

3208878

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Computação e
Sistemas Digitais

ISSN 1413-215X

BT/PCS/0123

**Proposta de um Agente CNM
para o Gerenciamento Web de
um Backbone ATM**

**Fernando Frota Redígolo
Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho**

São Paulo - 2001

de OK

O presente trabalho é parte da dissertação de mestrado apresentada por Fernando Frota Redígolo, sob a orientação da Profa. Dra. Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho: "Proposta de um Agente CNM para o Gerenciamento Web de um Backbone ATM", defendida em 09/05/01, na EPUSP.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na Biblioteca de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP.

FICHA CATALOGRÁFICA

Redígolo, Fernando Frota

Proposta de um agente CNM para o gerenciamento Web de
um Backbone ATM / F.F. Redígolo, T.C.M.B. Carvalho. – São
Paulo : EPUSP, 2001.

p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, De-
partamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais,
BT/PCS/0123)

1. Redes de computadores - Gerenciamento I. Carvalho,
Tereza Cristina Melo de Brito II. Universidade de São Paulo.
Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Computa-
ção e Sistemas Digitais III. Título IV. Série
ISSN 1413-215X

CDD 004.6

Proposta de um Agente CNM para o gerenciamento web de um *backbone ATM*

Fernando Frota Redígolo - fernando@larc.usp.br
Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho – carvalho@larc.usp.br

LARC – Laboratório de Arquitetura e Redes de Computadores
EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Av. Prof. Luciano Gualberto, Travessa 3 – 158, sala C1-46
Cidade Universitária – CEP: 05.508-900
São Paulo – SP – Brazil
Phone: +55-11-818-5261

Resumo: Para um serviço de comunicação multimídia baseado em ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), o provedor deste serviço pode compartilhar informações e até mesmo funções de gerenciamento com seus clientes, através de um serviço adicional denominado gerenciamento CNM (*Customer Network Management*). O presente trabalho tem por objetivo definir uma arquitetura modular e extensível para um sistema capaz de prover um serviço de gerenciamento CNM para usuários de um *backbone ATM*, aplicando técnicas de gerenciamento web para este serviço.

Abstract: For an ATM-based, multimedia-communication service, its provider can share information and even management functions with its customers, by an additional service called Customer Network Management, or CNM. The main goal of this work is the definition of an extensible, modular architecture for a system capable of providing CNM service for the users of an ATM backbone. The CNM service provided by the proposed architecture applies web-based management techniques.

1. Introdução

Atualmente, há uma grande tendência de integração de aplicações de voz, dados e vídeo sobre uma única infra-estrutura de rede. A tecnologia ATM tem recebido bastante atenção, por ser uma solução viável para esta integração, oferecendo garantia de qualidade de serviço (QoS – Quality of Service) necessária para estas aplicações. No entanto, a complexidade da tecnologia ATM impõe alguns desafios para o seu gerenciamento, tais como [1]:

- Diversas infra-estruturas de transmissão na camada física. Como exemplo, podem-se citar as redes SONET/SDH (*Synchronous Optical NETwork/ Synchronous Digital Hierarchy*) e PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*);
- Em cada enlace físico, há diversos "enlaces virtuais", formados pela combinação de VPLs (*Virtual Path Links*) e VCLs (*Virtual Channel Links*). Estes enlaces constituem circuitos virtuais, que podem ser do tipo ponto-a-ponto ou ponto-multiponto; além disso, os circuitos virtuais podem ser permanentes (PVCs – *Permanent Virtual Circuits*), semi-permanentes (SPVCs – *Semi-Permanent Virtual Circuits*) ou comutados (SVCs – *Switched Virtual Circuits*);
- Cada circuito virtual possui associado a si um tipo de serviço, com requisitos distintos de QoS (tais como atraso e taxa de perda aceitáveis e banda necessária), bem como perfis de tráfego também diferenciados. Como exemplos desses tipos de serviço, pode-se citar: ABR (*Available Bit Rate*), UBR (*Unspecified Bit Rate*), rt-VBR (*Real-Time Variable Bit Rate*), nrt-VBR (*Non-Real-Time Variable Bit Rate*) e CBR (*Constant Bit Rate*);
- Os circuitos virtuais comutados podem ter um tempo de vida bastante curto, podendo ser criados e encerrados freqüentemente, dificultando a sua monitoração.

A utilização de um *backbone ATM* público para a interconexão de redes privativas apresenta, também, novos desafios para o gerenciamento. Quando uma rede corporativa é formada por diversas redes locais distribuídas geograficamente e interconectadas através de enlaces ponto-a-ponto, os administradores desta rede podem detectar facilmente problemas tanto na camada física como na camada de enlace. Se, no entanto, estas redes forem interconectadas através de uma WAN ATM, a dificuldade na detecção das causas de problemas passa a ser significativamente maior, uma vez que, para se gerenciar os enlaces, é necessário que os administradores tenham acesso a um número muito maior de variáveis (dada a própria complexidade das redes baseadas nesta tecnologia). Além disso,

muitas destas variáveis são parâmetros de funcionamento do próprio *backbone ATM*, do qual os administradores nem sempre têm acesso, dificultando ainda mais o gerenciamento.

Para melhor abordar a questão do gerenciamento de redes ATM, o ATM Forum (uma das entidades de padronização da tecnologia ATM) define uma arquitetura de gerenciamento. Para atender às necessidades de administradores de redes corporativas que se utilizam dos serviços de um *backbone ATM* público, a arquitetura de gerenciamento do ATM Forum define que as redes públicas podem oferecer um serviço de gerenciamento do *backbone ATM* a seus usuários. Tal serviço é conhecido como serviço CNM (*Customer Network Management* [2]) e oferece às instituições usuárias (*customers*) desta rede pública acesso a informações e operações de gerenciamento que, normalmente, são exclusivas dos gerentes do *backbone* público.

Apesar da necessidade de um serviço de gerenciamento CNM, são poucas as soluções de gerenciamento capazes de implementá-lo. Além disso, as implementações existentes são pertinentes a soluções de redes (tanto de equipamento como de plataforma de gerenciamento) de um único fabricante, impedindo o desenvolvimento de um serviço de gerenciamento CNM para uma rede heterogênea.

O presente trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma arquitetura capaz de oferecer um serviço de gerenciamento CNM de um *backbone ATM* a instituições usuárias deste *backbone*. Tal arquitetura visa obter os seguintes benefícios:

- Possibilitar aos administradores destas instituições o acesso a interfaces e ferramentas de gerenciamento ATM, evitando que haja sistemas complexos de gerenciamento ATM em suas redes privativas;
- Diminuir os custos de gerenciamento para as instituições, evitando que eles necessitem de novas ferramentas ou plataformas para o gerenciamento ATM;
- Evitar ou diminuir a necessidade de treinamento para que os administradores das redes privativas destas instituições possam gerenciar a sua parte no *backbone*;
- Controlar o que cada administrador pode fazer em termos de gerenciamento, evitando que uma operação de um administrador interfira no comportamento global do *backbone*;
- Prover uma infra-estrutura escalar para o serviço, capaz de agregar novas funcionalidades quando necessário.

Para melhor avaliar a adequação do agente frente aos objetivos propostos, o agente foi implementado na infra-estrutura ATM existente da RMAV-SP (Rede Metropolitana de Alta Velocidade de São Paulo).

1.1 Gerenciamento CNM

Os provedores de serviços de conectividade em geral estabelecem com os seus clientes acordos relacionados à confiabilidade e disponibilidade dos serviços prestados. Tais acordos, denominados SLAs (*Service Level Agreements*), formalizam, através de um conjunto de indicadores e métricas, as características do serviço a ser oferecido aos clientes. No entanto, os clientes devem ser capazes de monitorar estes indicadores, exigindo que o provedor ofereça mecanismos que permitam sua monitoração.

O serviço CNM é uma resposta à necessidade dos provedores de oferecer mecanismos para a verificação dos SLAs estabelecidos. O conceito principal do gerenciamento CNM [2] é de que um provedor de serviços de conectividade possa compartilhar informações e funções de gerenciamento relativas a estes serviços com as instituições que deles fazem uso (mais especificamente com os administradores das redes destas instituições). Sendo assim, o gerenciamento CNM é um serviço adicional a ser oferecido pelos provedores a seus clientes, capacitando-os a manterem uma visão mais completa das interligações entre seus sites através dos *backbones* dos provedores.

