 5 a 9 de outubro	147
Tabela 6.10	Distribuição de frequência do "throughput" do canal de recepção, resultante da simulação do tráfego dos dias 5 a 9 de outubro	148
Tabela 6.11	Distribuição de frequência do número de canais lógicos ocupados simultaneamente, resultante da simulação do tráfego dos dias 5 a 9 de outubro	149
Tabela 6.12	Distribuição de frequência do volume de dados transferidos, resultante da simulação do tráfego dos dias 5 a 9 de outubro	150
Tabela 6.13	Distribuição de frequência da duração das conexões, resultante da simulação do tráfego dos dias 5 a 9 de outubro	151
Tabela 6.14	Comparação entre o número de conexões observadas no sistema real e estimadas na simulação dos dias 5 a 9 de outubro	153
Tabela A-1.1	Distribuição de frequência do número de canais lógicos ocupados simultaneamente; número de conexões simuladas e rejeitadas, em função do número de canais lógicos disponíveis	169
Tabela A-1.2	Distribuição de frequência do número de canais lógicos ocupados simultaneamente; número de conexões simuladas e rejeitadas, em função do tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão	172

Tabela A-1.3 "Throughput" máximo estimado para 95% dos casos, em função do tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão	173
Tabela A-1.4 Distribuição de frequência do número de canais lógicos ocupados simultaneamente, e número de conexões simuladas, em função da distribuição dos tipos de aplicações. no tráfego	178
Tabela A-1.5 "Throughput" máximo estimado para 95% dos casos, em função da distribuição dos tipos de aplicações no tráfego	178

RESUMO

A crescente complexidade das redes de comunicação de dados tem como consequência direta tornar cada vez mais complexas as tarefas de projetar seu dimensionamento e evolução.

Um passo preliminar vitalmente importante no projeto de uma rede é a coleta de dados relacionados ao uso esperado da rede. Os padrões de tráfego estimados são usados nos cálculos de dimensionamento dos recursos. Fortemente relacionada a estas atividades está a previsão da performance em termos de throughput da rede, tempos de resposta, probabilidade de congestionamento, entre outras.

Uma análise de performance efetiva depende de se representar precisamente a configuração da rede e da carga de tráfego a ela submetida. Técnicas de modelagem analítica ou de simulação podem ser usadas para determinar a performance esperada do sistema. Neste trabalho é usada a técnica de simulação para modelar o tráfego da rede usando dados coletados em uma rede real por monitoração. Trabalhando-se com o modelo validado é possível ajustar a carga de tráfego para representar mudanças esperadas nos volumes de tráfego, e testar o efeito na performance de diferentes configurações de rede. Isso possibilita que os processos de planejamento e projeto sejam executados com confiança, além dos custos da rede poderem ser otimizados.

O sistema apresentado neste trabalho é orientado à gerência de performance de redes, apoiando as atividades de gerência e planejamento de capacidade. Defende-se a idéia de que, a partir do perfil dos usuários de uma rede, derivado do tráfego por eles gerado, pode-se construir um modelo de tráfego significativamente representativo para a análise e previsão do desempenho da rede. O modelo foi desenvolvido para redes de comutação de pacotes com serviço orientado a conexão, e validado sobre o tráfego de uma rede X.25 através

de um modelo de simulação, implementado em GPSS.

O protótipo do sistema é composto por três processos principais que incorporam as etapas da análise de performance: monitoração do tráfego, análise do tráfego e simulação do tráfego. Na monitoração, são contabilizadas uma série de variáveis para cada conexão gerada na rede. Para cada tipo de aplicação são calculados os respectivos fatores de carga de tráfego. As aplicações são classificadas em dois grandes grupos: interativas e não-interativas. O processo de análise do tráfego gera os fatores de carga de tráfego na forma de tabelas e gráficos. As conexões e as métricas de performance produzidas na simulação do tráfego podem ser analisadas e validadas graficamente.

O sistema proposto foi especificado em SDL (Specification and Description Language).

PALAVRAS-CHAVE: Gerência de Performance de Redes, Modelo de Tráfego, Simulação de Tráfego, Planejamento de Capacidade, Redes X.25.

TITLE: "A PARADIGM ORIENTED TO PERFORMANCE ANALYSIS OF PACKET SWITCHED NETWORKS"

ABSTRACT

The increasing complexity of communication networks turns each time more complex the task to plan its expansion and evolution.

A vitally important preliminar step in computer network design is the gathering of data relating to the expected use of the network. The estimated traffic patterns are used in resource usage computations. Closely related to these activities is the estimation of performance in terms of network throughput, response times, congestion probability, among others.

An efective performance analysis requires the accurate representation of computer network configuration and traffic load. Analytical or simulation techniques can be used to establish the expected system performance. This work makes use of simulation to model the network traffic, based on collected data of a real network. Working with the validated model is possible to adjust the traffic load to represent future demand, and to test the performance impact under distinct network configurations. This enable a trustful execution of network planning and design, besides of the cost optimization.

The system presented at this work is network performance management oriented, giving support to capacity management and capacity planning. The central idea is that, through network users profile achieved from generated traffic, it's possible to build a representative traffic model to aim at the network performance analysis and forecast. The model was developed to connection oriented packet switched networks, and validated by means of a simulation model to X.25 network traffic, implementd in GPSS.

The system prototype comprises three process: traffic monitoring, traffic analysis and traffic simulation. In monitoring, a set of variables are registered for each network connection generated. The traffic load factors are computed according the application type. The applications are classified in two groups: interactive and non-interactive. The traffic analysis process produces traffic load factors in form of tables and graphics. Connections and performance metrics generated at traffic simulation can be graphically analyzed and validated.

The proposed system was specified in SDL (Specification and Description Language).

KEYWORDS: Network Performance Management, Traffic Model, Traffic Simulation, Capacity Planning, X.25 Networks.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

A complexidade das redes de computadores cresce rapidamente, principalmente devido as facilidades emergentes de interconexão entre diferentes tecnologias de rede. Aplicações que usualmente trabalhavam em domínios administrativos específicos começam a incorporar características de sistemas distribuídos.

A distribuição das aplicações e dos dados, juntamente com a disponibilidade de pontos de acesso aos recursos computacionais, simplificam a rotina de trabalho dos usuários. Entretanto, quanto mais facilidades são oferecidas tanto maior será o uso dos serviços.

Constata-se que os avanços tecnológicos na área de comunicação de dados provocam mudanças no comportamento dos usuários. Como consequência, verifica-se alteração nos padrões de tráfego.

As implicações que estes fatores podem ter na performance dos serviços só podem ser identificadas se forem feitas medidas contínuas sobre o tráfego, durante todo o ciclo de vida da rede. Através de um modelo de tráfego e de configuração da rede é possível estimar os efeitos nos níveis de serviço dos usuários para uma dada carga de tráfego futura. Também, pode-se determinar com maior confiança as ações de ajuste mais econômicas, se necessário.

Na comunidade pesquisadora têm surgido um conjunto de ferramentas orientadas à monitoração do tráfego de redes. Entretanto, a maioria delas incorpora ao modelo de tráfego características específicas da subrede de comunicação e dos protocolos utilizados. Implementar o dimensionamento da rede torna-se uma atividade que exige um conhecimento maior do

gerente da rede, aliado ao fato de que para cada tecnologia de rede ocorre uma parametrização diferente.

1.2 Objetivos

Dentro do contexto anteriormente descrito, verifica-se a utilidade de um modelo de tráfego para a avaliação do desempenho de redes baseado unicamente no comportamento dos usuários.

Neste sentido, este trabalho apresenta Um Paradigma Orientado a Análise de Performance de Redes de Pacotes. Defende-se a idéia de que, a partir do perfil dos usuários de uma rede, derivado do tráfego por eles gerado, pode-se construir um modelo de tráfego significativamente representativo para a análise e previsão do desempenho da rede. A partir desta idéia foi projetado um modelo para redes de comutação de pacotes com serviço orientado a conexão, sendo validado sobre o tráfego de uma rede X.25 através de simulação.

1.3 Estruturação Deste Trabalho

Este trabalho está disposto basicamente em sete partes principais:

- considerações importantes a este trabalho sobre Gerência de Performance de Redes, situando-o no contexto de gerência OSI/ISO;
- o estado da arte em Gerência de Performance de Redes, abordando estudos de modelagem de redes de longa distância baseadas em tecnologia X.25 e TCP/IP, redes heterogêneas, e redes locais;

- apresentação sistemática da metodologia de implementação do modelo de tráfego, compreendendo a descrição dos objetivos, seleção das métricas de performance, técnica de avaliação de desempenho escolhida, seleção da carga de tráfego, entre outras;
- a especificação formal do projeto proposto para o sistema, descrito em SDL (Specification and Description Language);
- o protótipo implementado, ressaltando o processo de simulação do tráfego e a validação do modelo de tráfego;
- as considerações finais sobre este trabalho, analisando aspectos importantes de algumas soluções implementadas no sistema descrito e apresentando trabalhos futuros;
- um apêndice, consistindo da descrição de alguns experimentos desenvolvidos sobre o modelo de tráfego validado.

2 GERÊNCIA DE PERFORMANCE

2.1 Introdução

Quando os requisitos de performance especificados no projeto de uma rede de computadores não são mais suportados em sua integralidade, surge a necessidade de se iniciar um projeto de análise da performance da rede.

O primeiro passo do estudo compreende a análise do problema, isto é, a identificação da anomalia causadora da degradação de performance. Devem ser obtidas medidas dos parâmetros indicadores de performance do sistema. A existência de um histórico de experiências sobre ajustes realizados anteriormente pode contribuir no reconhecimento rápido de similaridades com problemas passados. Para um levantamento preciso das medidas faz-se necessário que estejam disponíveis todas as informações relevantes sobre a configuração da rede.

A partir das medidas são formuladas hipóteses sobre as possíveis causas do problema. Soluções hipotéticas são então geradas visando evitar o ponto de saturação da capacidade de um recurso. Isto é possível através do ajuste de parâmetros dos recursos e de pequenos ajustes na configuração da rede. Tais soluções precisam ser avaliadas quanto à sua eficiência e viabilidade técnica. Com o auxílio de um modelo analítico ou de simulação os ganhos de performance podem ser derivados num curto período de tempo. Das alternativas resultantes excluem-se as inviáveis do ponto de vista econômico, implementando a de menor custo.

Para que seja possível julgar a eficácia da alternativa escolhida para ajustar a performance aos requisitos, torna-se necessária a realização de medidas contínuas antes, durante, e depois de implementar a ação de ajuste.

A inexistência de um modelo representativo do tráfego da rede pode acarretar na implementação de um grande número de soluções hipotéticas antes de se chegar a um ganho significativo de performance.

Técnicas desse tipo também podem ser usadas no planejamento de performance de uma rede, tanto para o redimensionamento de uma rede existente como para o dimensionamento de uma nova rede.

2.2 Análise de Performance no Projeto de Redes

A crescente complexidade das redes de comunicação de dados tem como consequência direta tornar cada vez mais complexas as tarefas de projetar seu dimensionamento e evolução [CHI89].

Um passo preliminar vitalmente importante no projeto de uma rede é a coleta de dados relacionados ao uso esperado da rede, seguido por cálculos de dimensionamento para estabelecer número de canais, capacidade dos canais, capacidades de comutação, e a tecnologia mais adequada para atender o fluxo de tráfego esperado. Fortemente relacionada a estas atividades está a estimativa da performance em termos de "throughput" da rede, tempos de resposta, probabilidade de congestionamento, probabilidade de falha na requisição de estabelecimento de conexão, percentagem de utilização dos recursos de comunicação.

(Um planejamento de performance efetivo depende de se representar precisamente a configuração da rede e a carga de tráfego nela submetida.) Técnicas de modelagem analítica ou de simulação aplicadas a projetos semelhantes são então usadas para determinar a performance esperada do sistema com a carga de tráfego imposta, e os resultados são comparados posteriormente com a performance medida do sistema real. Neste estágio, tanto a modelagem da carga de tráfego como a

modelagem da rede podem ser validadas.

Trabalhando-se com este modelo validado é possível ajustar a carga de tráfego para representar mudanças esperadas nos volumes de tráfego (novas aplicações, novos usuários, uso de outros protocolos), e testar o efeito na performance de diferentes configurações de rede. Isso possibilita que os processos de planejamento e projeto sejam executados com confiança, além dos custos de rede poderem ser otimizados. Também, estima-se que são dados aos usuários os níveis de serviços desejados (1) sem degradação de performance, causada por uma subestimativa dos recursos necessários; ou (2) custos excessivos, causados por superestimativas.

Todo o ciclo de vida de uma rede deveria ser acompanhado por uma atividade de gerência de performance planejada criteriosamente. Quanto melhor for compreendida a performance de uma rede menos freqüente serão as falhas, visto que se evitam problemas quando a performance é gerenciada apropriadamente [DAV91].

2.3 Atividades Envolvidas na Implementação da Gerência de Performance

O objetivo de gerenciar a performance de redes de computadores é manter o nível de serviço dos usuários e, assim, garantir que a rede de comunicação esteja sempre operando eficientemente, a custos razoáveis, de forma a não causar qualquer problema na operação da organização a curto, médio ou longo prazo [TER87]. Para alcançar este objetivo, quatro atividades são de fundamental importância na gerência de redes de computadores:

- controle operacional da rede;
- administração da rede;

- gerência de capacidade da rede;
- planejamento de capacidade da rede.

Os fatores que são considerados decisivos para o sucesso de uma atividade são aquelas áreas da atividade onde resultados favoráveis são absolutamente necessários para que uma organização atinja seus objetivos [ROC82].

Três fatores estão ligados diretamente ao sucesso das atividades de gerência da performance de redes:

- as metodologias empregadas pelas atividades para a realização de suas funções;
- as ferramentas utilizadas no processo de tomada de decisão;
- os recursos humanos envolvidos na implementação das atividades.

Estes fatores são melhor compreendidos através da análise das funções atribuídas a cada atividade de gerência.

2.3.1 Controle Operacional da Rede

O controle operacional da rede compreende um conjunto de funções necessárias para manter dinamicamente o nível de serviço da rede. A execução destas funções garante uma alta disponibilidade dos recursos através do reconhecimento rápido de problemas e de degradação da performance. As funções que participam do processo de tomada de decisão operacional seriam:

- Coleta de dados sobre o nível de serviço e utilização dos recursos. Esta função envolve a análise e comparação dos níveis de serviços e utilização

dos recursos, no instante presente, com aqueles estipulados como requisitos no planejamento da rede. Ações de controle devem ser tomadas se desvios significativos ocorrerem.

- Avaliação de alertas e de notificações de eventos.
- Determinação de problemas operacionais. Esta função é ativada na detecção da indisponibilidade de recursos da rede.
- Recuperação da rede no caso de falhas.
- Realização de testes para verificar dinamicamente a operação da rede.
- Controle da configuração da rede.

2.3.2 Administração da Rede

A administração da rede auxilia no processo de tomada de decisões táticas, garantindo a estabilidade dos serviços de rede a curto e médio prazo. A administração é a ponte entre as ações dinâmicas (controle operacional) e as missões de planejamento (gerência e planejamento de capacidade).

Baseada nos níveis de serviços presentes, na configuração da rede, nos níveis de serviços futuros estipulados pelos usuários, e na configuração e carga de tráfego futura, a administração negocia os níveis de serviço com os usuários. Uma base de dados com informações de gerência auxilia e torna prática estas negociações. Quando os níveis de serviço estão em conformidade com os planejados, gera-se relatórios sobre o estado da configuração da rede. Caso contrário, deve-se

iniciar a atividade de gerência de capacidade para efetuar a análise de performance da rede. Se após de executadas as ações de ajuste (tal como reconfiguração do "hardware" ou "software") não se verifica ganhos significativos na performance, deve-se iniciar a atividade de planejamento de capacidade e os níveis de serviço deveriam ser renegociados.

Outra função associada à atividade de administração da rede inclui a manutenção da base de dados de gerência, administrando informações tal como: configuração de "hardware" e "software" da rede; pedidos de manutenção ("trouble tickets"); registros de falhas; registros de violação de segurança; contabilização de uso dos recursos; guias de diagnóstico para controle operacional da rede.

2.3.3 Gerência de Capacidade

A gerência de capacidade de uma rede pode ser definida como uma investigação quantitativa contínua da rede de comunicação, tendo por objetivo:

- verificar se os níveis de serviço são mantidos;
- identificar e predizer gargalos potenciais;
- dar suporte à administração e planejamento de capacidade da rede, auxiliando nas tomadas de decisão táticas e estratégicas.

Para maximizar a performance do sistema a atividade de gerência de capacidade procura ajustar os padrões de uso e rearranjar a configuração da rede. Isto é, procura garantir a melhor performance com os recursos atualmente disponíveis.

2.3.4 Planejamento de Capacidade

O planejamento de capacidade efetivo de uma rede significa garantir que recursos adequados estejam disponíveis para demandas de tráfego futuras, a um custo aceitável e dentro dos compromissos de performance estabelecidos. Ganhos na performance do sistema são obtidos com a agregação de mais recursos. É uma atividade que auxilia as tomadas de decisão estratégicas.

Os processos de análise e ajuste de performance da atividade de gerência de capacidade são basicamente os mesmos empregados no planejamento de capacidade da rede [JAI91]:

- monitoração de uso do sistema;
- caracterização da carga de tráfego;
- previsão da performance sob diferentes alternativas de carga de tráfego e configuração;
- seleção da alternativa de menor custo e maior performance.

O primeiro passo consiste em monitorar o tráfego gerado na rede para o cálculo dos indicadores de performance. O segundo passo procura caracterizar o tráfego. Isto requer a coleta de dados por um período de tempo considerável, sua análise e agregação, de tal forma que possa ser usado como parâmetro de entrada num modelo do sistema para estimativa de performance.

Para a gerência de capacidade, o padrão de carga de tráfego e a configuração da rede atuais são parâmetros de entrada de um modelo de ajuste, que pode apontar sugestões de mudanças em parâmetros do sistema. Este modelo poderia ser uma simulação detalhada do sistema.

Para o planejamento de capacidade, a princípio, estima-se a carga de tráfego futura baseada numa monitoração de longa duração do sistema em estudo. Posteriormente, diferentes alternativas de configuração (como a agregação de novos recursos) e cargas de tráfego futuras são utilizadas como parâmetros de entrada do modelo que estima a performance do sistema.

2.3.5 Os Fatores de Sucesso da Gerência de Performance

2.3.5.1 Recursos Humanos e Ferramentas

A análise de performance de uma rede é precedida da coleta dos dados usados para o cálculo dos indicadores de performance. O processo de análise pode não receber a atenção adequada por muitos motivos.

O primeiro motivo está relacionado ao nível de conhecimento que as pessoas que realizam as medidas possuem sobre técnicas estatísticas de análise. Os gráficos e tabelas comumente usados na representação da demanda e utilização de recursos podem receber uma avaliação parcial, de pouca introspecção, se o conhecimento estatístico do analista não for sólido.

O segundo motivo está relacionado com a escolha adequada de ferramentas de medidas e análise. O excesso de informações derivadas da monitoração dos dados concernentes ao tráfego da rede pode inibir uma análise mais precisa, fenômeno conhecido como "indigestão de informações" [DOT92]. Portanto, uma ferramenta ideal deveria agregar as informações estritamente úteis e apresentá-las em volume e forma adequados.

O terceiro motivo diz respeito ao tempo empregado na análise. A coleta de dados pode consumir tanto tempo de um projeto de análise de performance que sobre muito pouco para a análise em si, prejudicando todo o processo.

Uma forma de evitar estes problemas é empregar pessoas com experiência em análise e realização de medidas, capazes de elaborar metodologias apropriadas para cada atividade de gerência de performance. A qualificação dos recursos humanos é um fator decisivo para o sucesso de um plano de gerência de performance.

O perfil dos profissionais responsáveis pelas atividades de controle operacional, administração, gerência de capacidade, e planejamento de capacidade é estudado por [TER87].

2.3.5.2 Metodologia de Implementação

O conjunto de funções e o fluxo de execução das funções associadas a uma atividade é que caracterizam a metodologia empregada na execução das tarefas da atividade.

A implementação de um projeto de gerência de performance em uma rede de computadores pode utilizar diversas metodologias atualmente disponíveis para a execução das atividades anteriormente descritas [TER87] [JAI91] [FER78].

A escolha de uma metodologia pode ser bastante trabalhosa. [JAI91] lista um conjunto de problemas encontrados no planejamento de capacidade de sistemas em geral, dos quais se destacam:

- Fornecedores de ferramentas para planejamento de capacidade têm definições diferentes de gerência de capacidade, planejamento de capacidade, ajuste de sistemas, etc. Freqüentemente compra-se uma

ferramenta para planejamento de capacidade e percebe-se posteriormente que ela apenas permite estudar ajustes, e não tem nenhuma facilidade para a realização de medidas e caracterização do tráfego.

- Não há uma definição padrão de capacidade. Uma definição de capacidade pode ser feita em termos de "throughput" máximo. "Throughput" é definido como a taxa em que os pedidos de serviço podem ser atendidos por um sistema como, por exemplo, instruções por segundo, "bits" por segundo. Outra possibilidade é definir capacidade como o número máximo de usuários que um sistema pode suportar em função de um objetivo de performance (por exemplo, tempo de resposta).
- A validação de projeções de modelos é uma tarefa difícil. Há dois tipos de validação de modelos. O primeiro tipo requer o uso da carga de trabalho e da configuração atual no modelo, e verificar se a saída do modelo corresponde com a performance observada no sistema real. O segundo tipo de validação requer a mudança na carga de trabalho e na configuração, e verificar se a saída do modelo corresponde com a performance do sistema real alterado. É fácil fazer mudanças nos parâmetros de entrada de um modelo, mas é muito difícil controlar a carga de trabalho e a configuração do sistema real.

A figura 2.1 ilustra os passos do processo de análise e ajuste de performance na atividade de planejamento de capacidade de uma rede. A seção 2.3.4 descreve o fluxo de implementação.

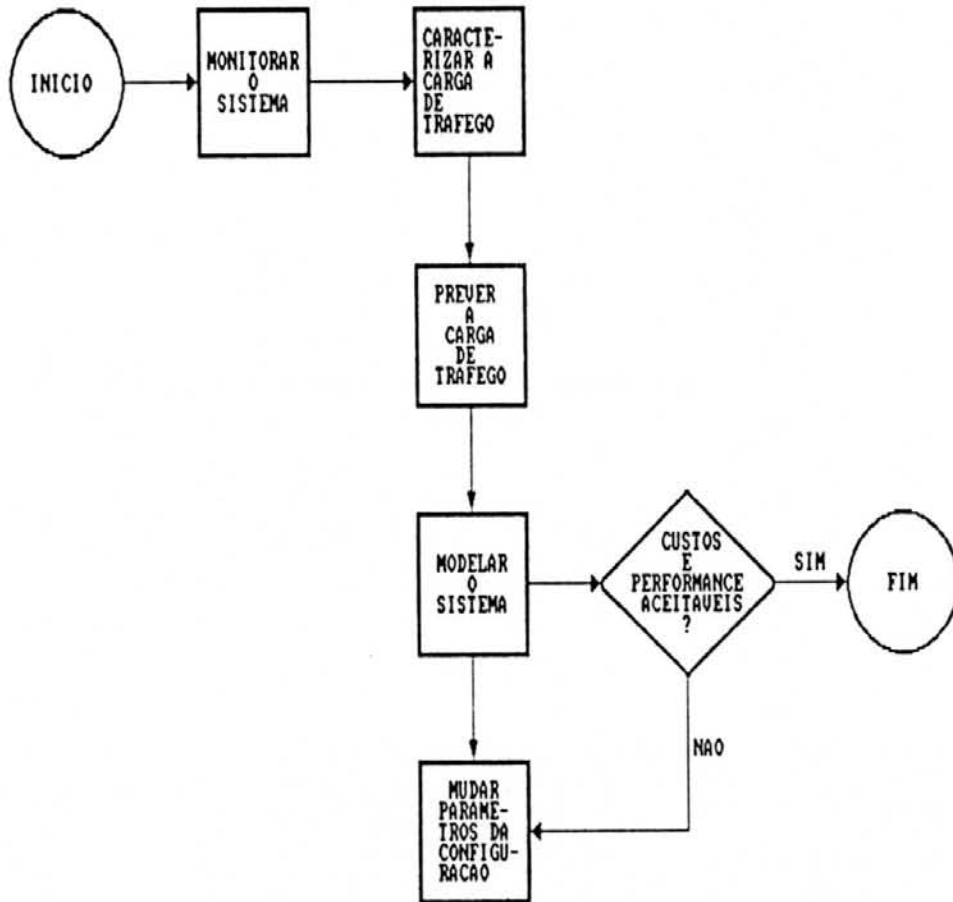


Figura 2.1: Passos da atividade de planejamento de capacidade de uma rede

O conjunto de passos e a seqüência de execução dos mesmos, juntamente com a escolha das métricas de performance, o tipo de carga de tráfego, técnicas de avaliação (modelagem analítica ou simulação), e ferramentas empregadas, formam a metodologia de implementação do planejamento de capacidade ilustrado [FER78] [JAI91].

2.4 A Arquitetura OSI de Gerência de Redes

Os usuários dos serviços de informação geralmente necessitam acessar informações em recursos de processamento de dados diversos. Estes recursos podem estar distribuídos entre várias redes e sistemas. Para facilitar o compartilhamento de informação entre as redes a ISO especificou uma série de protocolos para todos os níveis do Modelo Básico de Referência OSI [TAN89] [TAR86].

As facilidades introduzidas com a capacidade do usuário se comunicar usando várias subredes tornaram complexo o problema de gerenciar o conjunto de subredes e sistemas como uma única rede de comunicação. Este problema é agravado pelo fato das subredes poderem ser formadas por equipamentos de vários fabricantes e provedores de serviços de comunicação. Desta forma, fica clara a necessidade de um conjunto padronizado de serviços e protocolos para o gerenciamento da rede de comunicação.

Em março de 1985, a ISO estabeleceu o SC21/WG4 para iniciar as atividades de extensão do Modelo de Referência OSI para incluir gerência, e a especificação de protocolos para intercâmbio de informações de gerência entre sistemas abertos.

A Gerência OSI é definida como: "as facilidades para controlar, coordenar e monitorar os recursos que possibilitam a comunicação no ambiente OSI" [ISO89]. O ambiente de Gerência OSI consiste de protocolos e serviços necessários

para controlar, coordenar e monitorar as atividades de interconexão e qualquer objeto gerenciado associado.

O sistema desenvolvido neste trabalho usa informações de gerência coletadas de protocolos pertencentes aos três níveis inferiores do Modelo de Referência OSI [SP091]. Serão apresentados alguns aspectos da arquitetura OSI/ISO para gerência de redes para que posteriormente possa ser estabelecido um relacionamento com as atividades envolvidas na implementação de gerência de performance deste trabalho.

2.4.1 Banco de Informações de Gerência

As atividades de gerência fazem uso de um banco de dados com informação de gerência e de um conjunto de ferramentas para manipulação das informações. No banco de dados estão contidas informações sobre a configuração da rede e dos sistemas, registros atuais e históricos de performance e de problemas, parâmetros de segurança, e informação de contabilização de uso dos recursos.

No modelo de Gerência OSI o Banco de Informações de Gerência (Management Information Base - MIB) é um banco de dados formado pela coleção de todos os Objetos Gerenciados contidos num sistema aberto.

Os Objetos Gerenciados são o alvo de todas as operações de Gerência OSI. Um Objeto Gerenciado é a representação interna do sistema para um recurso de comunicação gerenciado, tal como a entidade de um nível, uma conexão ou um componente de uma interface física de comunicação. Um Objeto Gerenciado é definido em termos dos atributos que possui, das operações que podem ser executadas sobre ele, das notificações que ele pode reportar, e do seu relacionamento com outros Objetos Gerenciados.

2.4.2 Áreas Funcionais de Gerência

Na arquitetura de Gerência OSI, as diferentes tarefas de gerência em uma rede são classificadas em cinco grupos nomeados Áreas Funcionais Específicas de Gerência (Specific Management Functional Areas - SMFAs) [ISO89]. São elas:

- Gerência de Falhas (Fault Management): compreende um conjunto de facilidades para a detecção, isolamento, e a correção de uma operação anormal do ambiente OSI (níveis, rede ou sistema).
- Gerência de Configuração (Configuration Management): envolve um conjunto de facilidades para o controle da configuração do ambiente OSI. As configurações da rede e do sistema podem ser alteradas para aliviar um congestionamento, isolar falhas, atender o nível de serviço dos usuários, ou otimizar o uso dos recursos.
- Gerência de Performance (Performance Management): permite que sejam avaliados o comportamento dos recursos no ambiente OSI, e a eficiência das atividades de comunicação. A Gerência de Performance inclui funções para: coletar informações estatísticas; manter e examinar registros históricos do estado do sistema; determinar a performance do sistema sob condições naturais e artificiais; e alterar os modos de operação do sistema com o propósito de conduzir atividades de gerência de performance.
- Gerência de Segurança (Security Management): consiste de facilidades que permitem gerenciar aqueles serviços que provêm proteção de acesso dos seus recursos de comunicação.

- Gerência de Contabilizações (Accounting Management): permite que seja estabelecida uma tarifação pelo uso dos recursos de comunicação, bem como a identificação dos custos para uso destes recursos.

2.4.3 Processo de Aplicação para Gerência de Sistemas

O modelo estrutural de um sistema OSI que pode participar na Gerência OSI é ilustrado na figura 2.2 [KLE88].

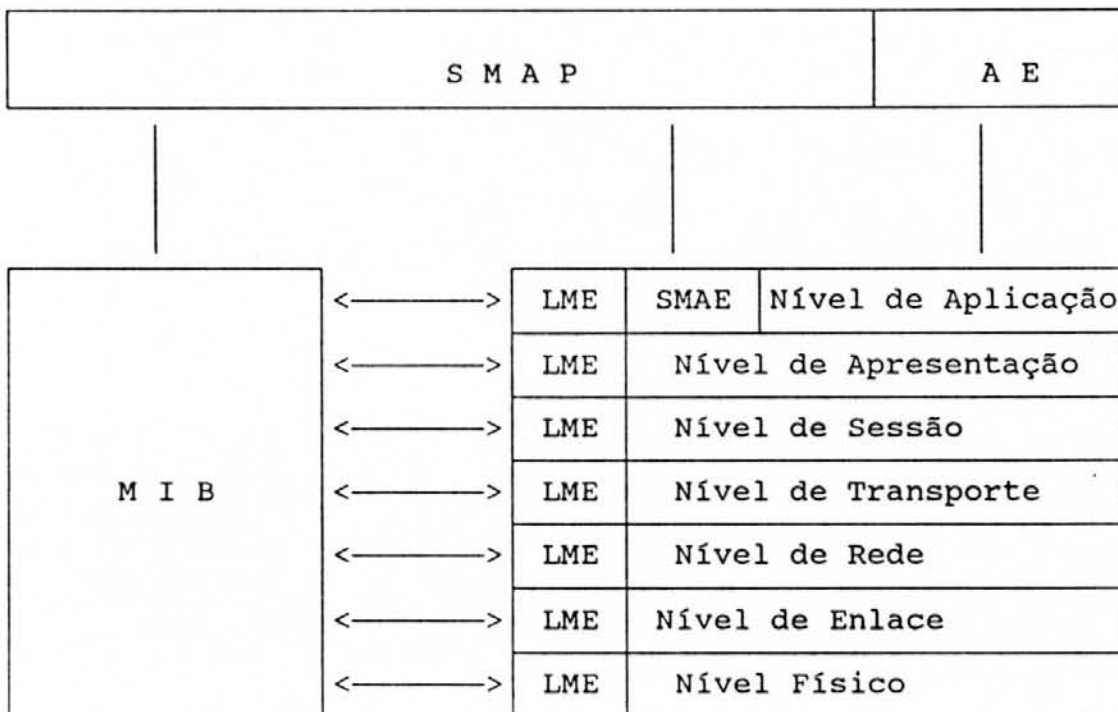


Figura 2.2: Modelo Estrutural da Gerência OSI

Uma Entidade de Gerência de Nível N (Layer Management Entity - LME) é responsável pelas operações de gerência restritas ao nível N.

Uma Entidade de Aplicação (Application Entity - AE) é um Processo de Aplicação que presta serviços ao usuário usando o Nível de Aplicação para isso.

O Processo de Aplicação para Gerência de Sistemas (Systems Management Application Process - SMAP) é um processo local dentro de um sistema que é responsável pela execução das funções de gerência do sistema. Um SMAP tem acesso, através da MIB, aos dados de gerência de todos os níveis do nodo e pode, portanto, gerenciar todos os aspectos do sistema. Qualquer SMAP pode comunicar-se com um SMAP remoto para trocar informações de gerência, utilizando-se para isso da Entidade de Aplicação para Gerência de Sistemas (Systems Management Application Entity - SMAE).

A SMAE utiliza-se de um protocolo para gerência de sistemas que possibilita o acesso as informações de gerência pertencentes a um nível em particular ou a aspectos globais de um sistema.

2.5 Considerações

O sistema desenvolvido neste trabalho objetiva dar suporte as atividades de gerência de capacidade e planejamento de capacidade de redes de pacotes. Os esforços despendidos concentraram-se na metodologia a ser empregada na execução das atividades.

A proposta OSI/ISO para gerência de redes não padroniza metodologias ou ferramentas para a gerência ou planejamento de capacidade. Ela apenas apresenta um modelo funcional de gerência de performance. O trabalho implementado poderia ser uma instância do Processo de Aplicação para Gerência de Sistemas (SMAP), dentro do Modelo Estrutural de Gerência OSI (figura 2.2).

3 ESTADO DA ARTE EM GERÊNCIA DE PERFORMANCE DE REDES

3.1 Introdução

A gerência de performance de uma rede pode ser considerada uma ciência e uma arte. Como ciência, a resolução de problemas de desempenho demanda que se conheça o modo de operação da rede e o relacionamento entre sintomas e causas. Como arte, deve-se implementar o processo de diagnóstico adequado, que consiste da execução de quatro passos continuamente repetidos até que seja encontrada a solução para o problema: observar os sintomas, desenvolver uma hipótese, testar a hipótese, e formular conclusões.

Antes de iniciar o processo de diagnóstico o analista de performance precisa certificar-se se o possível problema de desempenho é algo realmente incomum. Portanto, deveria primeiramente conhecer os padrões de uso da rede. Mesmo se duas redes estiverem configuradas identicamente, geralmente as características do tráfego diferirão [DAU91].

A caracterização dos padrões de uso de uma rede não faz parte do processo de diagnóstico de problemas de performance: ela deve ser feita antes de ocorrer qualquer problema.

Qualquer avaliação de desempenho é feita sobre o tipo de tráfego gerado na rede. Das pesquisas desenvolvidas na área de gerência de performance constata-se que um estudo de desempenho em redes pode diferir de outro nos seguintes aspectos:

- Sistema Modelado: poderá ser abordado a avaliação de desempenho do hardware da rede; dos protocolos de comunicação; ou das aplicações usuárias dos serviços de rede.

- **Objetivos:** os resultados são orientados a que tipo de atividade de gerência: controle operacional, administração, gerência de capacidade, ou planejamento de capacidade?
- **Metodologia de Gerência:** são apresentados o fluxo de execução das funções associadas com a implementação da atividade de gerência, métricas de performance, métodos de modelagem, técnicas de avaliação?
- **Ferramentas:** características de agregação e exibição das informações de gerência.

Este capítulo tem o objetivo de apresentar os vários focos de pesquisa científica encontrados na literatura sobre gerência de performance de redes de computadores. Serão abordados estudos de modelagem de redes de longa distância baseadas em tecnologia X.25 e TCP/IP, redes locais, e redes heterogêneas.

3.2 Redes X.25 de Longa Distância

Para auxiliar a gerência de capacidade e o planejamento de capacidade de redes de comutação de pacotes X.25 e de redes de comutação de circuitos, é proposto em [CR091] uma ferramenta de modelagem que usa uma interface gráfica para tornar transparente ao usuário os detalhes do modelo de performance.

As principais características deste trabalho são:

- **Sistema Modelado:** é descrita a modelagem da rede de comutação de pacotes X.25 SAPONET-P.
- **Objetivos:** desenvolver uma ferramenta que fosse de fácil uso para administradores de rede com

pouca experiência em modelagem de redes. A ferramenta seria usada como suporte as atividades de gerência de capacidade e planejamento de capacidade da rede. Através dela poderá ser analisado se a rede possui ou possuirá recursos em termos de espaço para "bufferização" e largura de banda para transmissão dos pacotes que devem percorrer seus canais e nós de comutação.

- Métricas de Performance: da execução do modelo podem ser determinados o retardo de transmissão dos pacotes, o tempo médio de permanência dos pacotes nos nós de comutação, e o "throughput" da rede.
- Método de Modelagem: o sistema é modelado de forma analítica. Uma série de técnicas analíticas são usadas para representar o mecanismo de controle de fluxo fim-a-fim; o mecanismo de controle de fluxo a nível de enlace; os mecanismos de controle de congestionamento; o estabelecimento de conexões. A construção do modelo tem como parâmetros de entrada: a configuração da rede (nós de comutação e canais inter-nós); as tabelas de roteamento dos nós de comutação; e a carga de tráfego. A carga de tráfego é caracterizada pela agregação de informações sobre as conexões estabelecidas na rede: a hora de início e de término da conexão; o volume de dados transferidos; o endereço dos nós fonte e destino da chamada.
- Ferramenta: a ferramenta desenvolvida para a modelagem e análise da performance da rede utiliza uma interface gráfica para o usuário representar a configuração da rede em termos de canais, nós de comutação, e tabelas de roteamento. A ferramenta é capaz de construir automaticamente um modelo de performance.

Uma abordagem diferente para a modelagem de redes de comutação de pacotes X.25 é proposta em [WAN90]. A construção do modelo tem os mesmos parâmetros de entrada utilizados por [CRO91], diferenciando, entretanto, no método de cálculo da carga de tráfego, descrito a seguir.

As principais características deste trabalho são:

- Sistema Modelado: é apresentada uma proposta de modelagem da rede de comutação de pacotes X.25 da Bell Communications.
- Objetivos: dar suporte às atividades de gerência de capacidade e planejamento de capacidade da rede.
- Métricas de Performance: do modelo pode-se estimar a utilização dos nós de comutação e canais inter-nós; o tempo de retardo da transmissão dos pacotes; o retardo introduzido por cada nó de comutação. O modelo também incorpora mecanismos que permitem o estudo dos possíveis efeitos da implementação de ações de ajuste sobre: o tamanho da janela de transmissão do nível de rede; as tabelas de roteamento; o dimensionamento dos nós de comutação e canais.
- Método de Modelagem: o sistema é modelado de forma analítica, pois [WAN90] considera o uso de simulação um processo que consumiria muito tempo de processamento. O experimento necessita que estejam disponíveis medidas de tráfego para cada grupo de canais que interligam um par de nós de comutação. Estas medidas são feitas a nível de enlace: número de quadros de informação transmitidos e recebidos; número de octetos de dados transmitidos e recebidos; número de quadros RR,

RNR, FRMR transmitidos; número de quadros com erro de FCS; número de quadros de informação transmitidos. A carga de tráfego da rede não é calculada a partir do volume de dados transferidos pelas conexões de rede entre pares de DTEs (Data Terminal Equipment), como em [CRO91]. A estimativa da carga de tráfego fim-a-fim entre cada par de nós de comutação, adjacentes ou não, é feita a partir de tabelas de roteamento e do tráfego medido entre cada par adjacente de nós de comutação.

