

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA
COMPUTAÇÃO**

Judson Michel Cunha

**MODELO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO
PARA AMBIENTES DE REDES INDUSTRIAIS**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciências da Computação.

Prof. Alexandre Moraes Ramos, Dr.
Orientador

Florianópolis, Fevereiro de 2004.

MODELO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO PARA AMBIENTES DE REDES INDUSTRIAIS

Judson Michel Cunha

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Computação Área de Concentração de Sistemas de Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação.

Prof. Raul S. Wazlawick, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora

Prof. Alexandre Moraes Ramos, Dr.
Orientador

Profa. Elizabeth Sueli Specialski, Dra.

Prof. Marcello Thiry, Dr.

Prof. Raimundo Ghizoni Teive, Dr.

“À minha mãe Ingrit, minha irmã Lenaide e minha avó Lúcia, pelo amor e dedicação a minha formação pessoal e incentivo à busca do conhecimento. À Danúbia, pelo seu amor, carinho e amizade.”

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas contribuíram para a realização desse trabalho, às quais quero agradecer de maneira especial.

À minha família que estão sempre ao meu lado, pelo seu incentivo, pela sua dedicação à minha formação, e pela vida familiar e afetiva tanto nos bons quanto nos difíceis momentos da vida.

Em especial à Danúbia Vanzuíta. Pelo seu amor, afeto e companheirismo. Obrigado por me ouvir, acreditar em meus sonhos e fazer parte deles.

Ao professor Alexandre Moraes Ramos, meu orientador e amigo, que me apoiou e sempre esteve disposto a me ajudar e esclarecer as dúvidas.

Aos meus amigos, pessoas importantes que de alguma maneira ajudaram-me a superar obstáculos e seguir em frente.

Aos componentes da Banca, Profa. Elizabeth Sueli Specialski, Prof. Marcello Thiry e Raimundo Ghizoni Teive, pelas suas avaliações e sugestões apresentadas para a melhoria desse trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para minha formação acadêmica e pela elaboração dessa Dissertação de Mestrado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Problema.....	5
1.2 Objetivos	7
1.3 Justificativa.....	7
1.4 Metodologia.....	10
1.5 Limitação do Escopo.....	11
1.6 Estrutura do Trabalho.....	12
2. AMBIENTES INDUSTRIAIS E REDES INDUSTRIAIS.....	14
2.1 Processo Produtivo de Fabricação.....	17
2.2 O Problema da Integração nos Ambientes Industriais.....	20
2.2.1 Dificuldades de Integração.....	20
2.2.2 Benefícios da Integração.....	21
2.2.3 Fatores Motivacionais.....	22
2.3 Modelos Básicos de Redes Industriais.....	23
2.3.1 Modelo Proposto por Silveira.....	23
2.3.2 Modelo Proposto por Ferreira e Natale.....	25
2.3.3 Modelo Proposto por Marinho e Georgini.....	27
2.4 Modelos de Comunicação Utilizados.....	28
2.4.1 Modelo Mestre – Escravo.....	28
2.4.2 Modelo Correio.....	29
2.4.3 Modelo Diálogo	30
2.4.4 Modelo Difusão.....	31
2.5 Tecnologias das Redes Industriais.....	32
2.5.1 Foundation Fieldbus.....	33
2.5.2 Profibus.....	35
2.5.2.1 Profibus FMS (Fieldbus Message Specification).....	37
2.5.2.2 Profibus DP (Distributed Peripherals).....	37
2.5.2.3 Profibus PA (Process Automation).....	38
2.5.3 Interbus.....	38
2.5.4 Modbus.....	40
2.5.4.1 Modbus Modo ASCII.....	42
2.5.4.2 Modbus Modo RTU.....	43
2.5.5 AS-Interface.....	43

2.5.5.1	Protocolo ASI.....	46
2.5.6	Device Net.....	47
2.5.6.1	Mensagem Device Net – Protocolo CAN.....	48
2.5.7	Hart.....	49
2.5.8	ControlNet.....	50
2.5.9	SafetyBus.....	51
2.5.10	LonWorks.....	51
2.5.11	Rede Genius.....	51
2.6	Faixa de Aplicabilidade das Redes Industriais.....	52
2.7	Gerenciamento de Redes Industriais pelos Sistemas SCADA.....	53
2.7.1	Componentes dos Sistemas SCADA.....	57
2.7.2	Funcionalidades dos Sistemas SCADA.....	58
2.8	Considerações.....	59
3.	REDES DE TELECOMUNICAÇÕES E COMPUTADORES.....	60
3.1	Rede de Telecomunicações.....	60
3.2	Rede de Computadores e Internet.....	62
3.3	Gerência de Redes de Telecomunicações e Computadores.....	63
3.3.1	Modelo Básico de Gerenciamento.....	64
3.3.1.1	Objeto Gerenciado.....	65
3.3.1.2	Agente.....	65
3.3.1.3	Gerente.....	65
3.3.1.4	MIB.....	66
3.3.1.5	Protocolo de Gerenciamento.....	66
3.3.2	Dimensões da Gerência de Redes.....	66
3.3.3	Áreas Funcionais de Gerenciamento.....	67
3.3.4	Gerenciamento SNMP.....	68
3.3.4.1	Descrição do SNMP.....	69
3.3.4.2	Elementos do SNMP.....	70
3.3.4.2.1	Agentes.....	71
3.3.4.2.2	Gerentes.....	71
3.3.4.2.3	Management Information Base (MIB).....	72
3.3.4.2.3.1	Estrutura da MIB.....	72
3.3.4.3	Operações do SNMP.....	73
3.3.4.4	Formato de Mensagens SNMP.....	74
3.3.5	Gerenciamento TMN.....	76