Uma arquitetura típica para um serviço de gerenciamento CNM pode ser vista na Figura 1-1. No provedor há um sistema de gerenciamento, responsável pela monitoração e controle de sua rede. Dada a diversidade de serviços que uma dada instituição (um dado cliente do provedor) pode utilizar e a variedade de sistemas desta instituição, uma interface padronizada é necessária para a troca de informações de gerenciamento entre o provedor e a instituição através do serviço de gerenciamento CNM. Para tanto, um elemento, denominado um *agente CNM*, é responsável pela comunicação padronizada entre os sistemas de gerenciamento dos clientes e o sistema de gerenciamento do provedor.

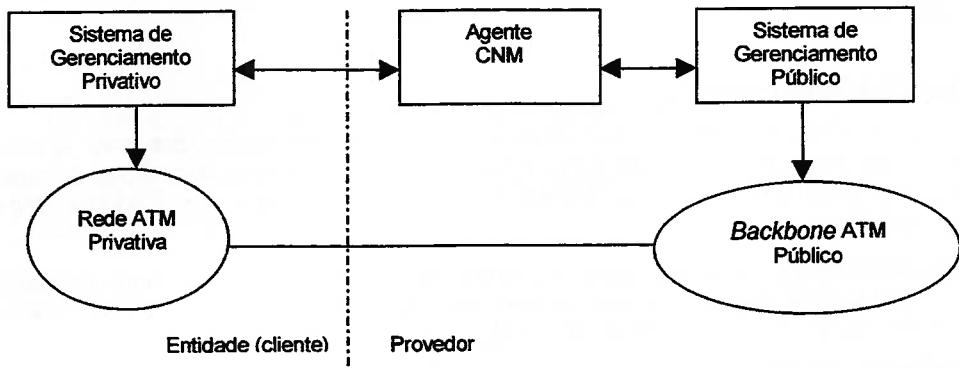


Figura 1-1: Arquitetura Típica de uma solução de gerenciamento CNM.

Há algumas diferenças entre um gerenciamento normal e um gerenciamento CNM, derivadas do compartilhamento da rede do provedor entre diversos clientes. Como a rede do provedor é compartilhada por diversos clientes, estes não podem ter acesso a todas as informações e funções de um gerenciamento tradicional. Enquanto que o provedor é responsável pelo gerenciamento da rede como um todo, cada cliente “possui” uma parte da rede, sendo que o serviço de CNM deve ser relativo a esta parte.

No gerenciamento da rede, o provedor tem uma visão física da rede, verificando enlaces e elementos de interconexão (por exemplo, switches e roteadores) ao longo de seu *backbone*. Os clientes, por sua vez, tem acesso a uma visão lógica desta mesma rede, composta basicamente por seus pontos de acesso ao *backbone* e as conexões lógicas entre estes pontos. É responsabilidade do agente CNM prover cada cliente com a sua respectiva visão lógica da rede (Figura 1-2).

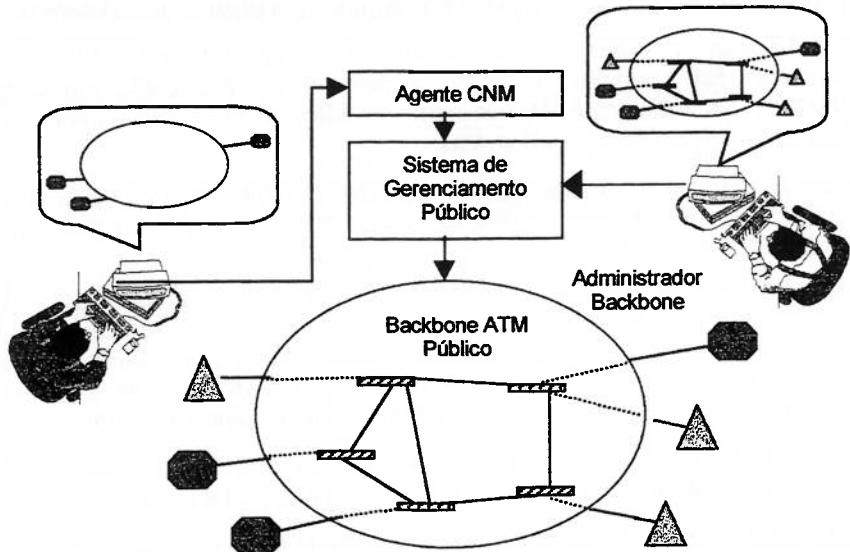


Figura 1-2: Diferença entre visão física da rede e visão lógica fornecida pelo agente CNM

Há uma diferença, também, em relação ao modo de execução das operações. Em um gerenciamento tradicional, as operações de gerenciamento são executadas pelo sistema de gerenciamento quando requisitadas pelo administrador da rede. Em um gerenciamento CNM, as operações ficam pendentes, uma vez que elas são executadas sobre esta visão lógica da rede. Tais operações devem passar pela aprovação do administrador da rede física, que determina se esta operação é possível de ser executada e se ela não implica em prejuízos para os outros clientes da rede (dependendo da operação, o próprio agente CNM pode autorizar a operação, notificando o administrador da rede física de sua execução).

Além destas diferenças, o serviço CNM não necessita apresentar as informações em tempo real, uma vez que, dependendo do número de clientes acessando o serviço, isto pode acarretar uma sobrecarga de operações de gerenciamento sobre a rede do *backbone* e prejuízos do seu desempenho global. O serviço CNM deve garantir que estas informações estejam dentro de um intervalo de tempo fixo, de

maneira que os usuários do serviço saibam o limite máximo de tempo em que as informações podem estar desatualizadas.

1.2 Requisitos Principais

Como o agente CNM é acessado por diferentes usuários, possivelmente com níveis distintos de conhecimento em relação à tecnologia ATM, é necessário que o agente seja capaz de prover serviços a estes diferentes usuários de maneira distinta. Para isto é importante que o agente CNM atenda aos seguintes requisitos:

- **Particionamento das Informações:** As informações relativas à rede devem ser particionadas, de maneira que os usuários somente podem visualizar uma parte da rede, relacionada aos serviços por ele utilizados (visões lógicas da rede);
- **Definição de Níveis Funcionais:** o agente deve ser capaz de oferecer diferentes níveis funcionais de serviço, atendendo usuários com diferentes requisitos (por exemplo, usuários básicos e avançados) e/ou privilégios (por exemplo, usuários técnicos e não-técnicos). O sistema deve, então, definir conjuntos de funcionalidades associados a cada nível funcional, sendo que cada usuário deve ser associado a um nível de serviço.
- **Interface Customizada:** baseado no perfil do usuário, a interface deve fornecer acesso somente a informações sobre equipamentos e a funções permitidas, de acordo com a sua instituição e o seu nível de conhecimento (por exemplo, interface distinta para usuários básicos e avançados);
- **Controle de Operações:** o agente deve controlar as operações requisitadas pelos usuários do serviço, de maneira a evitar que um usuário de uma dada instituição execute uma operação de gerenciamento que possa impactar os serviços utilizados por outras instituições;
- **Facilidade de Uso:** O agente deve possuir uma interface gráfica que permita a usuários sem grandes conhecimentos de ATM obter algumas estatísticas básicas da utilização da rede.
- **Portabilidade:** o agente deve suportar diversas plataformas computacionais para a sua execução. Em particular, deve ser capaz de ser executado em plataformas normalmente utilizadas em soluções ATM, tais como: plataforma MS-Windows NT e plataformas Unix: SUN Solaris, IBM AIX, Linux, entre outras;
- **Interação com Plataformas de Gerenciamento:** para fornecer serviços de gerenciamento aos usuários da rede, o agente deve ser capaz de interagir com as plataformas de gerenciamento utilizadas na rede ATM.

O administrador de uma instituição ligada a um *backbone* ATM não deve ser capaz de visualizar informações de outras instituições ligadas a esta mesma rede, nem deve ser capaz de executar operações de gerenciamento que interfiram no funcionamento global da rede ou da parte acessada por outra instituição. A questão da segurança é, portanto, fundamental para o oferecimento de um serviço de gerenciamento CNM e a arquitetura deve atender aos seguintes requisitos:

- **Autenticação:** todo acesso de um usuário ao serviço CNM deve ser corretamente identificado; o agente deve garantir que a identificação do usuário não é falsa;
- **Controle de Acesso:** o acesso do usuário de uma dada instituição deve ser restrito aos serviços e componentes da rede relacionados à instituição à qual ele pertence. O agente deve controlar o acesso do usuário, restringindo seu acesso, baseado no perfil associado a cada usuário autenticado.
- **Confidencialidade:** o tráfego dos dados entre o agente e os gerentes CNM deve ser criptografado, garantindo o sigilo das operações e dados de gerenciamento;
- **Integridade:** deve haver mecanismos que garantam que as informações de gerenciamento não sejam modificadas no trajeto entre um gerente e um agente.