Tanto [CRO91] como [WAN90] não apresentam a validação da modelagem da configuração e da carga de tráfego das redes em estudo. [WAN90] não incorpora ao modelo de performance o comportamento do tráfego no tempo.

3.3 Redes TCP/IP de Longa Distância

Uma nova forma de modelagem da carga de tráfego de redes de longa distância é descrita em [CAC91]. O modelo está baseado na análise das características do tráfego gerado por aplicações que usam os protocolos TCP/IP.

As principais características deste trabalho são:

- **Sistema Modelado:** é apresentada uma proposta de modelagem do tráfego de redes baseadas nos protocolos TCP/IP. A carga de tráfego é caracterizada por várias variáveis independentes ou não. Para justificar a escolha destas variáveis foi coletado o tráfego de duas redes universitárias - University of Southern California (USC) e University of California, Berkeley (UCB); e uma organização de pesquisa industrial - a Bellcore.

- **Objetivos:** o estudo pretende 1) caracterizar o tráfego das aplicações que usam os protocolos de transporte/rede TCP/IP, pois as informações geradas poderão servir de subsídio para a avaliação dos projetos de futuras redes; 2) propor um modelo de tráfego que poderá ser útil para a gerência de capacidade e planejamento de capacidade de redes TCP/IP, bem como para o estudo de algoritmos de controle de congestionamento, de roteamento, e controle de fluxo. As aplicações analisadas são: FTP, SMTP, NNTP, VMNET, TELNET e RLOGIN.

- **Método de Modelagem:** [CAC91] propõe a simulação das conexões TCP estabelecidas pelas aplicações. Para que seja possível gerar uma seqüência randômica mas realística das conexões, o modelo de simulação sugere que: 1) a taxa de geração das conexões para uma dada aplicação deva ser dependente da hora do dia e do "host"; 2) a duração de uma conexão gerada por uma aplicação não-interativa não seja determinada pela distribuição de duração das conexões encontrada para a aplicação, mas pelo volume de dados transmitido em cada direção e pelo tamanho médio dos pacotes transferidos (determinadas a partir de distribuições de freqüência medidas no experimento). [CAC91] não emprega a distribuição de duração das conexões para aplicações não-interativas porque a duração da conexão para este tipo de aplicação depende da largura de banda da rede e do mecanismo de controle de fluxo, ao invés das fontes de tráfego. A simulação de uma conexão para uma aplicação interativa (TELNET ou RLOGIN) leva em conta a distribuição de duração das conexões, do tamanho dos pacotes transferidos e do intervalo de tempo entre chegadas de pacotes.

Em [PAX91] são apresentados modelos simples do tráfego de várias aplicações usuárias dos protocolos TCP/IP.

As principais características deste trabalho são:

- Sistema Modelado: é descrita uma proposta de modelagem do tráfego de redes de longa distância baseada no comportamento das aplicações usuárias dos serviços dos protocolos TCP/IP. O tráfego foi coletado no Lawrence Berkeley Laboratory, University of California.
- Objetivos: o estudo pretende caracterizar o tráfego das aplicações para construir modelos suficientemente representativos do sistema real. A intenção é usar estes modelos para a simulação de conexões realísticas em redes de longa distância. Somente os modelos foram implementados e validados, não sendo descrito o projeto do sistema de simulação. Foram criados modelos para as seguintes aplicações: TELNET, RLOGIN, SMTP, FTP, NNTP e X11.
- Métricas de Performance: anomalias na performance do sistema podem ser investigadas pela análise das distribuições de frequência do volume de dados transferido, da largura de banda usada, da duração das conexões, do intervalo de tempo entre a geração de novas conexões, e do número de conexões simultâneas. Esta análise pode ser feita sobre o sistema como um todo, ou para uma aplicação em específico.
- Método de Modelagem: [PAX91] propõe a simulação das conexões TCP estabelecidas pelas aplicações limitando-se, entretanto, a modelagem do comportamento das aplicações. Todas as variáveis descritoras do comportamento de uma aplicação tive-

ram suas distribuições de frequência ajustadas a uma distribuição normal, a maioria consistindo apenas de uma gaussiana. A tabela 3.1 exibe as variáveis associadas as aplicações modeladas. A aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov aos modelos revelou que a maioria deles são incompletos.

Tabela 3.1: Variáveis associadas as aplicações modeladas

APLICAÇÃO	VARIÁVEIS
STMP FTP	bytes transmitidos, bytes recebidos, intervalo de tempo entre a geração de novas conexões
TELNET RLOGIN X11	bytes transmitidos, bytes recebidos, intervalo de tempo entre a geração de novas conexões, duração das conexões
NNTP	bytes transferidos

3.4 Redes Heterogêneas

Diferentes tecnologias de rede (por exemplo, LANs, LANs de alta velocidade, redes X.25, enlaces de satélite, ISDN, B-ISDN) diferem significativamente quanto à qualidade dos serviços oferecidos. Em [WOL92] é apresentada uma proposta de modelagem de redes heterogêneas interconectadas, com o propósito de investigar a performance de comunicações fim-a-fim (host-to-host) nos projetos de redes da Agência Espacial Européia.

As principais características deste trabalho são:

- Sistema Modelado: consiste de duas entidades envolvidas numa comunicação fim-a-fim, interconectadas através de um número qualquer de subredes diferentes, sendo cada par de subredes conectadas

por um "gateway". Ao invés de criar e combinar modelos individuais das subredes, [WOL92] representa qualquer tipo de subrede por um conjunto específico de parâmetros de qualidade de serviço; e modela o protocolo de transporte de tal forma que possa ser derivada a qualidade de serviço do nível de transporte. O protocolo de transporte classe 4 da ISO é utilizado no estudo.

- **Objetivos:** o experimento propõe uma metodologia "top-down" de modelagem de redes para auxiliar o processo de tomada de decisão na fase de projeto de uma rede composta por várias subredes heterogêneas interconectadas. O modelo negligencia os detalhes dos protocolos do nível de rede, as tecnologias de rede utilizadas e os protocolos de acesso às redes. Espera-se, com este método, que seja possível decidir que tipos de restrições devem ser impostas aos parâmetros de uma subrede A, que será conectada a uma dada subrede B e C de maneira a garantir a qualidade de serviço fim-a-fim desejada.
- **Métricas de Performance:** da execução do modelo pretende-se obter as características de "throughput" e "delay" entre sistemas envolvidos numa comunicação fim-a-fim (entidades usuárias do nível de transporte).
- **Método de Modelagem:** o único protocolo modelado é o nível de transporte, sendo ignorada na modelagem a fase de estabelecimento/encerramento de conexão e o mecanismo de controle de fluxo. A operação do nível de transporte resulta na produção de TPDU's. O estudo assume um relacionamento 1:1 entre TPDU's e NSDU's. Os NSDU's serão transmitidos por diferentes redes e roteadas nos "gateways" pelas entidades de rede até a entidade de trans-

porte destinatária. O serviço de rede é modelado como um par de entidades de rede cooperantes em cada subrede. Para a i -ésima subrede, este serviço será descrito 1) pela capacidade interna de atendimento das demandas (NSDUs); 2) por uma fila de capacidade finita onde os NSDUs podem esperar por atendimento; 3) pela taxa de chegada de NSDUs; 4) pela probabilidade de um NSDU ser rejeitado porque a fila de entrada está cheia; 5) e pelo tempo médio de retenção de um NSDU dentro da i -ésima subrede. Qualquer protocolo de rede poderia ser usado, orientado a conexão ou não orientado a conexão. A operação das entidades de transporte é modelada da mesma forma, bem como a interoperação entre as entidades de transporte e de rede adjacentes dos "hosts". A geração da carga de tráfego segue uma distribuição de Poisson, com TPDUs de tamanho fixo de 1250 bytes. A metodologia desenvolvida utiliza modelagem analítica e simulação.

3.5 Redes Locais

Há um grande número de trabalhos sobre estudo de tráfego em LANs na literatura. Serão abordados alguns deles.

Em [FAL92] são apresentados os resultados de um experimento que visa identificar a função de distribuição que melhor representa o tempo entre a transmissão de pacotes numa rede local ethernet, por ser uma variável importante no projeto de redes e servidores de arquivos. Os protocolos IP, ICMP, TCP, UDP, NFS e TELNET fizeram parte da análise. Em [PAV90] também foi medido e estudado o tráfego de uma rede local ethernet, mas apenas sobre o protocolo NFS, para descobrir a mesma função de distribuição. O objetivo, no entanto, era determinar qual seria a melhor estratégia de gerenciamento de circuitos ISDN sobre o tráfego característico de

aplicações usuárias de NFS em redes ethernet.

Tanto em [PAU91] como em [FAL92] são realizadas medidas dos padrões de tráfego em redes locais ethernet, da rede como um todo ou entre pares de estações. [PAU91] tem uma abordagem voltada a gerência de performance de várias subredes homogêneas interconectadas, ao passo que [FAL92] restringe o estudo a uma subrede. O tráfego da rede não é modelado.

Objetivando a avaliação de performance de redes locais token ring interconectadas por pontes, [BER91] e [KUR88] desenvolveram modelos analíticos e de simulação da rede. Nenhum experimento de coleta de dados sobre o tráfego de um sistema real foi realizado para validar os modelos de performance com padrões de tráfego reais.

Uma comparação de performance entre várias implementações dos serviços de transporte providos pelos protocolos OSI/TP4, TCP, NETBLT e VMTP, é apresentada em [SVO89]. Foi analisado o impacto que a parametrização e as características de implementação dos protocolos têm sobre o "throughput" e o "delay" na transferência de dados. Os estudos foram realizados em um único segmento de rede local, em diferentes tipos de redes (ethernet a 10 Mbps, ethernet a 3 Mbps, token ring a 10 Mbps, token bus a 10 Mbps, e FDDI a 100 Mbps), diferentes processadores e sistemas operacionais. O experimento foi conduzido de forma controlada, isto é, a carga de tráfego submetida na rede bem como a carga de trabalho das máquinas consistiu unicamente do requerido para a execução do experimento.

Um trabalho semelhante foi desenvolvido em [VAI90] sobre os protocolos TCP, UDP e DECnet, num único segmento de rede ethernet. Foi analisado o impacto da granularidade da comunicação e da taxa de tráfego no "delay" das comunicações. Assim como em [SVO89], não foi estudado como a performance do sistema de comunicação é afetada com a submissão de vários tipos de carga de trabalho nas máquinas comunicantes.

Em [CAB88] é utilizado um gerador de carga de trabalho e de tráfego artificiais para a análise do "throughput" resultante dos serviços oferecidos pelos protocolos TCP e UDP, implementados no UNIX 4.2BSD. Os experimentos foram feitos em redes ethernet.

3.6 Considerações

Aspectos importantes como o tipo de arquitetura de gerência de redes adotada, os protocolos usados para transferência de informação de gerência, e a forma de representação das informações de gerência, não foram abordados por não estarem funcionalmente vinculados unicamente as atividades de gerência de performance, mas a todas as Áreas Funcionais de Gerência [ISO89].

Dos trabalhos apresentados, observa-se que:

- somente [PAX91] e [FAL92] validam os modelos propostos;
- em [CRO91], [CAC91] e [PAX91] é proposto que o modelo de carga de tráfego seja derivado de medidas realizadas sobre tráfego real; sendo construído um modelo para cada tipo de aplicação em [CAC91] e [PAX91];
- a tendência em termos de modelagem para projeto de redes é abstrair as tecnologias usadas nas subredes de comunicação (níveis físico, de enlace e de rede [TAR86]), e caracterizar o comportamento das aplicações.

4 ABORDAGEM SISTEMÁTICA DO PROJETO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

4.1 Introdução

A especificação de um projeto para a avaliação de desempenho de um sistema pode ser melhor compreendida e validada se for precedida de uma apresentação sistemática da metodologia de projeto.

O projeto de avaliação de desempenho desenvolvido neste trabalho é descrito por uma seqüência de tópicos, sistematicamente organizados, baseados na proposta de [JAI91]. Os tópicos são apresentados nas próximas seções, compreendendo:

- especificação dos objetivos do projeto;
- definição do sistema modelado;
- serviços providos pelo sistema, e os resultados da execução dos mesmos;
- seleção das métricas de performance;
- parâmetros que afetam a performance;
- fatores de performance selecionados;
- técnica de avaliação de desempenho escolhida;
- seleção da carga de trabalho;
- verificação e validação do modelo;
- apresentação dos resultados;

- experiências com o modelo.

4.2 Objetivos do Projeto

O primeiro passo em qualquer projeto de avaliação de desempenho é especificar os objetivos do estudo e definir o que constitui o sistema através do delineamento das fronteiras do sistema.

A escolha das fronteiras do sistema afeta as métricas de performance e a carga de trabalho usada na comparação entre sistemas. Os objetivos do estudo é que determinam as fronteiras do sistema.

Este estudo tem por objetivo:

- identificar as variáveis que caracterizam o perfil dos usuários de uma rede X.25, de tal forma que possam ser usados na modelagem de redes de comutação de pacotes;
- simular um acesso X.25 baseado no perfil dos usuários;
- analisar o efeito no desempenho do sistema através de várias alternativas possíveis de transformação do modelo inicial, ajustando a carga de tráfego para representar mudanças esperadas nos volumes de tráfego, sob diferentes configurações do acesso X.25;
- subsidiar o dimensionamento de acessos X.25 baseado no perfil dos usuários.

4.3 Definição do Sistema Modelado

A recomendação X.25 compreende um conjunto de protocolos e serviços padronizados dentro dos três níveis inferiores do modelo de referência OSI [TAR86]. A especificação dos protocolos e serviços é definida em [CCI84]. O nível físico segue a recomendação X.21 ou X.21 bis; para o nível de enlace foi adotado o protocolo LAPB; o nível de rede é frequentemente chamado de X.25 PLP (Packet Layer Protocol) [TAN89]. A entidade usuária dos serviços do nível de rede pode ser um protocolo de transporte ou uma aplicação, ambos fora do escopo de X.25.

Sendo o estudo orientado a construção de um modelo de tráfego, o componente que caracteriza o perfil de usuários X.25 é o tráfego gerado pelos mesmos num acesso X.25. Ou seja, um modelo de tráfego pode ser desenvolvido para caracterizar o comportamento das entidades usuárias dos serviços do nível de rede, independente das tecnologias usadas nas subredes de comunicação. Para que o modelo de tráfego possa ser utilizado na análise de desempenho do sistema deve ser incorporado ao modelo o "overhead" introduzido pelos protocolos da subrede de comunicação. O "overhead" compreende o tráfego gerado pelas informações de controle dos PDUs de dados e pelos PDUs de controle.

O sistema modelado consistirá do tráfego gerado pelas entidades pares usuárias do nível de rede, e pelo "overhead" introduzido na comunicação pelos protocolos de rede, de enlace, e de nível físico (figura 4.1). O cálculo do "overhead" será executado apenas no DTE sobre o qual está sendo coletado o tráfego, sendo designado de DTE-local.

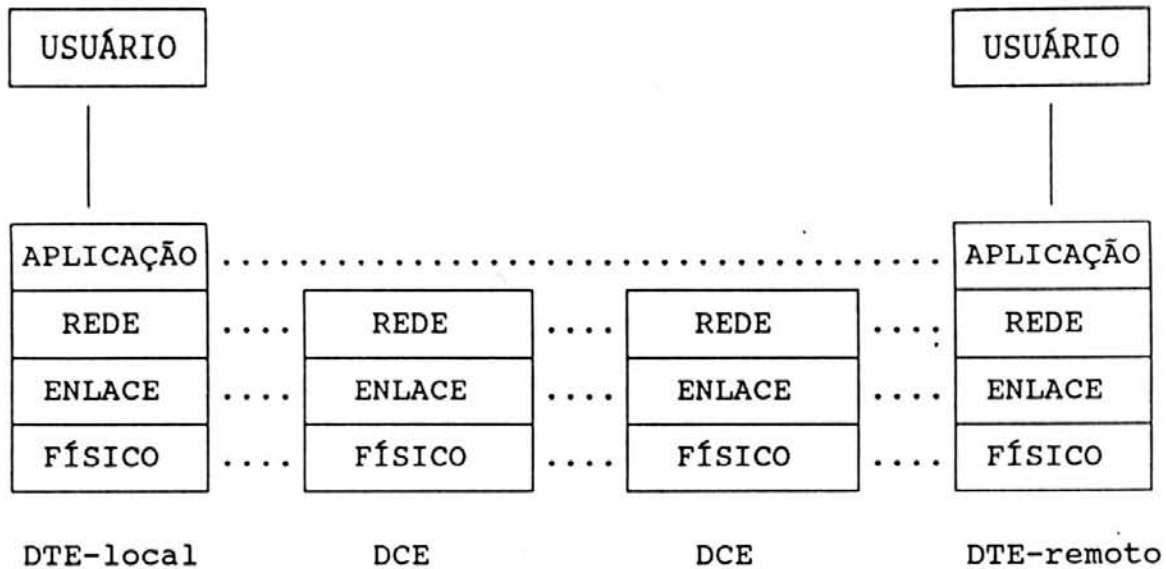


Figura 4.1: Ilustração do sistema a ser modelado

4.4 Serviços Providos e Resultados Associados

A entidade usuária dos serviços do nível de rede X.25 pode ser um protocolo de transporte ou uma aplicação. Doravante, o termo aplicação será adotado como sinônimo de entidade usuária dos serviços do nível de rede X.25.

Numa subrede X.25 a entidade do nível de rede é a provedora de serviços de mais alto nível. Quando uma aplicação requisita algum dos serviços pode ocorrer um determinado número de resultados, desejáveis ou não.

A definição dos serviços providos e dos possíveis resultados associados a execução dos mesmos é útil para uma seleção correta das métricas de performance e da carga de tráfego a ser utilizada no modelo de performance.

O serviço básico oferecido pelo sistema consiste da transferência confiável de dados entre dois DTEs. Por confiável entende-se a entrega de dados sem erros de transmissão na mesma seqüência com que foram transmitidos. Entretanto, pode ocorrer a perda de pacotes na subrede de comunicação. Neste

caso, as aplicações nos DTEs envolvidos são notificadas por um pacote RESET, devendo identificar e retransmitir os pacotes perdidos.

Uma aplicação que utiliza uma subrede de comunicação X.25 deve estabelecer uma conexão de rede com a entidade par antes de iniciar a fase de transferência de dados. Ao terminar a conversação a conexão é explicitamente encerrada pelas entidades. Um pedido de estabelecimento de conexão é rejeitado se 1) não há circuitos virtuais disponíveis; 2) ou há algum problema interno na subrede; 3) ou há alguma anomalia no DTE remoto; 4) ou se a qualidade de serviço requisitada não pode ser atendida. Uma conexão pode ser abruptamente encerrada por vários motivos [CCI84].

Outros serviços providos são a transferência de dados expressos (pacotes INTERRUPT) e de dados tipados (pacotes de dados com o bit Q setado). A transferência desses dados é feita no mesmo canal dos dados normais, podendo ser incorporados ao serviço de transferência de dados como um todo, para simplificar a modelagem.

Sintetizando, uma subrede X.25 pode prover quatro tipos de serviço: estabelecimento de conexão, transferência de dados, notificação de perda de pacotes, e encerramento de conexão. Somente um pedido de estabelecimento de conexão pode ser recusado. Qualquer serviço em andamento pode ser abortado quando a conexão de enlace é abortada. Este evento é identificado pela recepção de um pacote RESTART, e é assumido que o serviço foi executado incorretamente (tabela 4.1).

Tabela 4.1: Tipo de resultados associados a execução dos serviços providos

TIPO DO SERVIÇO	RESULTADOS DA EXECUÇÃO		
	CORRETAMENTE	INCORRETAMENTE	RECUSADO
Estabelecimento de Conexão	X	X ⁽¹⁾	X
Transferência de Dados ⁽³⁾	X	X ⁽¹⁾ (2)	
Indicação de Perda de Pacote	X	X ⁽¹⁾	
Encerramento de Conexão	X	X ⁽¹⁾	

(1) - Ocasionado por RESTART

(2) - Ocasionado pela perda de pacotes

(3) - Inclui dados expressos e tipados

4.5 Seleção das Métricas

As métricas de performance são os critérios a serem utilizados na comparação de performance entre sistemas. A performance de uma rede é medida pela sua velocidade ("throughput" e tempo de resposta), confiabilidade (taxa de erro), disponibilidade dos serviços, e utilização dos recursos.

Uma forma de se escolher as métricas é derivá-las dos serviços oferecidos pelo sistema. Para cada pedido de serviço feito ao sistema pode haver vários resultados. Estes resultados podem ser classificados dentro de três categorias, como é ilustrado na figura 4.2. O sistema pode executar o serviço corretamente, incorretamente, ou recusar o serviço.

Se a seqüência de serviços 1) estabelecimento de conexão, 2) transferência de dados, e 3) encerramento de conexão for executada com sucesso é dito que o serviço como um todo foi executado corretamente. Neste caso, sua performance pode ser medida pelo "throughput", tempo de resposta e utilização dos recursos.

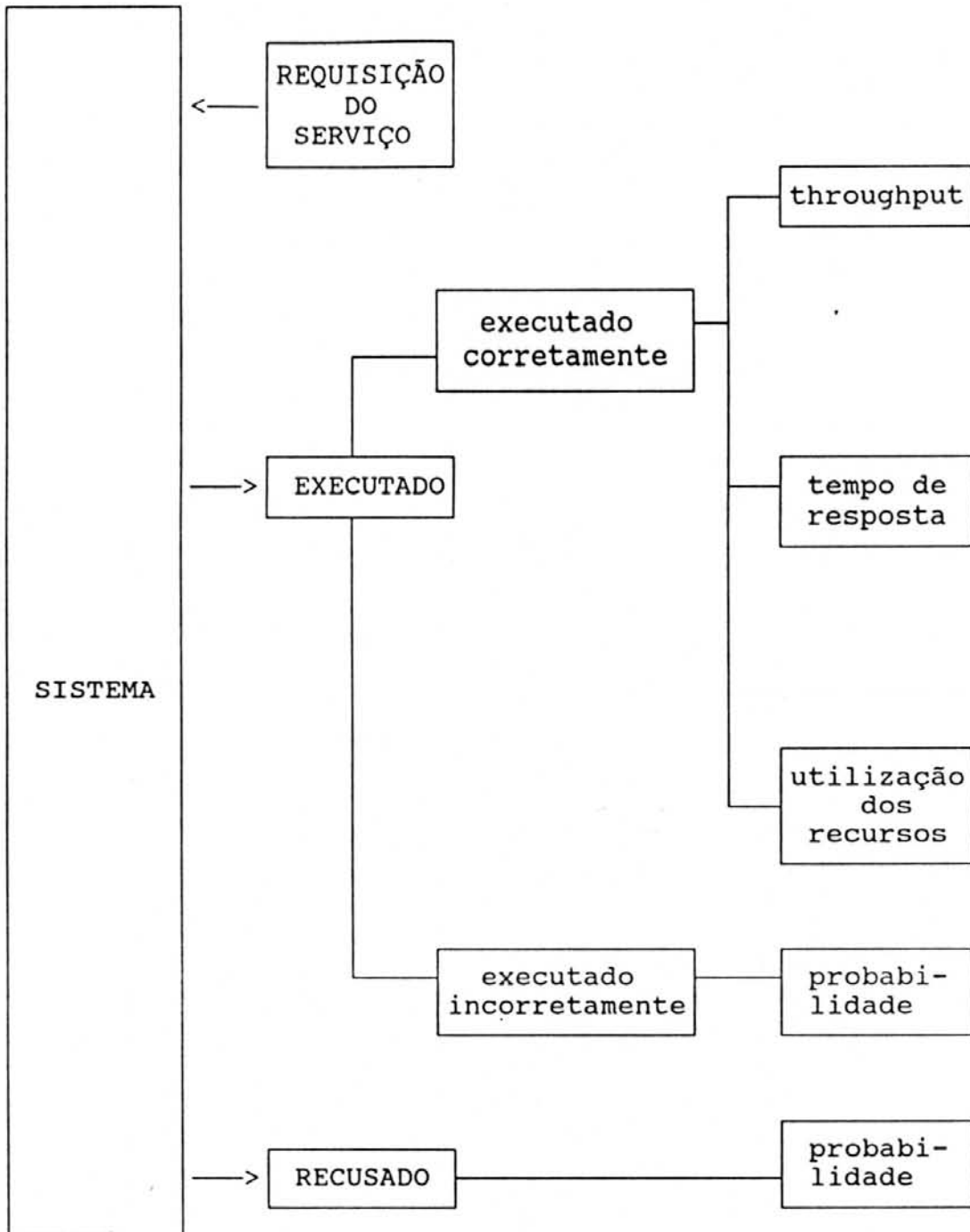


Figura 4.2: Métricas de performance associadas aos resultados de uma requisição de serviço

A indicação de perda de pacotes pela subrede aponta a execução incorreta do serviço de transferência de dados. Entretanto, a aplicação pode se recuperar deste problema, garantindo a execução correta da transferência de dados na mesma conexão de rede. A probabilidade de ocorrência de perda

de pacotes é um indicador de confiabilidade da rede, da mesma forma que a probabilidade de ocorrência de pacotes RESTART.

O único serviço que pode ser recusado pelo sistema é o pedido de estabelecimento de conexão (pelos motivos citados na seção anterior); caracterizando a indisponibilidade dos serviços. Esta métrica pode ser expressa pela probabilidade de ocorrência do evento.

As métricas de performance selecionadas para o modelo de performance deste trabalho são:

- O "Throughput". É o indicador de utilização do canal de comunicação, expresso em bits transferidos por segundo(BPS). Sendo "full-duplex" a transferência de dados numa conexão de rede, deve-se calcular o "throughput" do canal de transmissão e de recepção separadamente.
- A Disponibilidade dos Serviços. O nível de rede é responsável pela multiplexação de um enlace em vários canais lógicos. O número máximo de canais lógicos é determinado na contratação do serviço X.25, sendo estipulado pela projeção de conexões de rede simultâneas. A probabilidade de uma conexão ser rejeitada por falta de canal lógico disponível no DTE-local é um fator crítico de disponibilidade dos serviços.
- Utilização dos Recursos. A distribuição de frequência do número de canais lógicos ocupados no DTE-local é uma métrica indicadora da utilização do enlace.

Outra métrica de utilização é o tamanho médio dos NPDU's transferidos. Aplicações não-interativas (por exemplo, transferência de arquivos) deveriam transferir NPDU's de tamanho médio próximo ao máximo permitido, caso contrário

estariam subutilizando os recursos computacionais e de comunicação. Esta métrica não faz parte do modelo de tráfego pois reflete a configuração de uma aplicação, servindo apenas para a análise de performance do sistema sobre os dados coletados em experimentos.

A taxa de ocorrência de RESETs e RESTARTs observada no tráfego coletado (quatro meses) é insignificante, não sendo incorporada ao modelo de tráfego para simplificar a modelagem do sistema. Nas medidas feitas não foi constatado nenhum pacote RESET, e apenas quatro pacotes RESTART.

Visando simplificar a modelagem do sistema, não é incorporado ao modelo de tráfego a probabilidade de rejeição de pedidos de estabelecimento de conexão nos seguintes casos: por falta de canais lógicos no DTE-remoto; pelo fato do DTE-remoto estar fora de operação; e pelo fato do DTE-remoto ou local não poder atender o nível de serviço requisitado.

Uma métrica de performance importante que não faz parte do modelo de performance é o tempo de resposta. O "round-trip delay" poderia ser estimado se a confirmação dos pacotes de dados fosse fim-a-fim. Esta facilidade existe no X.25 mas não é oferecida pela Rede Nacional de Comutação de Pacotes (RENPAQ). Portanto, a nível de protocolo de rede não é possível se estimar o tempo de resposta das aplicações.

4.6 Parâmetros que Afetam a Performance do Sistema

A performance resultante de um sistema é função de uma série de variáveis (parâmetros da performance) independentes ou não. É importante identificar os parâmetros para que se possa dimensionar o impacto que cada um tem na performance final, bem como para se saber que dados deverão ser coletados para a construção do modelo de performance.

Duas classes de parâmetros podem ser identificadas: parâmetros de sistema e parâmetros de carga de trabalho.

Os parâmetros de sistema incluem parâmetros de "hardware" e "software" que geralmente não variam entre as várias instalações (DTEs-remotos) que interagem com o sistema em estudo (DTE-local). Foram identificados os seguintes parâmetros de sistema:

- a velocidade da(s) CPU(s) dos DTEs;
- o "throughput" nominal dos canais de comunicação entre DTE-DCE;
- o "throughput" nominal da subrede de comunicação;
- o número de canais lógicos dos DTEs;
- o "delay" da interface sistema operacional com subsistema de comunicação nos DTEs;
- a localização do "software" que implementa os protocolos da subrede: no DTE ou no "front-end"? Há uma diferença significativa de performance causada pela forma com que as informações são passadas na interface [SV089];
- o tamanho da janela usada para controle de fluxo, a nível de rede e de enlace;
- o instante de realizar um reconhecimento: especifica a quantidade de dados que a entidade de rede receptora espera receber antes de gerar um reconhecimento.

Os parâmetros de carga de trabalho correspondem as características associadas a forma de uso dos serviços providos pelo sistema, ou seja, dos tipos de aplicações executadas

pelos usuários e da distribuição de ocorrência destas aplicações. Foram identificados os seguintes parâmetros de carga de trabalho para o DTE-local:

- instante em que foi estabelecida a primeira conexão;
- intervalo de tempo entre pedidos de estabelecimento de conexão sucessivos;
- duração das conexões;
- volume de octetos de dados transferidos por conexão;
- volume de octetos de controle transferidos por conexão;
- tamanho médio das NSDUs transferidas por conexão;
- carga de trabalho média na(s) CPU(s) do DTE-local e DTEs-remotos, por conexão.

4.7 Fatores de Performance Selecionados

Os parâmetros que afetam a performance do sistema listados na seção anterior podem ser divididos em duas classes: aqueles que variam durante a avaliação de desempenho e aqueles que não variam. Os parâmetros que variam e que se imagina terem um grande impacto na performance são chamados de fatores e devem ser selecionados como integrantes do modelo de performance [JAI91].

Os únicos fatores de sistema que poderão variar em função de decisões no DTE-local são:

- o "throughput" nominal do canal de comunicação do

DTE-local e;

- o número de canais lógicos do DTE-local.

Será assumido que os demais parâmetros de sistema têm um comportamento constante entre os DTEs-remotos que interagem com o DTE-local.

Os fatores de carga de trabalho selecionados para o DTE-local são:

- instante em que foi estabelecida a primeira conexão;
- intervalo de tempo entre pedidos de estabelecimento de conexão sucessivos;
- duração das conexões;
- volume de octetos de dados transferidos por conexão;
- volume de octetos de controle transferidos por conexão;
- tamanho médio das NSDUs transferidas por conexão.

Todos os fatores de carga de trabalho são calculados a partir do tráfego coletado no canal de comunicação. Por este motivo o modelo de carga de tráfego abstrai a carga de trabalho na(s) CPU(s) do DTE-local e DTEs-remotos durante as conexões estabelecidas, embora possa ter um impacto significativo na performance do sistema. Isto não significa que o modelo de tráfego não seja representativo, mas que não poderá ser derivado diretamente do modelo as causas de problemas de performance ocasionados por aquele parâmetro, ou pelos demais parâmetros de sistema não considerados.

4.8 Técnica de Avaliação de Desempenho Seleccionada

A descrição de um sistema, a fim de satisfazer as necessidades de estudo e análise de desempenho, consiste em escolher adequadamente procedimentos e formas de representar componentes e expressar as relações entre os mesmos por expressões lógicas ou matemáticas. Este processo é conhecido como abstração e o resultado expresso é conceituado como o modelo do sistema.

Três técnicas podem ser usadas para a implementação de um modelo de sistema, objetivando a avaliação de desempenho do sistema: a modelagem analítica, a simulação, e medidas do sistema real [FER78] [JAI91] [STR84] [TER87].

Simulação em computadores é o processo de se representar modelos de sistemas físicos reais em computadores e de se conduzir experiências com estes modelos, com o propósito de se estudar o sistema físico real, e modificações propostas sobre ele, em função de resultados observados na simulação [NER85].

Uma simulação pode incorporar mais detalhes e requer menos suposições que a modelagem analítica e, portanto, freqüentemente está mais próxima da realidade. Medidas do sistema real podem conduzir a resultados imprecisos simplesmente porque muitos dos parâmetros do ambiente tal como a configuração do sistema, o tipo de carga de trabalho, e a duração da medida, podem ser únicos do experimento. Também, os parâmetros podem não estar representando o conjunto de variáveis encontradas no mundo real [LEW79].

Se o sistema a ser caracterizado não está disponível, como é comum no estágio de projeto de um sistema, um modelo de simulação provê um modo fácil de predizer a performance ou de comparar muitas alternativas. Mesmo se o sistema está disponível para medidas, um modelo de simulação pode ser preferível à medidas porque ele possibilita a comparação de

alternativas sobre uma grande variedade de cargas de trabalho e configurações.

Pelos motivos citados, a técnica de avaliação adotada neste trabalho é a simulação. A linguagem de simulação GPSS (General Purpose Simulation System) [BOB76] [LEW79] [STR84] foi escolhida para implementação do modelo de simulação pois:

- é orientada a simulação de eventos discretos, sendo adequada a modelagem do sistema em estudo;
- possui facilidades para escalonamento de eventos, geração de variáveis pseudo-aleatórias, coleta de dados estatísticos e geração de relatórios, entre outras;
- é uma ferramenta amplamente difundida e disponível.

4.9 Seleção da Carga de Trabalho

A carga de trabalho consiste de um conjunto de requisições de serviços solicitados a um sistema. O provedor de serviços no sistema modelado é o nível de rede e os serviços providos consistem da geração de tráfego na rede. Portanto, a carga de trabalho do sistema é o tráfego introduzido pelas aplicações.

O uso de uma carga de tráfego não identificada/selecionada adequadamente conduz a conclusões erradas no processo de avaliação de desempenho. O melhor modo de se iniciar uma seleção de carga de tráfego é ver o sistema como um provedor de serviços [JAI91].

O serviço básico provido pelo sistema é a transferência de dados orientada a conexão. Uma aplicação só pode

iniciar uma transferência de dados após ter estabelecido uma conexão de rede e, concluída a transferência de dados, a conexão é encerrada explicitamente. O estabelecimento e encerramento de uma conexão delimitam uma sessão de trabalho de uma aplicação. Os fatores de carga de trabalho usados na avaliação de desempenho do sistema são calculados tendo como unidade básica de cálculo a conexão de rede. Os dados que descrevem uma conexão de rede e que serão efetivamente empregados na estimativa dos fatores de carga trabalho são:

- a data e hora do estabelecimento e do encerramento da conexão;
- o número de octetos de dados transmitidos e recebidos pelo DTE-local;
- o número de octetos de controle transmitidos e recebidos pelo DTE-local: são contabilizados os octetos de controle do cabeçalho dos pacotes de dados, os octetos dos pacotes de controle, e os octetos de cabeçalho e "tail" dos quadros de informação;
- o tamanho médio (MED) das NSDUS transmitidas e recebidas.

Outros dados que também são registrados para uma dada conexão, e que são úteis na análise sobre as medidas efetuadas no sistema real compreendem:

- os endereços do DTE originador e destinatário da conexão;
- a identificação do usuário ou o nome do processo que fez o pedido de estabelecimento de conexão;
- o campo de dados e de facilidades de um pacote de

pedido de estabelecimento de conexão;

- a causa e o diagnóstico do encerramento da conexão;
- o número de pacotes de dados transmitidos e recebidos;
- o desvio padrão (σ) do tamanho das NSDUs transmitidas e recebidas;
- a percentagem de ocorrência de tamanho das NSDUs (transmitidas e recebidas) entre $[MED-\sigma, MED+\sigma]$;
- o número de mensagens transmitidas e recebidas;
- o tamanho médio das mensagens transmitidas e recebidas.

4.9.1 O Modelo de Tráfego Desenvolvido

O tipo de carga de tráfego gerada na subrede de comunicação depende do tipo da aplicação usuária dos serviços de rede. Em [CAC91] são realizadas medidas sobre o tráfego das aplicações usuárias de TCP/IP, caracterizando-se a carga de tráfego para cada tipo de aplicação. Neste experimento é possível se identificar claramente que a duração das conexões, em função do volume de dados transferidos, das aplicações interativas (TELNET e RLOGIN) segue uma distribuição bastante diferenciada em relação às aplicações não-interativas (FTP, SMTP, NNTP). Isto é explicado pelo fato de que as aplicações não-interativas procuram transmitir NPDUs de tamanho próximo ao máximo permitido pela subrede de comunicação, e porque a taxa de transferência dos dados é afetada pelo mecanismo de controle de fluxo e pela velocidade dos canais de comunicação. A taxa de transferência dos dados para as aplicações interativas é limitada apenas pela velocidade dos

canais de comunicação.

O que caracteriza um modelo de tráfego é a forma de representação da carga de tráfego. Para que o modelo de tráfego seja representativo do sistema real, para cada tipo de aplicação deverá ser determinada a respectiva carga de tráfego.

Em [CAC91], a partir da simples monitoração do tráfego pode-se derivar a carga de tráfego das aplicações usuárias de TCP/IP. Isto foi possível porque cada TPDU transmitido contém a identificação da aplicação que o gerou.

A carga de tráfego de cada aplicação usuária de X.25 não pode ser estimada da monitoração do tráfego pois as NPUDs não identificam explicitamente o tipo de aplicação, apenas o número do canal lógico. Tendo apenas o tráfego como parâmetro para derivar o tipo de aplicação, só há uma solução para o problema: classificar as aplicações em dois grandes grupos, interativas ou não-interativas.

4.9.1.1 Critério de Classificação das Aplicações

O critério utilizado para determinar o tipo de uma aplicação baseia-se no tamanho médio das NSDUs transferidas numa conexão.

As aplicações não-interativas geralmente transmitem NSDUs de tamanho próximo ao máximo permitido pela subrede de comunicação. As aplicações interativas, por outro lado, geralmente transferem NSDUs pequenas, em alguns casos de tamanho médio. Portanto, as aplicações não-interativas podem ser caracterizadas por transferir NSDUs de tamanho médio maior do que as transferidas por aplicações interativas.

Surge uma questão: qual é o tamanho médio de NSDU que pode ser usado para distinguir um tipo de aplicação de

outro? Para responder a esta pergunta foram realizados vários experimentos, com resultados resumidos na tabela 4.2.