3.3.5.1 Camadas da TMN.....	78
3.3.5.2 Arquitetura TMN.....	80
3.3.5.2.1 Arquitetura Funcional.....	80
3.3.5.2.1.1 Blocos Funcionais.....	80
3.3.5.2.1.2 Componentes Funcionais.....	81
3.3.5.2.1.3 Pontos de Referência.....	83
3.3.5.2.1.4 Função Comunicação de Dados (DFD).....	84
3.3.5.2.2 Arquitetura Física.....	84
3.3.5.2.3 Arquitetura de Informação.....	85
3.3.5.2.3.1 Objeto Gerenciado.....	86
3.4 Considerações.....	87
4. MODELO PROPOSTO.....	88
4.1 Analogia entre a FMN e a TMN.....	91
4.1.1 Analogia do Modelo de Camadas.....	91
4.1.2 Demais Semelhanças entre os Modelos.....	93
4.1.3 Aspectos da FMN e Analogia ao Modelo TMN.....	94
4.2 Arquitetura Funcional da FMN.....	95
4.2.1 Pontos de Referência.....	97
4.2.2 Blocos Funcionais da FMN.....	97
4.3 Arquitetura Física da FMN.....	98
4.3.1 Elementos da Arquitetura Física da FMN.....	100
4.4 Arquitetura de Informação da FMN.....	101
4.4.1 MIBs Industriais.....	102
4.5 Aplicabilidade da FMN nas Redes Industriais.....	106
4.5.1 FMN (MD/AG) → Dispositivos.....	106
4.5.2 FMN → Módulo TCP/IP (MDF/AGF) → Dispositivo.....	107
4.5.3 FMN → Dispositivo (MD/AG).....	108
4.4.5 Conclusões da Aplicabilidade do Modelo FMN.....	109
4.6 FMN e Sistemas SCADA	110
4.7 Comunicação da FMN sobre os Dispositivos.....	110
4.8 Considerações	112
5. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....	113
5.1 MIB Desenvolvida.....	114
5.2 Funcionalidades do CLP Check 5PA.....	115
5.3 Agente SNMP.....	116

5.4 Telas do Protótipo.....	: 117
5.5 Considerações.....	: 118
6. CONCLUSÕES.....	: 119
6.1 Trabalhos Futuros.....	: 121
7. BIBLIOGRAFIA.....	: 122

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Histórico da automação industrial	15
Figura 2 – Modelo de Rede Industrial	16
Figura 3 – Processo de fabricação	18
Figura 4 – Modelo de Ambiente Industrial segundo Silveira.....	24
Figura 5 – Modelo de Redes industriais segundo Ferreira e Natale	25
Figura 6 – Hierarquia de redes industriais proposto Marinho e Georgini.....	27
Figura 7 – Modelo Mestre – Escravo.....	29
Figura 8 – Modelo Correio.....	30
Figura 9 – Modelo Diálogo.....	31
Figura 10 – Modelo Difusão.....	31
Figura 11 – Tecnologias de Redes Industriais.....	32
Figura 12 – Rede Fieldbus HSE e H1.....	34
Figura 13 – Ambiente Fieldbus	34
Figura 14 – Rede Profibus FMS/PD/PA.....	36
Figura 15 – Topologia da Rede Interbus	39
Figura 16 – Protocolo Modbus	41
Figura 17 – PDU Modbus ASCII.....	42
Figura 18 – PDU Modbus RTU.....	43
Figura 19 – Ambiente AS-Interface	45
Figura 20 – Formato da Mensagem ASI.....	46
Figura 21 – Aplicações da Rede Device Net	47
Figura 22 – Formato da Mensagem Device Net.....	48
Figura 23 – Rede Hart.....	50
Figura 24 – Comandos Universais.....	50
Figura 25 – Aplicação das Redes Industriais.....	52
Figura 26 – Disposição dos Sistemas SCADA em uma Rede Industrial.....	54
Figura 27 – Sistema SCADA da empresa Atan.....	55
Figura 28 – Rede de Telecomunicações.....	60
Figura 29 – Rede Local de Computadores interligadas pela Internet.....	62
Figura 30 – Modelo básico de gerenciamento gerente – agente.....	64
Figura 31 – Dimensões da Gerência de Redes.....	66
Figura 32 - Visão geral do ambiente SNMP.....	69