1.3 Particionamento da rede e perfil dos usuários do sistema

O perfil dos usuários do sistema contém as informações necessárias para o controle de acesso dos sistemas de gerenciamento CNM, tais como: a visão lógica da rede e o nível funcional associado a cada usuário. Tais informações compõem o perfil de cada usuário no sistema.

Para definir a visão lógica de cada usuário, foi utilizada uma representação da rede baseada na teoria de grafos. Matematicamente a rede pode ser representada através de um grafo não dirigido $R=(V, A)$ onde:

$$V = \{ v_k \mid k = 1, \dots, n \} = \text{conjunto dos } n \text{ vértices (ou nós) de } R$$

$$A = \{ a_{ij} \mid i=1, \dots, n-1, j=i+1, \dots, n \text{ e } a_{ij} \text{ representa o enlace entre } v_i \text{ e } v_j \} = \\ = \text{conjunto dos enlaces de } R$$

conforme pode ser visto na Figura 1-3.

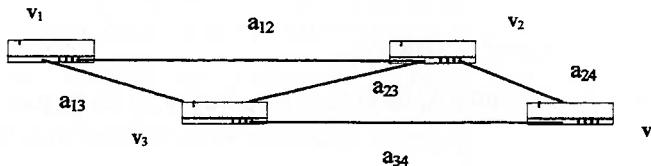


Figura 1-3: Grafo representando uma rede ATM

Como cada instituição e_i utiliza uma parte da rede ATM, o particionamento lógico da rede pode ser representado através de subgrafos $R'_i=(V'_i, A'_i)$, onde $V'_i \subset V$, $A'_i \subset A$ e $U R'_i = R$. Sendo assim, R'_i corresponde à visão lógica da rede associada a uma instituição e_i . Os usuários do sistema estão sempre associados a uma instituição e , portanto, associados a uma visão lógica.

Representando os conjuntos V e A definidos acima como tabelas de uma base de dados, juntamente com tabelas descrevendo os usuários e instituições do sistema, é possível representar as redes lógicas $R'_i=(V'_i, A'_i)$ como relacionamentos entre estas tabelas. A Figura 1-4 apresenta o modelo Entidade-Relacionamento destas tabelas.

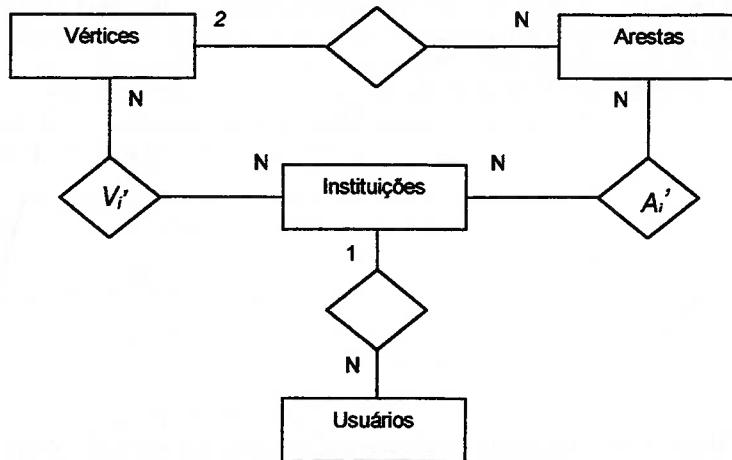


Figura 1-4: Modelo E-R representando redes lógicas $R'_i = (V'_i, A'_i)$

Portanto, o subgrafo R'_i , correspondente à visão lógica da rede particular de uma dada instituição e_i , é representada pelos relacionamentos entre a tabela das instituições e as tabelas de vértices e arestas. Através do relacionamento entre a tabela de usuários e a tabela de instituições, tem-se a relação entre os usuários do sistema e as visões lógicas da rede.

Por fim, a tabela de usuários deve indicar o nível funcional associado a cada usuário do sistema, completando o perfil dos usuários.

2. Descrição da Arquitetura Proposta

A arquitetura proposta segue uma arquitetura de aplicações via web. O agente CNM é composto por um servidor web e diversos scripts, denominados componentes funcionais, que executam as operações de gerenciamento CNM através de interação com a plataforma de gerenciamento ATM. A comunicação

entre os servidor web e os componentes funcionais é feita através do padrão CGI (Common Gateway Interface [4]). Associado aos componentes funcionais há um conjunto de bases de dados, contendo o perfil dos usuários do sistema e as redes lógicas associadas ao perfil dos usuários. Para o acesso ao agente CNM, a arquitetura define um gerente CNM, composto por páginas HTML (HyperText Markup Language) tradicionais, visualizadas através de um browser padrão.

2.1 Módulos da arquitetura

Conforme pode ser visto na Figura 2-1, a arquitetura do agente é composta pelos seguintes módulos:

- Um servidor web;
- Um conjunto de scripts, denominados componentes funcionais, composto por diversas bibliotecas de funções;
- Browsers web para acesso ao sistema.

As funções dos módulos da arquitetura proposta são apresentadas a seguir.

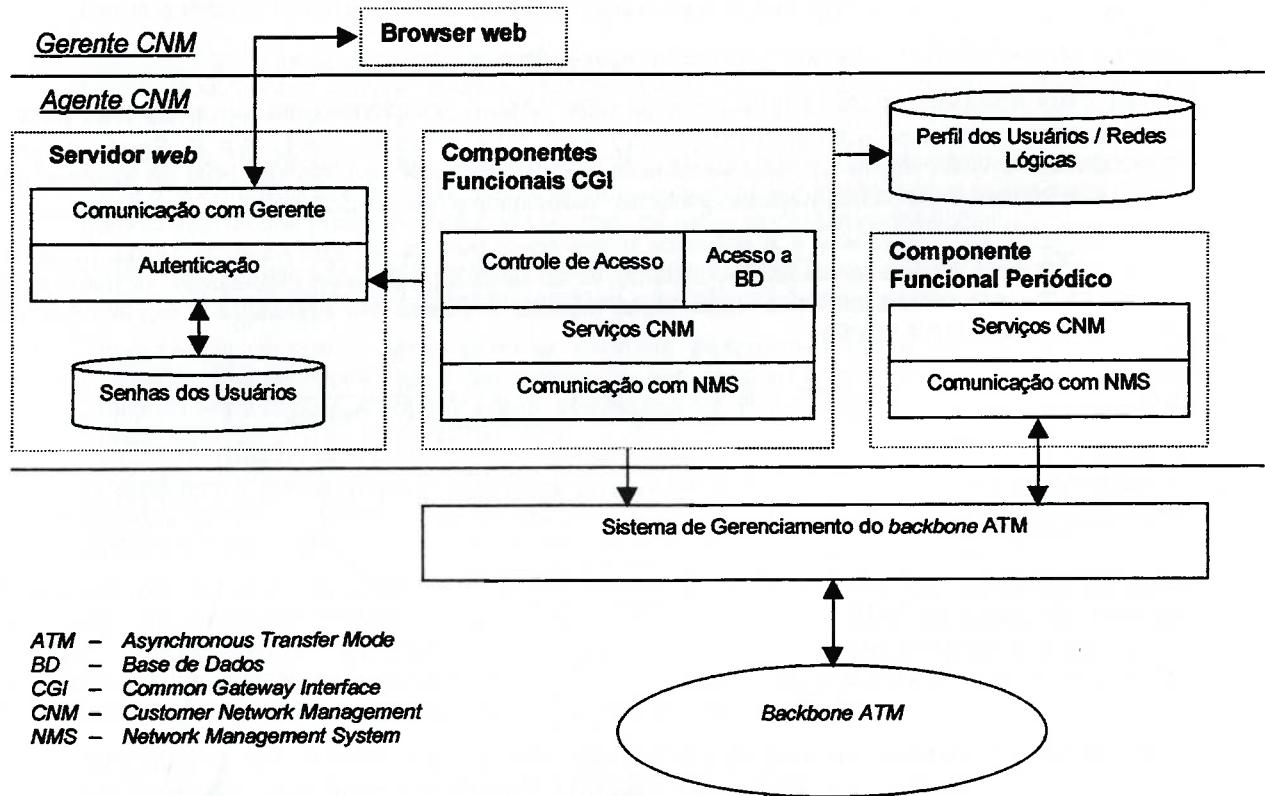


Figura 2-1: Módulos da arquitetura de gerenciamento da solução CNM proposta

2.1.1 Servidor Web

Dentro da arquitetura proposta, o servidor web encarrega-se das seguintes funções:

- Comunicação com o gerente: a arquitetura utiliza o protocolo HTTPS para a comunicação entre o gerente e o agente, garantindo uma conexão criptografada para o tráfego dos dados;
- Autenticação: a arquitetura utiliza os mecanismos de autenticação definidos no protocolo HTTP. Através da configuração do servidor web, todo o acesso a páginas e scripts CGI requer autenticação, e os scripts CGI somente são executados se a autenticação for bem-sucedida.