Tabela 4.2: Tamanho médio das NSDUs transferidas por vários tipos de aplicação

APLICAÇÃO ⁽⁴⁾	TAMANHO MÉDIO DAS NSDUs (octetos)		OCTETOS DE DADOS	
	TRANSMITIDAS ⁽⁹⁾	RECEBIDAS ⁽⁹⁾	TRANSMITIDOS ⁽⁹⁾	RECEBIDOS ⁽⁹⁾
Somente LOGIN ⁽³⁾	20	1	1.127	92
LOGIN ⁽³⁾ MAIL ⁽⁵⁾	21 ⁽¹⁾	1	14.392	701
LOGIN ⁽³⁾ FINGER TYPE ⁽⁶⁾ DIR MAIL ⁽⁷⁾	35 ⁽¹⁾	1	47.518	247
X25_PMDF_MAIL Protocolo de Transferência de MAIL	7 ⁽²⁾	4	23	19
	7	67	38	1.082
	70	88	2.173	5.765
	120	7	650.758	889
LOGIN ⁽³⁾ KERMIT Transferência de Arquivo ⁽⁸⁾ TAMANHO(Kbytes):				
1K	29	4	1.738	251
2K	49	4	3.363	453
5K	62	3	5.977	625
10K	71	4	11.657	918
20K	80	3	23.637	2.014
40K	89	3	42.984	3.674

Tabela 4.2 (continuação):

- (1) - Ocorrência de maior tamanho médio observado em 30 experimentos
- (2) - Ocorrência de menor tamanho médio observado em 85 conexões
- (3) - Login remoto partiu de um terminal assíncrono, via PAD
- (4) - O sistema operacional do DTE-local é VAX/VMS
- (5) - Edição de mensagem com editor full-screen
- (6) - Arquivo de 10 Kbytes
- (7) - Somente 1 DIR sobre 30 mensagens e seleção de mensagens para leitura
- (8) - Transferência de arquivo do DTE-local para o DTE-remoto
- (9) - Pelo DTE-local

Os três primeiros grupos de aplicações são interativas e os dois restantes são classificados como não interativas.

Nas aplicações interativas buscou-se maximizar o fluxo de dados num sentido de transmissão, no caso, do DTE-local para o DTE-remoto. Observa-se que no terceiro grupo (formado por LOGIN, FINGER, TYPE, DIR e MAIL) obteve-se o maior tamanho médio dentre todos os experimentos para aplicações interativas.

No protocolo de transferência de MAIL constata-se algumas conexões com tamanho médio de NSDU bastante pequeno, provavelmente porque não havia nenhuma correspondência a transferir.

Como uma aplicação interativa pode alcançar um tamanho médio de NSDU de 35 octetos, o tamanho a ser usado para distinguir um tipo de aplicação de outro deve ser superior a 35 octetos. Neste trabalho foi adotado o tamanho de 40 octe-

tos, introduzindo uma pequena margem de segurança. Este divisor, entretanto, considerará a transferência de um arquivo de 1 Kbytes como sendo uma aplicação interativa.

Deve-se salientar que o tráfego de uma sessão de login remoto pode ser composto por uma combinação de aplicações. Por exemplo, transferência de arquivos, leitura de MAIL, edição de MAIL, DIR, TYPE, FINGER, etc. Nestes casos, as conexões serão consideradas não-interativas apenas se o volume de dados transferidos pelas aplicações desse tipo for bastante superior ao das aplicações interativas.

4.9.1.2 Modelo de Tráfego para Simulação

Num modelo de simulação, o analista de performance utiliza as métricas de performance para decidir sobre o "valor ótimo" dos fatores de sistema no campo dos fatores de carga de trabalho (tráfego). Ou seja, através da análise dos resultados da simulação do sistema em estudo, para uma dada carga de tráfego, pode-se determinar interativamente:

- qual é a velocidade "ideal" do canal de comunicação para se obter um nível aceitável de utilização do canal ("throughput");
- quantos canais lógicos são necessários para se obter um nível aceitável de disponibilidade dos serviços.

É fundamental que as métricas de performance sejam calculadas criteriosamente pois são elas que fundamentam todo o processo de tomada de decisão. Portanto, o modelo de tráfego desenvolvido para simulação deve gerar seqüências randômicas, mas realísticas, das conexões dos usuários do sistema modelado. O primeiro passo da geração de conexões é determinar quando se deve estabelecer uma nova conexão. Após, definir o tipo de aplicação associado com a conexão: interativa

ou não-interativa. E, finalmente, selecionar os demais fatores de carga de tráfego compatíveis com o tipo de aplicação escolhido.

A carga de tráfego deve ser representativa do sistema usado na vida real. Para produzir cargas de tráfego representativas através da simulação de um modelo de tráfego, precisa-se medir e caracterizar a carga de tráfego no sistema existente. A coleta de dados para o cálculo dos fatores de carga de tráfego foi realizada em 96 dias, do início do mês de agosto a meados do final de novembro de 1992.

O método mais simples de se caracterizar um fator de carga de tráfego é calcular o centro da localização da distribuição dos valores encontrados na monitoração do respectivo fator. O número resultante é chamado de valor médio do fator (a média de duração das conexões, por exemplo). Entretanto, o valor médio não é suficiente para caracterizar um fator se há uma grande variabilidade nos valores encontrados para o fator. Esta variabilidade é geralmente especificada pelo cálculo do desvio-padrão. Se o desvio-padrão for muito grande há a necessidade de se usar a distribuição de probabilidade completa identificada na monitoração.

Um outro caso onde o uso da distribuição de probabilidade completa torna-se bastante desejável é no estabelecimento de relações de dependência entre diferentes fatores (por exemplo, há a necessidade de estabelecer uma relação entre volume de dados transferidos e duração das conexões).

O método usado no modelo para a geração de valores dos fatores da carga de tráfego é o da transformação inversa empírica [JAI91]. Este método consiste em se computar numericamente a função de distribuição de probabilidade. A função de distribuição de probabilidade é a função inversa da Função de Distribuição Cumulativa (FDC) levantada da monitoração do fator.

A FDC de uma variável aleatória X mapeia um dado valor A à probabilidade da variável assumir um valor menor ou igual a A :

$$F_X(A) = P(X \leq A)$$

A função inversa da FDC de uma variável aleatória X mapeia uma dada probabilidade ao valor que a variável assumiria com esta probabilidade:

$$A = F_X^{-1}(F_X(A))$$

O exemplo a seguir ilustra o uso do método da transformação inversa empírica. Supondo que a duração de 200 conexões tenha sido observada e a distribuição de frequência tenha sido expressa na tabela 4.3.

Tabela 4.3: Distribuição de frequência de duração das conexões

DURAÇÃO DAS CONEXÕES (min)	FREQÜÊNCIA ABSOLUTA	FREQÜÊNCIA RELATIVA	FREQÜÊNCIA RELATIVA CUMULATIVA
15	20	0.1	0.1
20	120	0.6	0.7
45	60	0.3	1.0

A FDC para esta distribuição é:

$$F(A) = \begin{cases} 0.0 & 0 \leq A < 15 \\ 0.1 & 15 \leq A < 20 \\ 0.7 & 20 \leq A < 45 \\ 1.0 & 45 \leq A \end{cases}$$

A inversa da FDC é:

$$F^{-1}(F(A)) = \begin{cases} 15 & 0 < P \leq 0.1 \\ 20 & 0.1 < P \leq 0.7 \\ 45 & 0.7 < P \leq 1 \end{cases}$$

Portanto, na simulação, a duração de uma conexão pode ser produzida pela geração de um número randômico uniforme entre 0 e 1. Se o número é menor ou igual a 0.1, a duração da conexão será de 15 minutos. Se ele é maior que 0.1 mas menor ou igual a 0.7 a duração da conexão será de 20 minutos. Se ele é maior que 0.7 a duração da conexão será de 45 minutos.

Para melhor identificar os fatores de carga de tráfego que devem possuir uma distribuição de probabilidade completa, é necessário analisar a seqüência de eventos associada com a geração de conexões no modelo de simulação. São eles:

- a) Estabelecer o critério para controlar o tamanho da simulação. A duração de uma simulação pode ser controlada pelo número de transações (por exemplo, conexões) que devem ser geradas ou por um período de tempo específico [FER78]. A segunda opção foi escolhida para o modelo porque o número de conexões no sistema é unicamente dependente do intervalo de tempo médio entre o estabelecimento de conexões. O tempo da simulação pode ser um dia (24 horas), uma semana, mês, etc; sendo limitado apenas pelos recursos computacionais disponíveis.
- b) Determinar o instante da primeira conexão. O estabelecimento da primeira conexão, identificado no sistema real em diferentes observações, sobre um mesmo período de tempo, é bastante variável. No modelo de simulação desenvolvido o tamanho mínimo da simulação é de 24 horas. A primeira

conexão de um dado dia pode ser gerada em qualquer instante do dia, devendo ser incorporada ao modelo.

- c) Estabelecer uma nova conexão. O processo de estabelecimento de conexões ocorre aleatoriamente, de forma que se é conhecido que uma conexão ocorre em um dado período de tempo, é igualmente provável que ela ocorra a qualquer ponto do tempo neste período (Processo Poisson). O estabelecimento de conexões é facilmente simulado conhecendo-se somente o intervalo de tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão. Uma característica própria de um Processo Poisson é que os intervalos entre estabelecimentos de conexão seguem uma distribuição exponencial.

- d) Determinar o tipo de aplicação. No sistema em estudo apenas dois tipos de aplicação são considerados. Portanto, basta estimar a probabilidade de ocorrência de um dos tipos no período de tempo a ser simulado.

- e) Determinar o volume de octetos de dados transferidos pela aplicação. Tanto o enlace de comunicação num acesso X.25 quanto os circuitos virtuais operam no modo de transmissão "full-duplex". Por este motivo, o "throughput" deve ser calculado separadamente para o canal de transmissão e recepção, o que demanda a contabilização do tráfego transmitido e recebido pelo DTE-local. Para cada tipo de aplicação será gerada uma distribuição de probabilidade completa do volume de dados transmitidos, bem como uma função que estime a porção de tráfego transmitido e recebido pelo DTE-local.

- f) Determinar o volume de octetos de controle transferidos pela aplicação. Uma distribuição de probabilidade completa do número de octetos de controle transmitidos pelo DTE-local e recebidos pelo DTE-local será gerada para cada tipo de aplicação. Essas distribuições devem ser calculadas em função do volume de octetos de dados transferido. Portanto, uma relação de dependência existirá entre o número de octetos de controle transmitido/recebido e o volume de octetos de dados transferido.
- g) Determinar a duração da conexão. Para cada tipo de aplicação será gerada uma distribuição de probabilidade completa da duração das conexões em função do volume de octetos de dados transferidos. Portanto, uma relação de dependência existirá entre a duração de uma conexão e o volume de octetos de dados por ela transferido.

Todas as relações de dependência existentes entre os fatores são em função da distribuição de probabilidade do volume de dados transferido. A tabela 4.4 exibe a distribuição de probabilidade completa do volume de dados transferidos por 870 aplicações interativas no mês de agosto de 1992. Observa-se que a variável volume de octetos de dados transferidos não recebe um valor absoluto, mas a média e o desvio-padrão encontrado para a variável num determinado intervalo. Por exemplo, 11.03% das conexões transferiram um volume de dados no intervalo (256,512] octetos, tendo sido encontrada uma média de 335 e um desvio padrão de 49 octetos. Se o intervalo (256,512] for selecionado para uma nova conexão na simulação, o volume de octetos de dados transferidos será gerado aleatoriamente no domínio [335-49,335+49]. Todas as distribuições de probabilidade apresentadas neste trabalho são discretas.

Tabela 4.4: Distribuição de probabilidade completa do volume de octetos de dados transferidos

INTERVALO DE CÁLCULO (Kbytes)	VOLUME DE OCTETOS DE DADOS TRANSFERIDOS NO INTERVALO		FREQUÊNCIA CUMULATIVA % DE CONEXÕES	OCTETOS DE DADOS TRANSMITIDOS (%)
	MÉDIO	DESVIO PADRÃO		
0 - 0.256	149	52	12.64	75.08
0.256-0.512	335	49	23.67	69.34
0.512 - 1	849	103	33.56	87.46
1 - 2	1.514	286	42.76	86.29
2 - 4	3.047	588	54.48	84.11
4 - 6	5.133	570	63.33	86.28
6 - 8	7.112	608	70.92	89.49
8 - 12	10.072	1.159	78.74	88.97
12 - 16	14.062	1.114	83.22	91.09
16 - 24	20.088	2.212	89.66	93.36
24 - 32	28.444	1.949	93.22	93.15
32 - 48	41.504	4.521	96.32	95.39
48 - 64	55.025	5.028	97.70	97.92
64 - 96	75.005	8.975	99.08	97.17
96 - 128	110.547	10.667	99.42	98.37
128 - ...	219.863	53.104	100.00	98.46

A quarta coluna da tabela 4.4 é a função usada para estimar a porção de tráfego transmitido e recebido pelo DTE-local. Optou-se por esta solução por ser bastante simples e representativa do sistema real.

Um estudo empírico mostrou que os intervalos utilizados no cálculo das distribuições de probabilidade, listados

na tabela 4.4, apresentaram regiões com o menor índice de variabilidade para qualquer tipo de aplicação. As demais distribuições de probabilidade deverão calcular a média e o desvio padrão para cada intervalo especificado na tabela 4.4.

4.10 Verificação e Validação do Modelo

Durante o desenvolvimento do modelo de simulação deve-se garantir que o modelo está implementado corretamente e que ele representa o sistema real. Estes dois passos são chamados de verificação e validação do modelo, respectivamente.

O processo de verificação de um modelo geralmente consiste do rastreamento da execução do mesmo.

O modo mais confiável de se validar um modelo de simulação é comparar os resultados gerados na simulação com o sistema real, ou seja, comparar as métricas de performance estimadas com aquelas observadas. As métricas são comparadas através de gráficos exibindo suas funções de distribuição cumulativa.

4.11 Apresentação dos Resultados

Todas as métricas de performance terão os resultados da simulação expressos através de tabelas e gráficos da respectiva função de distribuição cumulativa.

Todos os fatores de carga de tráfego têm as respectivas distribuições de probabilidade calculadas durante a simulação, e poderão ser analisadas através de tabelas e gráficos.

4.12 Experiências com o Modelo

A simulação permite estudar o sistema modelado e várias alternativas possíveis de transformação do sistema, o que possibilita ou viabiliza uma tomada de decisão com riscos ainda menores e resultados mais otimizados e ricos em detalhes. Para tal basta que a partir do modelo validado para o sistema atual se crie outros modelos para o sistema futuro e se execute cada um deles, analisando-se após os diversos resultados do provável comportamento do sistema futuro.

Os resultados da execução de um novo modelo devem ser avaliados quanto aos critérios de performance do sistema proposto, comparando-os com os resultados do modelo inicial, possibilitando assim uma tomada de decisão a respeito das transformações propostas.

A importância da simulação como ferramenta de apoio à tomada de decisões, nas atividades de gerência de capacidade e planejamento de capacidade, poderá ser identificada em alguns experimentos desenvolvidos.

5 ESPECIFICAÇÃO FORMAL DO SISTEMA

5.1 A Técnica Utilizada

A especificação formal do comportamento de um sistema através de técnicas padronizadas torna possível a análise e interpretação do mesmo sem ambigüidades.

Para especificar o funcionamento do sistema foi utilizada a Linguagem de Descrição e Especificação SDL (Specification and Description Language), desenvolvida pelo CCITT. Esta técnica é adequada para a descrição de qualquer sistema cujo comportamento possa ser modelado por máquinas de estados finitos estendida [CCI84a]. SDL é uma linguagem que tem duas formas sintáticas para representar sistemas, ambas baseadas no mesmo modelo semântico: uma representação gráfica (SDL/GR) e uma representação textual (SDL/PR). O sistema foi especificado em SDL/GR.

SDL pode ser usada para representar em vários níveis de detalhe as propriedades funcionais de um sistema, através de especificações (para especificar o comportamento desejado de um sistema) ou de descrições (para descrever o comportamento real de um sistema). As propriedades funcionais consistem de algumas propriedades estruturais (diagramas de interação entre máquinas de estado) e comportamentais. Por comportamental, entende-se a forma de reagir a estímulos (sinais recebidos).

Os motivos para a adoção desta forma de especificação foram:

- a linguagem está amplamente difundida na área de comunicação de dados;
- a representação gráfica é muito flexível na incorporação dos níveis de detalhe que se deseja

empregar;

- evitar a complexidade de métodos algorítmicos;
- tornar a análise da especificação acessível a um número maior de leitores.

5.2 Interação Entre Blocos do Sistema

O sistema de análise de performance compreende três subsistemas (blocos, em SDL): monitoração do tráfego, análise do tráfego, e simulação do tráfego. A interação entre os blocos do sistema e destes com o ambiente é especificada no diagrama da figura 5.1, descrevendo o seguinte:

- O bloco MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO coleta o Tráfego da Interface_X25 em um determinado Período_de_Monitoração estipulado pelo usuário. Para cada conexão é gerado um conjunto de dados que caracteriza univocamente (Conexões_Monitoradas).
- A operação de MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO independe dos demais blocos que compõem o sistema.
- O bloco ANÁLISE_DO_TRÁFEGO gera gráficos (Gráfico_da_Análise) através dos quais o usuário poderá analisar a performance da rede em estudo. Também, permite a produção dos Fatores_de_Carga_de_Tráfego da rede para a simulação de cargas de tráfego. A ANÁLISE_DO_TRÁFEGO pode ser feita a partir das Conexões_Monitoradas ou das Conexões_Simuladas, derivadas da MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO e da SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO, respectivamente. A execução da ANÁLISE_DO_TRÁFEGO é orientada por uma série de variáveis fornecidas pelo usuário, sendo descritas na especificação do bloco.

- Para efetuar a `SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO` o usuário deve fornecer os `Fatores_do_Sistema` modelado e o `Tamanho_da_Simulação`. Os `Fatores_de_Carga_de_Tráfego` empregados são derivados da `ANÁLISE_DO_TRÁFEGO` ou providos pelo usuário. As `Conexões_Simuladas` resultantes da simulação do modelo de tráfego podem ser analisadas textualmente pelo usuário através de dados tabulados, ou graficamente pela ativação do bloco de `ANÁLISE_DO_TRÁFEGO`. Da simulação também obtém-se o valor das `Métricas_de_Performance` e dos `Fatores_Simulados`.

A apresentação do sistema de análise de performance através da interação dos blocos que o compõe permite identificar as propriedades funcionais do sistema como um todo, de forma bastante abstrata. A seguir, são especificados os blocos e os processos que implementam as máquinas de estados finitos, oferecendo uma visão mais detalhada do comportamento do sistema e das estruturas de dados envolvidas.

5.3 O Bloco de `MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO`

Dois processos implementam o bloco de `MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO`: `CAPTURA_DE_QUADROS` e `AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES`. O diagrama de interação dos processos é exibido na figura 5.2.

5.3.1 O Processo `CAPTURA_DE_QUADROS`

O processo `CAPTURA_DE_QUADROS` está definido no diagrama da figura 5.3. Este processo realiza a monitoração da rede dentro de um `Período_de_Monitoração` fornecido pelo usuário.

O Tráfego coletado na interface da rede compreende quadros do tipo I, S e U [TAR86]. Somente os quadros do tipo I são considerados (`Quadro_Tipo_I(Tráfego)`).

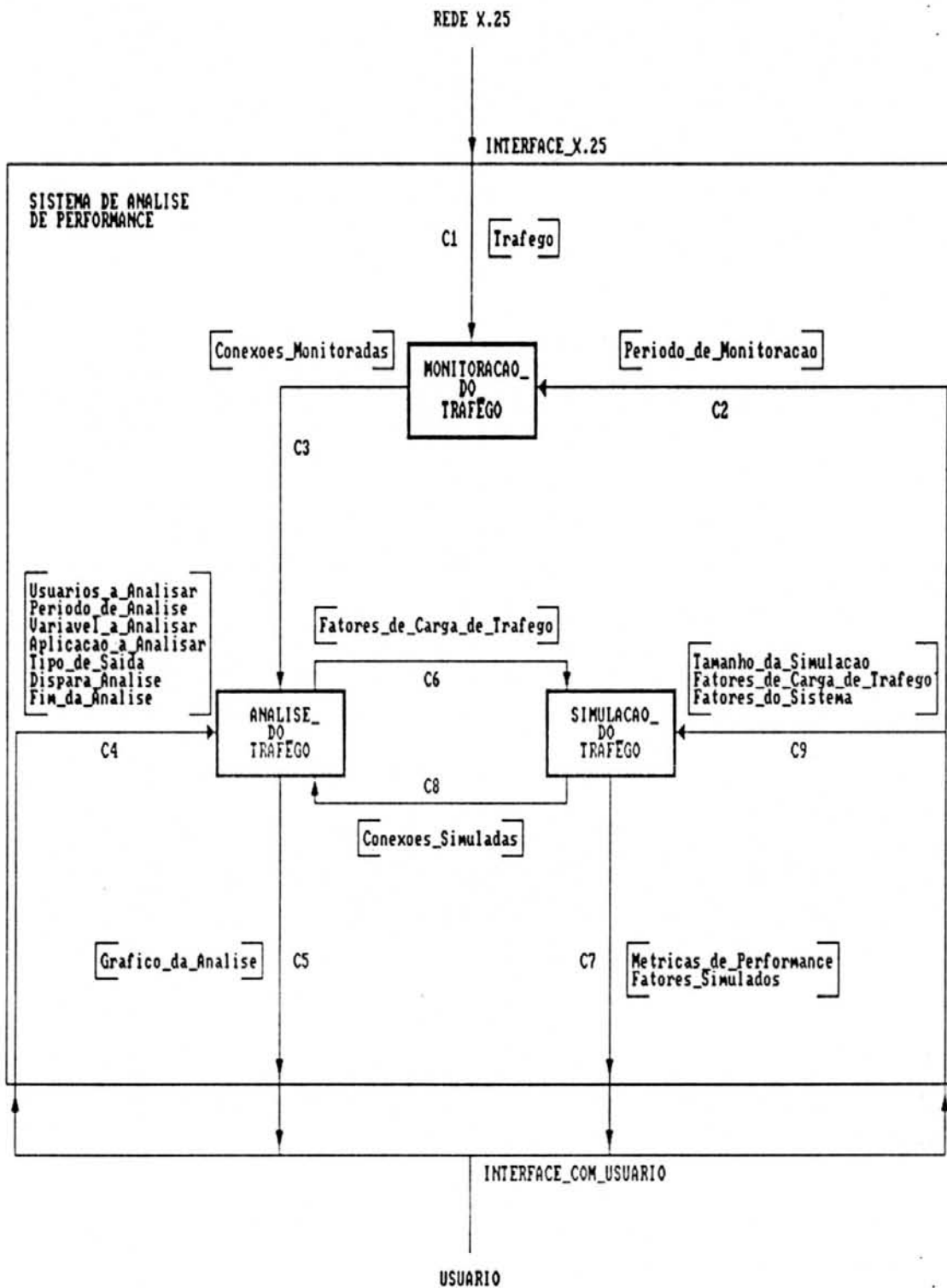


Figura 5.1: Diagrama de interação dos blocos do sistema de análise de performance

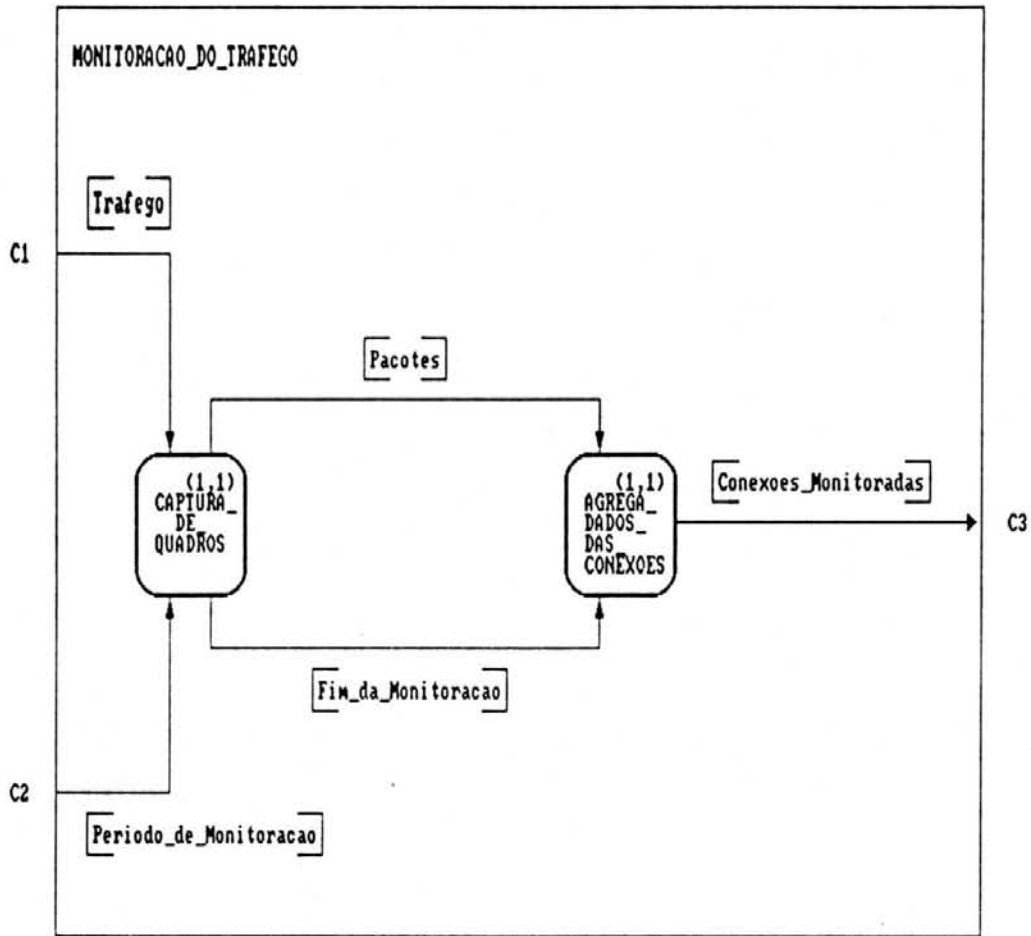


Figura 5.2: Diagrama de interação dos processos de MONITORAÇÃO DO TRÁFEGO

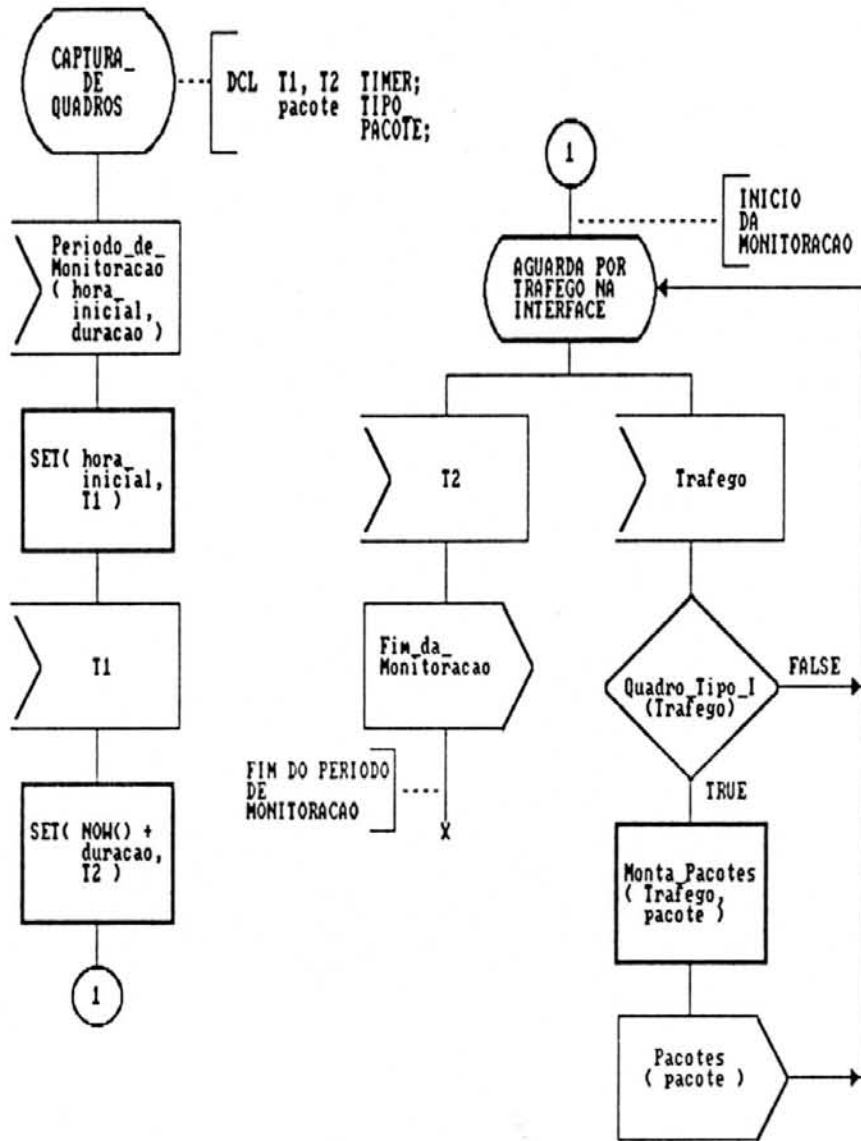


Figura 5.3: Diagrama do processo CAPTURA_DE_QUADROS

A informação Pacotes criada pela operação Monta_Pacotes e passada ao processo AGREGA_DADOS_DA_CONEXÃO é uma estrutura de dados especificada pela construção SDL da figura 5.4.

```
NEWTYPE tipo_pacote
STRUCT
    canal_logico: Int;
    timestamp: String;
    evento: Int;
    tam_pacote: Int;
    tipo_pac: String;
    bit_m: Bool;
    dados: String;
ENDNEWTYPE;
```

Figura 5.4: Estrutura de dados passada em Pacotes

Os campos da estrutura Pacotes descrevem o pacote capturado, contendo apenas o estritamente necessário para atender às necessidades de operação do processo AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES:

- canal_lógico: número do canal lógico;
- timestamp: instante de tempo em que o pacote foi capturado, consistindo da data e hora;
- evento: identifica se o pacote foi transmitido ou recebido pelo DTE-local;
- tam_pacote: tamanho do pacote;
- tipo_pac: tipo do pacote (CALL REQUEST, DATA, RECEIVE READY, etc) [CCI84];

- bit_m: identifica se o bit M está setado;

- dados: para os pacotes de dados consiste do campo de dados. Para os pacotes CALL REQUEST consiste do endereço do DTE originador , endereço do DTE destinatário, campo de facilidades e campo de dados. Para os pacotes de controle que possuem campo de causa e diagnóstico consiste do valor destes campos.

5.3.2 O Processo AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES

O processo AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES está definido no diagrama da figura 5.5. Este processo tem a função de contabilizar e agregar as informações que descrevem cada conexão de rede (Conexões_Monitoradas) a partir dos Pacotes fornecidos pelo processo de CAPTURA_DE_QUADROS.

Na figura 5.6 está especificada a estrutura de dados passada em Conexões_Monitoradas.

Os campos da estrutura são assim definidos:

- dte_origem: endereço do DTE que fez o pedido de estabelecimento de conexão (padrão X.121 [CCI84]);

- dte_destino: endereço do DTE que recebeu o pedido de estabelecimento da conexão;

- usercode: código do usuário ou do processo que requisitou a conexão;

- data_estabelecimento_conexão, hora_estabelecimento_conexão: data e hora na qual foi estabelecida a conexão;

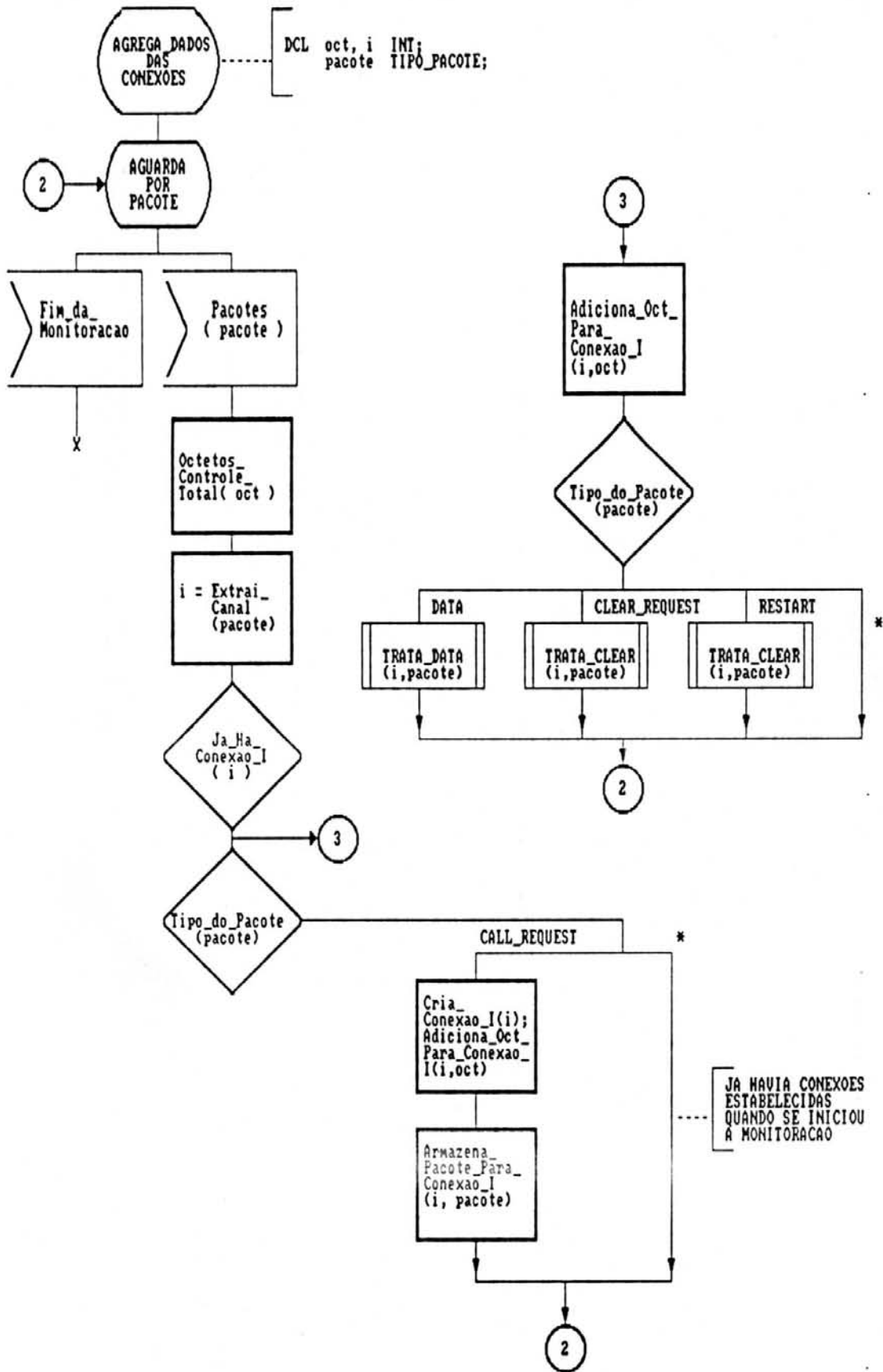


Figura 5.5: Diagrama do processo AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES

```
NEWTYPPE tipo_conexão
STRUCT
    dte_origem,
    dte_destino,
    usercode,
    data_estabelecimento_conexão,
    hora_estabelecimento_conexão,
    data_encerramento_conexão,
    hora_encerramento_conexão,
    campo_dados_call_request,
    campo_facilidades_call_request,
    campo_causa_encerramento_conexão,
    campo_diagnóstico_encerramento_conexão: String;
    num_octetos_dados_trans,
    num_octetos_dados_rec,
    num_octetos_contrôle_trans,
    num_octetos_contrôle_rec,
    num_pacotes_dados_trans,
    num_pacotes_dados_rec,
    tam_médio_nsdus_trans,
    tam_médio_nsdus_rec,
    desvio_padrão_nsdus_trans,
    desvio_padrão_nsdus_rec,
    percentagem_média_desvio_trans,
    percentagem_média_desvio_rec,
    num_mensagens_trans,
    num_mensagens_rec,
    tam_médio_mensagens_trans,
    tam_médio_mensagens_rec: Int;
ENDNEWTYPPE;
```

Figura 5.6: Estrutura de dados passada em Conexões_Monitoradas e em Conexões_Simuladas

- data_encerramento_conexão, hora_encerramento_conexão: data e hora na qual foi encerrada a conexão;
- campo_dados_call_request: valor do campo de dados do pacote CALL REQUEST;
- campo_facilidades_call_request: valor do campo de facilidades do pacote CALL REQUEST;
- campo_causa_encerramento_conexão: valor do campo de causa do encerramento da conexão;
- campo_diagnóstico_encerramento_conexão: valor do campo de diagnóstico do encerramento da conexão;
- num_octetos_dados_trans, num_octetos_dados_rec: número de octetos de dados transmitidos e recebidos pelo DTE-local na conexão;
- num_octetos_controle_trans, num_octetos_controle_rec: número de octetos de controle transmitidos e recebidos pelo DTE-local na conexão. Na contabilização entram os octetos de controle dos pacotes de dados, os octetos dos pacotes de controle, e os octetos de cabeçalho e "tail" dos quadros tipo I;
- num_pacotes_dados_trans, num_pacotes_dados_rec: número de pacotes de dados transmitidos e recebidos pelo DTE-local na conexão;
- tam_médio_nsdus_trans, tam_médio_nsdus_rec (MED): tamanho médio das NSDUs transmitidas e recebidas pelo DTE-local na conexão;

- `desvio_padrao_nsdus_trans,desvio_padrao_nsdus_rec (@)`: desvio padrão do tamanho médio das NSDUS transmitidas e recebidas pelo DTE-local na conexão;
- `percentagem_media_desvio_trans, percentagem_media_desvio_rec`: percentagem de NSDUs transmitidas e recebidas com tamanho entre $[MED - @, MED + @]$;
- `num_mensagens_trans, num_mensagens_rec`: número de mensagens transmitidas e recebidas pelo DTE-local na conexão;
- `tam_medio_mensagens_trans, tam_medio_mensagens_rec`: tamanho médio das mensagens transmitidas e recebidas pelo DTE-local na conexão.

Os procedimentos `Trata_DATA` e `Trata_CLEAR` fazem parte do processo `AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES` e estão especificados nos diagramas das figuras 5.7 e 5.8, respectivamente. O procedimento `Trata_DATA` é ativado quando um pacote de dados é capturado. O procedimento `Trata_CLEAR` é ativado quando a conexão deve ser encerrada ou por um pacote `CLEAR REQUEST` ou por um pacote `RESTART`.