Figura 33 – Relacionamento Agente – Gerente e MIB.....	70
Figura 34 – Estrutura da MIB SNMP.....	72
Figura 35 – Formato da Mensagem SNMP.....	74
Figura 36 – Estrutura da PDU SNMP.....	75
Figura 37 – Arquitetura TMN.....	78
Figura 38 – Modelo de Camadas da TMN.....	79
Figura 39 – Blocos Funcionais da TMN.....	80
Figura 40 – Modelo Fieldbus Management Network.....	88
Figura 41 – Ilustração do ambiente de Gerenciamento FMN.....	90
Figura 42 – Camadas Redes de Telecomunicações.....	92
Figura 43 – Camadas Redes Industriais.....	92
Figura 44 – Arquitetura Funcional TMN.....	95
Figura 45 – Arquitetura Funcional FMN.....	96
Figura 46 – Arquitetura Física TMN.....	99
Figura 47 – Arquitetura Física FMN.....	99
Figura 48– Modelo de Informação da FMN.....	102
Figura 49 – MIBs no Ambiente Industrial.....	103
Figura 50 – MIB de uma Rede Industrial.....	104
Figura 51 – Interligação FMN (Agente) –DISPOSITIVO.....	106
Figura 52 – Interligação FMN – Módulo TCP/IP (MDF/AGF) – DISPOSITIVO.....	107
Figura 53 – Interligação FMN –DISPOSITIVO (MD/AG).....	108
Figura 54 – Linha de Produção	111
Figura 55 – MIB Desenvolvida.....	114
Figura 56 – MIB Desenvolvida	114
Figura 57 – Agente FMN.....	116
Figura 58 – Tela de Configuração da Rede Industrial Modbus.....	117
Figura 59 – Tela de configuração do Agente FMN.....	118

RESUMO

Esta dissertação visa a definição conceitual de um modelo de gerenciamento integrado para os ambientes industriais, utilizando os conceitos do gerenciamento de redes de telecomunicações, a TMN, e o padrão de gerenciamento das redes de computadores, o SNMP. Sua principal justificativa é a necessidade do gerenciamento integrado a partir de um modelo padrão. Tal fato deve-se a existente da diversidade e não integração das tecnologias encontradas no ambiente industrial. Essas tecnologias são representadas por softwares, como os sistemas SCADA e sistemas de produção, e hardwares, representados redes de automação, e os equipamentos como: CLPs e CNCs. O gerenciamento integrado facilita a administração, organização e manutenção de todo o ambiente e rede de produção. Com isso, há uma melhor produtividade lucros, além de, facilitar a implantação de sistemas ERP.

ABSTRACT

This dissertation defines a model of integrate management to Fieldbuses, using some concepts from the telecommunication management network, the TMN, and the default of computers management network, the SNMP. The main justify is the necessity of a integrate management from one default model. This fact is because there is diversity and there isn't integration of the tecnologies found at Fieldbuses. These tecnologies are represented through softwares, like SCADA systems and production systems, and hardwares, like automation networks and equipments like CLPs and CNCs. The integrate management makes easy the administration, organization and maintenance of all environment and production networks. So, it gives a better productivity and lucre, beyond, to makes easy an instalation of ERP systems.

1. INTRODUÇÃO

Um ambiente industrial é composto por um conjunto de equipamentos e sistemas, agrupados basicamente nos setores de produção e administrativos.

Conforme comenta Georgini (2000), os equipamentos de produção, comumente chamados de equipamentos de chão de fábrica, são, geralmente, maquinários pesados e específicos a uma determinada tarefa. Como exemplo, pode-se citar os robôs de solda em uma indústria automobilística ou as máquinas de empacotamento em uma usina açucareira. Nesses ambientes encontram-se softwares de controle de processos e sistemas de interligação entre os equipamentos. Também são encontrados equipamentos mais simples como: sensores, válvulas, cilindros pneumáticos e motores entre outros.

Já os equipamentos e sistemas administrativos são mais abrangentes, tanto em funcionalidades quanto em interfaces, sendo mais acessíveis ao homem. Nesse grupo encontram-se os PCs (*Personal Computers*) com os sistemas de supervisão e sistemas administrativos como: ERPs (*Enterprise Resource Planning*), SAP (*Systemanalyse and Programmentwicklung* – em português: Sistemas, Aplicações e Produtos para Processamento de Dados) e Produtos ORACLE (banco de dados, ferramentas de desenvolvimento de aplicativos e relatórios). Segundo Tovar (2003), eles são responsáveis pela aquisição e apresentação das informações do chão de fábrica, como: dados e parâmetros de produção, produtividade, falhas em um determinado processo e equipamentos, entre outros.

Toda essa tecnologia, atualmente encontrada nos ambientes industriais, teve início após a década de 60, com o desenvolvimento e a utilização crescente de unidades de processamento de informações e os computadores. As funções de condução dos processos foram sendo cada vez mais distribuídas, tanto pelo espaço físico quanto junto aos locais onde eram necessárias. Surgiram, assim, as Arquiteturas Distribuídas ou Sistemas de Controle Hierárquico Distribuído (Pereira, 2003).