As informações necessárias para a autenticação dos usuários junto ao servidor web ficam em uma base de dados própria do servidor e não na base de dados do perfil do usuário.

2.1.2 Gerente CNM

O gerente do sistema é composto por um *browser* HTML padrão, sendo responsável pela interface homem-máquina da solução (composta por páginas HTML simples e imagens) e pela comunicação com o agente CNM.

Não foi utilizado nenhum tipo de função que exija o processamento do lado do gerente, tais como linguagens de *scripts* (*Javascript*, *Vbscript*), concentrando-se as funcionalidades no agente. Desta maneira, evita-se a restrição da solução a implementações particulares de *browsers* e a ocorrência, também, de problemas com versões de linguagens de *scripts* implementadas nos *browsers*.

2.1.3 Componentes Funcionais

Os componentes funcionais são responsáveis pelas funcionalidades de gerenciamento CNM do agente. A arquitetura do agente é composta por dois tipos de componentes funcionais:

- **Componentes CGI:** funções que requerem interação com os usuários do sistema. Os componentes CGI são executados somente quando é feita uma requisição, através de um *browser*, utilizando parâmetros fornecidos pelos usuários;
- **Componente Periódico:** funções que devem ser executadas de forma periódica, sem interação com o usuário. Como não há interação com usuários (o componente periódico é executado pelo sistema operacional), seus parâmetros de execução devem ser definidos em arquivos de configuração.

A interação entre estes componentes pode ser vista na Figura 2-2. Conforme visto, todo o acesso dos usuários ao sistema é feito através de um *browser*, sendo a requisição recebida pelo servidor web (item 1a da Figura 2-2). O servidor web executa a autenticação do usuário (2a); caso a autenticação seja bem-sucedida, o servidor web, através do padrão CGI, passa a requisição para um componente CGI (3a), que deve executar as funções de controle de acesso aos serviços CNM (4a). Se a requisição demandar uma interação imediata do sistema com a rede, o componente CGI encarrega-se de interagir com a plataforma de gerenciamento (5a), devolvendo os resultados desta interação ao *browser*. Caso a requisição envolva a definição de coletas periódicas de dados ou a verificação de alarmes, o componente CGI encarrega-se de alterar os arquivos de configuração do componente periódico (5b) de maneira que, na próxima execução periódica, sejam utilizadas as novas definições de coleta de dados e alarmes. Uma requisição ao componente CGI pode envolver, também, a geração de gráficos ou relatórios baseados em dados coletados periodicamente; neste caso, o componente CGI deve acessar os arquivos com estes dados (5c).

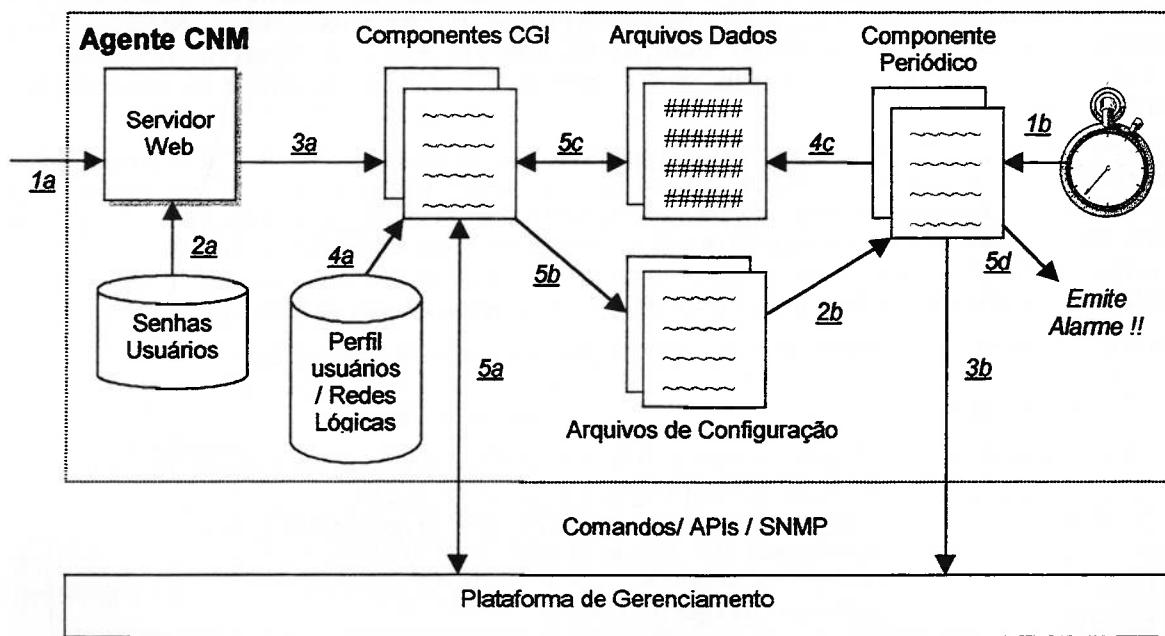


Figura 2-2: Fluxo Interno do Agente CNM

O componente periódico, por sua vez, é executado pelo sistema operacional (1b). Através dos arquivos de configuração, o componente periódico verifica quais as variáveis devem ser coletadas (2b),

interagindo com a plataforma de gerenciamento para obter os valores destas variáveis (3b). Os valores coletados são, então, armazenados em arquivos de dados para uso posterior (4c) do componente CGI. Se houver algum alarme definido para uma dada variável, o componente periódico verifica os limites definidos e, caso seja necessário, emite um alarme (5d).

2.1.3.1 Componente CGI

Os componentes CGI são compostos por um conjunto de *scripts* CGI, onde as funcionalidades do sistema são implementadas através de bibliotecas de funções. De maneira geral, os *scripts* devem executar os passos descritos na Tabela 2-1, de acordo com a ordem apresentada

Camada de Funções	Passo executado
Comunicação com gerente	Valida os parâmetros enviados pelo <i>browser</i> do gerente.
Controle de Acesso	Verifica se o usuário tem permissão para executar a função.
	Se o acesso não for permitido, então regista no <i>log</i> a operação requisitada pelo gerente e o porquê do erro e retorna mensagem de erro ao gerente.
	No caso de acesso permitido, continua execução.
Serviços CNM	Registra no <i>log</i> a função requisitada.
	Executa a função.
Comunicação com gerente	Retorna o resultado para o gerente.

Legenda: CNM Customer Network Management

Tabela 2-1: Passos da execução de um *script* CGI genérico do sistema no agente

Através do padrão CGI [4], os componentes CGI recebem do servidor web os parâmetros enviados pelo gerente CNM (via *browser*), bem como a identificação do usuário dentro do sistema, de acordo com a autenticação executada.

2.1.3.2 Componente Periódico

O componente periódico é composto por um *script* que é executado pelo sistema operacional. Assim como no componente CGI, as suas funcionalidades são implementadas através de bibliotecas de funções, uma vez que compartilha funções com o componente CGI (em particular as bibliotecas de funções de comunicação com a plataforma de gerenciamento). Dentro do componente periódico não há necessidade de controle de acesso ou autenticação, uma vez que os arquivos de configuração do sistema só podem ser alterados através do componente CGI, que se encarrega da autenticação e controle de acesso.

Como cada elemento da rede pode ser compartilhado por diversas instituições, elas podem definir alarmes e relatórios para uma mesma variável em um mesmo elemento da rede (por exemplo, um *switch ATM*). Para cada execução do componente periódico, as variáveis de cada elemento da rede devem ser coletadas uma única vez, minimizando interações com a plataforma de gerenciamento. É responsabilidade do componente periódico ordenar a coleta de informações, de maneira que a freqüência da coleta seja minimizada para não interferir no funcionamento da rede.

A Tabela 2-2 resume as operações a serem executadas pelo componente periódico.