As operações encontradas no diagrama do processo `AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES` e nos diagramas dos procedimentos `Trata_DATA` e `Trata_CLEAR` são assim definidas:

- `Octetos_Controlo_Total`: retorna o número total de octetos de controle do pacote (incluindo o cabeçalho e "tail" do quadro);
- `Extrai_Canal`: retorna o número do canal lógico associado ao pacote;
- `Já_Há_Conexão_I`: verifica se já existe uma conexão usando o *i*-ésimo canal lógico;

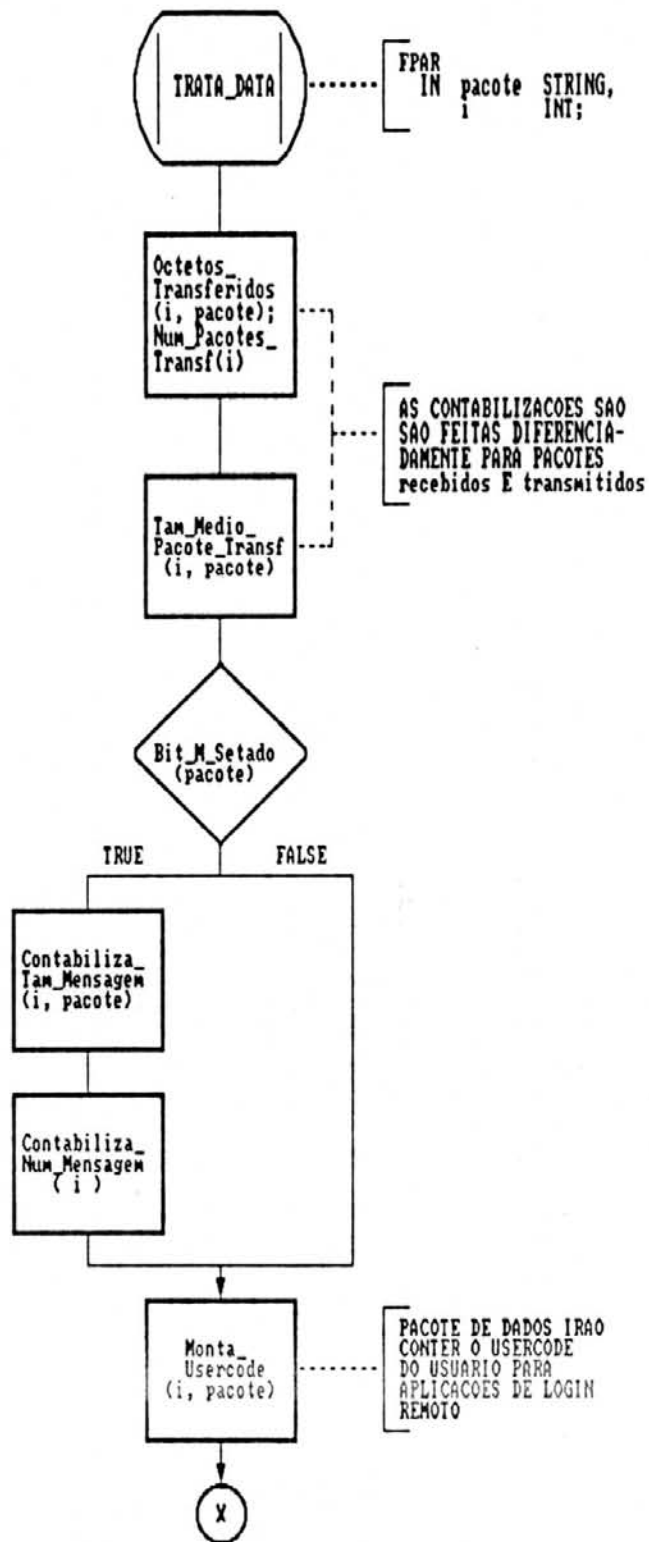


Figura 5.7: Diagrama do procedimento Trata_DATA

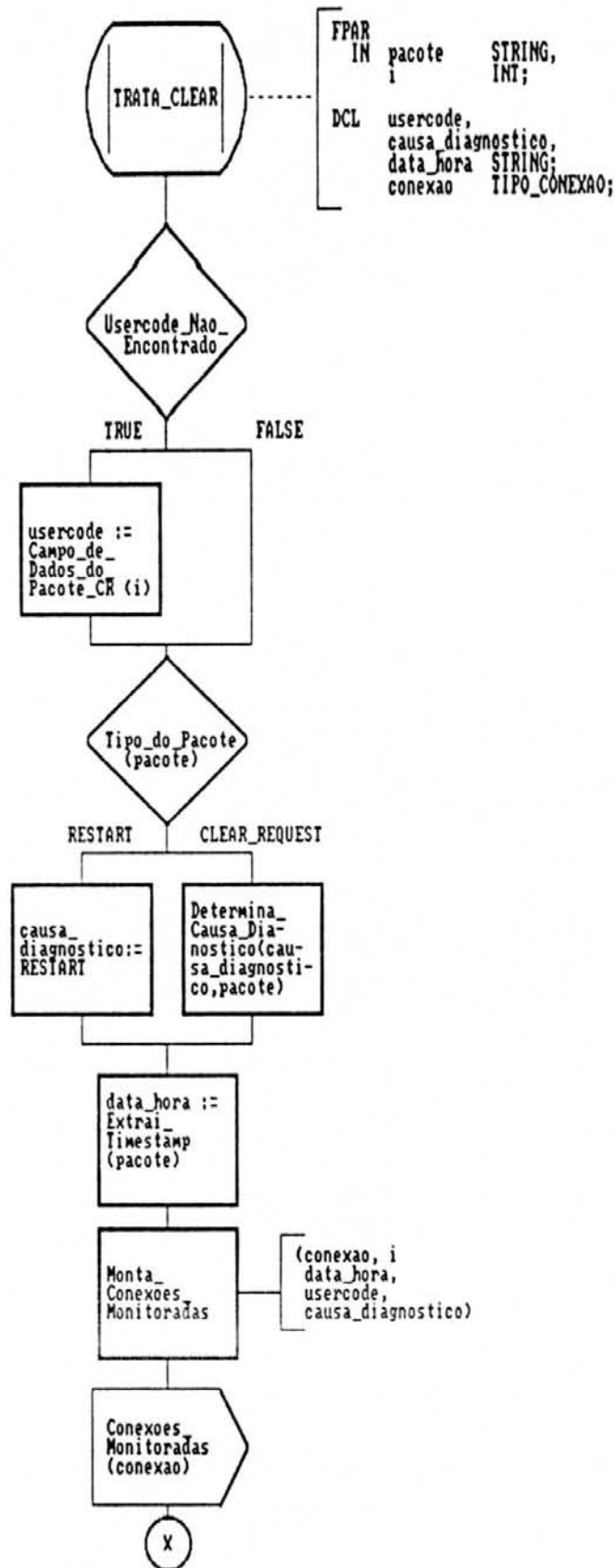


Figura 5.8: Diagrama do procedimento Trata_CLEAR

- Tipo_do_Pacote: retorna o tipo do pacote;

- Cria_Conexão_I: inicializa uma estrutura de dados tipo_conexão (figura 5.6) para o i-ésimo canal lógico;

- Armazena_Pacote_Para_Conexão_I: define os campos dte_origem, dte_destino, data_estabelecimento_conexão, hora_estabelecimento_conexão, campo_dados_call_request e campo_facilidades_call_request da estrutura tipo_conexão associada ao i-ésimo canal lógico;

- Adiciona_OCT_Para_Conexão_I: atualiza os campos num_octetos_controle_trans, num_octetos_controle_rec da estrutura tipo_conexão associada ao i-ésimo canal lógico;

- Octetos_Transferidos: atualiza os campos num_octetos_dados_trans e num_octetos_dados_rec da estrutura tipo_conexão associada ao i-ésimo canal lógico;

- Tam_Médio_Pacote_Transf: atualiza os campos tam_médio_nsdus_trans, tam_médio_nsdus_rec, desvio_padrão_nsdus_trans, desvio_padrão_nsdus_rec, percentagem_média_desvio_trans, percentagem_média_desvio_rec da estrutura tipo_conexão associada ao i-ésimo canal lógico;

- Num_Pacotes_Transf: atualiza os campos num_pacotes_dados_trans e num_pacotes_dados_rec da estrutura tipo_conexão associada ao i-ésimo canal lógico;

- Bit_M_Setado: verifica se o bit M do pacote está setado;

- Contabiliza_Tam_Mensagem: atualiza os campos tam_médio_mensagens_trans e tam_médio_mensagens_rec da estrutura tipo_conexão associada ao i-ésimo canal lógico;
- Contabiliza_Num_Mensagem: atualiza os campos num_mensagens_trans e num_mensagens_rec da estrutura tipo_conexão associada ao i-ésimo canal lógico;
- Monta_Usercode: tenta montar o campo usercode da estrutura tipo_conexão associada ao i-ésimo canal lógico, a partir dos pacotes de dados;
- Usercode_Não_Encontrado: verifica se não foi possível montar o campo usercode a partir dos pacotes de dados;
- Campo_De_Dados_Do_Pacote_CR: retorna o valor do campo de dados do pacote CALL REQUEST associado ao i-ésimo canal lógico;
- Determina_Causa_Diagnóstico: retorna os campos de causa e diagnóstico do pacote CLEAR REQUEST;
- Extrai_Timestamp: retorna a data e hora associadas ao pacote;
- Monta_Conexões_Monitoradas: atualiza os campos usercode, campo_causa_encerramento_conexão, campo_diagnóstico_encerramento_conexão, data_encerramento_conexão e hora_encerramento_conexão da estrutura tipo_conexão associada ao i-ésimo canal lógico, atribuindo a estrutura à variável conexão. Se causa_diagnóstico do encerramento da conexão é um RESTART, todas as conexões estabelecidas são abruptamente encerradas.

5.4 O Bloco de ANÁLISE_DO_TRÁFEGO

Dois processos implementam o bloco de ANÁLISE_DO_TRÁFEGO: PARÂMETROS_DE_ANÁLISE e GERAÇÃO_DAS_SAÍDAS. O diagrama de interação dos processos é exibido na figura 5.9.

5.4.1 O Processo PARÂMETROS_DE_ANÁLISE

O processo PARÂMETROS_DE_ANÁLISE está definido no diagrama da figura 5.10. Este processo tem a função de:

- gerenciar a base de dados das Conexões_Monitoradas e das Conexões_Simuladas derivadas da MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO e da SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO, respectivamente;
- prover uma interface ao usuário para a seleção de uma série de parâmetros (Opções_Para_Análise) que serão utilizados na GERAÇÃO_DAS_SAÍDAS.

A estrutura de dados associada a Conexões_Monitoradas e Conexões_Simuladas está definida na figura 5.6.

A ativação do processo GERAÇÃO_DAS_SAÍDAS só ocorre após o usuário ter fornecido todas as Opções_Para_Análise. São elas:

- Período_de_Análise: seleciona todas as conexões estabelecidas no período de tempo fornecido, consistindo de data e hora inicial e de data e hora final;
- Usuários_da_Análise: seleciona todas as conexões com usercode fornecido;

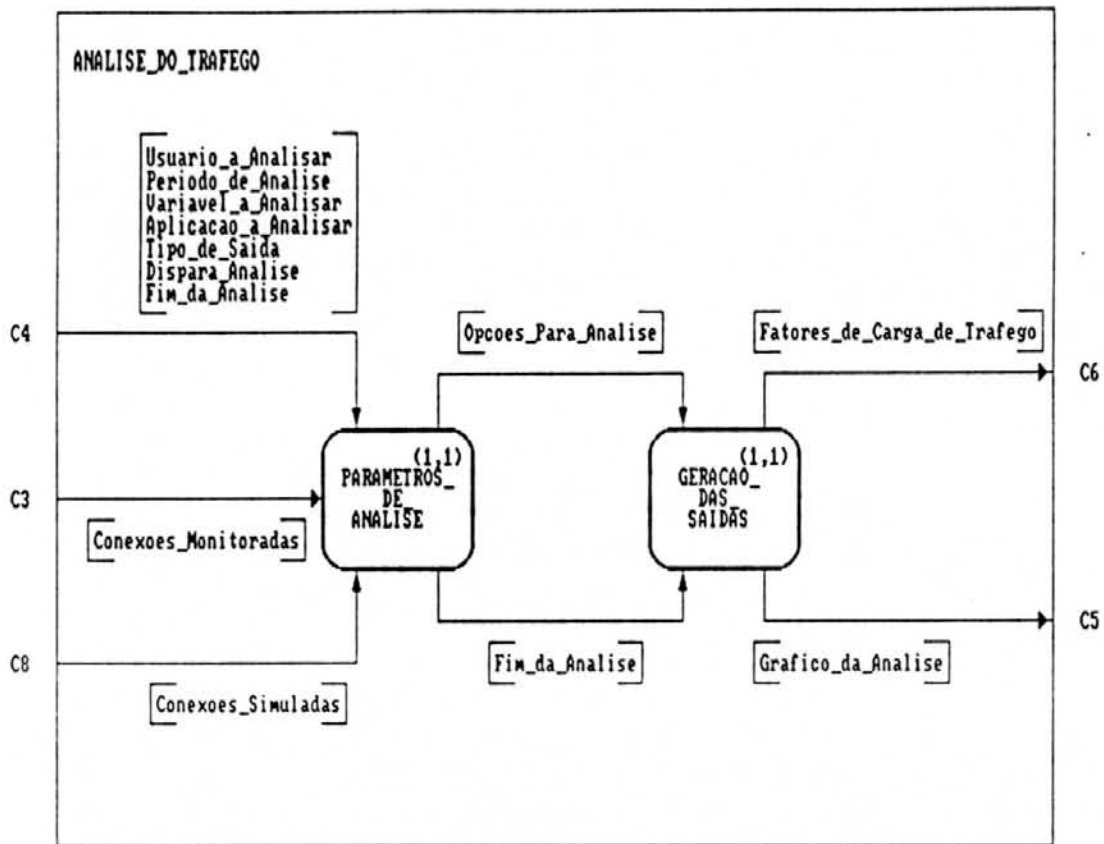


Figura 5.9: Diagrama de interação dos processos de ANÁLISE_DO_TRÁFEGO

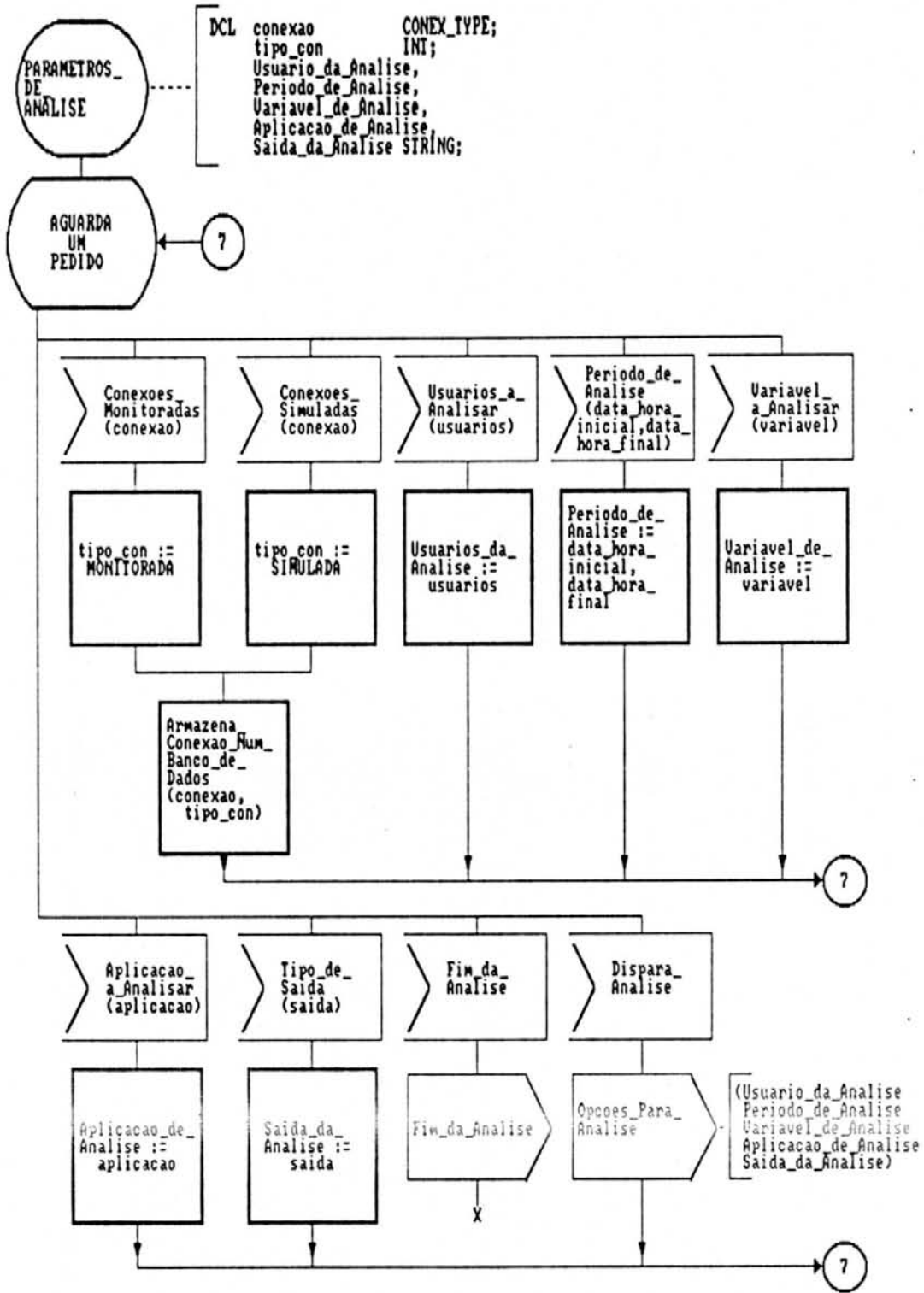


Figura 5.10: Diagrama do processo PARÂMETROS_DE_ANALISE

- Variável_de_Análise: seleciona o tipo de variável a analisar. Os tipos estão descritos na tabela 5.1;
- Aplicação_da_Análise: seleciona as conexões para análise em função do tipo de aplicação: interativa, não-interativa, qualquer aplicação;
- Saída_da_Análise: determina a forma de exibição da Variável_de_Análise (tabela 5.1). A variável poderá ser analisada pelos usuários através de um gráfico (Gráfico_da_Análise) ou poderá ser usada na simulação do tráfego na forma de fator de carga de tráfego (Fatores_de_Carga_de_Tráfego).

5.4.2 O Processo GERAÇÃO_DAS_SAÍDAS

O processo GERAÇÃO_DAS_SAÍDAS está definido no diagrama da figura 5.11. Este processo tem a função de calcular o(s) valor(es) da Variável_de_Análise selecionada pelo usuário.

As operações encontradas no diagrama do processo GERAÇÃO_DAS_SAÍDAS são assim definidas:

- Calcula_Função_de_Distribuição, Calcula_Função_de_Distribuição_Cumulativa, Calcula_Intervalo_de_Tempo_Médio_Entre_Conexões, Calcula_Função_Throughput_X_Tempo: determinam o(s) valor(es) da Variável_de_Análise em função das Opções_Para_Análise passadas pelo processo PARÂMETROS_DE_ANÁLISE;
- Gera_Gráfico_da_Função_Calculada: exhibe o gráfico a partir do(s) valor(es) encontrado(s) para a Variável_de_Análise;

Tabela 5.1: Tipos de saída associados às Variáveis_de_Análise

TIPO DE Variáveis_de_Análise	TIPO DE Saída_da_Análise	
	Gráfico_da_Análise	Fatores_de_Carga_de_Tráfego
FDC do Volume de dados transferidos	X	X
Distribuição do volume de dados transmitidos		X
Distribuição de duração das conexões X volume de dados transferidos	X	X
Distribuição de octetos de controle transmitidos X volume de dados transferidos		X
Distribuição de octetos de controle recebidos X volume de dados transferidos		X
FDC dos octetos de controle transmitidos	X	
FDC dos octetos de controle recebidos	X	
FDC de duração das conexões	X	
Distribuição do número de pacotes transferidos X volume de dados transferidos	X	
FDC do tamanho médio dos pacotes transmitidos ou recebidos	X	
FDC do número de conexões simultâneas	X	
FDC do "throughput" no canal de transmissão e no canal de recepção	X	

Tabela 5.1 (continuação):

TIPO DE Variáveis_de_Análise	TIPO DE Saída_da_Análise	
	Gráfico_da_ _Análise	Fatores_de_ _Carga_de_ _Tráfego
FDC do número de conexões por dia	X	
FDC do instante da primeira conexão do dia	X	
"Throughput" no canal de transmissão X tempo	X	
"Throughput" no canal de recepção X tempo	X	
Intervalo de tempo médio entre conexões		X

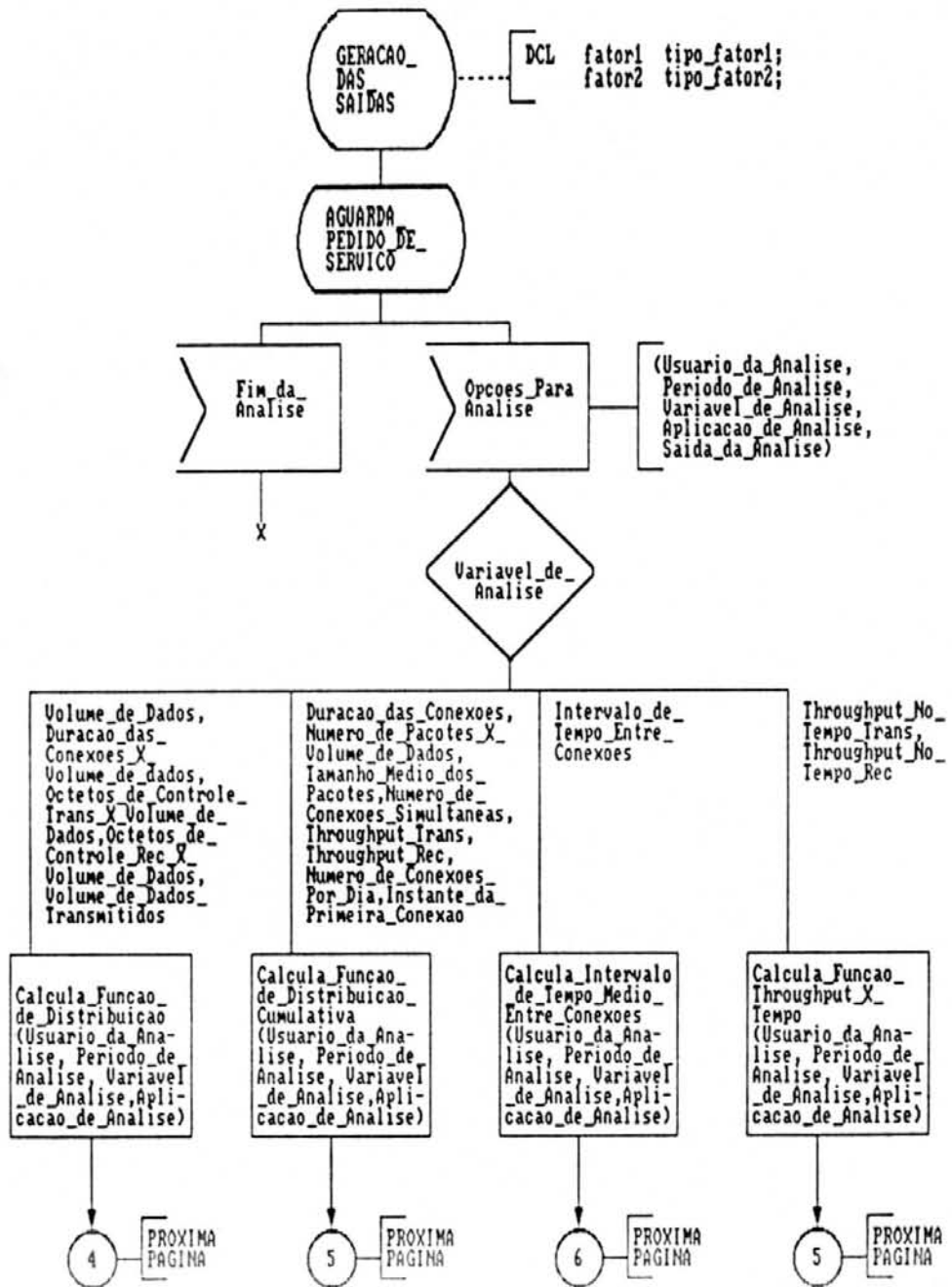


Figura 5.11: Diagrama do processo GERAÇÃO_DAS_SAÍDAS

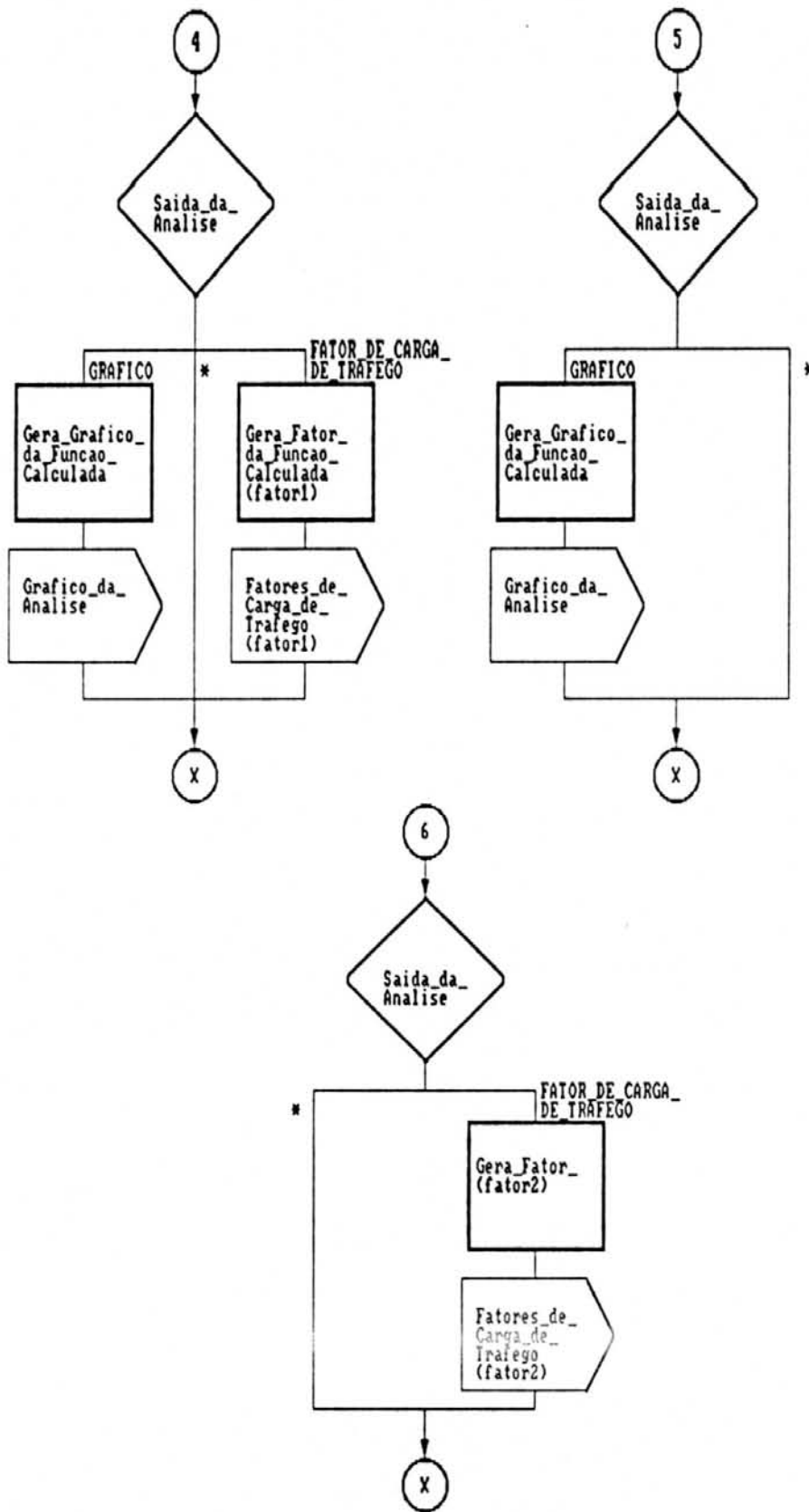


Figura 5.11 (continuação):

- `Gera_Fator_da_Função_Calculada`: produz o fator de carga de tráfego `fator1` conforme a distribuição de probabilidade definida na tabela 4.4, com exceção da variável "Intervalo de Tempo Médio Entre Conexões". Para esta variável somente a média de tempo entre estabelecimentos de conexão deve ser calculada (`fator2`), juntamente do desvio-padrão.

A especificação SDL para as estruturas de dados `fator1` e `fator2` passadas em `Fatores_de_Carga_de_Tráfego` para a `SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO` é descrita nas figuras 5.12(a) e 5.12(b), respectivamente.

O campo `tipo_da_aplicação` identifica o tipo de aplicação usada para cálculo do fator. O campo `percentagem_de_ocorrência` informa a percentagem de conexões que foram encontradas como sendo do `tipo_aplicação` dentre todas as conexões analisadas. O campo `instante_primeira_conexão` contém a data e hora que foi estabelecida a primeira conexão do `tipo_aplicação` analisada.

Os fatores de carga de tráfego do tipo `fator1` têm a distribuição de probabilidade estimada em função do volume de dados transferidos, conforme definido na seção 4.9.1.2. O fator "Volume de Dados Transferidos" usa apenas os campos de "Frequência Cumulativa", mudando a semântica do campo: o campo passa a significar "a percentagem média do volume de dados transferido que é transmitida na conexão".

Para exemplificar, se a `Variável_de_Análise` é a `Duração_das_Conexões_X_Volume_de_Dados`, e os campos do `fator1` têm os seguintes valores:

```

NEWTYPER tipo_fator1
STRUCT
/* MÉDIA      DESVIO-    FREQUÊNCIA */ /* INTERVALO DE */
/*           PADRÃO     CUMULATIVA */ /*CÁLCULO(kbytes)*/
  média1, desvio1, freq1, /* 0 - 0.256 */
  média2, desvio2, freq2, /* 0.256 - 0.512 */
  média3, desvio3, freq3, /* 0.512 - 1 */
  média4, desvio4, freq4, /* 1 - 2 */
  média5, desvio5, freq5, /* 2 - 4 */
  média6, desvio6, freq6, /* 4 - 6 */
  média7, desvio7, freq7, /* 6 - 8 */
  média8, desvio8, freq8, /* 8 - 12 */
  média9, desvio9, freq9, /* 12 - 16 */
  média10, desvio10, freq10, /* 16 - 24 */
  média11, desvio11, freq11, /* 24 - 32 */
  média12, desvio12, freq12, /* 32 - 48 */
  média13, desvio13, freq13, /* 48 - 64 */
  média14, desvio14, freq14, /* 64 - 96 */
  média15, desvio15, freq15, /* 96 - 128 */
  média16, desvio16, freq16: Int; /* 128 - ... */

  tipo_da_aplicação: String;
  percentagem_de_ocorrência: Int;
  instante_primeira_conexão: String;
ENDNEWTYPER;

```

(a)

```

NEWTYPER tipo_fator2
STRUCT
  média,
  desvio_padrão: Int;

  tipo_da_aplicação: String;
  percentagem_de_ocorrência: Int;
  instante_primeira_conexão: String;
ENDNEWTYPER;

```

(b)

Figura 5.12: Estruturas de dados passadas em Fatores_de_Carga_de_Tráfego: (b) usada apenas pelo fator "Intervalo de Tempo Médio Entre Conexões"

i	MÉDIA(i)	DESVIO(i)	FREQ(i)
1	200	40	12
2	300	30	18

significa que a) 12% das conexões transferiram um volume de dados entre (0,256] bytes, com duração média de 200 segundos e um desvio padrão de 40 segundos; e b) 6% das conexões transferiram um volume de dados entre (256,512] bytes, com duração média de 300 segundos e desvio padrão de 30 segundos.

Se a Variável_de_Análise é o Volume_de_Dados_Transmitidos, e os campos de fator1 têm os seguintes valores:

i	MÉDIA(i)	DESVIO(i)	FREQ(i)
1	0	0	70

significa que as conexões que transferiram um volume de dados entre (0,256] bytes tiveram, em média, 70% dos dados transmitidos pelo DTE-local e 30% transmitidos pelo DTE-remoto.

5.5 O Bloco de **SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO**

Três processos implementam o bloco de **SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO**: **GERA_CONEXÃO**, **GERA_ESTATÍSTICAS**, e **ALOCA_RECURSOS**. O diagrama de interação dos processos é exibido na figura 5.13.

Este bloco tem a função de simular o modelo de tráfego proposto neste trabalho. A modelagem do sistema de simulação foi desenvolvida de tal forma que independa do instrumento de implementação (linguagem de simulação ou linguagem de propósito geral).

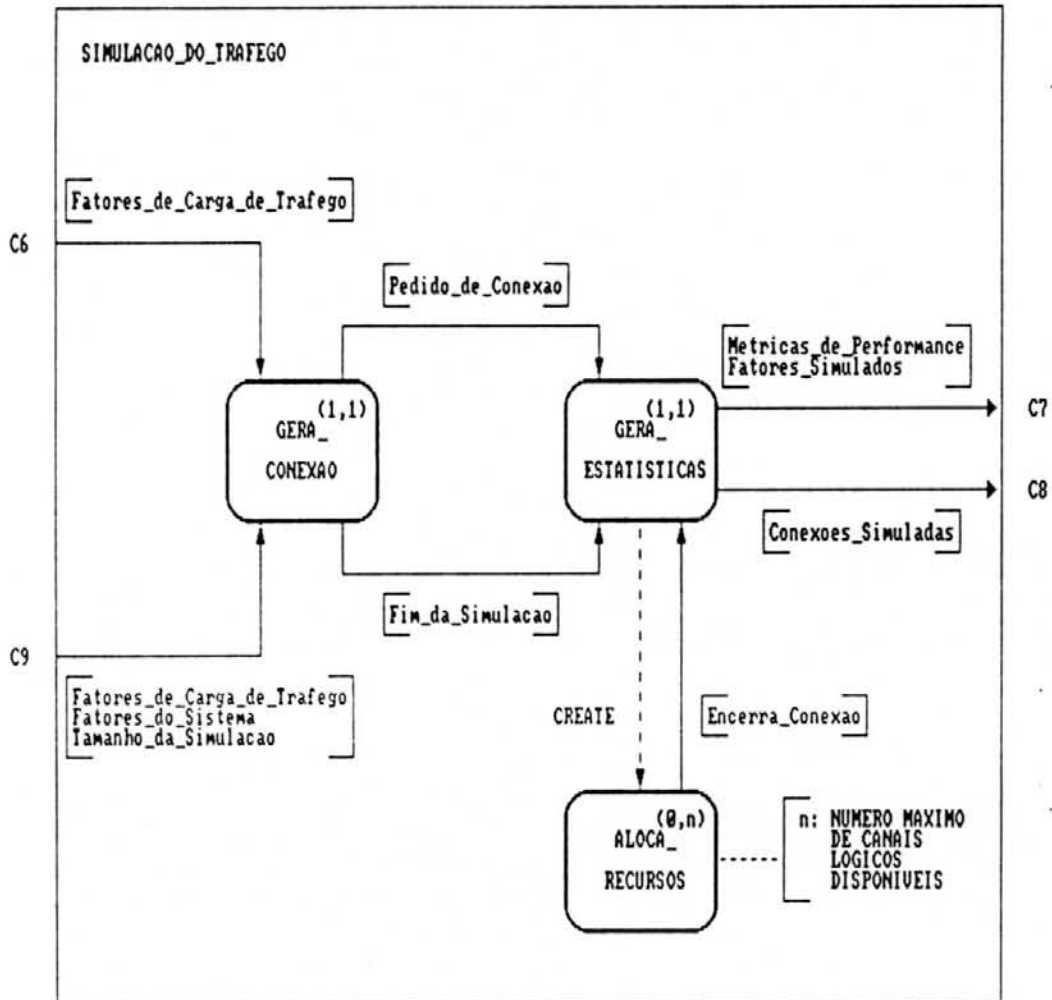


Figura 5.13: Diagrama de interação dos processos de SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO

5.5.1 O Processo GERA_CONEXÃO

O processo GERA_CONEXÃO está definido no diagrama da figura 5.15. Este processo é o responsável pelo desencadeamento da seqüência de eventos associados com a geração de conexões do modelo de tráfego em simulação.

Os seguintes parâmetros devem ser fornecidos para dar início a simulação:

- Fatores_de_Carga_de_Tráfego: são os fatores de carga de tráfego propriamente ditos. As estruturas de dados usadas para a representação dos fatores são descritas na figura 5.12. Estes fatores podem ter sido passados pela ANÁLISE_DO_TRÁFEGO ou fornecidos diretamente pelo usuário.
- Fatores_do_Sistema: são os fatores do sistema propriamente ditos. Consistem do número máximo de canais lógicos do enlace X.25 no DTE-local, e da taxa de transferência nominal do enlace (figura 5.14) do DTE-local.
- Tamanho_da_Simulação: determina o tempo de simulação do sistema.

```
NEWTYPe tipo_fator_sistema
STRUCT
    número_de_canais_lógicos,
    taxa_de_transferência: Int;
ENDNEWTYPe;
```

Figura 5.14: Estrutura de dados passada em Fatores_do_Sistema

As operações encontradas no diagrama do processo GERA_CONEXÃO são assim definidas:

- `Incorpora_Fator_ao_Modelo`: os `Fatores_de_Carga_de_Tráfego` e os `Fatores_do_Sistema` começam a fazer parte do modelo de simulação;
- `Instante_da_Primeira_Conexão`: o instante de tempo em que a primeira conexão é estabelecida independente do tipo de aplicação. Portanto, o campo `instante_primeira_conexão` da estrutura de dados `Fatores_de_Carga_de_Tráfego` será igual para as aplicações interativas e não-interativas. A operação retorna o valor deste campo;
- `Aplicação_Geradora_da_Conexão`: determina o tipo de aplicação que será associada a nova conexão. A probabilidade de ser uma aplicação interativa ou não-interativa é fornecida pelos campos `percentagem_de_ocorrência` e `tipo_de_aplicação` dos `Fatores_de_Carga_de_Tráfego`;
- `Volume_de_Dados_Transferido`: determina o volume de dados a ser transferido na conexão, em função da distribuição de frequência do volume de dados transferido encontrada para a `Aplicação_Geradora_da_Conexão`;
- `Volume_de_Dados_Transmitido`: é calculado o volume de dados transmitido pelo DTE-local, em função do fator "volume de dados transmitido", para o `Volume_de_Dados_Transferido` selecionado. A expressão $(freq(i) \times Volume_de_Dados_Transferido)$ é retornada pela operação. O campo `freq(i)` do fator "volume de dados transmitido" é escolhido se o `Volume_de_Dados_Transferido` está no *i*-ésimo "intervalo de cálculo" da estrutura de dados `Fatores_de_Carga_de_Tráfego` (figura 5.12);

- **Octetos_de_Controlo_Transmitidos:** o número de octetos de controle transmitidos na conexão, pelo DTE-local, é calculado em função do fator "octetos de controle transmitidos", para o tipo de Aplicação_Geradora_da_Conexão e Volume_de_Dados_Transferido selecionados. Os campos média(i) e desvio(i) da estrutura de dados que descreve o fator "octetos de controle transmitidos" (figura 5.12) são usados se o Volume_de_Dados_Transferido selecionado está no i-ésimo intervalo de cálculo. O número de octetos de controle transmitidos estará no intervalo $[m\u00e9dia(i) - desvio(i), m\u00e9dia(i) + desvio(i)]$. O número de octetos de controle recebidos pelo DTE-local e a duração da conexão são estimados da mesma forma, só mudando o fator;
- **Octetos_de_Controlo_Recebidos:** o número de octetos de controle recebidos na conexão, pelo DTE-local, é calculado em função do fator "octetos de controle recebidos", para o tipo de Aplicação_Geradora_da_Conexão e do Volume_de_Dados_Transferido selecionados;
- **Duração_da_Conexão:** a duração da conexão é calculada em função do fator "duração das conexões", para o tipo de Aplicação_Geradora_da_Conexão e do Volume_de_Dados_Transferido selecionados;
- **BPS_Transferido:** retorna o "throughput médio" (em bits por segundo) da conexão, encontrado no canal de transmissão do DTE-local;
- **BPS_Recebido:** retorna o "throughput" médio (em bits por segundo) da conexão, encontrado no canal de recepção do DTE-local;
- **Instante_da_Pr\u00f3xima_Conex\u00e3o:** a taxa de estabelecimento de conex\u00f5es \u00e9 exponencialmente distribu\u00ed-

da, com média fornecida pelo fator "intervalo de tempo médio entre conexões".