Após esse período, onde as preocupações estavam concentradas nos processos e controles produtivos, outras informações tornaram-se eminentes, como a aquisição de dados a respeito do funcionamento dos equipamentos, produção e produtividade.

Com essa necessidade, muitos fabricantes iniciaram o desenvolvimento de protocolos e soluções proprietárias para a comunicação dos equipamentos com o meio externo, objetivando a geração das informações nos próprios equipamentos de produção e, estes, repassando as informações aos computadores para análise dos dados. Devido ao grande número de equipamentos, fornecedores e soluções, novas tecnologias foram criadas, e cada fornecedor de hardware desenvolvia seu padrão ou, seguia um já existente, criado por outro (Natale, 2000).

Segundo Salomão (1994), esses avanços refletiram na atual composição do ambiente industrial caracterizando-se por uma gestão global das informações, redução de estoques a níveis mínimos, e inserção de equipamentos com alto grau de tecnologia e uma certa inteligência, como os CNCs (Comando Numérico Computadorizado), CLPs (Controlador Lógico Programável) e equipamentos de manipulação. Todos esses avanços trouxeram, para o setor, vantagens como: a redução drástica do número de operários (sendo em alguns setores praticamente nulo), utilização dos modernos conceitos de JIT (Just-in-Time) e TQM (Total Quality Management) e por uma utilização muito mais intensiva dos equipamentos de produção automatizados..

Outro conceito também introduzido aos ambiente industriais foi, segundo Georgini (2000), as redes industriais, que consistem na interligação dos diversos sistemas e equipamentos, objetivando a organização, otimização dos processos produtivos e geração do maior número de informações possíveis a respeito destes.

Em se tratando de redes industriais, atualmente pode-se destacar as seguintes tecnologias para a interligação dos equipamentos e geração de informações no chão de fábrica: *Fieldbus Foundation*¹, *Profibus*, *Hart*, *ControlNET*, *DeviceNet*, *Interbus*, *Ethernet TCP/IP*, *Modbus*, *Safetybus*, *LonWorks* e Rede *GENIUS*, entre outros.

Analisando-se do ponto de vista de oferta e procura de mercado, a variedade de tecnologias é positiva para o consumidor, tendo, o mesmo, várias soluções disponíveis para as suas necessidades de automação. Porém, essa mesma variedade, torna-se inadequada do ponto de vista de integração, no momento em que uma única linha de produção possua uma grande variedade de tecnologias, soluções proprietárias e sem possibilidade de comunicação entre elas. E é nesse cenário que se encontram as

atuais redes industriais. Devido ao grande número de processos automatizados, uma empresa de médio e grande porte possui várias redes de automação, e fabricantes diferentes.

Como um exemplo dessa variedade, analisou-se uma usina de açúcar e álcool, onde as fases de produção, resumidamente, são: Moagem da cana, processamento do caldo, preparação química, preparação do álcool, refinamento do açúcar, empacotamento, armazenamento e transporte. Cada fase possui uma determinada automação com diversos fabricantes envolvidos. Também softwares supervisórios para controle de cada automação está presente.

Como as fases são bem distintas, dificilmente encontra-se uma mesma empresa fabricante de tecnologias de moagem de materiais, como a primeira fase do processo e, ao mesmo tempo, tecnologias para empacotamento de materiais, como a última fase do processo. Esse é um dos fatores geradores de toda a diversificação do ambiente industrial. Porém, do ponto de vista do negócio e posicionamento no mercado, a necessidade de automação dos processos e todas as suas vantagens é grande, ficando a integração e gerenciamento das tecnologias (também com suas vantagens) em segundo plano.

Já dizia Santos (2004): “Estando a automação dos processos terminada, surge a necessidade de manutenção dos equipamentos e sistemas instalados.” Nesse momento são vistas as dificuldades causadas pela diversidade do ambiente.

Com isso, o gerenciamento do ambiente industrial torna-se necessário, seja para controle operacional dos processos, provisionamento da própria rede, pró-atividade em termos de falhas, aquisição de informações, entre outras funcionalidades.

Entretanto, a complexidade dos ambientes industriais reflete diretamente em soluções complexas e diversas de gerência. Para que isso não ocorra, faz-se necessário a integração das tecnologias de redes industriais e, com essa integração, o surgimento de um padrão único de gerenciamento direcionado ao ambiente industrial.

¹ A tradução para Fieldbus é rede de campo, ou rede industrial. Porém a Fieldbus Foundation é a organização responsável pela manutenção do modelo também nomeado Fieldbus.