Camada de Funções	Passo executado
Coleta Periódica	Coleta os valores das variáveis monitoradas nos diversos elementos da rede, conforme arquivos de configuração.
Alarmes	Para cada variável monitorada, verifica se há um alarme definido. Se houver um alarme definido e se os limites deste alarme foram atingidos, então notifica a instituição correspondente e gera uma entrada nos <i>logs</i> do sistema.
Armazenamento dos dados	Armazena os dados coletados, que podem ser utilizados para a geração de relatórios e gráficos quando necessário.

Tabela 2-2: Passos da execução do componente periódico

2.1.4 Bibliotecas de funções do sistema

As bibliotecas de funções são responsáveis por implementar as funcionalidades do sistema, sendo utilizadas pelos componentes funcionais. A divisão em bibliotecas visa facilitar a adição e alteração de funcionalidades; a Tabela 2-3 lista as bibliotecas definidas na arquitetura.

Biblioteca de Controle de acesso	Biblioteca de Interface com a Plataforma de Gerenciamento
Biblioteca de Alarmes	Biblioteca de Interface com a base de perfis dos usuários
Biblioteca de scripts CGI	Biblioteca de Gerenciamento de Configuração
Biblioteca de Logs	Biblioteca de Gráficos e Relatórios
Biblioteca de Coleta periódica	

Tabela 2-3: Bibliotecas de funções do sistema

3. Implementação do sistema

Foram implementadas diversas operações de gerenciamento CNM. Conforme visto na especificação de requisitos, nem todos os usuários tem acesso a todas as operações do sistema; o nível funcional associado aos usuários determina quais operações do sistema eles podem ter acesso.

Foram definidos no sistema dois níveis funcionais para os usuários:

- a) Básico: usuários com poucos conhecimentos de ATM; as funções do sistema mascaram terminologias e parâmetros específicos do ATM e permitem apenas a monitoração dos elementos de rede. Um usuário com nível funcional básico pode visualizar apenas alguns dados e ter acesso às seguintes operações:
 - Visualizar configuração de enlaces e *switches* (apenas as informações genéricas dos grupos *system* e *interfaces* da MIB-II);
 - Gerar relatórios e visualizar gráficos de dados coletados periodicamente;
 - Visualizar alarmes definidos;
 - Visualizar *logs*.
- b) Avançado: usuários com conhecimento de ATM, podem se beneficiar do acesso a informações particulares da tecnologia, tais como a tabela de comutação dos *switches*. Um usuário com nível funcional avançado pode, além das operações do usuário básico:
 - Definir coletas periódicas;
 - Definir alarmes;
 - Visualizar tabelas de comutação dos *switches* e informações sobre os VPLs e VCLs.

Em relação aos alarmes do sistema, foram definidos dois tipos de notificações, podendo ser enviados um *e-mail* e/ou uma *trap* SNMP quando da ocorrência de um alarme definido.

3.1 Ambiente de Desenvolvimento

A implementação do sistema foi feita em um ambiente composto pelos seguintes softwares:

- Red Hat Linux 7.0;
- Perl 5.6.0;
- Apache 1.3.12.

Como o escopo do trabalho foi o gerenciamento de redes ATM, foram utilizadas algumas ferramentas disponíveis na Internet, de maneira a concentrar o desenvolvimento nas características de gerenciamento de redes ATM e nas funções de um gerenciamento CNM.

- RRDTool 1.0.28: é um utilitário desenvolvido em Perl e C que armazena de forma consolidada dados coletados periodicamente, bem como permite a geração de gráficos e relatórios com estes dados. É utilizado junto ao componente periódico, para o armazenamento dos dados coletados e, junto aos componentes CGI, para a geração dos gráficos [5];

- Mod-SSL: através deste módulo, o servidor Apache pode utilizar o protocolo SSL, oferecendo o serviço de HTTPS. São garantidos os requisitos de confidencialidade exigidos pelo serviço CNM.

3.2 Implantação e Testes

De maneira a testar o agente em um ambiente real, ele foi implementado dentro do âmbito da Rede Metropolitana de Alta Velocidade de São Paulo (RMAV-SP [3]), formada por um *backbone* ATM interligando diversas instituições de pesquisa, tais como LARC-USP, CCE-USP, FAPESP, PUC-SP, INCOR, UNIFESP-EPM e contando com o apoio da Telefonica e Net-SP como provedores do meio.

Há, na RMAV-SP, a necessidade de um gerenciamento CNM, uma vez que diversas instituições encontram-se conectadas a um *backbone* ATM, gerenciado por uma única instituição (atualmente o LARC-USP). Como este *backbone* é compartilhado por diversas instituições, é necessário fornecer aos integrantes do consórcio informações relativas ao seu gerenciamento. Não há, no entanto, nenhuma ferramenta na plataforma de gerenciamento adotada na RMAV-SP (Tivoli Netview) que possa atender aos requisitos de um sistema de gerenciamento CNM.

Para oferecer um gerenciamento CNM aos integrantes do consórcio RMAV-SP, é necessário que o agente criado seja capaz de interagir com a plataforma Netview, utilizando-se das ferramentas da plataforma para complementar as funcionalidades necessárias ao gerenciamento.

Na RMAV-SP, é utilizado o protocolo SNMP para a comunicação entre a estação de gerenciamento e os elementos da rede. O serviço de *Classical IP over ATM* (CLIP) é utilizado para o encapsulamento das primitivas SNMP em células ATM, sendo utilizados SVCs (Switched Virtual Circuits) na comunicação entre o gerente SNMP e os agentes presentes nos dispositivos gerenciados.

3.2.1 Arquitetura de Teste

A topologia da rede ATM utilizada para os testes pode ser vista na Figura 3-1, onde $V = \{ v_k | k=1, \dots, 9 \}$ representa o conjunto dos switches da RMAV-SP e $A = \{ a_i | i=1, \dots, 10 \}$, o conjunto dos enlaces da RMAV-SP [3].

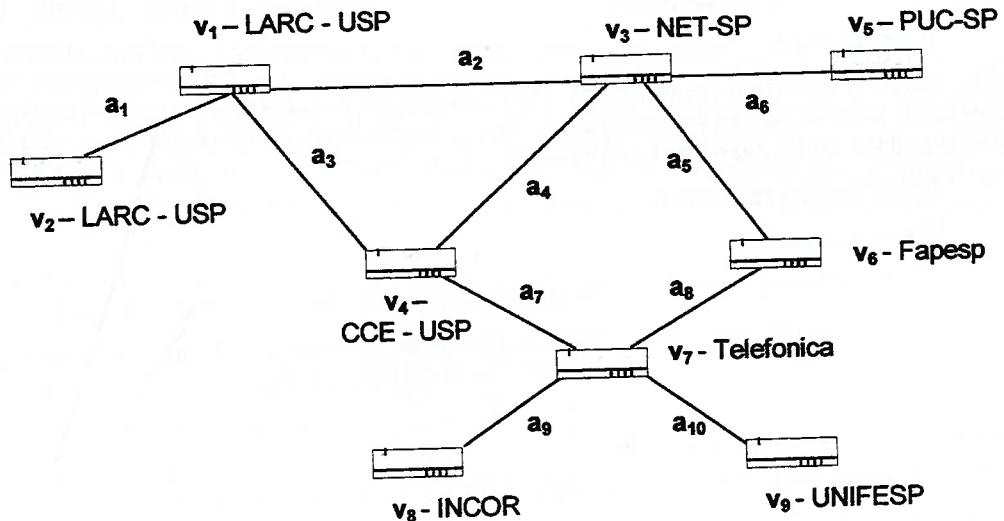


Figura 3-1: Topologia da RMAV-SP

O particionamento lógico da rede foi determinado em função dos participantes do consórcio, conforme a Tabela 3-1.

Instituição	Vértices da Instituição	Arestas da Instituição
LARC-USP	v_1, v_2	a_1, a_2, a_3
CCE-USP	v_4	a_3, a_4, a_7
INCOR	v_8	a_9
UNIFESP	v_9	a_{10}
PUC-SP	v_5	a_6
FAPESP	v_6	a_5, a_8
Telefonica	v_7	a_7, a_8, a_9, a_{10}
NET-SP	v_3	a_2, a_4, a_5, a_6

Tabela 3-1: Particionamento lógico da RMAV-SP

A partir da Tabela 3-1 foram definidas as relações entre as instituições, vértices e tabelas, conforme o modelo Entidade-Relacionamento definido na Figura 1-4.