As informações passadas ao processo GERA_ESTATÍSTICAS através do Pedido_de_Conexão caracterizam a conexão gerada. São elas: o volume de dados transmitido pelo DTE-local; o volume de dados recebidos pelo DTE-local; o número de octetos de controle transmitidos pelo DTE-local; o número de octetos de controle recebidos pelo DTE-local; a duração da conexão; o "throughput" médio do canal de transmissão do DTE-local, gerado pela conexão; e o "throughput" médio do canal de recepção do DTE-local, gerado pela conexão.

5.5.2 O Processo GERA_ESTATÍSTICAS

O processo GERA_ESTATÍSTICAS está definido no diagrama da figura 5.16. A função principal deste processo é estimar as métricas de performance do modelo de tráfego através da simulação de alocação dos recursos do sistema modelado.

Sempre que for recebido um Pedido_de_Conexão e existir um canal lógico disponível será criada uma nova instância do processo ALOCA_RECursos. Este processo simula o compartilhamento do canal de comunicação e do DTE-local durante dur_con unidades de tempo.

As operações encontradas no diagrama do processo GERA_ESTATÍSTICAS são assim definidas:

- Conta_Conexão_Rejeitada: incrementa o contador de conexões rejeitadas por indisponibilidade de canal lógico no DTE-local. Este contador será usado para estimar a probabilidade de falha no estabelecimento de conexão (métrica de performance);

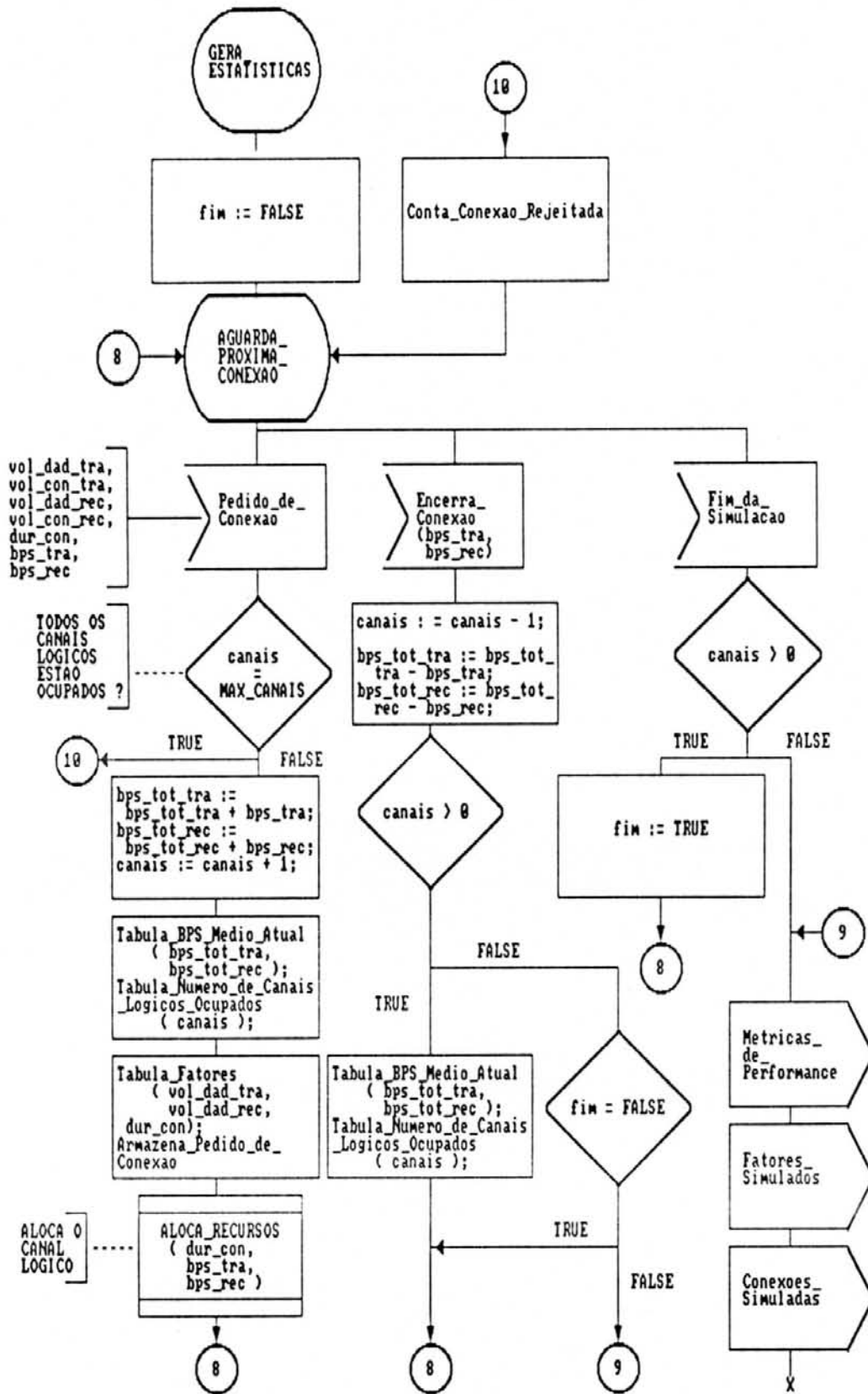


Figura 5.16: Diagrama do processo GERA_ESTADÍSTICAS

- `Tabula_BPS_Médio_Atual`: estima o "throughput" médio do canal de transmissão e do canal de recepção do DTE-local. A estimativa é feita somando-se o "throughput" médio de todos os canais lógicos ocupados, incluindo a conexão que ativou a operação. O valor derivado é tabulado para posteriormente determinar a distribuição de frequência das métricas de performance, "'throughput' médio transmitido" e "'throughput' médio recebido";

- `Tabula_Número_de_Canais_Lógicos_Ocupados`: tabula o número de canais lógicos ocupados para posteriormente determinar a distribuição de frequência da métrica de performance "número de conexões simultâneas";

- `Tabula_Fatores`: tabula o valor dos fatores de carga de tráfego "volume de dados transferidos" e "duração das conexões", associados a conexão, passados em `Pedido_de_Conexão`, para posteriormente determinar a distribuição de frequência dos respectivos fatores;

- `Armazena_Pedido_de_Conexão`: armazena os fatores de carga de tráfego associados a conexão, passados em `Pedido_de_Conexão`, para posteriormente formar as `Conexões_Simuladas`.

No diagrama do processo `GERA_ESTATÍSTICAS` pode-se perceber que a simulação só é concluída após ter findado o tempo de de simulação e todas as conexões terem sido encerradas.

As métricas de performance passadas em `Métricas_de_Performance` são:

- a distribuição de frequência do "throughput" médio encontrado no canal de transmissão e no canal

de recepção do DTE-local, exemplificado na tabela 5.2;

- a distribuição de freqüência do número de conexões simultâneas no DTE-local;
- a probabilidade de falha no estabelecimento de conexão por indisponibilidade de canal lógico.

Os fatores de carga de tráfego resultantes da simulação que são passados em Fatores_Simulados são:

- a distribuição de freqüência do volume de dados transferidos nas conexões;
- a distribuição de freqüência da duração das conexões.

Tabela 5.2: Distribuição de freqüência do "throughput" médio (bps) no canal de recepção do DTE-local

NÚMERO DE CONEXÕES: 162 THROUGHPUT MÉDIO: 192 DESVIO PADRÃO: 144		
THROUGHPUT NO INTERVALO (bps)	FREQÜÊNCIA RELATIVA	FREQÜÊNCIA ABSOLUTA
0 - 40	9.88	9.88
40 - 140	29.01	38.89
140 - 240	35.19	74.07
240 - 340	12.96	87.04
340 - 440	6.17	93.21
440 - 540	1.23	94.44
540 - 640	4.32	98.77
640 - 740	1.23	100.00

A estrutura de dados passada em `Conexões_Simuladas` está definida na figura 5.6. Os únicos campos que o modelo de simulação fornece são: `data_estabelecimento_conexão`, `hora_estabelecimento_conexão`, `data_encerramento_conexão`, `hora_encerramento_conexão`, `num_octetos_dados_trans`, `num_octetos_dados_rec`, `num_octetos_controle_trans`, `num_octetos_controle_rec`. Para cada conexão simulada é criada uma instância da estrutura de dados `Conexões_Simuladas`.

O processo `GERA_ESTATÍSTICAS` produz `Conexões_Simuladas` para o bloco `ANÁLISE_DO_TRÁFEGO` por dois motivos:

- o usuário poderá analisar graficamente os fatores de carga de tráfego resultantes da simulação;
- o modelo de tráfego pode ser validado pela comparação gráfica 1) entre os fatores de carga de tráfego medidos no experimento e os fatores resultantes da simulação; e 2) entre as métricas de performance calculadas no experimento e as métricas de performance estimadas na simulação;

5.5.3 O Processo `ALOCA_RECURSOS`

O processo `ALOCA_RECURSOS` está definido no diagrama da figura 5.17. Este processo tem a função de simular o compartilhamento do canal de comunicação e do DTE-local durante `dur_con` unidades de tempo, onde `dur_con` é a duração de uma conexão.

Para cada conexão gerada na simulação é criada uma instância do processo `ALOCA_RECURSOS`.

No próximo capítulo é descrita a implementação do sistema especificado.

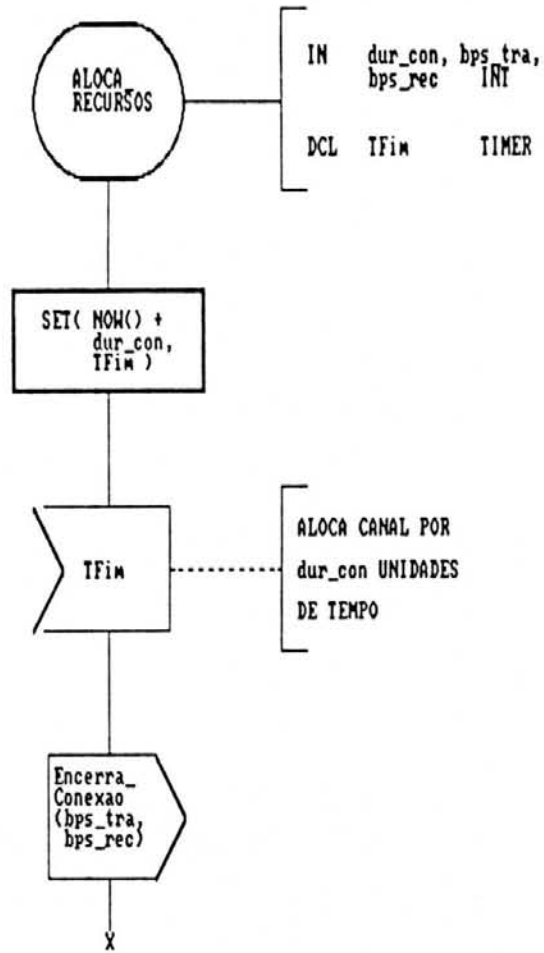


Figura 5.17: Diagrama do processo ALOCA_RECursos

6 IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO DO SISTEMA

6.1 Introdução

Este capítulo descreve a implementação do protótipo de "software" desenvolvido para a especificação do sistema apresentada no capítulo anterior. Ênfase especial será dada ao bloco de SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO, pois implementa a validação do modelo de tráfego proposto nesta dissertação.

O capítulo está estruturado da seguinte forma:

- a descrição do ambiente onde foi implementado o protótipo;
- aspectos da implementação do bloco MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO;
- aspectos da implementação do bloco ANÁLISE_DO_TRÁFEGO;
- aspectos da implementação do bloco SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO.

6.2 Ambiente de Desenvolvimento

6.2.1 Plataforma de "Hardware"

A implementação do bloco MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO foi realizada sobre um computador tipo MicroVax, localizado no CPD-UFRGS. Este equipamento corresponde ao DTE-local descrito na figura 4.1. A taxa de transferência nominal do acesso X.25 é de 9600 bps (duplex).

Os blocos ANÁLISE_DO_TRÁFEGO e SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO

foram implementados num microcomputador IBM-PC compatível.

A figura 6.1 ilustra a estrutura física de comunicação que permite a interação entre as plataformas de "hardware" utilizadas na implementação do protótipo de análise de performance para acessos X.25.

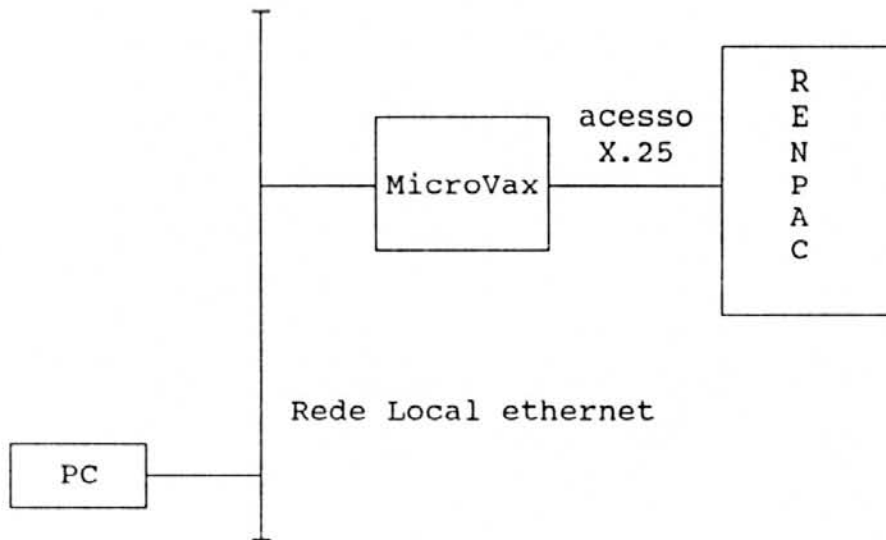


Figura 6.1: Estrutura física de comunicação entre as plataformas de "hardware" utilizadas

6.2.2 Ambientes de Desenvolvimento de "Software"

Para o desenvolvimento do "software" foram utilizadas duas linguagens com propósitos diferentes.

Para a implementação dos blocos MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO e ANÁLISE_DO_TRÁFEGO foi utilizada a linguagem "C", e os compiladores GNU e Turbo-C, respectivamente.

Na implementação do bloco SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO poderia-se escolher entre uma linguagem de simulação e uma linguagem de uso geral. Este bloco foi construído utilizando-se a linguagem de simulação GPSS (ambiente GPSSR/PC).

6.3 O Bloco MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO

Esta seção descreve aspectos de implementação do bloco de MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO (figura 5.2).

A construção de um modelo de tráfego baseado no comportamento dos usuários requer um longo período de monitoração do tráfego. Isto significa que a ANÁLISE_DO_TRÁFEGO só é ativada após várias Conexões_Monitoradas terem sido contabilizadas na MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO. Portanto, a comunicação entre os blocos MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO e ANÁLISE_DO_TRÁFEGO será efetuada através de um arquivo.

Para cada conexão monitorada será criado um registro de estrutura tipo_conexão (figura 5.6).

O bloco MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO, conforme sua especificação, está dividido em dois processos: CAPTURA_DE_QUADROS e AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES.

6.3.1 O Processo CAPTURA_DE_QUADROS

O processo CAPTURA_DE_QUADROS deve acessar a interface de comunicação X.25 para coletar o tráfego do acesso X.25. Para cada pacote capturado deve ser passada a estrutura de dados tipo_pacote (figura 5.4) ao processo AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES.

O programa "Common Trace Facility" (CTF), da Digital, implementa o processo CAPTURA_DE_QUADROS. A execução do processo tem duas fases:

- a primeira fase produz um arquivo contendo dados brutos do tráfego coletado. Esta fase é ativada pela linha de comando

```
TRACE START/OUTPUT=TRACE.DAT X25L3
```

- a segunda fase gera um arquivo contendo os dados de cada pacote coletado (campos da estrutura de dados passada em Pacotes ao processo AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES). Esta fase é ativada pela linha de comando

```
TRACE ANALYZE TRACE.DAT/DATA=ASCII/OUTPUT=TRACE.ASC/  
PAGE=50000/NOTRUNCATE/DISPLAY=(NOALL,EVENT,SIZE,TIME)
```

A comunicação com o processo AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES é feita através de um arquivo (no exemplo, TRACE.ASC), onde cada registro é uma instância da estrutura de dados tipo_pacote (figura 5.4).

6.3.2 O Processo AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES

Um pedido de estabelecimento de conexão X.25 pode ser disparado por um usuário ou por um processo. Para que seja possível caracterizar o comportamento de um usuário (ou processo) ou de um grupo de usuários (ou processos) em específico, é necessário que cada conexão tenha associada a identificação do usuário (ou processo).

Este aspecto é tratado na especificação do processo AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES (figuras 5.5, 5.7 e 5.8), merecendo destacar algumas particularidades da implementação.

A identificação de um usuário só pode ser obtida quando a aplicação for um "Login" Remoto. O procedimento de detecção e montagem da identificação do usuário a partir do tráfego deve levar em conta:

- O tipo de sistema operacional da máquina que recebeu o pedido de conexão. As expressões (seqüência de caracteres) que antecedem e sucedem o

usercode variam entre sistemas operacionais de diferentes instalações.

- O tipo de terminal de "login". As seqüências de caracteres de controle variam significativamente entre os diversos tipos de terminais disponíveis.

O processo AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES consegue obter a identificação do usuário se o tráfego de "login" apresentar o cenário ilustrado na figura 6.2

```

^MUsername:<identificação do usuário>
^MPassword:<password do usuário>

^J^@$

```

^M = carriage return

^J = line feed

^@ = 00 hexadecimal

Figura 6.2: Cenário de "login" para obtenção da identificação do usuário

Este cenário é característico de máquinas com o sistema operacional VAX/VMS. As expressões "<identificação do usuário>" e "<password do usuário>" são substituídas pelo usercode e password do usuário. A ocorrência da expressão "^J^@\$" é o prompt do sistema operacional, sinalizando também que o usercode encontrado é válido.

Seqüências de "backspace" geradas pelo usuário no fornecimento do "usercode" são tratadas pelo sistema. Num terminal do tipo VT100, o sistema operacional transmite a se-

qüência "`^H^H`" (`^H` = Control-H) ao terminal para cada "backspace" produzido pelo usuário.

A detecção e montagem da identificação do usuário que estabeleceu uma conexão para "Login" Remoto foi implementada apenas para ambientes VAX/VMS e terminais tipo VT100 (a grande maioria das conexões de "Login" Remoto observado no tráfego são feitas ao DTE-local - MicroVax).

No encerramento de uma conexão o processo `AGREGA_DADOS_DAS_CONEXÕES` verifica se foi encontrada uma identificação de usuário para a conexão. Em caso negativo, duas situações podem ser as responsáveis:

- não foi constatado o cenário de "login" esperado (figura 6.2);
- quem disparou a conexão é um processo e não um usuário.

Para o primeiro caso nada pode ser feito. Entretanto, a identificação de um processo pode ser encontrada no Campo de Dados do pacote `CALL REQUEST`.

Se o tamanho do Campo de Dados for superior a quatro octetos, a identificação do processo existe e é obtida a partir do quinto octeto.

O campo `usercode` da estrutura de dados `tipo_conexão` (figura 5.6) armazena a identificação do usuário ou processo. Esta estrutura de dados é transferida ao bloco `ANÁLISE_DO_TRÁFEGO` assim que todos os campos tiverem sido contabilizados. Pelos motivos citados no início desta seção, o canal `Conexões_Monitoradas` (figura 5.2) foi implementado como sendo um arquivo.

6.4 O Bloco ANÁLISE_DO_TRÁFEGO

Esta seção descreve aspectos de implementação do bloco ANÁLISE_DO_TRÁFEGO (figura 5.9). Conforme sua especificação este bloco está dividido em dois processos: PARÂMETROS_DE_ANALISE e GERAÇÃO_DAS_SAÍDAS.

O bloco ANÁLISE_DO_TRÁFEGO gera gráficos (Gráfico_da_Análise) através dos quais o usuário poderá analisar a performance da rede em estudo. Também, permite a produção dos Fatores_de_Carga_de_Tráfego da rede para a simulação de cargas de tráfego. A ANÁLISE_DO_TRÁFEGO pode ser feita a partir das Conexões_Monitoradas ou das Conexões_Simuladas, derivadas da MONITORAÇÃO_DO_TRÁFEGO e da SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO, respectivamente.

O "software" foi desenvolvido para trabalhar sobre placa de vídeo tipo EGA, modo gráfico.

6.4.1 O Processo PARÂMETROS_DA_ANALISE

A execução da ANÁLISE_DO_TRÁFEGO é orientada por uma série de variáveis fornecidas pelo usuário: Usuário_da_Análise, Período_da_Análise, Variável_de_Análise, Aplicação_da_Análise, e Saída_da_Análise.

Com exceção da variável Período_de_Análise, o valor das variáveis é selecionado de uma lista de opções fornecidas pelo sistema em menus "top-down".

As variáveis Usuários_da_Análise, Período_de_Análise e Aplicação_da_Análise é que determinam o subconjunto de conexões a serem utilizadas no cálculo dos Fatores_de_Carga_de_Tráfego e Gráfico_da_Análise. A análise de performance pode ser feita considerando-se:

- todas as conexões existentes em `Conexões_Monitoradas`;
- as conexões cuja data e hora de estabelecimento de conexão estiverem dentro do `Período_de_Análise` selecionado;
- todas as conexões realizadas por um usuário em específico (`Usuários_da_Análise`);
- as conexões realizadas por um usuário em específico com data e hora de estabelecimento de conexão compreendido no `Período_de_Análise` selecionado;
- todas as conexões realizadas por um subconjunto de usuários (`Usuários_da_Análise`);
- as conexões realizadas por um subconjunto de usuários com data e hora do estabelecimento de conexão compreendido no `Período_de_Análise` selecionado.

A figura 6.3 ilustra a interface através da qual se pode selecionar o valor de `Usuários_da_Análise` e `Período_da_Análise`.

Cada linha da janela de opções é composta da identificação do usuário ou processo que estabeleceu alguma conexão (campo `usercode` da estrutura de dados `tipo_conexão` especificada na figura 5.6), da data e hora que foi realizada a primeira conexão, da data e hora que foi realizada a última conexão, e do número de conexões realizadas pelo usuário. Estes dados são coletados das `Conexões_Monitoradas` ou `Conexões_Simuladas`.

USUARIO	DATA/HORA INICIAL	DATA/HORA FINAL	NUM_CON
	01/10/92 00:37:52.54	31/10/92 23:29:02.83	
000000000000000000L15122054@DOTTI	05/10/92 13:55:54.18	16/10/92 11:41:28.62	7
0000000L1212125810@DAMASCENO	29/10/92 13:06:28.14	29/10/92 13:06:28.14	1
000000L14730083@V3.O_MAIL-11	13/10/92 10:25:45.97	26/10/92 17:16:03.99	2
CGLCHAVES	01/10/92 21:40:12.32	31/10/92 21:45:35.57	69
FISICA	02/10/92 19:03:10.59	25/10/92 13:19:51.56	13
JOSENELSON	01/10/92 20:45:16.58	27/10/92 22:03:04.24	19
UCSMANT	01/10/92 08:22:42.15	30/10/92 17:43:28.86	28
U3.O_MAIL-11	01/10/92 09:15:39.19	27/10/92 16:24:37.31	28
X25_PMF_MAIL_1	01/10/92 07:28:42.90	30/10/92 20:42:53.73	97
0009 Usuarios 0000 Seleccionados 0000 Conexoes Seleccionadas			

Figura 6.3: Interface para seleção dos Usuários_da_Análise e Período_da_Análise

Os pedidos de estabelecimento de conexão partidos do DTE-local são representados pela expressão

DTE-DESTINO@usercode

e aqueles onde não foi possível se determinar o usercode são representados apenas por DTE-DESTINO.

A figura 6.4 apresenta mais duas linhas de opção. A primeira delas foi criada a partir de um pedido de seleção de todas as conexões do usuário CGLCHAVES, que foram estabelecidas no intervalo de tempo [05/10/92 00:00:00.00 , 20/10/92 00:00:00.00]. A segunda foi criada a partir de um pedido de seleção de todas as conexões realizadas por qualquer usuário no intervalo de tempo [05/10/92 00:00:00.00 , 20/10/92 00:00:00.00].

A seleção do valor das variáveis `Usuários_da_Análise` e `Período_da_Análise` consiste em marcar a(s) linha(s) listada(s) na interface apresentada.

USUARIO	DATA/HORA INICIAL	DATA/HORA FINAL	NUM_CON
	01/10/92 00:37:52.54	31/10/92 23:29:02.83	
000000000000L15122054@DOTTI	05/10/92 13:55:54.18	16/10/92 11:41:28.62	7
000000L1212125810@DAMASCENO	29/10/92 13:06:28.14	29/10/92 13:06:28.14	1
00000L14730083@V3.O_MAIL-11	13/10/92 10:25:45.97	26/10/92 17:16:03.99	2
CGLCHAVES	01/10/92 21:40:12.32	31/10/92 21:45:35.57	69
FISICA	02/10/92 19:03:10.59	25/10/92 13:19:51.56	13
JOSENELSON	01/10/92 20:45:16.58	27/10/92 22:03:04.24	19
UCSMANT	01/10/92 08:22:42.15	30/10/92 17:43:28.86	28
V3.O_MAIL-11	01/10/92 09:15:39.19	27/10/92 16:24:37.31	28
X25_PMF_MAIL_1	01/10/92 07:28:42.90	30/10/92 20:42:53.73	97
>CGLCHAVES	05/10/92 07:13:11.84	16/10/92 17:06:08.65	39
>*****	05/10/92 07:13:11.84	16/10/92 19:48:58.82	496
0011 Usuarios 0000 Selecionados 0000 Conexoes Selecionadas			

Figura 6.4: Opções derivadas de pesquisa a subconjunto de conexões existentes em `Conexões_Monitoradas` ou `Conexões_Simuladas`

6.4.2 O Processo `GERAÇÃO_DAS_SAÍDAS`

O objetivo principal deste trabalho é a construção de um modelo de tráfego baseado no comportamento dos usuários do serviço de rede X.25. Portanto, são apresentadas apenas as características dos gráficos gerados para os fatores de carga de tráfego (figura 5.1) e para as métricas de performance.

A tabela 4.4 apresenta um exemplo de fatores de carga de tráfego produzidos pelo processo `GERAÇÃO_DE_SAÍDAS`. Os fatores "volume de dados transferidos" e "volume de dados

transmitidos" ilustrados estão em conformidade com a estrutura de dados tipo_fator1 (figura 5.12) passada em Fatores_de_Carga_de_Tráfego (figura 5.9).

O gráfico da função de distribuição cumulativa do "volume de dados transferidos" para a tabela 4.4 é exibido na figura 6.5. São produzidos gráficos do mesmo tipo para os fatores de carga de tráfego "octetos de controle transmitidos X volume de dados transferidos", "octetos de controle recebidos X volume de dados transferidos"; e para as métricas de performance "'throughput' no canal de transmissão", "'throughput' no canal de recepção", e "número de conexões simultâneas".

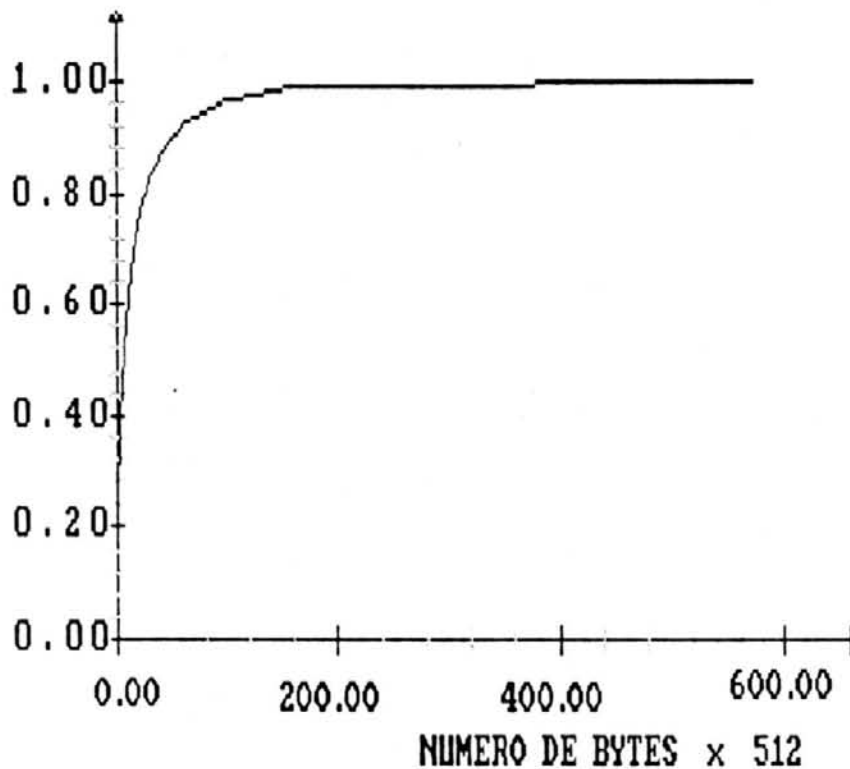


Figura 6.5: Função de distribuição cumulativa do volume de dados transferidos

Para o fator de carga de tráfego "duração das conexões X volume de dados transferidos" é gerado um gráfico do tipo exibido na figura 6.6.

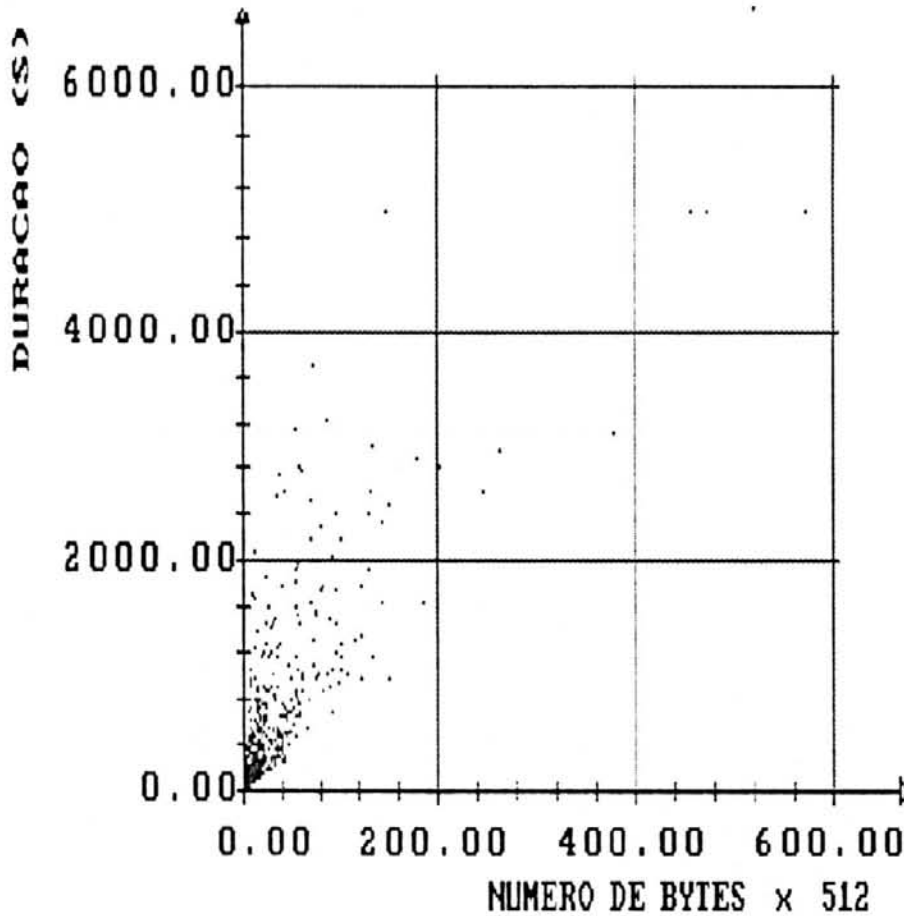


Figura 6.6: Gráfico de duração das conexões em função do volume de dados transferidos

Os fatores de carga de tráfego produzidos na execução do processo GERAÇÃO_DAS_SAÍDAS são armazenados num arquivo para posterior uso pelo bloco de SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO. Assim é implementada a comunicação entre os blocos ANÁLISE_DO_TRÁFEGO e SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO no canal Fatores_de_Carga_de_Tráfego.

6.5 O Bloco SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO

É através do modelo de simulação que será possível validar o modelo de tráfego proposto nesta dissertação. Pela sua importância, é apresentada uma descrição detalhada da implementação do bloco SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO (figura 5.13). Conforme sua especificação este bloco está dividido em três processos: GERA_CONEXÃO, GERA_ESTATÍSTICAS e ALOCA_RECURSOS.

6.5.1 O Modelo de Simulação em GPSS

Os processos que compõem o bloco SIMULAÇÃO_DO_TRÁFEGO são implementados como um único programa em GPSS. A seguir, é listado em sua íntegra o programa que será utilizado para a descrição da implementação do modelo de simulação. As linhas são numeradas para facilitar referências posteriores.

```
[ 1] * logic switches
[ 2] DOWN    EQU    1;   Terminou tempo de simulação
[ 3]
[ 4] * constantes
[ 5] CANAIS  EQU    10;  Núm. de canais lógicos(DTE-local)
[ 6] TICKS   EQU    10;  Tempo real dividido em 10 UTS
[ 7]
[ 8]
[ 9]     SIMULATE
[10]
[11] *
[12] * Distribuição Exponencial
[13] EXPONTL FUNCTION      RN$1,C24
[14]     0,.0/.100,.104/.200,.222/.300,.355/.400,.509
[15]     .500,.690/.600,.915/.700,1.200/.750,1.380
[16]     .800,1.600/.840,1.830/.880,2.120/.900,2.300
[17]     .920,2.520/.940,2.810/.950,2.990/.960,3.200
[18]     .970,3.500/.980,3.900/.990,4.600/.995,5.300
[19]     .998,6.200/.999,7/1,8
[20]
[21] *
[22] * VOLUME MÉDIO DE DADOS TRANSFERIDOS
[23] * VOLUME_TRANSFERIDO = BYTES
[24] * IMVOL : por aplicações interativas
[25] * IDVOL : desvio padrão de IMVOL
[26] * NMVOL : por aplicações não-interativas
[27] * NDVOL : desvio padrão de NMVOL
[28] IMVOL  FUNCTION      RN$2,D16
[29]     .124,147/.163,308/.215,742/.322,1529
```



```

[ 30] .446,3080/.553,5029/.637,7081/.750,10162
[ 31] .817,14452/.891,19832/.913,27507/.950,40538
[ 32] .975,56204/.984,78388/.996,111654/1,157187
[ 33]
[ 34] IDVOL    FUNCTION          P$1,D16
[ 35]    256,56/512,40/1024,136/2048,234/4096,545
[ 36]    6144,590/8192,675/12288,1179/16384,1079
[ 37]    24576,2354/32768,2014/49152,4910/65536,3973
[ 38]    98304,10473/131072,10591/200000,12612
[ 39]
[ 40] NMVOL    FUNCTION          RN$3,D14
[ 41]    .023,796/.070,1587/.177,3038/.229,5157
[ 42]    .289,7157/.364,10260/.420,14257/.481,20395
[ 43]    .537,28222/.724,42136/.831,55673/.887,80155
[ 44]    .911,116712/1,377439
[ 45]
[ 46] NDVOL    FUNCTION          P$1,D14
[ 47]    1024,112/2048,325/4096,570/6144,600/8192,499
[ 48]    12288,1129/16384,1040/24576,2500/32768,1964
[ 49]    49152,5432/65536,4664/98304,10276/131072,7437
[ 50]    800000,370000
[ 51] *
[ 52] * DURAÇÃO MÉDIA DAS CONEXÕES em FUNÇÃO
[ 53] * do Volume de Dados Transferidos
[ 54] * DURAÇÃO DA CONEXÃO = SEGUNDOS * 10
[ 55] * IMDUR : das aplicações interativas
[ 56] * IDDUR : desvio padrão de IMDUR
[ 57] * NMDUR : das aplicações não-interativas
[ 58] * NDDUR : desvio padrão de NMDUR
[ 59] IMDUR    FUNCTION          P$1,D16
[ 60]    256,190/512,430/1024,470/2048,860/4096,1890
[ 61]    6144,2890/8192,3800/12288,5150/16384,6570
[ 62]    24576,7910/32768,10710/49152,13730/65536,14490
[ 63]    98304,20750/131072,28270/200000,32050
[ 64]
[ 65] IDDUR    FUNCTION          P$1,D16
[ 66]    256,180/512,320/1024,460/2048,850/4096,1880
[ 67]    6144,2880/8192,3700/12288,4670/16384,5110
[ 68]    24576,5240/32768,7570/49152,6220/65536,5110
[ 69]    98304,6430/131072,11180/200000,6990
[ 70]
[ 71] NMDUR    FUNCTION          P$1,D14
[ 72]    1024,530/2048,1200/4096,350/6144,2880/8192,560
[ 73]    12288,1090/16384,1990/24576,2190/32768,1550
[ 74]    49152,3200/65536,4380/98304,6900/131072,9700
[ 75]    800000,15780
[ 76]
[ 77] NDDUR    FUNCTION          P$1,D14
[ 78]    1024,420/2048,1190/4096,310/6144,2870/8192,500
[ 79]    12288,1080/16384,1280/24576,1660/32768,770
[ 80]    49152,3050/65536,2790/98304,6090/131072,4200
[ 81]    800000,12680
[ 82] *
[ 83] * Percentagem de dados transmitidos
[ 84] * IMTRA : para aplicações interativas
[ 85] * NMTRA : para aplicações não-interativas

```



```

[ 86] IMTRA    FUNCTION          P$1,D16
[ 87]    256,.770/512,.773/1024,.865/2048,.885/4096,.866
[ 88]    6144,.765/8192,.878/12288,.912/16384,.858
[ 89]    24576,.954/32768,.905/49152,.916/65536,.976
[ 90]    98304,.980/131072,.763/200000,.983
[ 91]
[ 92] NMTRA    FUNCTION          P$1,D14
[ 93]    1024,.394/2048,.467/4096,.320/6144,.336/8192,.480
[ 94]    12288,.866/16384,.978/24576,.849/32768,.873
[ 95]    49152,.557/65536,.828/98304,.848/131072,.993
[ 96]    800000,.805
[ 97] *
[ 98] * OCTETOS DE CONTROLE RECEBIDOS
[ 99] * NMCORE: média de octetos: aplicações não-interativas
[100] * NDCORE: desvio padrão      "      "      "
[101] * IMCORE: média de octetos: aplicações interativas
[102] * IDCORE: desvio padrão      "      "      "
[103] NMCORE    FUNCTION          P$1,D14
[104]    1024,137/2048,155/4096,254/6144,393/8192,490
[105]    12288,897/16384,1856/24576,2338/32768,2368
[106]    49152,4794/65536,5280/98304,6714/131072,12513
[107]    800000,22161
[108]
[109] NDCORE    FUNCTION          P$1,D14
[110]    1024,24/2048,16/4096,124/6144,175/8192,206
[111]    12288,687/16384,1226/24576,1491/32768,1306
[112]    49152,2091/65536,3106/98304,3769/131072,4185
[113]    800000,22150
[114]
[115] IMCORE    FUNCTION          P$1,D16
[116]    256,160/512,475/1024,564/2048,890/4096,3223
[117]    6144,4247/8192,6585/12288,8281/16384,11315
[118]    24576,12475/32768,20180/49152,24513/65536,20486
[119]    98304,29236/131072,48232/200000,49569
[120]
[121] IDCORE    FUNCTION          P$1,D16
[122]    256,114/512,241/1024,279/2048,734/4096,3209
[123]    6144,4230/8192,6570/12288,8270/16384,10267
[124]    24576,12460/32768,20170/49152,17088/65536,9601
[125]    98304,12603/131072,18123/200000,15759
[126] *
[127] * OCTETOS DE CONTROLE TRANSMITIDOS
[128] * NMCOTR: média de octetos : aplicações não-interativas
[129] * NDCOTR: desvio padrao      "      "      "
[130] * IMCOTR: média de octetos : aplicações interativas
[131] * IDCOTR: desvio padrão      "      "      "
[132] NMCOTR    FUNCTION          P$1,D14
[133]    1024,134/2048,161/4096,248/6144,394/8192,481
[134]    12288,1070/16384,2297/24576,2680/32768,2485
[135]    49152,5080/65536,6062/98304,7683/131072,13603
[136]    800000,26430
[137]
[138] NDCOTR    FUNCTION          P$1,D14
[139]    1024,24/2048,23/4096,122/6144,161/8192,120
[140]    12288,715/16384,1205/24576,1675/32768,1184
[141]    49152,2118/65536,2920/98304,5054/131072,4137