Por outro lado, essas mesmas dificuldades foram encontradas nas redes de computadores e telecomunicações. A complexidade e diversidade em equipamentos e soluções são semelhantes, tornando os ambientes análogos. Em uma rede de computadores, por exemplo, encontram-se equipamentos como placas de redes, hubs, switches, roteadores e computadores, entre outros. Tais equipamentos podem ser de diferentes tecnologias e fabricantes, o que ocorre também nas redes de telecomunicações, onde se encontram diferentes fabricantes de centrais telefônicas, equipamentos comutadores, aparelhos receptores, sistemas, etc (Tanenbaum, 1997).

Nesses ambientes já existem modelos de gerência consolidados no mercado e com ampla aceitação e utilização. Nas redes de telecomunicações, pode-se citar o modelo TMN (*Telecommunication Management Network*) e, em redes de computadores, o protocolo SNMP (*Simple Network Management Protocol*). Ambos definem as funcionalidades, protocolos (no caso do SNMP, o mesmo é o protocolo de gerenciamento) e demais padrões para gerenciamento, o que ainda não é encontrado nas redes industriais.

Com isso, a concatenação das tecnologias de experiências em gerência das redes de computadores e telecomunicações, formando um padrão de gerenciamento das redes industriais, pode ser uma saída viável para gerenciamento dos equipamentos das redes de chão de fábrica, devido a similaridade dos ambientes.

Dessa forma, também os atuais sistemas de gerenciamento de redes de computadores poderiam ser utilizados para as tarefas de gerenciamento em redes industriais, e com um modelo padronizado, simplificar o controle e integrar, de certa forma, os equipamentos de redes industriais às demais redes existentes na empresa.

É nesse contexto que se encontra o enfoque da pesquisa, visando a construção de um modelo de gerenciamento aplicado às redes industriais, utilizando-se dos conceitos já consolidados do modelo de gerenciamento de telecomunicações, a TMN, juntamente com o modelo de informações de gerenciamento, definida pelo SNMP para a operação, administração e manutenção (OA&M) das redes industriais.

1.1. PROBLEMA

Sendo um único ambiente industrial, constituído de vários sistemas de controles, conhecidos como: Supervisórios e *SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)*; e equipamentos como: CLPs, CNCs, o ambiente industrial torna-se diversificado e complexo. Toda essa complexidade também é refletida quando se pensa em gerenciamento integrado das tecnologias, causando um elevado grau de dificuldade para integração e padronização do ambiente.

Por sua vez, a falta de um gerenciamento integrado, aplicável às redes industriais, causa uma série de transtornos e problemas a esse ambiente. Dentre eles, pode-se destacar os problemas em relação à gerência de falhas onde, em um ambiente sem gerenciado integrado, a ocorrência de defeitos de hardware, como uma falha em dispositivos ou até mesmo em CLPs, podem ocorrer em qualquer ponto da automação tornando difícil sua identificação e até mesmo correlacionar as causas do problema. A consequência de uma manutenção demorada resultará em perda de produção e receita para a empresa.

O desempenho de toda a automação também é comprometido, pois pode haver pontos de gargalos não identificados, devido à falta de visão geral da rede. Com isso, o próprio provisionamento da rede, em se tratando de aquisição de novos hardwares para aumentar o desempenho, poderá ser feito de forma inadequada, gerando gastos desnecessários ou mal aplicados.

Com o avanço da Internet, das redes de computadores, da tecnologia de informação, e o uso cada vez maior de sistemas integrados, como ERP e SAP, surge a necessidade de integração de toda e qualquer informação gerada durante o processo produtivo ou comercial das empresas, a chamada contabilização da automação. O cruzamento de informações das diversas áreas tornou-se um mecanismo de definição sobre o processamento de materiais, montagens, transportes, inspeções, testes, controle de operações, funções econômicas, definição, planejamento e controle da produção. Não estando as redes industriais integradas, permitindo a unificação, centralização das informações e contabilização correta, haverá uma certa dificuldade da empresa em obter e correlacionar as informações, devido ao isolamento ou demora na obtenção das mesmas.

Em relação à gerência de configuração da rede, as dificuldades não são menores. Como cada equipamento possui suas diretrizes de funcionamento e configuração, a descentralização desse controle pode gerar erros de configuração causando resultados inesperados no produto final, além de todos os prejuízos decorrentes de um fato como esse.

Ainda em se tratando de configurações de equipamentos, deve haver pessoas com conhecimento sobre o assunto e com autorização para alterar os parâmetros dos controladores como: CLPs, CNCs e demais equipamentos configuráveis. Esse aspecto diz respeito a gerência de segurança da rede, onde pessoas não autorizadas não poderão ter acesso a funcionalidades dos controladores que não sejam de sua responsabilidade. Ainda é interessante que qualquer alteração nos parâmetros gere um arquivo de *log* sobre qual alteração foi feita e por quem a mesma foi feita. Dessa forma, estando a gerência de configuração integrada e com seus devidos acessos autorizados, os problemas de alterações de configuração e funcionalidades dos equipamentos poderão não ser eliminados, mas serão registrados para futuras análises.