Para os testes foram escolhidas duas instituições distintas e foram definidos dois usuários para cada instituição testada, sendo um com um nível funcional básico definido em seu perfil de acesso e outro com nível funcional avançado. Sendo assim, foram testadas não apenas as operações de gerenciamento CNM, como também foi possível verificar se o sistema estava executando corretamente o partitionamento da rede de acordo com a visão lógica definida para cada usuário/instituição e se o sistema restringe corretamente o acesso dos usuários aos elementos de rede definidos pela respectiva visão lógica. Além disso, como nem todas as operações descritas podem ser executadas pelo usuário básico, os testes serviram, também, para testar o controle de acesso do sistema às operações definidas pelo nível funcional dos usuários.

3.2.2 Resultados

Com essa implementação foi possível validar a arquitetura proposta. A arquitetura implementada atende aos requisitos gerais apresentados anteriormente, fornecendo níveis funcionais distintos para os usuários, interface gráfica de fácil uso para pessoas acostumadas a navegar em páginas HTML, bem como mecanismos para o controle de acesso dos usuários às informações e às operações do sistema, de acordo com a configuração dos níveis funcionais e o partitionamento das informações da rede ATM.

Para a implementação do partitionamento da rede ATM foi necessário mapear a topologia da rede, descrita em forma de um grafo não-dirigido, para um formato apropriado para o armazenamento em uma base de dados relacional. O método utilizado para este mapeamento pode ser visto em 1.3 e 3.2.1.

As funcionalidades do sistema foram implementadas utilizando exclusivamente as bibliotecas de funções definidas pela arquitetura: os scripts CGIs foram responsáveis apenas pelas chamadas destas funções e pela formatação dos resultados obtidos em páginas HTML (formulários, gráficos e/ou páginas simples), enquanto que o componente funcional apenas controla a ordem de chamada das funções. Com isto, foi possível verificar que as funções especificadas permitem a definição de praticamente todas as funcionalidades da arquitetura dos níveis básico e avançado.

Em relação à segurança, foi possível controlar o acesso às informações apresentadas pelo sistema, de acordo com o partitionamento da rede definido. Além disso, utilizando o protocolo SNMP dentro da rede ATM e o protocolo HTTPS entre o gerente e o agente CNM, foi possível suplantar os problemas de segurança inerentes ao protocolo SNMP (de confidencialidade e integridade dos dados trafegados) na porção externa do *backbone* ATM (o HTTPS possui mecanismos para garantir a confidencialidade e integridade dos dados transmitidos).

A princípio, a utilização do SNMP internamente pode parecer insegura, uma vez que é possível para uma estação ligada a rede ATM fazer-se passar pela estação de gerenciamento (não está previsto no padrão do CLIP ou LANE (*LAN Emulation*) nenhum mecanismo que controle qual endereço IP uma estação pode utilizar). No entanto, pode-se fazer duas observações a este respeito:

- A porção mais crítica em termos de segurança, do ponto de vista dos usuários do serviço CNM, é entre os gerentes e o agente CNM, pois internamente assume-se que a segurança é de responsabilidade do provedor do serviço. Dentro da arquitetura proposta, a utilização de HTTPS entre o agente e o gerente soluciona este problema;
- As características da tecnologia ATM podem ser utilizadas para melhorar a segurança interna: através da configuração de PVCs (*Permanent Virtual Circuits*) e SPVCs (*Semi-Permanent Virtual Circuits*) entre os elementos da rede e o gerente, restringe-se a possibilidade de uma

estação qualquer emular a estação de gerenciamento pois, para tanto, necessaria obter o mesmo endereço ATM e reconfigurar os PVCs e/ou SPVCs nos elementos da rede, além de necessitar do mesmo endereço IP da estação de gerenciamento.

4. Conclusões Finais

Conforme visto, os três primeiros objetivos vistos em 1 foram atendidos através de uma arquitetura via web, uma vez que o acesso às informações de gerenciamento da rede ATM é feito sem necessitar que as instituições usuárias da rede ATM possuam estas ferramentas. O seu uso é facilitado pela interface homem-máquina baseada em HTML, familiar a usuários pela similaridade com a navegação em páginas web na Internet.

Através da arquitetura e das funções definidas no trabalho, os dois últimos objetivos são atendidos. A estruturação modular da arquitetura proposta e o isolamento de particularidades de implementação em bibliotecas de funções permite facilmente agregar ou modificar funcionalidades sem a necessidade de alterações profundas em todo o sistema. Através da definição do perfil dos usuários, contendo quais operações cada usuário pode executar (ou seja, o nível funcional associado ao usuário) e quais elementos cada usuário pode monitorar (a rede lógica associada à instituição do usuário), há um controle sobre as operações que podem impactar o funcionamento da rede. Além disso, concentrando a coleta das informações no componente periódico, o sistema pode ordenar e minimizar as interações com a plataforma de gerenciamento, minimizando a possibilidade de impacto no desempenho da rede devido a excesso de tráfego de gerenciamento.

Baseado na arquitetura proposta, foi implementado um protótipo do sistema, sendo possível verificar o seu comportamento em uma rede de produção. Através do protótipo, foi possível monitorar estatísticas da rede ATM e receber alarmes, a partir de eventos definidos no sistema. O protótipo foi implementado e implantado em sistemas operacionais diferentes (Linux e AIX, respectivamente), utilizando plataformas de gerenciamento distintas (dados lidos de arquivos-texto com informações coletadas e dados lidos diretamente da rede ATM, através de plataforma Netview).

Um outro resultado obtido com este trabalho foram as representações das visões lógicas de uma rede ATM. Através da teoria de grafos, foi definido no trabalho uma maneira de se representar a topologia das visões lógicas intuitivamente, a partir da topologia da rede. Esta representação em grafos é convertida para uma representação mais apropriada para o processamento do sistema, através de bases de dados relacionais.

5. Bibliografia

- [1] ABUSAMRA, J. ATM Net Management: Missing Pieces. *Data Communications*, Maio, 1998. Disponível em <http://www.data.com/tutorials/missing.html>. Acessado em 01/08/2000.
- [2] ATM FORUM. Customer Network Management (CNM) for ATM public network service (M3 specification). October, 1994. Disponível em <ftp://ftp.atmforum.com/pub/approved-specs/af-nm-0019.000>. Acessado em 22/12/2000.
- [3] CARVALHO, T.C.M.B., RUGGIERO, W.V., REDIGOLI, F.F., et. al. RMAV-SP: Implantação e Utilização da Internet 2 de São Paulo. *II Workshop RNP2*. Belo Horizonte: Setembro, 2000.
- [4] NCSA. The Common Gateway Interface. Disponível em <http://hoohoo.ncsa.uiuc.edu/cgi>. Acessado em 22/12/2000.
- [5] OETIKER, TOBI. RRDTool Documentation. Disponível em <http://ee-staff.ethz.ch/~oetiker/webtools/rrdtool>. Acessado em 22/12/2000.