```

```

[142] 800000,23919
[143]
[144] IMCOTR FUNCTION P$1,D16
[145] 256,170/512,486/1024,578/2048,956/4096,3291
[146] 6144,4361/8192,6745/12288,8554/16384,11622
[147] 24576,13027/32768,20687/49152,25738/65536,21921
[148] 98304,30857/131072,50715/200000,55624
[149]
[150] IDCOTR FUNCTION P$1,D16
[151] 256,118/512,241/1024,278/2048,717/4096,3198
[152] 6144,4350/8192,6730/12288,8467/16384,10281
[153] 24576,12570/32768,20670/49152,16904/65536,10019
[154] 98304,12266/131072,17897/200000,18388
[155]
[156] *
[157] *
[158] *
[159]
[160] RMULT 111,137,337,573,773,883,953
[161] STORAGE S$VORTEX,CANAIS; Núm. canais lógicos
[162] INITIAL X$REJ,0 ; Conexões Rejeitadas
[163] INITIAL X$CONNI,0 ; Con. Não-Interativas
[164] INITIAL X$CONI,0 ; Con. Interativas
[165] INITIAL X$NCANAL,0 ; Canais Simultâneos
[166] INITIAL X$FECHO,0
[167]
[168] * BPS transmitidos/recebidos p/ aplicações interativas
[169] * A duração da conexão é dividida por 10
[170] * porque o tempo é multiplicado por 10
[171] VITRANS FVARIABLE (((P$1 * 8)*(FN$IMTRA)) +
[172] (P$3 * 8))/(P$2 / TICKS)
[173] VIREC FVARIABLE (((P$1 * 8)*(1-FN$IMTRA)) +
[174] (P$3 * 8))/(P$2 / TICKS)
[175] *
[176] * BPS transmitidos/recebidos para aplicações
[177] * não-interativas.
[178] * A duração da conexão é dividida por 10
[179] * porque o tempo é multiplicado por 10
[180] VNTRANS FVARIABLE (((P$1 * 8)*(FN$NMTRA)) +
[181] (P$3 * 8))/(P$2 / TICKS)
[182] VNREC FVARIABLE (((P$1 * 8)*(1-FN$NMTRA)) +
[183] (P$3 * 8))/(P$2 / TICKS)
[184]
[185]
[186] VDURA FVARIABLE (M$1 / TICKS)
[187] VVOL10 FVARIABLE (P$1 / 10)
[188] VOLU FVARIABLE ((P$1 - P$2) + ((P$3/1000) *
[189] ((2 * P$2) + 1)))
[190] VHORA FVARIABLE (X$SEGUN / 3600)
[191] VRESMIN FVARIABLE (X$HORA * 3600)
[192] VMIN FVARIABLE (X$SEGUN / 60)
[193] VRESSEG FVARIABLE (X$MIN * 60)
[194] VHINI FVARIABLE (P$10 / TICKS)
[195] VHFIM FVARIABLE (P$11 / TICKS)
[196] VIOTRAN FVARIABLE (P$1 * FN$IMTRA)
[197] VNOTRAN FVARIABLE (P$1 * FN$NMTRA)

```

```

[198] VOREC   FVARIABLE      (P$1 - P$9)
[199] VCONTR  FVARIABLE      ((P$4 - P$5) + ((P$3/1000) *
[200]                                     ((2 * P$5) + 1)))
[201]
[202] * Duração das conexões
[203] TDUR     TABLE          P$7,120,120,12
[204] * Volume de dados transferidos
[205] TVOL1   TABLE          P$8,200,500,20
[206] * Utilização do canal de transmissão
[207] TTRANS  TABLE          Q$QTRANS,40,100,40
[208] * Utilização do canal de recepção
[209] TREC    TABLE          Q$QREC,40,100,40
[210] * Número de canais simultâneos
[211] TCANAL  TABLE          X$NCANAL,1,1,10
[212]
[213] *
[214] * O tempo entre conexões: uma distribuição exponencial
[215] * com MÉDIA = segundos * 10 (11286 = 18.81 MINUTOS)
[216] * Conexão inicial: 259811 = 07:13:11
[217] * CONEXÕES DO DIA 05/OUTUBRO
[218] GERAC   GENERATE286, FN$EXPONTL,259811,,1,15,F
[219] GATE LR   DOWN,FECHOU
[220] * Se todos os canais lógicos estão ocupados
[221] * a conexão será descartada
[222] TEST NE   S$VORTEX,CANAIS,DESC
[223] SAVEVALUE NCANAL+,1
[224] TABULATE TCANAL
[225] * Percentagem de conexões interativas = 88.6%
[226] PERCEN TRANSFER .886,,INTE
[227] * Conexões não-interativas
[228] ASSIGN    1, FN$NMVOL;  Volume médio de dados
[229] ASSIGN    2, FN$NDVOL;  Desvio Padrão do volume
[230] ASSIGN    3, RN$4
[231] ASSIGN    1, V$VOLU;    Vol. de dados transferidos
[232] ASSIGN    2, FN$NMDUR;  Duração média da conexão
[233] ASSIGN    6, FN$NDDUR;  Desvio Padrão da duração
[234] * Cálculo do BPS TRANSMITIDO
[235] ASSIGN    3, RN$7
[236] ASSIGN    4, FN$NMCOTR; Vol. médio controle transm.
[237] ASSIGN    5, FN$NDCOTR; Desvio padrão do volume
[238] ASSIGN    3, V$VCONTR;  Vol. de controle transm.
[239] ASSIGN    14, P$3;      Armazena o Vol. de controle
[240] ASSIGN    13, V$VNTRANS; BPS transmitidos
[241] * Cálculo do BPS RECEBIDO
[242] ASSIGN    3, RN$6
[243] ASSIGN    4, FN$NMCORE; Vol. médio controle rec.
[244] ASSIGN    5, FN$NDCORE; Desvio padrão do volume
[245] ASSIGN    3, V$VCONTR;  Volume de controle rec.
[246] ASSIGN    15, P$3;      Armazena o vol.de controle
[247] ASSIGN    5, V$VNREC;   BPS recebidos
[248] ASSIGN    4, P$13;      BPS transmitidos
[249] ASSIGN    9, V$VNOTRAN; Octetos transmitidos
[250] SAVEVALUE CONNI+,1;    Núm. de conexões não-inter.
[251] TRANSFER  ,VOLUM
[252] * Conexões interativas
[253] INTE     ASSIGN    1, FN$IMVOL;  Volume médio de dados

```

```

[254] ASSIGN      2, FN$IDVOL;  Desvio padrão do volume
[255] ASSIGN      3, RN$5
[256] ASSIGN      1, V$VOLU;   Volume de dados transferidos
[257] ASSIGN      2, FN$IMDUR; Duração média da conexão
[258] ASSIGN      6, FN$IDDUR; Desvio padrão da duração
[259] * Cálculo do BPS TRANSMITIDO
[260] ASSIGN      3, RN$7
[261] ASSIGN      4, FN$IMCOTR; Vol. médio controle transm.
[262] ASSIGN      5, FN$IDCOTR; Desvio padrão do volume
[263] ASSIGN      3, V$VCONTR; Volume de controle transm.
[264] ASSIGN      14, P$3;     Armazena o vol. de controle
[265] ASSIGN      13, V$VITRANS; BPS transmitidos
[266] * Cálculo do BPS RECEBIDO
[267] ASSIGN      3, RN$6
[268] ASSIGN      4, FN$IMCORE; Vol. médio controle rec.
[269] ASSIGN      5, FN$IDCORE; Desvio padrão do volume
[270] ASSIGN      3, V$VCONTR; Volume de controle rec.
[271] ASSIGN      15, P$3;     Armazena o vol. de controle
[272] ASSIGN      5, V$VIREC;  BPS recebidos
[273] ASSIGN      4, P$13;     BPS transmitidos
[274] ASSIGN      9, V$VIOTRAN; Octetos transmitidos
[275] SAVEVALUE   CONI+,1;     Núm. de conexões interativas
[276] VOLUM ASSIGN  8, V$VVOL10
[277]          TABULATE   TVOL1; Volume de dados transferidos
[278] * Cálculo da distribuição de utilização
[279] * do canal quando é estabelecida uma nova conexão
[280]          TEST_NE    Q$QTRANS,0,TRANS0; Enlace ocupado?
[281]          TABULATE   TTRANS; ... tabula BPS transmitido
[282] TRANS0 TEST_NE    Q$QREC,0,RECO;     Enlace ocupado?
[283]          TABULATE   TREC; ... tabula BPS recebido
[284] RECO SPLIT      1, FILA1
[285] * Pedido de conexão entra na RENPAC
[286] ENFI  QUEUE      RENPAC;   Aguarda confirmação
[287] ENTER  VORTEX;    Estabelecimento da conexão
[288] DEPART RENPAC;
[289] MARK
[290] ASSIGN      10, C$1;     Hora do início da conexão
[291] ADVANCE     P$2, P$6;    Duração da conexão
[292] LEAVE       VORTEX;     Encerramento da conexão
[293] ASSIGN      7, V$VDURA; Duração da conexão
[294] ASSIGN      11, C$1;     Hora do término da conexão
[295] TABULATE    TDUR;
[296] SAVEVALUE   NCANAL-,1;   Num. canais ocupados
[297] TEST_NE     X$NCANAL,0,MCONEX; Enlace ocupado, ...
[298] TABULATE    TCANAL;     ... tabula num. de canais
[299] * Cálculo da distribuição de utilização
[300] * do canal quando é encerrada uma conexão
[301] MCONEX MATCH     MFILA1;   Fila: BPS transmitido
[302] FINAL2 ASSEMBLE  2
[303]
[304] * Cálculo da hora inicial no
[305] * formato = HH:MM:SS
[306]          SAVEVALUE   SEGUN, V$VHINI
[307]          SAVEVALUE   RETOR, 1
[308]          TRANSFER    ,CALCH;  Calcula hora inicial
[309] HINI PRINT      X$HORA, X$MIN, X$SEG

```

```

[310]
[311] * Cálculo da hora final no
[312] * formato = HH:MM:SS
[313]         SAVEVALUE   SEGUN,V$VHFIM
[314]         SAVEVALUE   RETOR,2
[315]         TRANSFER    ,CALCH      Calcula hora final
[316] HFIM    PRINT      X$HORA,X$MIN,X$SEG
[317]
[318] * Exibe:
[319] *         - octetos de controle transmitidos
[320] *         - octetos de controle recebidos
[321]         PRINT      P$14,P$15
[322] *
[323] * Exibe:
[324] *         - volume de dados transferidos
[325] *         - volume de dados transmitidos
[326] *         - volume de dados recebidos
[327] *         - duração da conexão
[328] *         - BPS transmitidos
[329] *         - BPS recebido
[330]         PRINT      P$1,P$9,V$VOREC,P$7,P$4,P$5
[331] FIM      TERMINATE
[332] *
[333] * Converte os segundos contidos no
[334] * savevalue SEGUN para HORA, MINUTO
[335] * e SEGUNDO, colocando os valores nos
[336] * savevalues HORA, MIN, e SEG,
[337] * respectivamente
[338] CALCH   SAVEVALUE   HORA,V$VHORA;   Número de horas
[339]         SAVEVALUE   TEMP,V$VRESMIN; Segundos em horas
[340]         SAVEVALUE   SEGUN-,X$TEMP;  Minutos restantes
[341]         SAVEVALUE   MIN,V$VMIN;     Número de minutos
[342]         SAVEVALUE   TEMP,V$VRESSEG; Segundos em minutos
[343]         SAVEVALUE   SEGUN-,X$TEMP;  Segundos restantes
[344]         SAVEVALUE   SEG,X$SEGUN;    Número de segundos
[345]         TEST_NE     X$RETOR,2,HFIM
[346]         TRANSFER    ,HINI
[347] *
[348] * Fila de BPS transmitido
[349] FILA1   SPLIT      1,FILA2
[350]         QUEUE      QTRANS,P$4; BPS transmitido
[351] MFILA1  MATCH      MCONEX;        Espera fim da conexão
[352]         TABULATE   TTRANS;        Ocupação atual do canal
[353]         DEPART     QTRANS,P$4; Retira BPS do canal
[354] MFILA11 MATCH      MFILA2;        BPS recebido
[355] FINAL1  ASSEMBLE   2
[356]         TRANSFER    ,FINAL2
[357] *
[358] * Fila de BPS recebido
[359] FILA2   QUEUE      QREC,P$5;      BPS recebido
[360] MFILA2  MATCH      MFILA11;      BPS transmitido
[361]         TABULATE   TREC;          Ocupação atual do canal
[362]         DEPART     QREC,P$5;      Retira BPS do canal
[363]         TRANSFER    ,FINAL1
[364] *
[365] * Todos os canais lógicos estão ocupados.

```



```

[366] * A conexão deve ser descartada. O número de conexões
[367] * descartadas é contabilizado
[368] DESC      SAVEVALUE  REJ+,1      Conexões rejeitadas
[369]          TERMINATE
[370] *
[371] * Fim do dia.
[372] * Novos pedidos de estabelecimento de conexão
[373] * serão rejeitados e contabilizados
[374] FECHOU     SAVEVALUE  FECHO+,1      Conexões após fim do dia
[375]          TERMINATE
[376] * Segmento de programa para
[377] * controlar o tempo da simulação
[378]          GENERATE    864000;  Um dia de simulação
[379]          LOGIC  S     DOWN;      Impede novas conexões
[380]          TEST  E      N$FIM,N$PERCEN
[381]          LOGIC R     DOWN
[382]          PRINT      N$GERAC
[383]          TERMINATE  1
[384]          START      1,NP
[385]
[386] *
[387] * O tempo entre conexões: distribuição exponencial
[388] * com MÉDIA = segundos * 10 (11346 = 18.91 MINUTOS)
[389] * Conexão inicial: 259241 = 07:12:41
[390] * CONEXÕES DO DIA 06/OUTUBRO
[391] GERAC     GENERATE    11346, FN$EXPONTL, 1123241, , 1, 15, F
[392] PERCEN    TRANSFER    .627, , INTE
[393]          RMULT      111, 137, 337, 573, 773, 883, 953
[394]          START      1, NP
[395]
[396] *
[397] * O tempo entre conexões : distribuição exponencial
[398] * com MÉDIA = segundos * 10 (8508 = 14.18 MINUTOS)
[399] * Conexão inicial: 265820 = 07:23:20
[400] * CONEXÕES DO DIA 07/OUTUBRO
[401] GERAC     GENERATE    8508, FN$EXPONTL, 1993820, , 1, 15, F
[402] PERCEN    TRANSFER    .750, , INTE
[403]          RMULT      111, 137, 337, 573, 773, 883, 953
[404]          START      1, NP
[405]
[406] *
[407] * O tempo entre conexões : distribuição exponencial
[408] * com MÉDIA = segundos * 10 (14118 = 23.53 MINUTOS)
[409] * Conexão inicial: 15500 = 00:25:50
[410] * CONEXÕES DO DIA 08/OUTUBRO
[411] GERAC     GENERATE    14118, FN$EXPONTL, 2607500, , 1, 15, F
[412] PERCEN    TRANSFER    .813, , INTE
[413]          RMULT      111, 137, 337, 573, 773, 883, 953
[414]          START      1, NP
[415]
[416] *
[417] * O tempo entre conexões : distribuição exponencial
[418] * com MÉDIA = segundos * 10 (10302 = 17.17 MINUTOS)
[419] * Conexão inicial: 244813 = 06:48:13
[420] * CONEXÕES DO DIA 09/OUTUBRO
[421] GERAC     GENERATE    10302, FN$EXPONTL, 3700813, , 1, 15, F

```

```

[422] PERCEN  TRANSFER  .750,,INTE
[423]          RMULT    111,137,337,573,773,883,953
[424]          START    1
[425]          END

```

6.5.2 O Processo GERA_CONEXÃO

O programa GPSS apresentado na seção anterior simula o tráfego da semana compreendida entre os dias 5 e 9 de outubro. Os fatores de carga de tráfego foram contabilizados a partir de 980 conexões monitoradas no mês de outubro, distribuídas em 766 aplicações interativas e 214 não-interativas.

6.5.2.1 Representação dos Padrões de Carga de Tráfego

A tabela 6.1 mostra o mapeamento entre os `Fatores_de_Carga_de_Tráfego` produzidos pelo bloco `ANÁLISE_DO_TRÁFEGO` (conforme a estrutura `tipo_fator1` especificada na figura 5.12) e a representação em GPSS.

Todos os fatores de carga de tráfego da tabela 6.1 são codificados como funções discretas em GPSS.

Os fatores de carga de tráfego que são determinados em função do dia que será simulado são definidos na tabela 6.7.

Tabela 6.1: Representação GPSS dos fatores de carga de tráfego com estrutura tipo_fator1

FATOR	ESTRUTURA tipo_fator1 (tabela)	FUNÇÃO GPSS (linha do programa)
Volume de dados transferidos	6.2	22-50
Duração das conexões	6.3	52-81
Volume de dados transmitidos pelo DTE-local	6.4	83-96
Octetos de controle recebidos pelo DTE-local	6.5	98-125
Octetos de controle transmitidos pelo DTE-local	6.6	127-154

Tabela 6.2: Distribuição de freqüência do volume de dados transferidos, observada no mês de outubro

INTER-VALO DE CÁLCULO (Kbytes)	APLICAÇÕES INTERATIVAS			APLICAÇÕES NÃO-INTERAT.		
	MÉDIA (bytes)	DESVIO PADRÃO	% DAS CONEXÕES	MÉDIA (bytes)	DESVIO PADRÃO	% DAS CONEXÕES
0 - .2	147.45	55.98	12.40	0.00	0.00	0.00
.2 - .5	308.13	40.29	3.92	0.00	0.00	0.00
.5 - 1	742.35	136.81	5.22	796.40	112.44	2.34
1 - 2	1529.87	234.45	10.70	1587.20	325.78	4.67
2 - 4	3080.25	545.57	12.40	3038.91	570.82	10.75
4 - 6	5029.01	590.77	10.70	5157.73	600.44	5.14
6 - 8	7081.33	675.53	8.36	7157.38	499.15	6.07
8 - 12	10162.01	1179.42	11.36	10260.88	1129.81	7.48
12 - 16	14452.22	1079.87	6.66	14257.67	1040.66	5.61
16 - 24	19832.04	2354.05	7.44	20395.77	2500.49	6.07
24 - 32	27507.65	2014.04	2.22	28222.08	1964.98	5.61
32 - 48	40538.07	4910.61	3.66	42136.22	5432.43	18.69
48 - 64	56204.79	3973.61	2.48	55673.35	4664.07	10.75
64 - 96	78388.14	10473.38	0.91	80155.08	10276.18	5.61
96 - 128	111654.89	10591.03	1.17	116712.20	7437.53	2.34
128- ...	157187.67	12612.25	0.39	377439.37	395324.82	8.88

Tabela 6.3: Distribuição da duração das conexões em função do volume de dados transferidos, observada no mês de outubro

INTER- VALO DE CÁLCULO (Kbytes)	APLICAÇÕES INTERATIVAS		APLICAÇÕES NÃO-INTERAT.	
	MÉDIA (segundos)	DESVIO PADRÃO	MÉDIA (segundos)	DESVIO PADRÃO
0 - .2	19.19	18.63	0.00	0.00
.2 - .5	43.90	32.65	0.00	0.00
.5 - 1	47.98	84.47	53.40	42.55
1 - 2	86.57	112.12	120.30	198.89
2 - 4	189.89	194.85	35.83	31.24
4 - 6	289.80	313.69	288.36	824.01
6 - 8	380.59	370.86	56.15	50.67
8 - 12	515.43	467.16	109.19	128.16
12 - 16	657.84	511.53	199.75	128.07
16 - 24	791.33	524.89	219.69	166.23
24 - 32	1071.35	757.49	155.83	77.95
32 - 48	1373.11	622.69	320.35	305.21
48 - 64	1449.58	511.02	438.61	279.87
64 - 96	2075.86	643.76	690.42	609.19
96 - 128	2827.33	1118.50	970.80	420.69
128- ...	3205.33	699.46	1578.47	1268.19

Tabela 6.4: Distribuição de frequência do volume de dados transmitidos pelo DTE-local, em função do volume de dados transferidos, observada no mês de outubro

INTERVALO DE CÁLCULO (Kbytes)	% MÉDIO DE DADOS TRANSMITIDOS NAS CONEXÕES
0 - .2	77.03
.2 - .5	77.35
.5 - 1	80.98
1 - 2	83.88
2 - 4	76.16
4 - 6	71.32
6 - 8	81.02
8 - 12	90.52
12 - 16	88.10
16 - 24	93.48
24 - 32	89.20
32 - 48	70.18
48 - 64	89.54
64 - 96	89.61
96 - 128	84.77
128- ...	81.66

Tabela 6.5: Distribuição do número de octetos de controle recebidos pelo DTE-local, em função do volume de dados transferidos, observada no mês de outubro

INTERVALO DE CÁLCULO (Kbytes)	APLICAÇÕES INTERATIVAS		APLICAÇÕES NÃO-INTERAT.	
	MÉDIA (bytes)	DESVIO PADRÃO	MÉDIA (bytes)	DESVIO PADRÃO
0 - .2	160.31	114.83	0.00	0.00
.2 - .5	475.73	241.50	0.00	0.00
.5 - 1	564.00	279.67	137.60	24.38
1 - 2	890.88	734.11	155.80	16.74
2 - 4	3223.78	3209.60	254.74	124.84
4 - 6	4247.00	5083.05	393.64	175.56
6 - 8	6585.27	7268.11	490.31	206.59
8 - 12	8281.13	8512.81	897.88	687.82
12 - 16	11315.35	10267.48	1856.17	1226.08
16 - 24	12475.54	12657.59	2338.54	1491.32
24 - 32	20180.29	23692.93	2368.50	1306.39
32 - 48	24513.75	17088.21	4794.18	2091.47
48 - 64	20486.42	9601.43	5280.09	3106.22
64 - 96	29236.00	12603.94	6714.92	3769.11
96 - 128	48232.56	18123.29	12513.20	4185.04
128- ...	49569.33	15759.56	22161.11	22264.71

Tabela 6.6: Distribuição do número de octetos de controle transmitidos pelo DTE-local, em função do volume de dados transferidos, observada no mês de outubro

INTERVALO DE CÁLCULO (Kbytes)	APLICAÇÕES INTERATIVAS		APLICAÇÕES NÃO-INTERAT.	
	MÉDIA (bytes)	DESVIO PADRÃO	MÉDIA (bytes)	DESVIO PADRÃO
0 - .2	170.58	118.14	0.00	0.00
.2 - .5	486.03	241.91	0.00	0.00
.5 - 1	578.02	278.71	134.40	24.41
1 - 2	956.52	717.76	161.00	23.22
2 - 4	3291.25	3198.71	248.35	122.27
4 - 6	4361.09	5079.72	394.55	161.05
6 - 8	6745.38	7239.06	481.38	120.59
8 - 12	8554.56	8467.56	1070.56	715.36
12 - 16	11622.20	10281.91	2297.75	1205.35
16 - 24	13027.61	12570.65	2680.46	1675.56
24 - 32	20687.06	23488.54	2485.58	1184.55
32 - 48	25738.25	16904.63	5080.95	2118.13
48 - 64	21921.79	10019.81	6062.30	2920.38
64 - 96	30857.00	12266.28	7683.08	5054.17
96 - 128	50715.78	17897.53	13603.80	4137.34
128- ...	55624.33	18388.10	26430.53	23919.90

Tabela 6.7: Fatores de carga de tráfego associados a um dia de simulação, no período compreendido entre os dias 5 e 9 de outubro

FATOR	DIA SIMULADO	VALOR DO FATOR
Instante do tempo que será gerada a primeira conexão	5	07:13:11 horas
	6	07:12:41 horas
	7	07:23:20 horas
	8	00:25:50 horas
	9	06:48:13 horas
Tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão	5	18.81 min
	6	18.91 min
	7	14.18 min
	8	23.53 min
	9	17.17 min
Porcentagem de conexões do tipo interativa	5	88.6 %
	6	62.7 %
	7	75.0 %
	8	81.3 %
	9	75.0 %

6.5.2.2 Os Fatores do Sistema

Conforme a especificação, os Fatores_do_Sistema são fornecidos pelo usuário. Entretanto, o único fator incorporado ao modelo é o número de canais lógicos do enlace (linha 5). A taxa de transferência nominal do enlace serve apenas para análise das métricas de performance.

6.5.2.3 O Tamanho da Simulação

A duração das conexões e o intervalo de tempo entre conexões são medidos em unidades de segundo no sistema real. A probabilidade de duas conexões serem geradas num pequeno intervalo de tempo é desprezível num processo poisson. Para assegurar que esta condição não seja grosseiramente violada é que se dividiu o tempo real (segundo) em 10 Unidades de Tempo de Simulação (UTS).

O Tamanho_da_Simulação é controlado pelo tempo. O tempo mínimo de simulação adotado é de um dia, o que corresponde a 864000 UTS. O tempo da simulação é controlado nas linhas 378-384.

6.5.2.4 Instante do Estabelecimento das Conexões

As conexões são geradas na linha 218 do programa GPSS, através da definição de um bloco GENERATE. A primeira conexão é gerada às 07:13:11, o que corresponde a 259811 UTS. O intervalo de tempo entre conexões é exponencialmente distribuído, com média de 18.81 minutos (11286 UTS).

O GENERATE da linha 218 simula os pedidos de estabelecimento de conexão para um dia em específico, ou seja, durante o Tamanho_da_Simulação especificado. Neste caso, está sendo para o dia 5 de outubro.

6.5.2.5 Simulando o Tráfego para Vários Dias

Se a simulação compreende mais de um dia, para cada novo dia deve ser incluída as seguintes linhas após o segmento de programa que controla o tamanho da simulação:

(A)	GERAC	GENERATE	MEDIA, FN\$EXPONTL, PRIMEIRA, , 1, 15, F
(B)	PERCEN	TRANSFER	PERCENTAGEM, , INTE
(C)		RMULT	111, 137, 337, 573, 773, 883, 953
(D)		START	1, NP

A linha (A) redefine o bloco GENERATE da linha 218. Os parâmetros MÉDIA e PRIMEIRA correspondem ao tempo médio entre estabelecimentos de conexão e ao instante de geração da primeira conexão, respectivamente.

A linha (B) redefine o bloco TRANSFER da linha 226. O parâmetro PERCENTAGEM define a percentagem de conexões geradas que deverão ser do tipo interativas.

A linha (C) reinicializa o valor das sementes dos geradores de números pseudo-aleatórios, para manter as mesmas condições experimentais entre os diferentes dias.

A linha (D) define que um dia será simulado, e (parâmetro NP) que não deverão ser exibidas estatísticas no término da simulação deste dia. O último dia simulado não conterá o parâmetro NP.

6.5.2.6 Parametrização de uma Conexão

O processo GERA_CONEXÃO produz uma série de informações que parametrizam cada conexão, e que serão usadas pelo processo GERA_ESTATÍSTICAS no cálculo das Métricas_de_Performance, Fatores_Simulados e Conexões_Simuladas.

O mapeamento entre os parâmetros especificados (figura 5.14) e a respectiva implementação em GPSS é mostrado na tabela 6.8.

Tabela 6.8: Localização no programa GPSS (linha) do cálculo dos parâmetros associados às conexões

PARÂMETROS DAS CONEXÕES	LOCALIZAÇÃO NO PROGRAMA GPSS	
	APLICAÇÕES	
	INTERATIVAS	NÃO-INTERATIVAS
Volume de dados transferidos	253 - 256	228 - 231
Média e desvio padrão utilizados para cálculo de duração das conexões	257 - 258	232 - 233
Número de octetos de controle transmitidos	260 - 264	235 - 239
Throughput médio do canal de transmissão	265	240
Número de octetos de controle recebidos	267 - 271	242 - 246
Throughput médio do canal de recepção	272	247
Volume de dados transmitidos	274	249

6.5.3 O Processo GERA_ESTATÍSTICAS

6.5.3.1 Contabilização de Conexões Rejeitadas

Um pedido de estabelecimento de conexão deve ser rejeitado se não há um canal lógico disponível. Este teste é feito na linha 222. A contabilização das conexões rejeitadas ocorre na linha 368.

Nenhuma conexão foi rejeitada na simulação em estudo.

6.5.3.2 Contabilização das Métricas_de_Performance

O "throughput" do canal de transmissão e do canal de recepção são calculados nas linhas 349-356 e 359-363, respectivamente.

Os valores calculados são tabulados nas linhas 281 e 283 quando a conexão é estabelecida, e nas linhas 352 e 361 quando a conexão é encerrada.

O número de canais lógicos ocupados é calculado nas linhas 223 e 296, sendo tabulado na linha 298.

As distribuições de frequência, resultantes da simulação em estudo, para o "throughput" do canal de transmissão, para o "throughput" do canal de recepção, e para o número de canais lógicos ocupados simultaneamente são exibidas nas tabelas 6.9, 6.10 e 6.11, respectivamente.

6.5.3.3 Tabulação dos Fatores_Simulados

Os Fatores_Simulados são tabulados nas linhas 277 e 295.

As distribuições de frequência, resultantes da simulação em estudo, para o volume de dados transferidos pelas conexões e para a duração das conexões, são exibidas nas tabelas 6.12 e 6.13, respectivamente.

Tabela 6.9: Distribuição de freqüência do "throughput" do canal de transmissão, resultante da simulação do tráfego dos dias 5 a 9 de outubro

INTERVALO DE CÁLCULO (bps)	PERCENTAGEM DE OCORRÊNCIAS	PERCENTAGEM CUMULATIVA
0-40	0.00	0.00
40-140	8.00	8.00
140-240	17.14	25.14
240-340	22.86	48.00
340-440	15.14	63.14
440-540	4.57	67.71
540-640	7.14	74.86
640-740	2.86	77.71
740-840	3.43	81.14
840-940	1.71	82.86
940-1040	2.57	85.43
1040-1140	2.00	87.43
1140-1240	1.14	88.57
1240-1340	3.43	92.00
1340-1440	2.29	94.29
1440-1540	1.43	95.71
1540-1640	1.14	96.86
1640-1740	1.14	98.00
1740-1840	0.29	98.29
1840-1940	0.00	98.29
1940-2040	0.57	98.86
2040-2140	0.00	98.86

Tabela 6.9 (continuação):

INTERVALO DE CÁLCULO (bps)	PERCENTAGEM DE OCORRÊNCIAS	PERCENTAGEM CUMULATIVA
2140-2240	0.57	99.43
2240-2340	0.00	99.43
2340-2440	0.00	99.43
2440-2540	0.29	99.71
2540-2640	0.29	100.00

Tabela 6.10: Distribuição de freqüência do "throughput" do canal de recepção, resultante da simulação do tráfego dos dias 5 a 9 de outubro

INTERVALO DE CÁLCULO (bps)	PERCENTAGEM DE OCORRÊNCIAS	PERCENTAGEM CUMULATIVA
0-40	4.86	4.86
40-140	29.43	34.29
140-240	30.00	64.29
240-340	17.43	81.71
340-440	7.14	88.86
440-540	5.43	94.29
540-640	2.86	97.14
640-740	0.86	98.00
740-840	1.71	99.71
840-940	0.29	100.00

Tabela 6.11: Distribuição de freqüência do número de canais lógicos ocupados simultaneamente, resultante da simulação do tráfego dos dias 5 a 9 de outubro

NÚMERO DE CANAIS OCUPADOS	PERCENTAGEM DE OCORRÊNCIAS	PERCENTAGEM CUMULATIVA
1	73.71	73.71
2	20.86	94.57
3	5.57	99.14
4	0.86	100.00

Tabela 6.12: Distribuição de freqüência do volume de dados transferidos, resultante da simulação do tráfego dos dias 5 a 9 de outubro

INTERVALO DE CÁLCULO (Kbytes)	NÚMERO DE CONEXÕES	PERCENTAGEM DE OCORRÊNCIAS	PERCENTAGEM CUMULATIVA
0 - 2	63	22.99	22.99
2 - 7	74	27.01	50.00
7 - 12	33	12.04	62.04
12 - 17	23	8.39	70.44
17 - 22	13	4.74	75.18
22 - 27	10	3.65	78.83
27 - 32	11	4.01	82.85
32 - 37	5	1.82	84.67
37 - 42	4	1.46	86.13
42 - 47	11	4.01	90.15
47 - 52	5	1.82	91.97
52 - 57	6	2.19	94.16
57 - 62	5	1.82	95.99
62 - 67	0	0.00	95.99
67 - 72	0	0.00	95.99
72 - 77	0	0.00	95.99
77 - 82	0	0.00	95.99
82 - 87	1	0.36	96.35
87 - 92	0	0.00	96.35
92 - ...	10	3.65	100.00

Tabela 6.13: Distribuição de freqüência de duração das conexões, resultante da simulação do tráfego dos dias 5 a 9 de outubro

INTERVALO DE CÁLCULO (segundo)	NÚMERO DE CONEXÕES	PERCENTAGEM DE OCORRÊNCIAS	PERCENTAGEM CUMULATIVA
0-120	93	33.94	33.94
120-240	41	14.96	48.91
240-360	35	12.77	61.68
360-480	16	5.84	67.52
480-600	18	6.57	74.09
600-720	20	7.30	81.39
720-840	4	1.46	82.85
840-960	12	4.38	87.23
960-1080	9	3.28	90.51
1080-1200	3	1.09	91.61
1200-1320	2	0.73	92.34
1320- ...	21	7.66	100.00

6.5.3.4 Geração das Conexões_Simuladas

Para cada conexão simulada são produzidos os valores das horas de estabelecimento e encerramento da conexão, do volume de dados transmitido e recebido na conexão, e do número de octetos de controle transmitidos e recebidos na conexão. Estes valores são gerados pela simulação nas linhas 309, 316, 330 e 321, respectivamente, e armazenados num arquivo que contém o resultado da simulação.

A estrutura de dados passada em `Conexões_Simuladas` (figura 5.16), especificada na figura 5.6, tem o valor de

seus campos preenchidos por um programa escrito em "C". Os campos `data_estabelecimento_conexão`, `hora_estabelecimento_conexão`, `data_encerramento_conexão`, `hora_encerramento_conexão`, `num_octetos_dados_trans`, `num_octetos_dados_rec`, `num_octetos_controle_trans`, e `num_octetos_controle_rec` são extraídos do arquivo que contém o resultado da simulação.

O canal `Conexões_Simuladas` é implementado como um arquivo.

6.5.3.5 Fim de Um Período de Simulação

Se ao término de um período de simulação existir alguma conexão usando um canal lógico a simulação somente termina quando a(s) conexão(ões) é(são) encerrada(s). O segmento de programa nas linhas 379-381 gerencia este procedimento.

6.5.4 O Processo `ALOCA_RECURSOS`

O segmento de programa GPSS que implementa o processo `ALOCA_RECURSOS` (figura 5.17) é definido nas linhas 286-292.

6.6 Verificação e Validação do Modelo de Simulação

A linguagem de simulação GPSS permite que a execução da simulação seja rastreada através de um bloco `TRACE`. Esta facilidade possibilitou verificar facilmente se o modelo de simulação projetado estava implementado corretamente.

O programa GPSS apresentado na seção 6.5.1 é usado para a validação do modelo de simulação. O tráfego da semana compreendida entre os dias 5 e 9 de outubro é simulado,

utilizando-se os fatores de carga de tráfego contabilizados a partir de 980 conexões monitoradas no mês de outubro.

Para validar o modelo de simulação foram comparados os resultados obtidos na simulação com os observados no sistema real. As comparações são feitas graficamente através das funções de distribuição cumulativa das métricas de performance. Também, compara-se o número de conexões estabelecidas no sistema real com o número de conexões simuladas. As comparações são realizadas para cada dia simulado.

Na tabela 6.14 pode-se observar que o número de conexões estimadas pelo modelo de simulação é bastante representativo do sistema real.

Tabela 6.14: Comparação entre o número de conexões observadas no sistema real e estimadas na simulação dos dias 5 a 9 de outubro

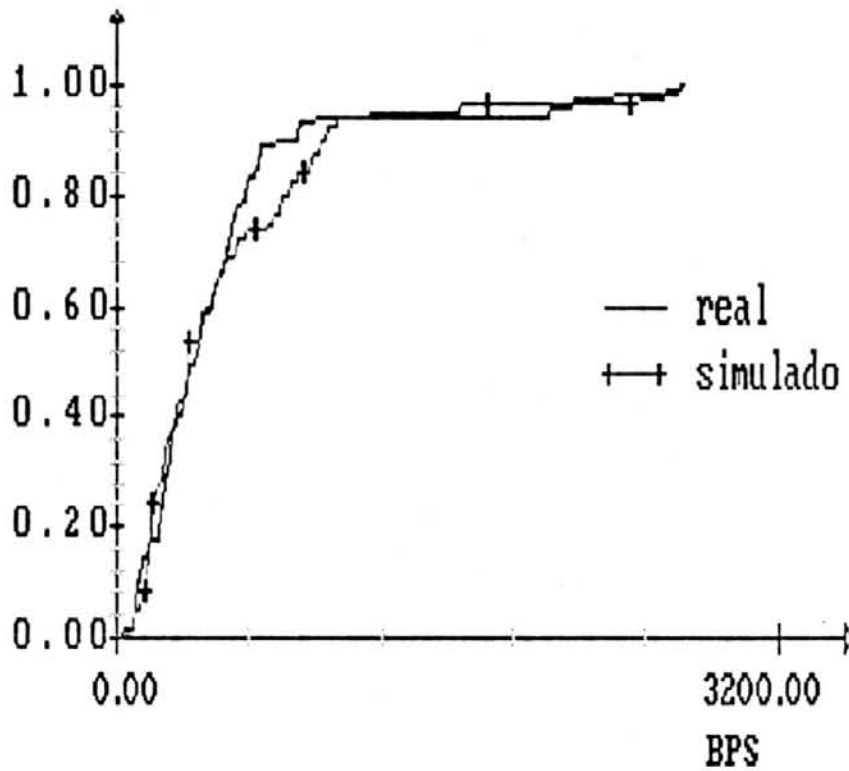
DIA SIMULADO	NÚMERO DE CONEXÕES	
	SISTEMA REAL	SIMULAÇÃO
5	53	60
6	51	48
7	64	68
8	59	52
9	48	52

As funções de distribuição cumulativa (FDC) do "throughput" médio do canal de transmissão, do "throughput" médio do canal de recepção, e do número de canais lógicos ocupados simultaneamente são comparadas nas figuras 6.7, 6.8,

6.9, 6.10 e 6.11. Cada figura está associada a um dia simulado.