Outra dificuldade no setor de automação industrial está na implementação da interligação das redes industriais às redes de computadores. Muitas tecnologias e equipamentos de automação ainda não possuem um padrão de conexão com as redes corporativas, tornando-se equipamentos isolados no setor de produção, apesar de serem uma ótima escolha para o solução do problema ao qual se destinam. Com isso, a sua gerência, bem como, a obtenção das informações geradas por esses equipamentos e sua integração ao restante da automação torna-se difícil. A existência de um padrão único e aberto de gerenciamento das automações pode ser uma alternativa fácil e viável de ser implementada pelos fabricantes de hardware que não possuem seu padrão definido.

De modo geral, a falta de integração das redes industriais dificulta a aplicação dos conceitos de OA&M (Operação, Administração e Manutenção) sobre as mesmas, ou seja, sendo as redes industriais de diferentes fabricantes e isoladas em suas aplicações, a gerência dentro dos conceitos de OA&M torna-se complexa, ou inadequada de ser aplicada.

Dentro desse contexto, o maior problema levantado pela pesquisa refere-se à dificuldade e complexidade de integração dos ambientes de redes industriais, frente a não existência de um padrão de gerenciamento.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo geral dessa pesquisa é a definição conceitual de um modelo de gerenciamento integrado para ambientes industriais, utilizando os conceitos do gerenciamento de redes de telecomunicações, a TMN, e o padrão de gerenciamento das redes de computadores, o SNMP.

Como objetivos específicos pode-se destacar:

- Estudo e apresentação das tecnologias de redes industriais e explanação sobre os protocolos industriais para a interconexão das redes de chão de fábrica com as redes corporativas;
- Apresentação dos padrões de gerenciamento das redes de computadores (com enfoque no protocolo SNMP), redes de telecomunicações (com enfoque na TMN) e padrões atualmente utilizados nas redes industriais (enfoque nos sistemas SCADA);
- Elaboração de um modelo conceitual para gerenciamento das redes industriais concatenando conceitos da TMN e SNMP;
- Analogia dos modelos e ambientes apresentados, com o modelo proposto;
- Implementação de um agente SNMP para gerenciamento dos elementos das redes industriais, dentro do modelo proposto;

1.3. JUSTIFICATIVAS

Este trabalho se justifica a partir da necessidade de um gerenciamento integrado das redes industriais. Devido à diversidade dos padrões existentes, só se conseguirá um gerenciamento integrado a partir de um modelo padrão.

Em relação a gerência de contabilização e informações, um fator importante a ser analisado é que a integração das áreas administrativas, comerciais e financeiras é, hoje, essencial para as empresas, no sentido de gerar informações e

resultados compartilhados. Essas informações não mais podem ser estimadas, mas sim, refletir o mais próximo possível a realidade.

Uma vez que, nas atuais redes e suas ilhas de controle, os dados são gerados a partir de vários pontos, sua integração torna-se de importância também para a competitividade (seja nacional ou internacional), qualidade dos serviços (um ponto forte, analisado cada vez mais pelo mercado consumidor), agilidade na execução dos processos, compras de materiais (aplicação de *just-in-time*), entre outros. Nesses aspectos, a gerência de contabilização irá auxiliar na obtenção integrada dos dados de produção, consumo, tempos, etc.

No setor de PPCP (Planejamento, Programação e Controle da Produção), uma integração de todo o setor produtivo facilitará o trabalho de direcionamento dos recursos da empresa, obtendo um melhor desempenho, produtividade e uma melhor utilização dos equipamentos e demais recursos existentes.

Ainda em relação ao desempenho, uma gerência integrada, disponibilizará, aos devidos responsáveis, informações para uma melhor aplicação das manutenções e/ou substituição dos elementos da rede com baixo desempenho, fazendo com que a degradação dos serviços seja a menor possível.

Em relação às falhas, a identificação dos pontos prejudiciais à continuidade dos processos e o correlacionamento dos mesmos torna-se importante para a identificação da real causa dos problemas. Sem o correlacionamento das falhas, em uma linha de produção com várias redes de automação, poderá ocorrer uma parada por defeitos em uma rede, mas a causa real pode estar em outra rede. Tomando como exemplo os processos da indústria açucareira, pode haver uma falha no refinamento do açúcar, devido a problemas gerados por dispositivos defeituosos no processo de preparação do caldo. Estando essas redes separadas, esse tipo de correlacionamento e verificação da real falha no processo, torna-se difícil de ser identificado.

Dessa forma, uma gerência pró-ativa, no sentido de minimizar as falhas e impedir paradas na produção por quebras, será possível com o monitoramento constante dos dispositivos das redes através de uma gerência integrada.

Os problemas relacionados à segurança, tais como alterações de parâmetros inadequadamente e sem autorizações, poderão ser minimizados com o uso de um sistema de gerência robusto e com funcionalidades para segurança. Da mesma forma, para que não haja um sistema de gerência de segurança proprietário em cada rede de automação, um modelo único para controle de todas as redes torna-se relevante. Porém, todas as redes industriais terão que estar interconectadas e padronizadas com as diretivas de gerência do software principal.