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PCS/9301 - Interligação de Processadores através de Chaves Ómicron - GERALDO LINO DE CAMPOS, DEMI GETSCHKO
- BT/PCS/9302 - Implementação de Transparência em Sistema Distribuído - LUÍSA YUMIKO AKAO, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9303 - Desenvolvimento de Sistemas Especificados em SDL - SIDNEI H. TANO, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/9304 - Um Modelo Formal para Sistemas Digitais à Nível de Transferência de Registradores - JOSÉ EDUARDO MOREIRA, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/9305 - Uma Ferramenta para o Desenvolvimento de Protótipos de Programas Concorrentes - JORGE KINOSHITA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9306 - Uma Ferramenta de Monitoração para um Núcleo de Resolução Distribuída de Problemas Orientado a Objetos - JAIME SIMÃO SICHMAN, ELERI CARDOSO
- BT/PCS/9307 - Uma Análise das Técnicas Reversíveis de Compressão de Dados - MÁRIO CESAR GOMES SEGURA, EDIT GRASSIANI LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9308 - Proposta de Rede Digital de Sistemas Integrados para Navio - CESAR DE ALVARENGA JACOBY, MOACYR MARTUCCI JR.
- BT/PCS/9309 - Sistemas UNIX para Tempo Real - PAULO CESAR CORIGLIANO, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9310 - Projeto de uma Unidade de Matching Store baseada em Memória Paginada para uma Máquina Fluxo de Dados Distribuído - EDUARDO MARQUES, CLAUDIO KIRNER
- BT/PCS/9401 - Implementação de Arquiteturas Abertas: Uma Aplicação na Automação da Manufatura - JORGE LUIS RISCO BECERRA, MOACYR MARTUCCI JR.
- BT/PCS/9402 - Modelamento Geométrico usando do Operadores Topológicos de Euler - GERALDO MACIEL DA FONSECA, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9403 - Segmentação de Imagens aplicada a Reconhecimento Automático de Alvos - LEONCIO CLARO DE BARROS NETO, ANTONIO MARCOS DE AGUIRRA MASSOLA
- BT/PCS/9404 - Metodologia e Ambiente para Reutilização de Software Baseado em Composição - LEONARDO PUJATTI, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9405 - Desenvolvimento de uma Solução para a Supervisão e Integração de Células de Manufatura Discreta - JOSÉ BENEDITO DE ALMEIDA, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/9406 - Método de Teste de Sincronização para Programas em ADA - EDUARDO T. MATSUDA, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/9407 - Um Compilador Paralelizante com Detecção de Paralelismo na Linguagem Intermediária - HSUEH TSUNG HSIANG, LÍRIA MATSUMOTO SAITO
- BT/PCS/9408 - Modelamento de Sistemas com Redes de Petri Interpretadas - CARLOS ALBERTO SANGIORGIO, WILSON V. RUGGIERO
- BT/PCS/9501 - Síntese de Voz com Qualidade - EVANDRO BACCI GOUVÊA, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9502 - Um Simulador de Arquiteturas de Computadores "A Computer Architecture Simulator" - CLAUDIO A. PRADO, WILSON V. RUGGIERO
- BT/PCS/9503 - Simulador para Avaliação da Confiabilidade de Sistemas Redundantes com Reparo - ANDRÉA LUCIA BRAGA, FRANCISCO JOSÉ DE OLIVEIRA DIAS
- BT/PCS/9504 - Projeto Conceitual e Projeto Básico do Nível de Coordenação de um Sistema Aberto de Automação, Utilizando Conceitos de Orientação a Objetos - NELSON TANOMARU, MOACYR MARTUCCI JUNIOR
- BT/PCS/9505 - Uma Experiência no Gerenciamento da Produção de Software - RICARDO LUIS DE AZEVEDO DA ROCHA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9506 - MétodOO - Método de Desenvolvimento de Sistemas Orientado a Objetos: Uma Abordagem Integrada à Análise Estruturada e Redes de Petri - KECHI HIRAMA, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/9601 - MOOPP: Uma Metodologia Orientada a Objetos para Desenvolvimento de Software para Processamento Paralelo - ELISA HATSUE MORIYA HUZITA, LÍRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/9602 - Estudo do Espalhamento Brillouin Estimulado em Fibras Ópticas Monomodo - LUIS MEREGE SANCHES, CHARLES ARTUR SANTOS DE OLIVEIRA
- BT/PCS/9603 - Programação Paralela com Variáveis Compartilhadas para Sistemas Distribuídos - LUCIANA BEZERRA ARANTES, LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/9604 - Uma Metodologia de Projeto de Redes Locais - TEREZA CRISTINA MELO DE BRITO CARVALHO, WILSON VICENTE RUGGIERO

- BT/PCS/9605 - Desenvolvimento de Sistema para Conversão de Textos em Fonemas no Idioma Português - DIMAS TREVIZAN CHBANE, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9606 - Sincronização de Fluxos Multimídia em um Sistema de Videoconferência - EDUARDO S. C. TAKAHASHI, STEFANIA STIUBIENER
- BT/PCS/9607 - A importância da Completeza na Especificação de Sistemas de Segurança - JOÃO BATISTA CAMARGO JÚNIOR, BENÍCIO JOSÉ DE SOUZA
- BT/PCS/9608 - Uma Abordagem Paraconsistente Baseada em Lógica Evidencial para Tratar Exceções em Sistemas de Frames com Múltipla Herança - BRÁULIO COELHO ÁVILA, MÁRCIO RILLO
- BT/PCS/9609 - Implementação de Engenharia Simultânea - MARCIO MOREIRA DA SILVA, MOACYR MARTUCCI JÚNIOR
- BT/PCS/9610 - Statecharts Adaptativos - Um Exemplo de Aplicação do STAD - JORGE RADY DE ALMEIDA JUNIOR, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9611 - Um Meta-Editor Dirigido por Sintaxe - MARGARETE KEIKO IWAI, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9612 - Reutilização em Software Orientado a Objetos: Um Estudo Empírico para Analisar a Dificuldade de Localização e Entendimento de Classes - SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF, PEDRO ALEXANDRE DE OLIVEIRA GIOVANI
- BT/PCS/9613 - Representação de Estruturas de Conhecimento em Sistemas de Banco de Dados - JUDITH PAVÓN MENDONZA, EDIT GRASSIANI LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9701 - Uma Experiência na Construção de um Tradutor Inglês - Português - JORGE KINOSHITA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9702 - Combinando Análise de "Wavelet" e Análise Entrópica para Avaliar os Fenômenos de Difusão e Correlação - RUI CHUO HUEI CHIOU, MARIA ALICE G. V. FERREIRA
- BT/PCS/9703 - Um Método para Desenvolvimento de Sistemas de Computacionais de Apoio a Projetos de Engenharia - JOSÉ EDUARDO ZINDEL DEBONI, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/9704 - O Sistema de Posicionamento Global (GPS) e suas Aplicações - SÉRGIO MIRANDA PAZ, CARLOS EDUARDO CUGNASCA
- BT/PCS/9705 - METAMBI-OO - Um Ambiente de Apoio ao Aprendizado da Técnica Orientada a Objetos - JOÃO UMBERTO FURQUIM DE SOUZA, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/9706 - Um Ambiente Interativo para Visualização do Comportamento Dinâmico de Algoritmos - IZAURA CRISTINA ARAÚJO, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9707 - Metodologia Orientada a Objetos e sua Aplicação em Sistemas de CAD Baseado em "Features" - CARLOS CÉSAR TANAKA, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9708 - Um Tutor Inteligente para Análise Orientada a Objetos - MARIA EMÍLIA GOMES SOBRAL, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9709 - Metodologia para Seleção de Solução de Sistema de Aquisição de Dados para Aplicações de Pequeno Porte - MARCELO FINGUERMAN, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/9801 - Conexões Virtuais em Redes ATM e Escalabilidade de Sistemas de Transmissão de Dados sem Conexão - WAGNER LUIZ ZUCCHI, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/9802 - Estudo Comparativo dos Sistemas da Qualidade - EDISON SPINA, MOACYR MARTUCCI JR.
- BT/PCS/9803 - The VIBRA Multi-Agent Architecture: Integrating Purposive Vision With Deliberative and Reactive Planning - REINALDO A. C. BIANCHI, ANNA H. REALI C. RILLO, LELIANE N. BARROS
- BT/PCS/9901 - Metodologia ODP para o Desenvolvimento de Sistemas Abertos de Automação - JORGE LUIS RISCO BECCERRA, MOACYR MARTUCCI JUNIOR
- BT/PCS/9902 - Especificação de Um Modelo de Dados Bitemporal Orientado a Objetos - SOLANGE NICE ALVES DE SOUZA, EDIT GRASSIANI LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9903 - Implementação Paralela Distribuída da Dissecção Cartesiana Aninhada - HILTON GARCIA FERNANDES, LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/9904 - Metodologia para Especificação e Implementação de Solução de Gerenciamento - SERGIO CLEMENTE, TEREZA CRISTINA MELO DE BRITO CARVALHO
- BT/PCS/9905 - Modelagem de Ferramenta Hipermídia Aberta para a Produção de Tutoriais Interativos - LEILA HYODO, ROMERO TORI
- BT/PCS/9906 - Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com Dois Valores-LPA2v com Construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos - JOÃO I. DA SILVA FILHO, JAIR MINORÔ ABE
- BT/PCS/9907 - Modelo Nebuloso de Confiabilidade Baseado no Modelo de Markov - PAULO SÉRGIO CUGNASCA, MARCO TÚLIO CARVALHO DE ANDRADE
- BT/PCS/9908 - Uma Análise Comparativa do Fluxo de Mensagens entre os Modelos da Rede Contractual (RC) e Colisões Baseada em Dependências (CBD) - MÁRCIA ITO, JAIME SIMÃO SICHMAN