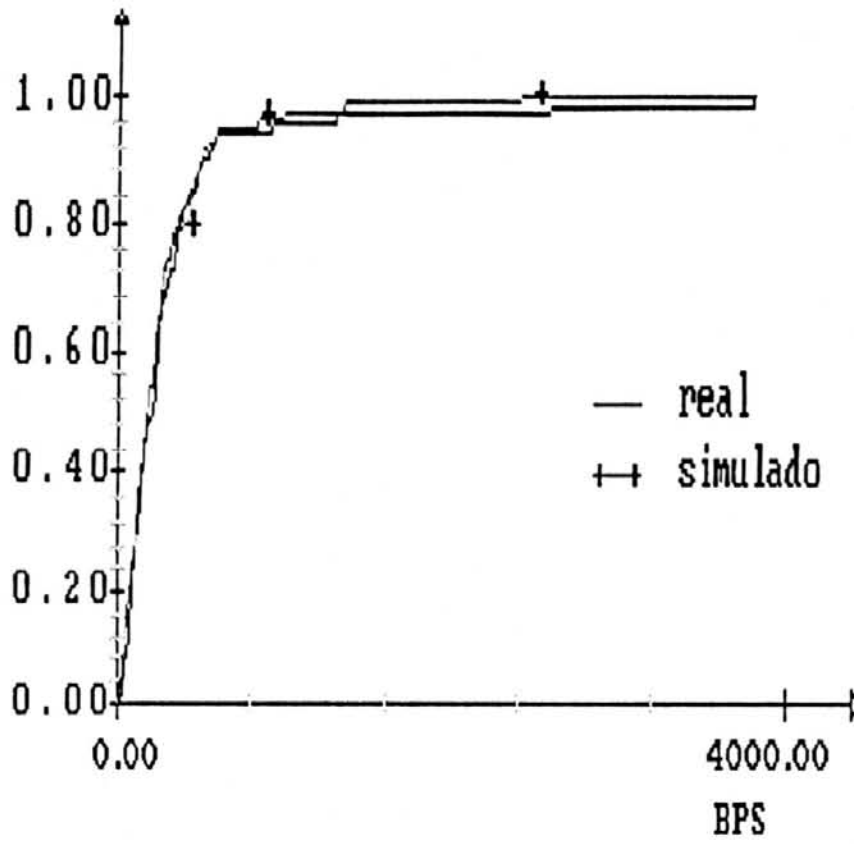
Como pode ser observado, o comportamento estimado pelo modelo de simulação é representativo do sistema real. Pode-se afirmar que o modelo fica assim validado.

O apêndice A-1 apresenta alguns experimentos desenvolvidos sobre o modelo validado.

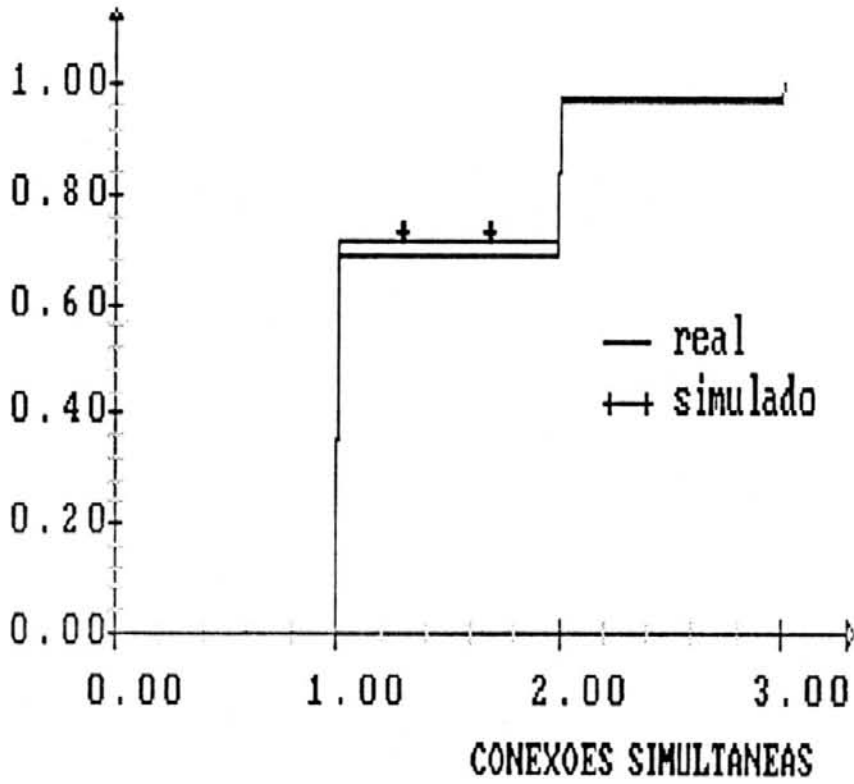


(a)

Figura 6.7: FDCs observadas no sistema real e estimadas por simulação para o dia 5 de outubro: (a) "throughput" médio do canal de transmissão; (b) "throughput" médio do canal de recepção; (c) número de canais lógicos ocupados simultaneamente

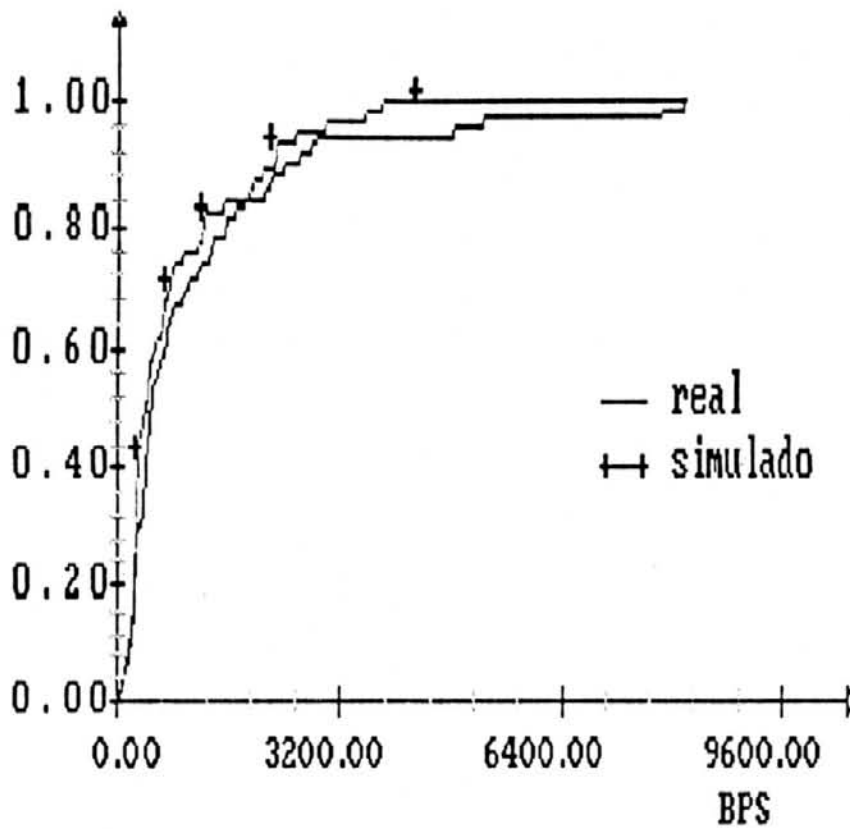


(b)



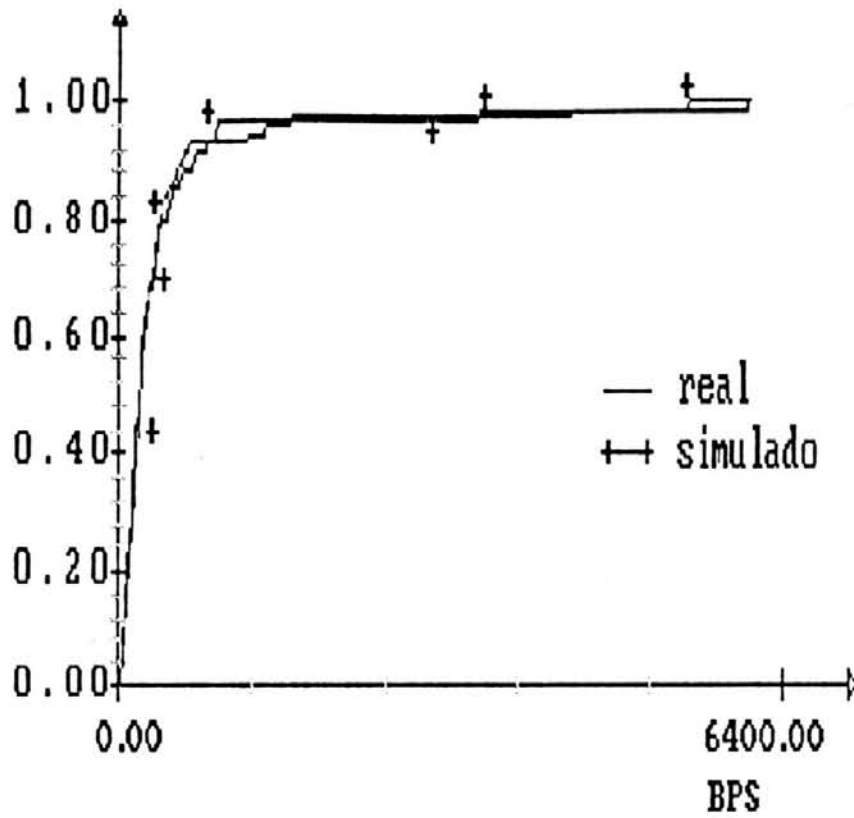
(c)

Figura 6.7 (continuação)

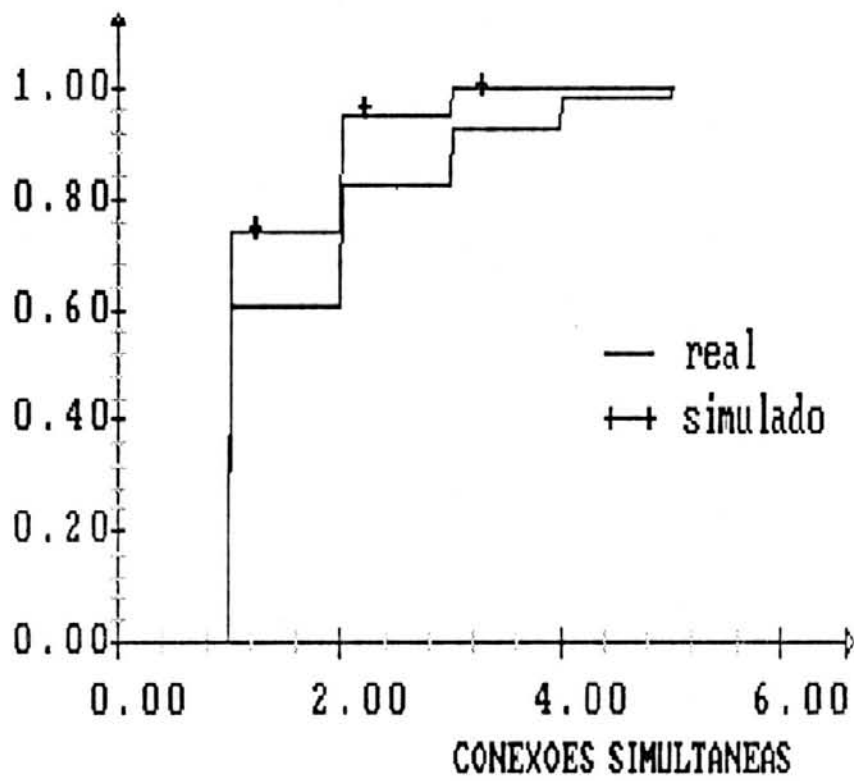


(a)

Figura 6.8: FDCs observadas no sistema real e estimadas por simulação para o dia 6 de outubro: (a) "throughput" médio do canal de transmissão; (b) "throughput" médio do canal de recepção; (c) número de canais lógicos ocupados simultaneamente

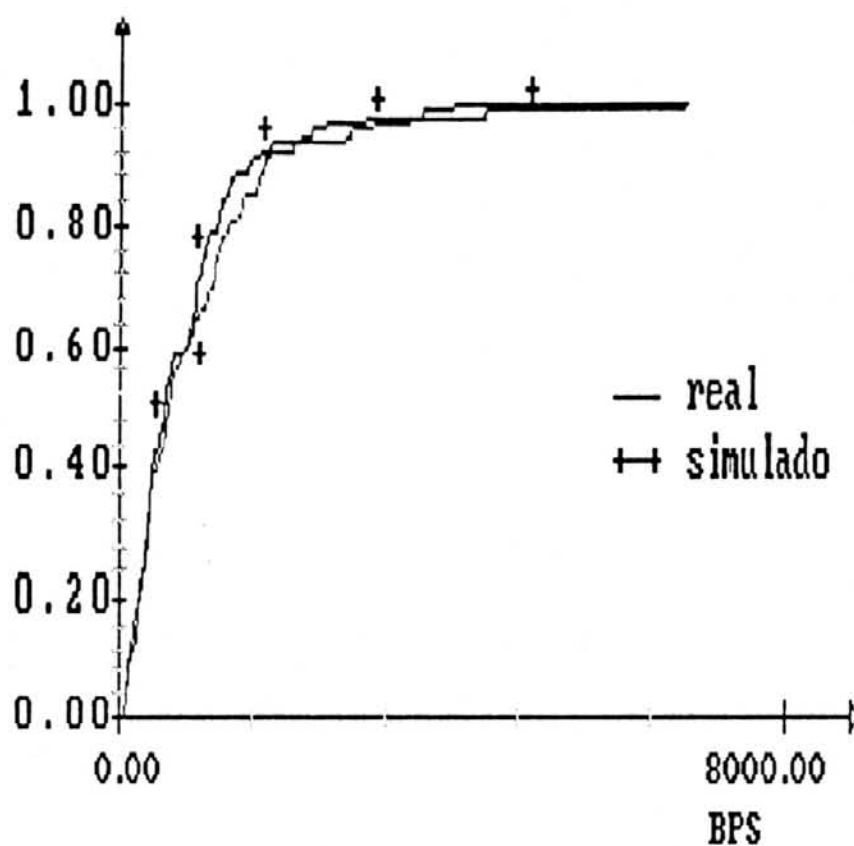


(b)



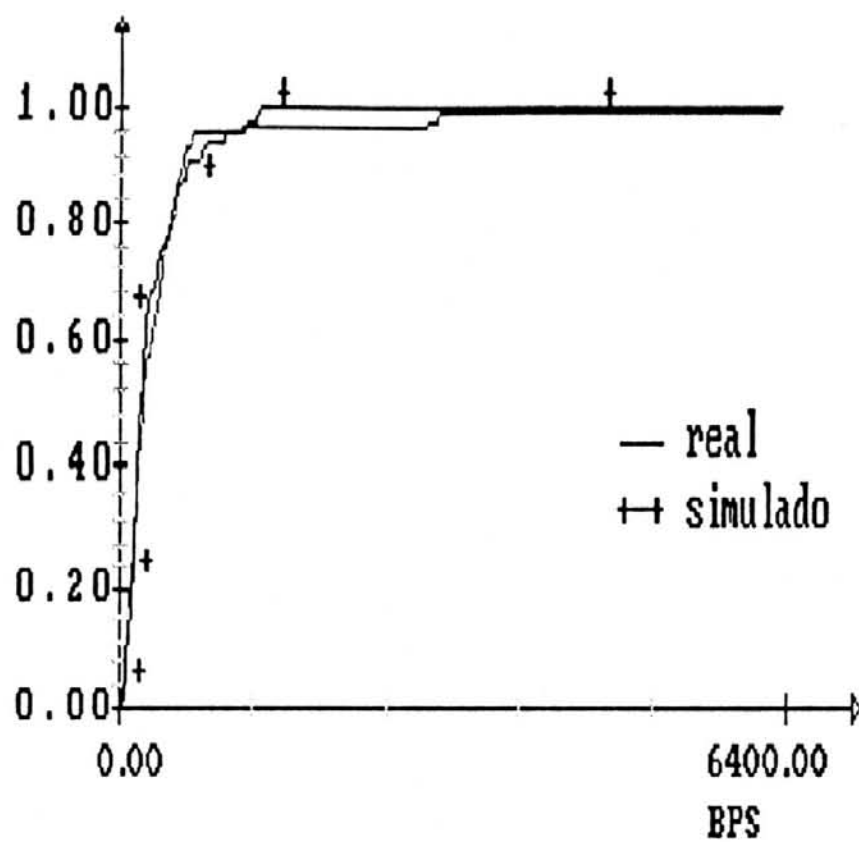
(c)

Figura 6.8 (continuação)

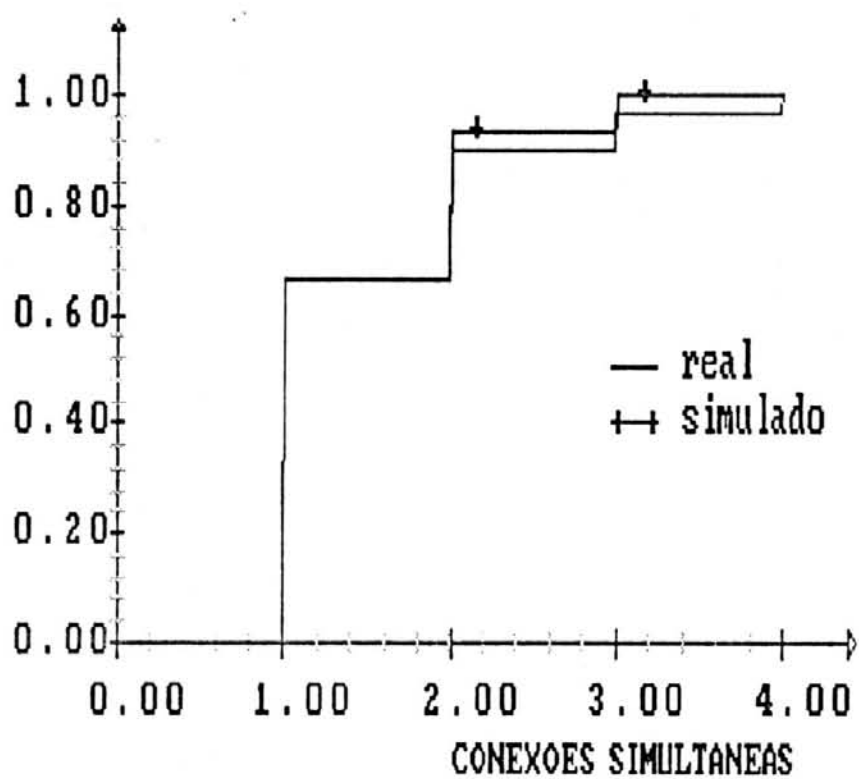


(a)

Figura 6.9: FDCs observadas no sistema real e estimadas por simulação para o dia 7 de outubro: (a) "throughput" médio do canal de transmissão; (b) "throughput" médio do canal de recepção; (c) número de canais lógicos ocupados simultaneamente

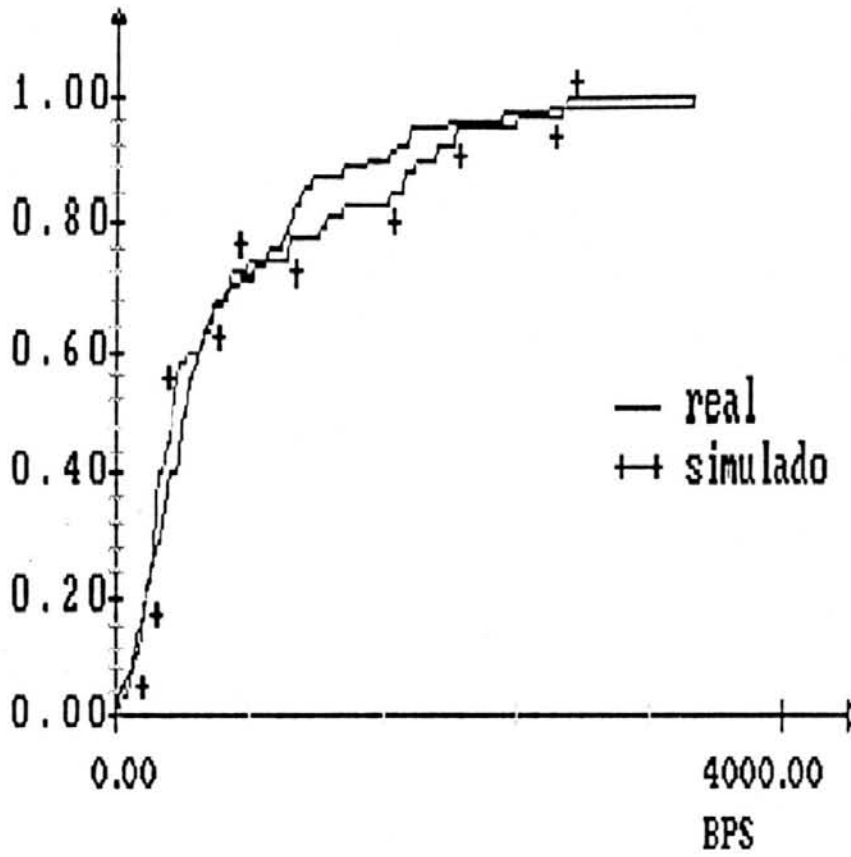


(b)



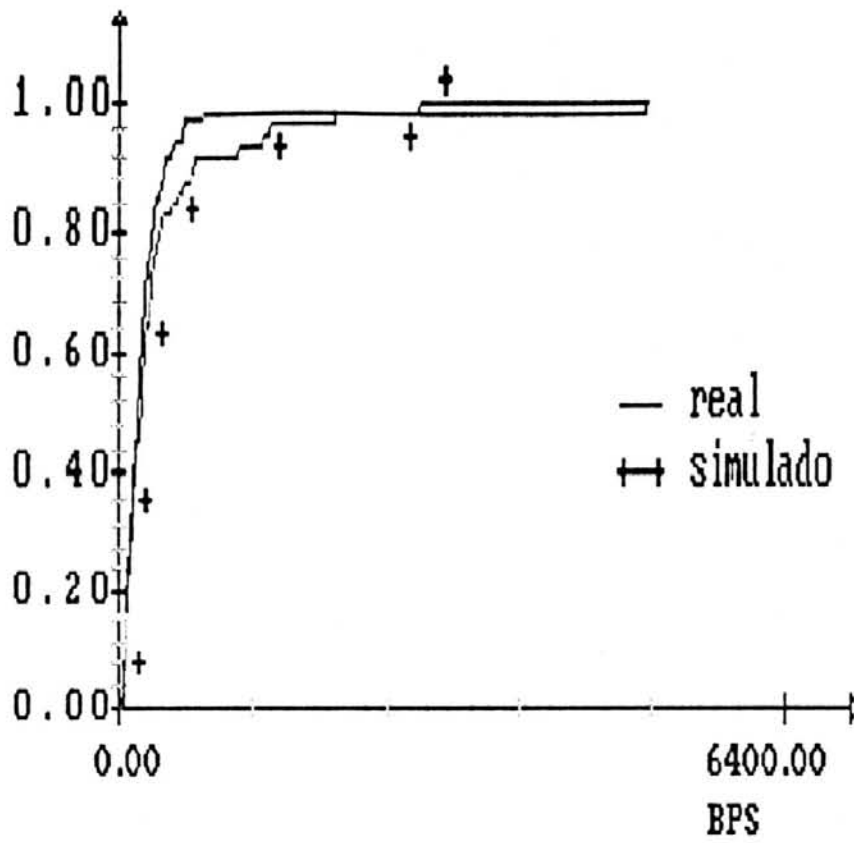
(c)

Figura 6.9 (continuação)

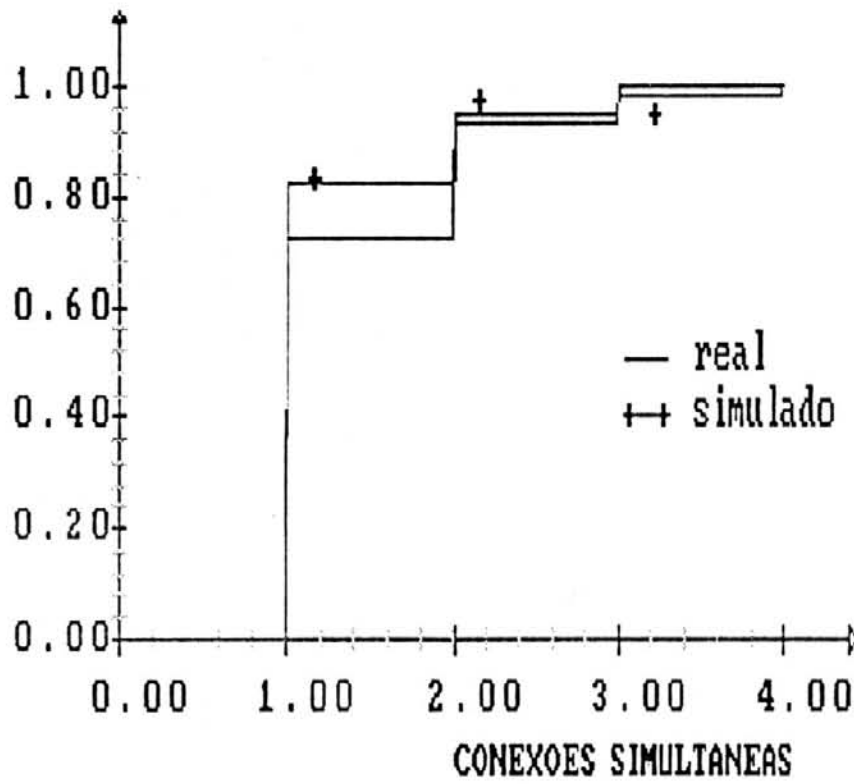


(a)

Figura 6.10: FDCs observadas no sistema real e estimadas por simulação para o dia 8 de outubro: (a) "throughput" médio do canal de transmissão; (b) "throughput" médio do canal de recepção; (c) número de canais lógicos ocupados simultaneamente

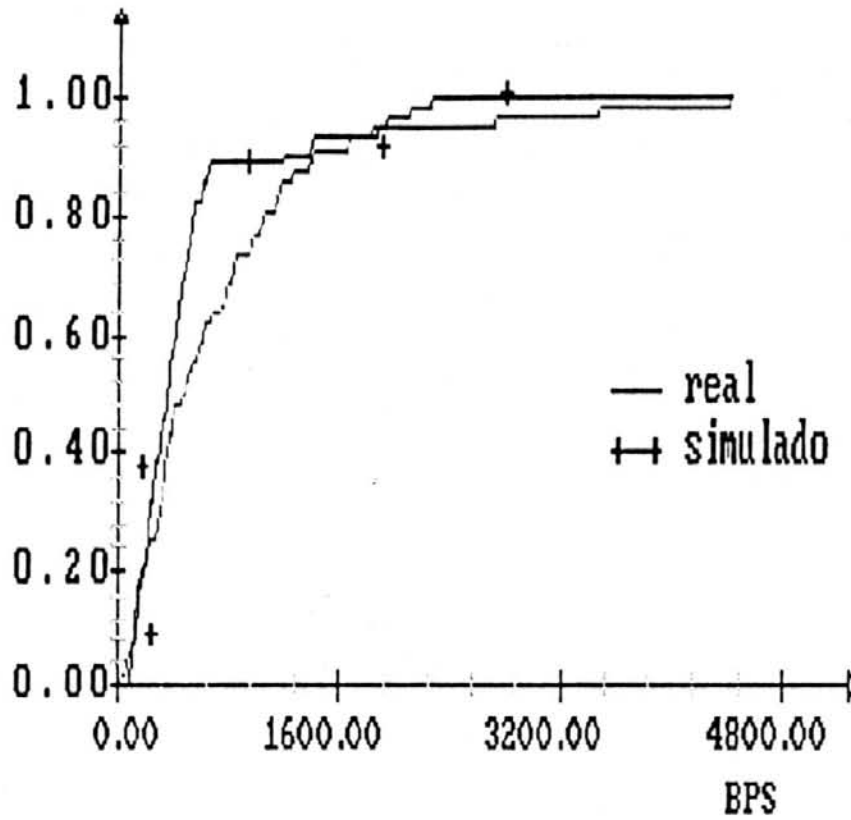


(b)



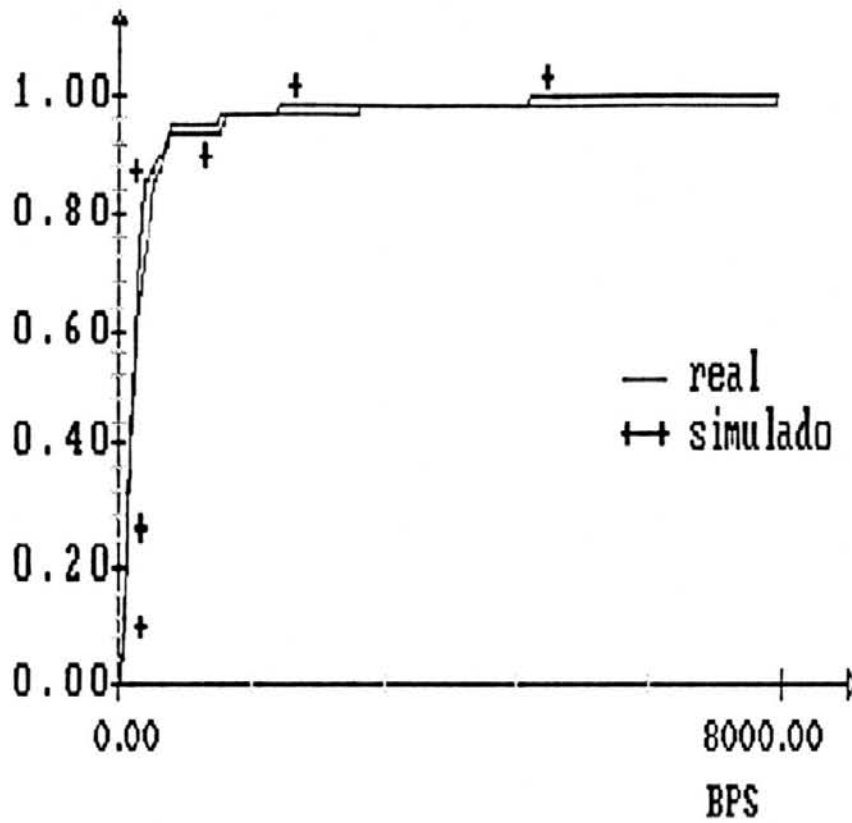
(c)

Figura 6.10 (continuação)

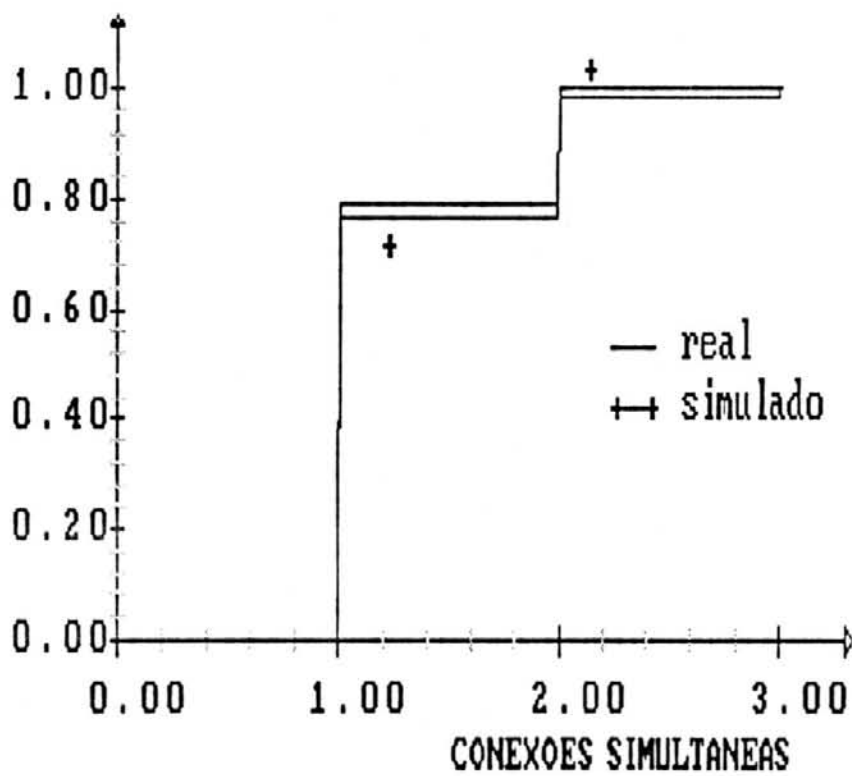


(a)

Figura 6.11: FDCs observadas no sistema real e estimadas por simulação para o dia 9 de outubro: (a) "throughput" médio do canal de transmissão; (b) "throughput" médio do canal de recepção; (c) número de canais lógicos ocupados simultaneamente



(b)



(c)

Figura 6.11 (continuação)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo serão analisados aspectos importantes de algumas soluções implementadas no sistema descrito, concluindo o trabalho.

7.1 Classificação das Aplicações no Modelo de Tráfego

Cada tipo de aplicação usuária de um serviço de rede tem padrões de tráfego próprios. Para produzir uma carga de tráfego significativa num estudo de avaliação de desempenho o ideal seria usar um modelo de tráfego para cada tipo de aplicação.

Neste trabalho a classificação das aplicações em dois tipos, interativas e não-interativas, a partir do tráfego monitorado, merece as seguintes considerações:

- Aplicações do tipo não-interativas (tal como transferência de arquivo e correio eletrônico) quando classificadas como sendo do mesmo tipo podem apresentar grande variabilidade nos padrões de tráfego. Como conseqüência, os fatores de carga de tráfego tornam-se menos representativos devido ao alto grau de dispersão dos valores em torno da média.
- Classificar uma aplicação a partir do tamanho médio dos pacotes transferidos na conexão não é um critério preciso, podendo tornar os fatores de carga de tráfego menos representativos. Embora tenha-se conseguido construir um modelo de tráfego bastante representativo do sistema real, testes precisam ser feitos em outros sistemas com usuários e aplicações não característicos de um ambiente acadêmico.

- Classificar as aplicações em dois grandes grupos simplifica o desenvolvimento e a parametrização de um modelo de simulação.

7.2 As Métricas de Performance

A confiabilidade dos serviços oferecidos às aplicações não foi modelada porque a probabilidade de perda dos pacotes e de encerramento abrupto das conexões é insignificante numa subrede X.25, conforme observado durante quatro meses de monitoração do tráfego. A não incorporação deste indicador de performance simplifica o modelo de tráfego, e deveria ser investigado o impacto da sua ausência na modelagem do tráfego de uma subrede não confiável (como uma subrede baseada no protocolo IP).

Um usuário mede a velocidade de uma rede pelo tempo de resposta associado a requisição de um serviço. Esta métrica de performance não pode ser calculada a partir do tráfego numa subrede X.25 quando o reconhecimento de pacotes não é fim-a-fim. Entretanto, poderia ser facilmente estimada numa rede de pacotes baseada nos protocolos TCP/IP, a partir do "round trip delay".

7.3 Seleção da Velocidade do Enlace de Comunicação

Os fatores de carga de tráfego foram calculados de um enlace cuja taxa de transferência nominal é de 9600 bps. Se o "throughput" estimado da execução do modelo de simulação for inferior a 4800 bps, por exemplo, não significa necessariamente que um enlace de 4800 bps suportaria tal vazão. Isto se deve ao fato da duração das conexões depender da velocidade do enlace.

Neste caso, para cada velocidade possível de ser atribuída a um enlace, deveria ser calculado o respectivo fa-

tor de carga de tráfego "duração das conexões em função do volume de dados transferidos". A simulação deveria ser executada novamente com este fator substituído conforme o "throughput" estimado na simulação anterior.

7.4 Conclusão

Os dados que descrevem uma conexão de rede e que são empregados na estimativa dos fatores de carga de tráfego poderiam ser contabilizados na própria implementação dos protocolos X.25, e armazenados numa MIB do próprio DTE-local. Essa abordagem de monitoração introduziria um "overhead" insignificante.

A análise do tráfego bem como a geração dos fatores de carga de tráfego podem ser feitas para um usuário ou grupo de usuários em específico. A ferramenta desenvolvida para este propósito permite identificar os usuários de aplicações não-interativas com tamanho de NPDU inferior ao máximo permitido, causadoras de subutilização dos recursos. Outro problema de configuração que pode ser detectado está relacionado com a frequência de pedidos de estabelecimento de conexão. Já ocorreu aplicações de transferência de "mail" estabelecendo conexões em intervalos de 10 minutos. Através dos dados coletados para cada conexão poderia-se estender o modelo para incorporar as demais áreas funcionais de gerência (falhas, configuração, contabilização e segurança).

A construção de um modelo de tráfego baseado no perfil dos usuários visa simplificar o processo de dimensionamento das redes. Partindo-se deste princípio, as tecnologias usadas nas subredes de comunicação não são incorporadas ao modelo, o que simplifica a parametrização do modelo de simulação.

A partir de um modelo validado o usuário precisa fornecer apenas a distribuição de frequência do volume de da-

dos transferidos e transmitidos, o instante da primeira conexão, o tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão, a percentagem de conexões que serão associadas a aplicações interativas, e o número de canais lógicos do enlace.

Os demais fatores de carga de tráfego são incorporados de modelos já validados para os tipos de aplicações que farão parte do sistema, bem como para a velocidade estimada do enlace.

Acredita-se que este modelo possa ser facilmente estendido para redes de pacotes baseadas em tecnologia TPC/IP, pois os serviços oferecidos são muito semelhantes aos providos pelo nível de rede do X.25. Também, acredita-se que o modelo de tráfego desenvolvido para simulação possa apoiar as atividades de gerência e planejamento de capacidade da rede modelada de forma bastante satisfatória.

ANEXO A-1 EXPERIMENTOS SOBRE O MODELO VALIDADO

Este apêndice apresenta alguns experimentos desenvolvidos sobre o modelo validado. O tráfego do dia 5 de outubro é modelado, representando o sistema inicial. Os fatores de carga de tráfego usados são do mês de outubro, definidos na seção 6.5.2.1. Vários modelos para o sistema futuro são criados e executados, analisando-se após os diversos resultados do provável comportamento do sistema futuro.