Da mesma forma, uma visão integrada em relação à configuração das redes torna o trabalho de manutenção e de alterações dos parâmetros mais fáceis. A maioria dos dispositivos de campo possuem parâmetros de operação, os quais poderiam ser alterados remotamente, caso houvesse necessidade. Em se tratando de manutenção por alguma falha nas configurações dos equipamentos, uma pessoa com conhecimento técnico poderia se conectar à rede onde se encontra a falha e, por diretivas de gerência, alterar as configurações dos dispositivos, sem haver necessidade de deslocamento técnico, softwares especiais para as alterações e, nem mesmo as perdas relativas à espera por um atendimento técnico (caso a assistência técnica encontre-se geograficamente distante da causa do problema).

Obviamente que todas essas justificativas e facilidades da gerência integrada validam a aplicação de um modelo único de gerência nas redes industriais, entretanto, para a aplicabilidade e elaboração de uma gerência é necessário um conhecimento, mesmo que abrangente, das tecnologias atualmente utilizadas, pois somente analisando-se o que o mercado oferece é possível criar novos conceitos e tecnologias, de modo que não tornem os investimentos em desperdícios, mas sim, utilize-os como suporte a essas tecnologias;

Nesses aspectos, as tecnologias e conceitos de gerência em redes de computadores e telecomunicações vêm em auxílio à criação de um modelo único de gerência para as redes industriais. A aplicabilidade do protocolo de gerenciamento de redes de computadores, o SNMP, torna-se importante, sendo, este, um protocolo altamente aceito em redes de computadores pela sua facilidade e flexibilidade de implantação e implementações de novas funcionalidades;

O padrão TMN revela a correlação das redes de telecomunicações com as redes industriais. O padrão TMN oferece várias definições para serem aplicadas às redes industriais. Uma das características correlatas da TMN com as redes industriais, é o fato da gerência TMN ser uma rede separada das redes de telecomunicações, ponto este importante para o gerenciamento das redes industriais, uma vez que uma rede de gerenciamento torne-se uma camada a mais na rede industrial.

O modelo SNMP utiliza agentes e gerentes para o gerenciamento dos elementos de rede e, sendo esse o padrão de gerenciamento de informações utilizado nessa pesquisa, torna-se necessário a implementação de um agente SNMP para a validação do modelo proposto.

Da mesma forma, a utilização de sugestões do padrão TMN, torna necessária a criação de um adaptador (*gateway*) para os protocolos industriais e o agente SNMP.

A criação de um modelo integrado de gerenciamento tornará disponível, de forma transparente, as informações das diversas redes em um único ponto, sendo este representado por um sistema administrativo, um sistema de gerência ou alguma tecnologia de gerenciamento existente na empresa.

Como finalização das justificativas, o modelo proposto utilizará mais as potencialidades das tecnologias de automação industrial e das informações geradas por estas, uma vez que a grande maioria das soluções em automação possuem protocolos para interações com PCs e CLPs e sua documentação encontra-se disponível para pesquisa, possibilitando o mapeamento dos dados e criação de MIBs (*Management Information Base*) para o gerenciamento.

1.4. METODOLOGIA

Como metodologias aplicadas a atual pesquisa, foi utilizada a pesquisa bibliográfica, procurando explicar o problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos, e analisar as contribuições científicas dos diversos autores. Outra contribuição da pesquisa bibliográfica refere-se à junção de informações e conhecimentos prévios acerca dos problemas levantados.

A pesquisa descritiva foi utilizada para registrar o conhecimento adquirido e correlacionar as tecnologias aplicadas na pesquisa. Como parte desse modelo de pesquisa, foi elaborado um estudo descritivo e pesquisa documental para a formulação das soluções aplicáveis ao problema.

A pesquisa experimental foi utilizada na aplicação e validação das soluções propostas e observação dos resultados obtidos para a solução dos problemas levantados.

Apesar dos três modelos científicos (pesquisa bibliográfica, pesquisa descritiva e pesquisa experimental) terem sido usados na elaboração desse trabalho, como caracterização do mesmo, a pesquisa experimental possui uma maior ênfase, considerando que o intuito é provar experimentalmente a aplicação e viabilidade do modelo de gestão de redes industriais proposto.

1.5. LIMITAÇÃO DO ESCOPO

Sendo um trabalho de pesquisa para formação de um modelo conceitual de gerenciamento integrado para redes industriais, o trabalho limita-se nos seguintes aspectos:

- Serão apresentadas as tecnologias de redes industriais mais conhecidas e implementadas no mercado, segundo as fontes bibliográficas.
- Não será feito um levantamento detalhado sobre todas as variáveis do ambiente industrial para a formação de uma MIB industrial, que apesar de sua grande importância para a aplicabilidade do modelo, o grande número dessas variáveis tornaria a pesquisa para o assunto muito extensa. Tal pesquisa poderá ser abordada em trabalhos futuros. Também não serão detalhadas as PDUs (*Protocol Data Unit*) de gerenciamento de todos os modelos apresentados.
- Para simplificar a apresentação do modelo proposto, será desenvolvido um único agente monitorando uma rede industrial composta de dois CLPs, nos quais estará disponível para gerenciamento o formato de mensagens no padrão Modbus. As demais tecnologias não serão apresentadas, devido a não disponibilidade de equipamentos nos demais padrões apresentados.