- BT/PCS/9909 – Otimização de Processo de Inserção Automática de Componentes Eletrônicos Empregando a Técnica de Times Assíncronos – CESAR SCARPINI RABAK, JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/9910 – MIISA – Uma Metodologia para Integração da Informação em Sistemas Abertos – HILDA CARVALHO DE OLIVEIRA, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/9911 – Metodologia para Utilização de Componentes de Software: um estudo de Caso – KAZUTOSI TAKATA, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/0001 – Método para Engenharia de Requisitos Norteados por Necessidades de Informação – ARISTIDES NOVELLI FILHO, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/0002 – Um Método de Escolha Automática de Soluções Usando Tecnologia Adaptativa – RICARDO LUIS DE AZEVEDO DA ROCHA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0101 – Gerenciamento Hierárquico de Falhas – JAMIL KALIL NAUFAL JR., JOÃO BATISTA CAMARGO JR.
- BT/PCS/0102 – Um Método para a Construção de Analisadores Morfológicos, Aplicado à Língua Portuguesa, Baseado em Autômatos Adaptativos – CARLOS EDUARDO DANTAS DE MENEZES, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0103 – Educação pela Web: Metodologia e Ferramenta de Elaboração de Cursos com Navegação Dinâmica – LUISA ALEYDA GARCIA GONZÁLEZ, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0104 – O Desenvolvimento de Sistemas Baseados em Componentes a Partir da Visão de Objetos – RENATA EVANGELISTA ROMARIZ RECCO, JOÃO BATISTA CAMARGO JÚNIOR
- BT/PCS/0105 – Introdução às Gramáticas Adaptativas – MARGARETE KEIKO IWAI, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0106 – Automação dos Processos de Controle de Qualidade da Água e Esgoto em Laboratório de Controle Sanitário – JOSÉ BENEDITO DE ALMEIDA, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/0107 – Um Mecanismo para Distribuição Segura de Vídeo MPEG – CÍNTIA BORGES MARGI, GRAÇA BESSAN, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0108 – A Dependence-Based Model for Social Reasoning in Multi-Agent Systems – JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/0109 – Ambiente Multilinguagem de Programação – Aspectos do Projeto e Implementação – APARECIDO VALDEMIR DE FREITAS, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0110 – LETAC: Técnica para Análise de Tarefas e Especificação de Fluxo de Trabalho Cooperativo – MARCOS ROBERTO GREINER, LUCIA VILELA LEITE FILGUEIRAS
- BT/PCS/0111 – Modelagem ODP para o Planejamento de Sistemas de Potência – ANIRIO SALLES FILHO, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/0112 – Técnica para Ajuste dos Coeficientes de Quantização do Padrão MPEG em Tempo Real – REGINA M. SILVEIRA, WILSON V. RUGGIERO
- BT/PCS/0113 – Segmentação de Imagens por Classificação de Cores: Uma Abordagem Neural – ALEXANDRE S. SIMÕES, ANNA REALI COSTA
- BT/PCS/0114 – Uma Avaliação do Sistema DSM Nautilus – MARIO DONATO MARINO, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/0115 – Utilização de Redes Neurais Artificiais para Construção de Imagem em Câmara de Cintilação – LUIZ SÉRGIO DE SOUZA, EDITH RANZINI
- BT/PCS/0116 – Simulação de Redes ATM – HSU CHIH WANG CHANG, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0117 – Application of Monoprocessed Architecture for Safety Critical Control Systems – JOSÉ ANTONIO FONSECA, JORGE RADY DE ALMEIDA JR.
- BT/PCS/0118 – WebBee – Um Sistema de Informação via WEB para Pesquisa de Abelhas sem Ferrão – RENATO SOUSA DA CUNHA, ANTONIO MOURA SARAIVA
- BT/PCS/0119 – Parallel Processing Applied to Robot Manipulator Trajectory Planning – DENIS HAMILTON NOMIYAMA, LÍRIA MATSUMOTO SATO, ANDRÉ RIYUITI HIRAKAWA
- BT/PCS/0120 – Utilização de Padrão de Arquitetura de Software para a Fase de Projeto Orientado a Objetos – CRISITINA MARIA FERREIRA DA SILVA, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/0121 – Agilizando Aprendizagem por Reforço Através do uso de Conhecimento sobre o Domínio – RENÉ PEGORARO, ANNA H. REALI COSTA
- BT/PCS/0122 – Modelo de Segurança da Linguagem Java Problemas e Soluções – CLAUDIO MASSANORI MATAYOSHI, WILSON VICENTE RUGGIERO

- BT/PCS/9909 – Otimização de Processo de Inserção Automática de Componentes Eletrônicos Empregando a Técnica de Times Assíncronos – CESAR SCARPINI RABAK, JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/9910 – MIISA – Uma Metodologia para Integração da Informação em Sistemas Abertos – HILDA CARVALHO DE OLIVEIRA, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/9911 – Metodologia para Utilização de Componentes de Software: um estudo de Caso – KAZUTOSI TAKATA, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/0001 – Método para Engenharia de Requisitos Norteados por Necessidades de Informação – ARISTIDES NOVELLI FILHO, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/0002 – Um Método de Escolha Automática de Soluções Usando Tecnologia Adaptativa – RICARDO LUIS DE AZEVEDO DA ROCHA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0101 – Gerenciamento Hierárquico de Falhas – JAMIL KALIL NAUFAL JR., JOÃO BATISTA CAMARGO JR.
- BT/PCS/0102 – Um Método para a Construção de Analisadores Morfológicos, Aplicado à Língua Portuguesa, Baseado em Autômatos Adaptativos – CARLOS EDUARDO DANTAS DE MENEZES, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0103 – Educação pela Web: Metodologia e Ferramenta de Elaboração de Cursos com Navegação Dinâmica – LUISA ALEYDA GARCIA GONZÁLEZ, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0104 – O Desenvolvimento de Sistemas Baseados em Componentes a Partir da Visão de Objetos – RENATA EVANGELISTA ROMARIZ RECCO, JOÃO BATISTA CAMARGO JÚNIOR
- BT/PCS/0105 – Introdução às Gramáticas Adaptativas – MARGARETE KEIKO IWAI, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0106 – Automação dos Processos de Controle de Qualidade da Água e Esgoto em Laboratório de Controle Sanitário – JOSÉ BENEDITO DE ALMEIDA, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/0107 – Um Mecanismo para Distribuição Segura de Vídeo MPEG – CÍNTIA BORGES MARGI, GRAÇA BESSAN, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0108 – A Dependence-Based Model for Social Reasoning in Multi-Agent Systems – JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/0109 – Ambiente Multilínguagem de Programação – Aspectos do Projeto e Implementação – APARECIDO VALDEMIR DE FREITAS, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0110 – LETAC: Técnica para Análise de Tarefas e Especificação de Fluxo de Trabalho Cooperativo – MARCOS ROBERTO GREINER, LUCIA VILELA LEITE FILgueiras
- BT/PCS/0111 – Modelagem ODP para o Planejamento de Sistemas de Potência – ANIRIO SALLES FILHO, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/0112 – Técnica para Ajuste dos Coeficientes de Quantização do Padrão MPEG em Tempo Real – REGINA M. SILVEIRA, WILSON V. RUGGIERO
- BT/PCS/0113 – Segmentação de Imagens por Classificação de Cores: Uma Abordagem Neural – ALEXANDRE S. SIMÕES, ANNA REALI COSTA
- BT/PCS/0114 - Uma Avaliação do Sistema DSM Nautilus – MARIO DONATO MARINO, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/0115 – Utilização de Redes Neurais Artificiais para Construção de Imagem em Câmara de Cintilação – LUIZ SÉRGIO DE SOUZA, EDITH RANZINI
- BT/PCS/0116 – Simulação de Redes ATM – HSU CHIH WANG CHANG, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0117 – Application of Monoprocessed Architecture for Safety Critical Control Systems – JOSÉ ANTONIO FONSECA, JORGE RADY DE ALMEIDA JR.
- BT/PCS/0118 – WebBee – Um Sistema de Informação via WEB para Pesquisa de Abelhas sem Ferrão – RENATO SOUSA DA CUNHA, ANTONIO MOURA SARAIVA
- BT/PCS/0119 – Parallel Processing Applied to Robot Manipulator Trajectory Planning – DENIS HAMILTON NOMIYAMA, LÍRIA MATSUMOTO SATO, ANDRÉ RIYUITI HIRAKAWA
- BT/PCS/0120 – Utilização de Padrão de Arquitetura de Software para a Fase de Projeto Orientado a Objetos – CRISITINA MARIA FERREIRA DA SILVA, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/0121 – Agilizando Aprendizagem por Reforço Através do uso de Conhecimento sobre o Domínio – RENÉ PEGORARO, ANNA H. REALI COSTA
- BT/PCS/0122 – Modelo de Segurança da Linguagem Java Problemas e Soluções – CLAUDIO MASSANORI MATAYOSHI, WILSON VICENTE RUGGIERO