As transformações realizadas sobre o sistema inicial consistem em variar os seguintes fatores:

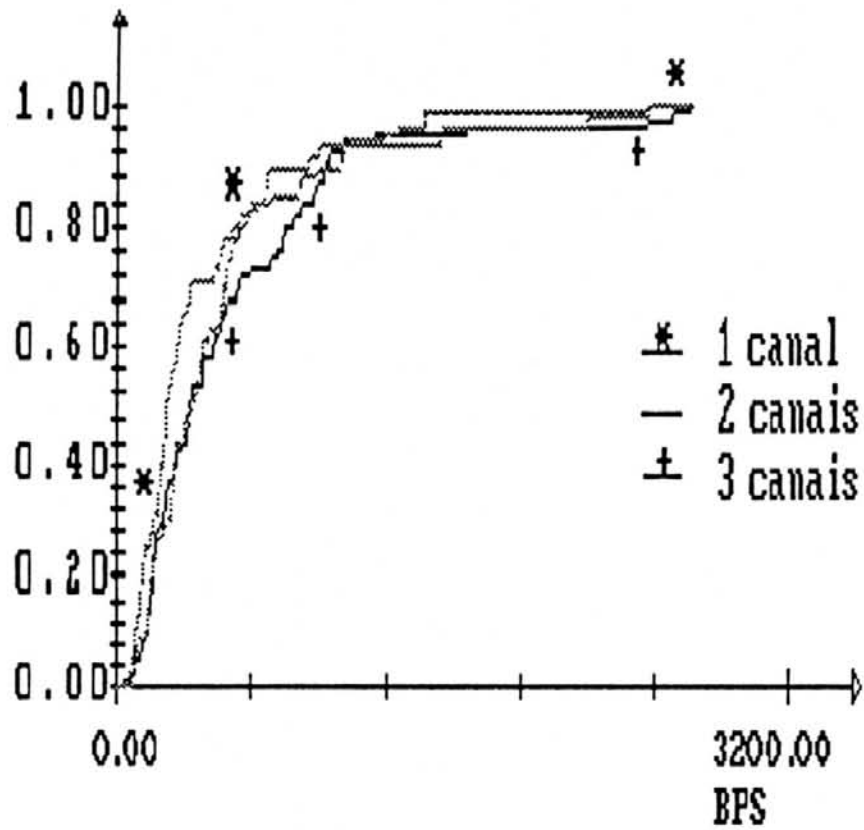
- número de canais lógicos;
- tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão;
- percentagem de aplicações interativas e não-interativas.

Na figura 6.7(c) pode-se verificar que no máximo três canais lógicos são ocupados simultaneamente no dia 5 de outubro. Três modelos são criados para representar um sistema futuro com um, dois e três canais lógicos.

A análise dos três sistemas é feita a partir da tabela A-1.1 e da figura A-1.1. Constata-se que tanto a disponibilidade dos serviços como a utilização do enlace diminuiriam significativamente com a redução do número de canais lógicos disponíveis no sistema.

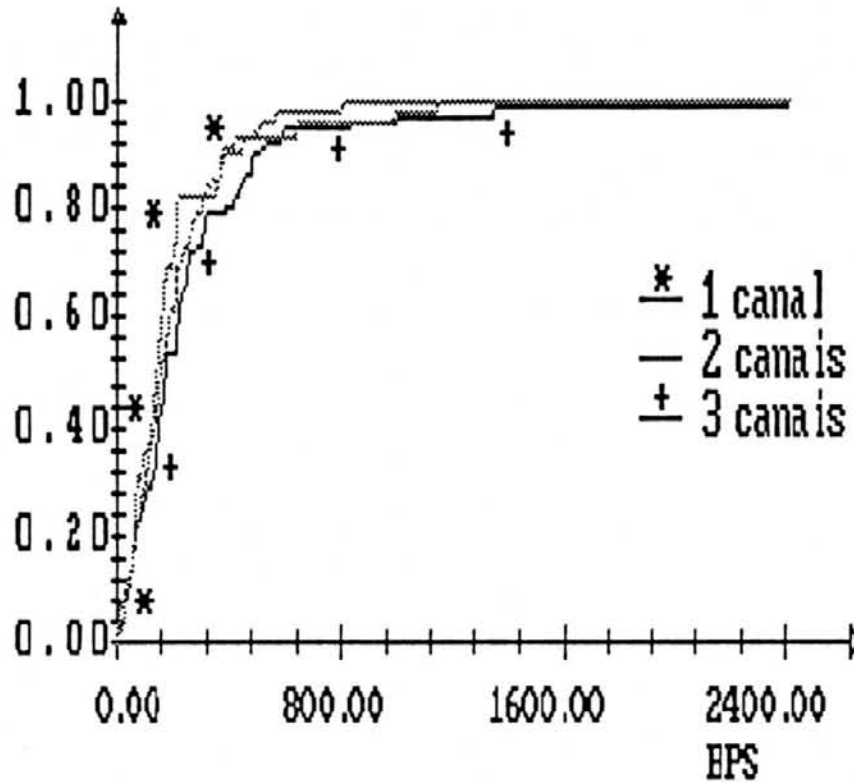
Tabela A-1.1: Distribuição de freqüência do número de canais lógicos ocupados simultaneamente; número de conexões simuladas e rejeitadas, em função do número de canais lógicos disponíveis

NÚMERO DE CANAIS LÓGICOS OCUPADOS SI- MULTANEAMENTE	PERCENTAGEM DE OCORRÊNCIAS		
	SISTEMA COM 3 CANAIS	SISTEMA COM 2 CANAIS	SISTEMA COM 1 CANAL
1	71.25	72.50	100
2	25.00	27.50	-
3	3.75	-	-
NÚMERO DE CONEXÕES SIMULADAS	60	58	45
NÚMERO DE CONEXÕES REJEITADAS	0	4	16



(a)

Figura A-1.1: FDCs do (a) "throughput" médio do canal de transmissão e do (b) "throughput" médio do canal de recepção, para sistemas com 1, 2 e 3 canais lógicos



(b)

Figura A-1.1 (continuação)

No segundo experimento, a performance do sistema é analisada em função do tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão. Com um tempo médio de 18.81 minutos obteve-se as FDCs do "throughput" médio dos canais de transmissão e recepção ilustrados nas figuras 6.7(a) e 6.7(b), respectivamente. Três modelos são criados para representar um sistema futuro com tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão de 1, 5 e 10 minutos.

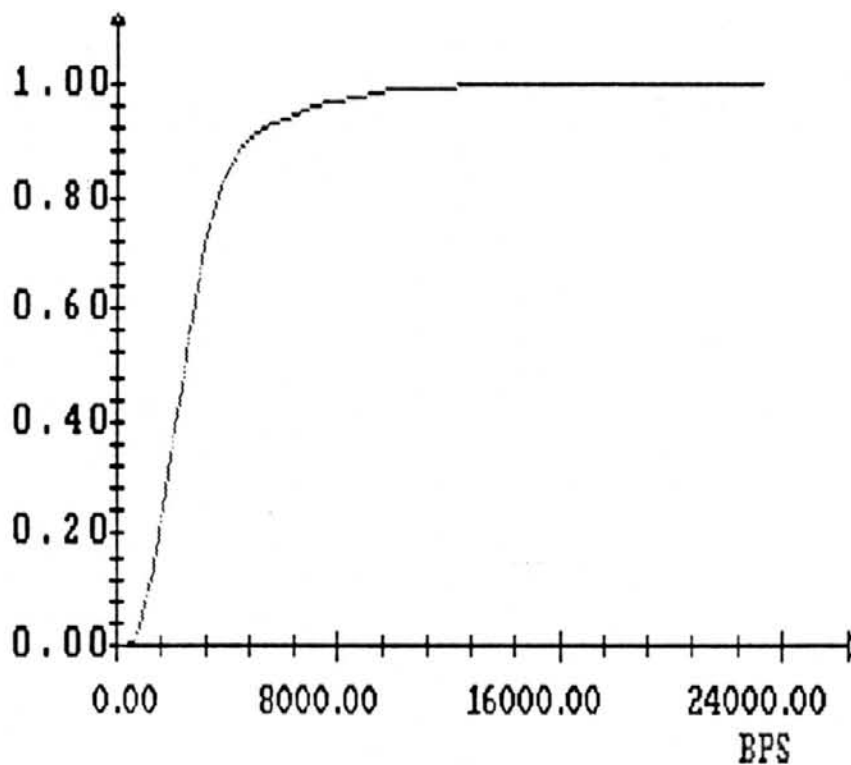
A análise dos três sistemas é feita a partir das tabelas A-1.2 e A-1.3, e das figuras A-1.2 e A-1.3.

Tabela A-1.2: Distribuição de freqüência do número de canais lógicos ocupados simultaneamente; número de conexões simuladas e rejeitadas, em função do tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão

NÚMERO DE CANALIS LÓGICOS OCUPADOS SI- MULTANEAMENTE	PERCENTAGEM DE OCORRÊNCIAS		
	TEMPO MÉDIO DE 1 MINUTO	TEMPO MÉDIO DE 5 MINUTOS	TEMPO MÉDIO DE 10 MINUTOS
1	0.27	28.68	46.86
2	1.39	31.78	34.86
3	4.33	19.90	14.86
4	8.94	11.63	3.43
5	13.80	6.46	-
6	16.00	1.55	-
7	17.71	-	-
8	17.17	-	-
9	13.91	-	-
10	6.47	-	-
NÚMERO DE CONEXÕES SIMULADAS	935	213	108
NÚMERO DE CONEXÕES REJEITADAS	81	0	0

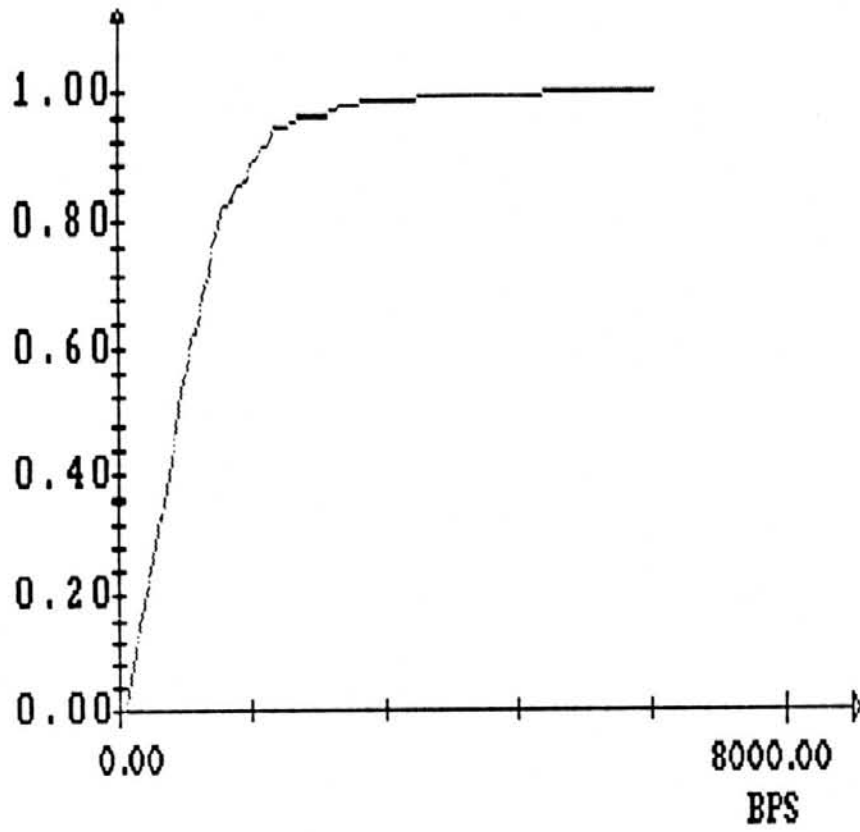
Tabela A-1.3: "Throughput" máximo estimado para 95% dos casos, em função do tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão

TEMPO MÉDIO ENTRE PEDIDOS DE ESTABELECIMENTO DE CONEXÃO (MINUTOS)	THROUGHPUT (BPS)	
	CANAL DE TRANSMISSÃO	CANAL DE RECEPÇÃO
1	6600	2560
5	1856	920
10	1760	736

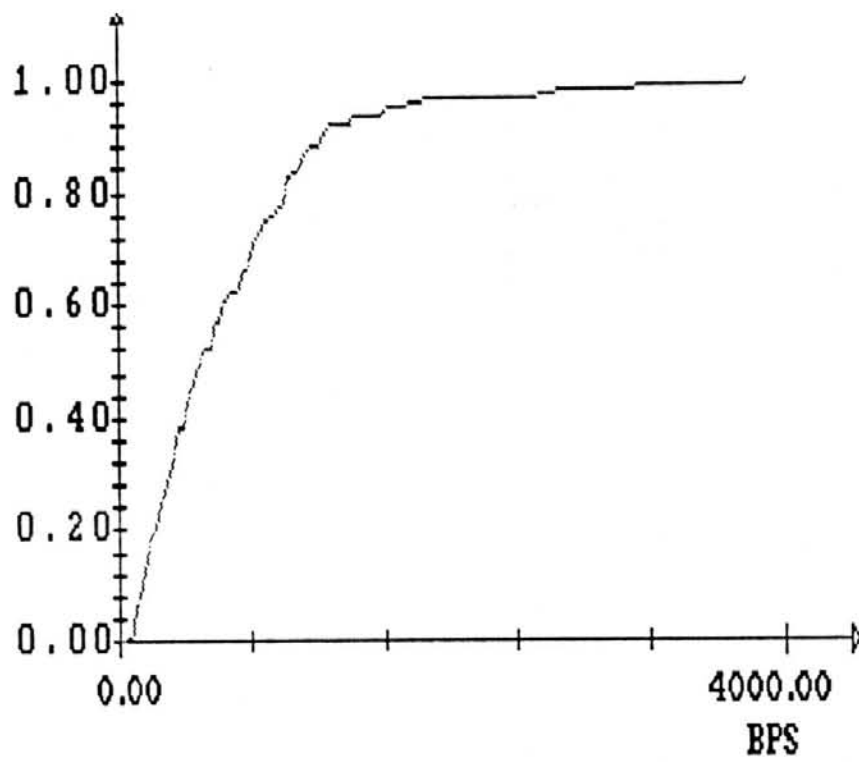


(a)

Figura A-1.2: FDCs do "throughput" médio do canal de transmissão, para sistemas com tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão de (a) 1 minuto, (b) 5 minutos e (c) 10 minutos

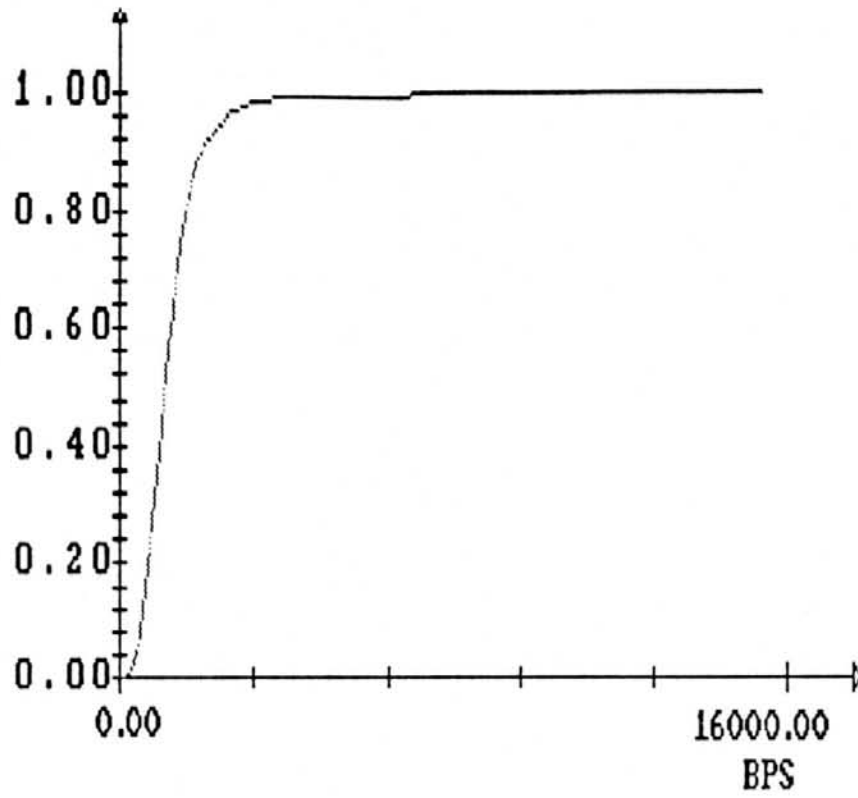


(b)



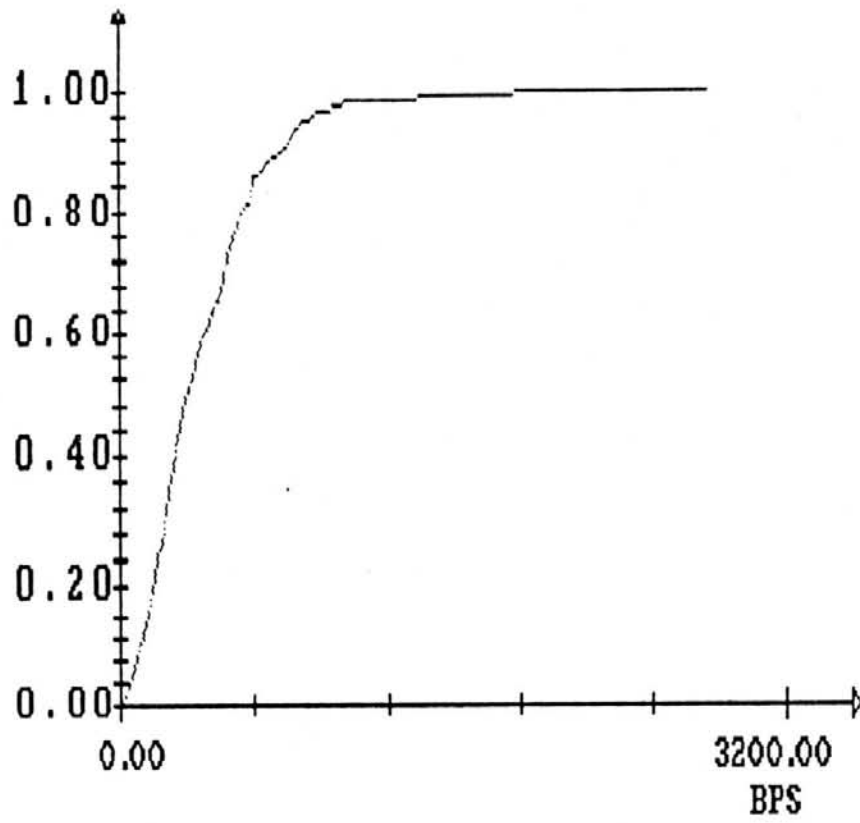
(c)

Figura A-1.2 (continuação)

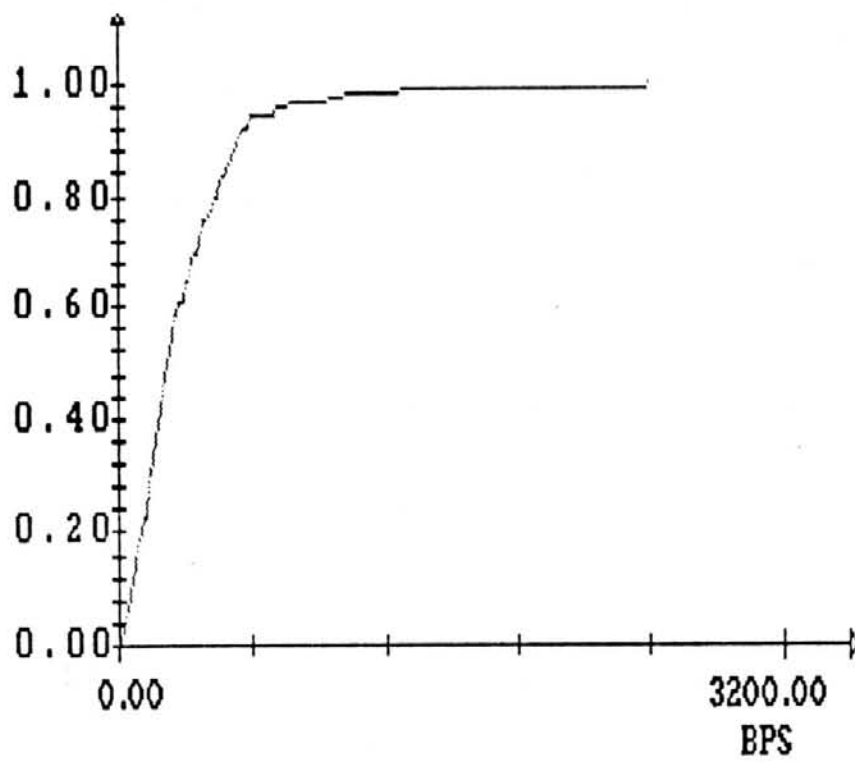


(a)

Figura A-1.3: FDCs do "throughput" médio do canal de recepção, para sistemas com tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão de (a) 1 minuto, (b) 5 minutos e (c) 10 minutos



(b)



(c)

Figura A-1.3 (continuação)

O número de canais lógicos no sistema real (dez canais lógicos) comportaria tempos médios de 5 e 10 minutos entre pedidos de estabelecimento de conexão. Entretanto, aproximadamente 8% dos pedidos seriam rejeitados se o tempo médio entre os pedidos fosse de 1 minuto.

Considerando-se que a velocidade nominal do enlace é de 9600 BPS no sistema real, poderia-se dizer que o enlace suportaria a vazão máxima observada em 95% dos casos. Porém, para o sistema com o tempo médio entre pedidos de estabelecimento de conexão de 1 minuto, observa-se que em alguns instantes o pico de utilização do enlace excederia a capacidade do sistema real. Isso implicaria num possível aumento do tempo de resposta.

No último experimento, a performance do sistema é analisada em função da distribuição dos tipos de aplicações no tráfego. A percentagem de conexões associadas a aplicações interativas para o dia 5 de outubro é de 88.6% (tabela 6.7). Três modelos são criados para representar um sistema futuro com as seguintes distribuições de frequência: 100% das conexões geradas são associadas a aplicações do tipo interativa; 100% das conexões geradas são associadas a aplicações não-interativas; 50% das conexões geradas são associadas a aplicações interativas.

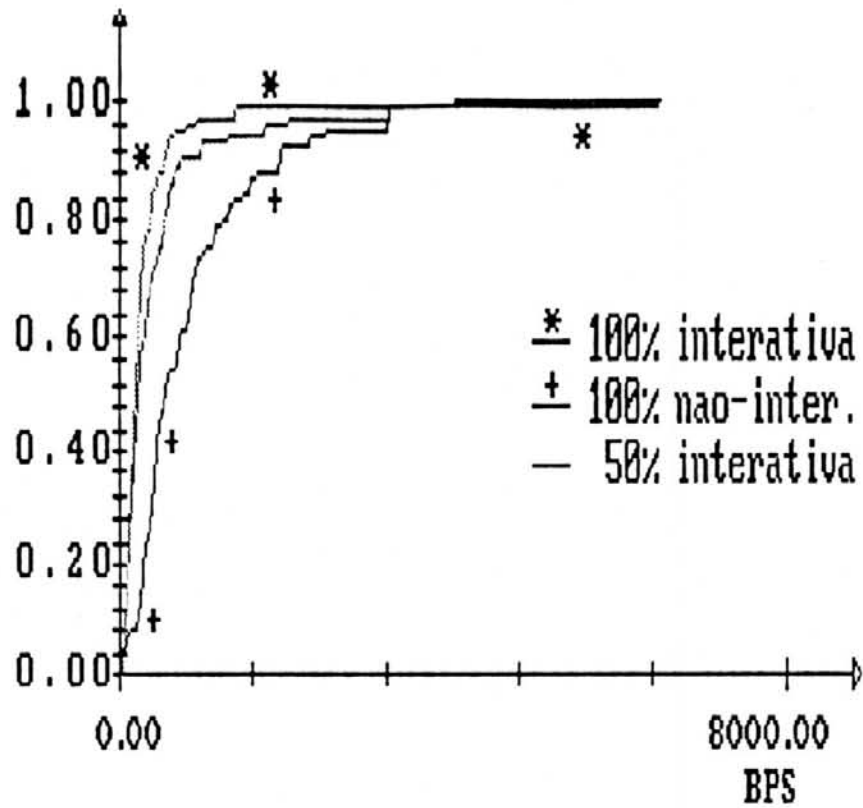
A análise dos três sistemas é feita a partir das tabelas A-1.4 e A-1.5, e da figura A-1.4.

Tabela A-1.4: Distribuição de freqüência do número de canais lógicos ocupados simultaneamente, e número de conexões simuladas, em função da distribuição dos tipos de aplicações no tráfego

NÚMERO DE CANAIS LÓGICOS OCUPADOS SIMULTANEAMENTE	PERCENTAGEM DE OCORRÊNCIAS		
	100% DE APLICAÇÕES INTERATIVAS	100% DE APLICAÇÕES NÃO-INTERATIVAS	50% DE APLICAÇÕES INTERATIVAS
1	62.79	58.62	77.03
2	26.74	27.59	18.92
3	8.14	11.49	4.05
4	2.33	2.30	-
NÚMERO DE CONEXÕES SIMULADAS	61	61	60

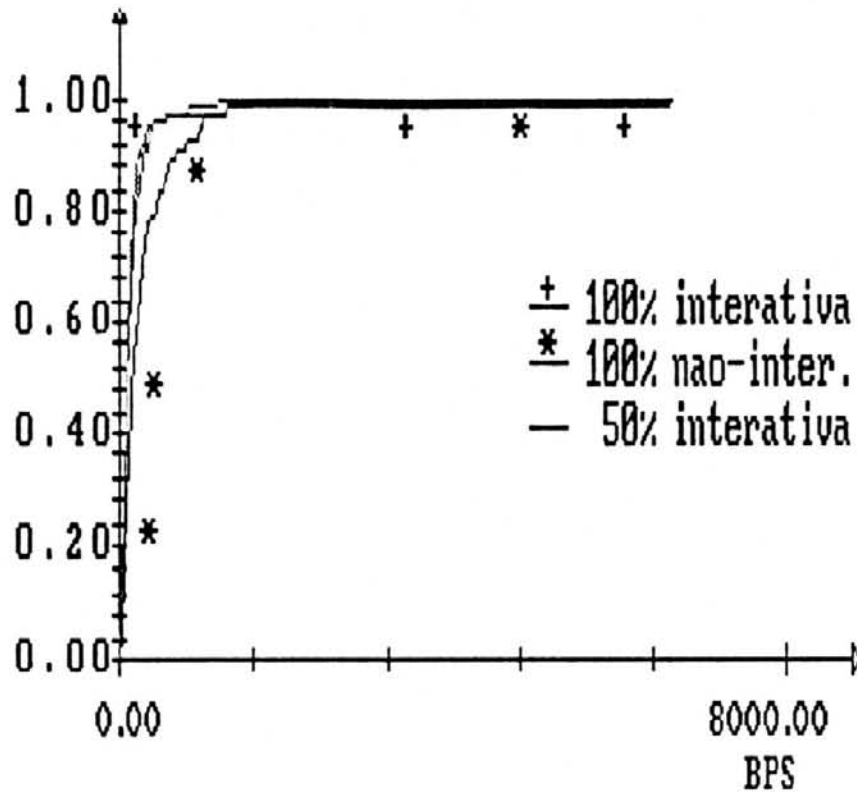
Tabela A-1.5: "Throughput" máximo estimado para 95% dos casos, em função da distribuição dos tipos de aplicações no tráfego

PERCENTAGEM DE APLICAÇÕES	THROUGHPUT (BPS)	
	CANAL DE TRANSMISSÃO	CANAL DE RECEPÇÃO
100% INTERATIVAS	1536	704
100% NÃO-INTERATIVAS	6400	1984
50% INTERATIVAS	3520	832



(a)

Figura A-1.4: FDCs do (a) "throughput" médio do canal de transmissão e do (b) "throughput" médio do canal de recepção, em função da distribuição dos tipos de aplicações no tráfego



(b)

Figura A-1.4 (continuação)

Para os sistemas onde o tráfego é composto por aplicações de um único tipo, observa-se que haveria a necessidade de mais um canal lógico em relação ao sistema inicial (figura 6.7(c)).

O enlace suportaria a vazão máxima observada em 95% dos casos. Entretanto, para o sistema cujo tráfego é composto unicamente por aplicações não-interativas, em alguns instantes o pico de utilização do enlace excederia a capacidade do sistema real. Isto implicaria num possível aumento do tempo de resposta do sistema.

Uma série de transformações sobre o sistema inicial poderiam ser elaboradas através da combinação de variantes dos fatores usados nos experimentos. Também, poderia-se analisar a performance sob diferentes distribuições de frequência do volume de dados transferidos.

BIBLIOGRAFIA

- [ADA90] ADAS, A. A. A. Evaluation methodology for wide area networks. **Computer Networks and ISDN Systems**, Amsterdam, v.18, n.2, p.115-131, Feb. 1990.
- [BER91] BERG, B.; DENG, R.H. End-to-end performance of interconnected LANs. **Computer Communications**, Oxford, v.14, n.2, p.105-112, Mar. 1991.
- [BOB76] BOBILLIER, P.A.; KAHAN, B.C.; PROBST, A.R. **Simulation with GPSS and GPSS V**. Englewood Cliffs:Prentice-Hall, 1976. 495p.
- [BON87] BONDI, A.B. Decomposition approaches to modelling LAN contention and host computer performance. **Computer Communications**, Oxford, v.10, n.2, p.70-78, Apr. 1987.
- [CAB88] CABRERA, L-F.; HUNTER, E.; KARELS, M.J.; MOSHER, D.A. User-process communication performance in networks of computers. **IEEE Transactions on Software Engineering**, New York, v.14, n.1, p.38-53, Jan. 1988.
- [CAC91] CÁCERES, R.; DANZIG, P.B.; JAMIN, S.; MITZEL, D.J. **Characteristics of wide-area TCP/IP conversations**. California: Computer Science Department, University of Southern California, 1991. 12p.
- [CAL86] CALZAROSSA, M.; SERAZZI, G. A Software tool for the workload analysis. In: **MODELLING TECHNIQUES AND TOOLS FOR PERFORMANCE ANALYSIS**, 7., 1985. **Proceedings ...** Amsterdam:Elsevier Science Publisher's, 1986. p.165-180.

- [CAS90] CASE, J.D.; FEDOR, M.; SCHOFFSTALL, M.L.; DAVIN, C. **Simple Network Management Protocol (SNMP)**. Santa Clara:SRI International, 1990. 36p. (Request for Comments, 1157). Documento recuperado por FTP:penta.cesup.ufrgs.br.
- [CCI84] CCITT - International Telegraph and Telephone Consultative Committee. **X.25 Recommendation**. Malaga-Torremolinos:CCITT, 1984. 124p. (Red Book, v.8.3).
- [CCI84a] CCITT - International Telegraph and Telephone Consultative Committee. **Functional specification and description language**. Malaga-Torremolinos: CCITT, 1984. 271p. (Red Book, v.6.11).
- [CHD89] CHIU, D-M.; JAIN, R. Analysis of the increase and decrease algorithms for congestion avoidance in computer networks. **Computer Networks and ISDN Systems**, Amsterdam, v.17, n.1, p.1-14, June 1989.
- [CHI89] CHICCA JUNIOR, R. Projeto e modelagem de redes de teleprocessamento. In: CONGRESSO NACIONAL DE INFORMÁTICA, 22., 1989, São Paulo. **Anais...** São Paulo:USP, 1989. p.628-637.
- [CRO91] CROSBY, S.; MITTON, D.; ZIJL, L.V. A graphical tool for the modelling of packet and circuit switched communication networks. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODELLING TECHNIQUES AND TOOLS FOR COMPUTER PERFORMANCE EVALUATION, 5., Feb. 1991, Torino. **Proceedings ...** Torino, 1991. p.102-116.
- [DAU91] DAUBER, S.M. Finding fault. **BYTE**, New Jersey, v.16, n.3, p.207-214, Mar. 1991.

- [DIC83] DICKSON, G.J.; CHAZAL, P.E. Status of CCITT description techniques and application to protocol specification. **Proceedings of the IEEE**, New York, v.71, n.12, p.1346-1355, Dec. 1983.
- [DOT92] DOTTI, F.L. Um sistema de apoio a gerência de redes locais. Porto Alegre:CPGCC da UFRGS, 1992. 190p. (Dissertação de mestrado).
- [FAL92] FALAKI, S.O.; SORENSEN, S-A. Traffic measurements on a local area computer network. **Computer Communications**, Oxford, v.15, n.3, p.192-197, Apr. 1992.
- [FER78] FERRARI, D. Computer systems performance evaluation. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1978. 554p.
- [GEO87] GEORGANAS, N.; NAFFAH, N. Integrated office systems over LANs - a performance study. **Computer Communications**, Oxford, v.10, n.6, p.291-296, Dec. 1987.
- [IKE89] IKEVCHI, N.; YOSHIDA, M. Network constructing algorithm based on link significance evaluation: NABLE. **Computer Networks and ISDN Systems**, Amsterdam, v.17, n.1, p.29-36, June 1989.
- [ISO89] ISO. International Standard. Information processing systems - OSI Basic Reference Model - Part 4: management framework. [S.l.]:OSI, 1989. 9p. (ISO/IEC7498-4:1989).
- [JAI91] JAIN, R. The Art of computer systems performance analysis: techniques for experimental design, measurement, simulation, and modeling. New York: John Wiley & Sons, 1991. 685p.

- [KLE76] KLEINROCK, L.; NAYLOR, W.E.; OPDERBECK, H. A Study of line overhead in the Arpanet. **Communications of the ACM**, New-York, v.19, n.1, p.3-12, Jan. 1976.
- [KLE88] KLERER, S.M. The OSI management architecture: an overview. **IEEE Network**, New York, v.2, n.2, p.20-29, Mar. 1988.
- [KUR88] KURUPPILLAI, R.; BENGSTON, N. Performance analysis in local area networks of interconnected token rings. **Computer Communications**, Oxford, v.11, n.2, p.59-64, Apr. 1988.
- [LEO8?] LEONEL, N.A. **Apostila de GPSS**. Porto Alegre: Instituto de Informática da UFRGS, [198_]. 126p.
- [LEW79] LEWIS, T.G.; SMITH, B.J. **Computer principles of modeling and simulation**. Boston, 1979. 393p.
- [LYE87] LYE, K.M.; CHUA, K.C.; KO, C.C. Performance of Segnet : a simulation study. **Computer Communications**, Oxford, v.10, n.6, p.297-303, Dec. 1987..
- [McC90] McCALLUM, J.; RANAI, K.; SRINIVASAN, B. Estimating network communication speeds for office automation. **Computer Communications**, Oxford, v.13, n.2, p.99-107, Mar. 1990.
- [McC91] McCLOGHRIE, K.; ROSE, M. **Management information base for network management of TCP/IP - based internets: MIB II**. Santa Clara:Performance Systems International, 1991. 70p. (Request for Comments, 1213). Documento recuperado por FTP:penta.cesup.ufrgs.br.

- [PAU91] PAULISCH, S. Configuration and performance management of LANs. In: IFIP TC6 WG6.4A INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE MANAGEMENT OF LOCAL COMMUNICATIONS SYSTEMS, 4., 1991, Canterbury. **Proceedings...** Amsterdam:North-Holland, 1991. p.259-275.
- [PAV90] PAVLOU, G.; KNIGHT, G. Basic rate ISDN workstation traffic patterns. **Computer Communications**, Oxford, v.13, n.10, p.587-594, Dec. 1990.
- [PAX91] PAXSON, V. **Measurements and models of wide area TCP conversations**. Berkeley:University of California, 1991. 43p. (LBL, 30840).
- [RAM90] RAMOS, P.R.X. Um modelo de sistemas especialistas para avaliação de desempenho de sistemas de computação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES, 8., 1990, Unicamp. **Proceedings ...** São Paulo:Unicamp, 1990. p.83-99.
- [RIC83] RICHARDS, C.B. **GPSSR/PC introduction and reference manual : version 2.0**. 1983. 91p.
- [ROC82] ROCKART, J.F. The Changing role of the information system executive: a critical success Factors Perspective. In: **Sloan Management Review**. Reading:[S.n.], 1982. p.15-25.
- [ROS91] ROSE, M. **The Simple book: an introduction to management of TCP/IP : based internets**. Englewood Cliffs:Prentice-Hall, 1991. 347p.
- [SPO91] SPOHN, M.; TAROUCO, L.M.R. PERFIL - Programa Examinador de Rede Focalizado em Inspeção de tráfego em Linha. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES, 9., 1991, Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis:Imprensa Universitária da UFSC, 1991. p.385-399.

- [STR84] STRACK, J. **GPSS: modelagem e simulação de sistemas.** Rio de Janeiro:LTC, 1984. 174p.
- [SVO89] SVOBODOVA, L. Measured performance of transport service in LANs. **Computer Networks and ISDN Systems**, Amsterdam, v.18, n.1, p.31-45, Nov. 1989.
- [TAN89] TANENBAUM, A.S. **Computer networks.** New-Jersey: Prentice-Hall, 1989. 658p.
- [TAR86] TAROUCO, L.M.R. **Redes de computadores : locais e de longa distância.** São Paulo: McGraw-Hill, 1986. 352p.
- [TER87] TERPLAN, K. **Communication networks management.** Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1987. 595p.
- [TJH90] TJHUNG, T.T; KO, C.C.; SEAH, K.G; LYE, K.M. Simple performance analysis of a token ring metropolitan area network. **Computer Communications**, Oxford, v.13, n.7, p.425-432, Sept. 1990.
- [TOB78] TOBAGI, F.A.; GERLA, M.; PEEBLES, R.W.; MANNING, E.G. Modelling and measurement techniques in packet communication networks. **Proceedings of the IEEE**, New York, v.66, n.11, p.1423-1447, Nov. 1978.
- [TRI92] TRINDADE, R.S. **Um estudo da linguagem SDL para especificação e teste de protocolos.** Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1992. 87p. (Trabalho Individual, 258).

- [VAI90] VAIDYANATHAN, P.; MIDKIFF, S.F. Performance evaluation of communication protocols for distributed processing. **Computer Communications**, Oxford, v.13, n.5, p.275-282, June 1990.
- [WAL91] WALDBUSSER, S. **Remote network monitoring management information base**. [S.l.]:Remote Network Monitoring Working Group, 1991. 81p. (Request for Comments, 1271). Documento recuperado por FTP:penta.cesup.ufrgs.br.
- [WAN90] WANG, J.L.; WHITE, E.A. Integrated methodology for supporting packet network performance management and planning. **Computer Communications**, Oxford, v.13, n.9, p.558-570, Nov. 1990.
- [WOL92] WOLISZ, A.; POPESCU-ZELETIN, R. Modelling end-to-end protocols over interconnected heterogeneous networks. **Computer Communications**, Oxford, v.15, n.1, p.11-22, Jan./Feb. 1992.
- [ZIE88] ZIEHER, M.; STOLL, W.; GANTENBEIN, D. **OSI-internetworking: realization and performance analysis**. Karlsruhe:University of Karlsruhe, 1988. 28p. (Research Report).



Informática
UFRGS

Um paradigma orientado a análise de performance de redes de pacotes.

Dissertação apresentada aos Senhores:

Prof. Dr. Carlos Becker Westphall (UFSC)

Prof. Juergen Rochol

Profa. Dra. Liane Margarida Rockenbach Tarouco

enviou parecer por escrito

Profa. Dra. Stefânia Stiubiener (USP)

Vista e permitida a impressão.
Porto Alegre, 16/9/93.

Profa. Dra. Liane Margarida Rockenbach Tarouco,
Orientador.

Prof. Dr. Ricardo A. da L. Reis,
Coordenador do Curso de Pós-Graduação
em Ciência da Computação.