- Das áreas funcionais de gerência (Desempenho, Contabilização, Falhas, Segurança e Configuração) o protótipo abordará somente as áreas de Contabilização e Configuração. As demais áreas e suas funcionalidades não serão implementadas nesse trabalho.
- Será elaborada uma MIB também conceitual sobre o ambiente industrial, porém, não será o escopo da pesquisa o levantamento de todos os aspectos desse ambiente. Porém, a parte da MIB que representa o CLP utilizado estará completo dentro das especificações e funcionalidades de gerenciamento desse equipamento.

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

Para uma melhor leitura e entendimento da pesquisa, este trabalho organiza-se da forma descrita abaixo.

No capítulo 1, foi vista uma introdução às redes industriais e às redes de telecomunicações e computadores, bem como, a necessidade de gerenciamento das redes industriais frente a sua complexidade e não integração. Também foram apresentados os problemas, objetivos, justificativas, plano de trabalho e limitação de escopo da pesquisa apresentada.

No capítulo 2, serão abordados as redes industriais e o ambiente industrial, apresentando-se as dificuldades, os benefícios e os fatores motivacionais para a integração das redes industriais. Também será feita uma explanação sobre os modelos de redes industriais e as tecnologias que envolvem esse meio, além de uma abordagem sobre as características e funcionalidades dos sistemas supervisórios existentes atualmente no mercado.

No capítulo 3, será feito um estudo sobre as redes de telecomunicações e computadores, e as formas e tecnologias de gerência das mesmas. Será dado um enfoque maior para a TMN e o protocolo SNMP.

No capítulo 4, será proposto o modelo para gerenciamento das redes industriais, utilizando-se dos conceitos da TMN, com enfoque nas arquiteturas físicas, funcionais e de informação. Além de uma abordagem análoga da TMN e FMN.

O capítulo 5, apresentará o desenvolvimento do protótipo, utilizando-se do modelo proposto para gerenciamento de uma rede industrial, desde o desenvolvimento da MIB, do protótipo e do agente para a validação do modelo proposto.

No capítulo 6, será finalizada a pesquisa, verificando-se as conclusões e sugestões para a continuidade da mesma.

2. AMBIENTES INDUSTRIAIS E REDES INDUSTRIAIS

Como uma introdução aos ambientes industriais, automação industrial e as próprias redes industriais e gerência dessas redes, alguns aspectos históricos, são relevantes para um melhor entendimento da atual indústria automatizada e informatizada.

Segundo Pereira (2003): “Os primeiros passos para a automação industrial e a formação das atuais redes industriais, tiveram início durante a revolução industrial, no final do século XIX”.

A automação da época consistia no funcionamento de dispositivos mecânicos para agilizar processos críticos e repetitivos. Como essas automações, eram desenvolvidas para uma determinada tarefa, e devido à mecânica existente, sua vida útil era pequena.

Nos anos 20, porém, os dispositivos mecânicos foram substituídos por relês e contadores. Esses dispositivos viabilizaram a realização de funções mais complexas e sofisticadas. Desde então os relês ainda vêm sendo usados em algumas pequenas aplicações e nos próprios CLPs (Controlador Lógico Programável), devido ao seu baixo custo.

Com o surgimento do CI (Circuito Integrado), houve uma revolução nos sistemas de controle e redes industriais. Em relação aos relês, esses são menores, mais rápidos e de longa duração. Sua utilização é muito difundida, principalmente em sistemas com lógica definida permanentemente pela interligação elétrica, ou seja, onde a seqüência da programação seguia os circuitos elétricos com entradas e saídas de sinais, sem haver processamento por circuitos integrados.

Nos anos 70, os computadores comerciais ou PCs (*Personal Computer*), como eram chamados, começaram a ser utilizados como controladores em sistemas de controle de grande porte. Os primeiros computadores eram grandes, caros e sensíveis aos ambientes hostis encontrados no chão de fábrica, o que ocasionou o surgimento de computadores mais robustos.

Surgiram então nas industriais automobilísticas os CLPs (Controlador Lógico Programável), uma forma simplificada e robusta de computador, projetado para atuar nos ambientes industriais. Conforme Salomão (1994), comparados as automações da época, os CLPs tinham um poder de processamento maior e muito mais robusto. Atualmente, os CLPs são altamente utilizados em controle de processos e redes industriais.

Também junto com os CLPs, surgiram os computadores de processos: Máquinas robustas para o controle dos processos, mais especificamente, a sua supervisão. Contavam também com uma interface mais amigável em comparação aos CLPs. Na figura 1 vê-se o avanço das tecnologias nas redes e automação industrial desde 1880 até os dias atuais.

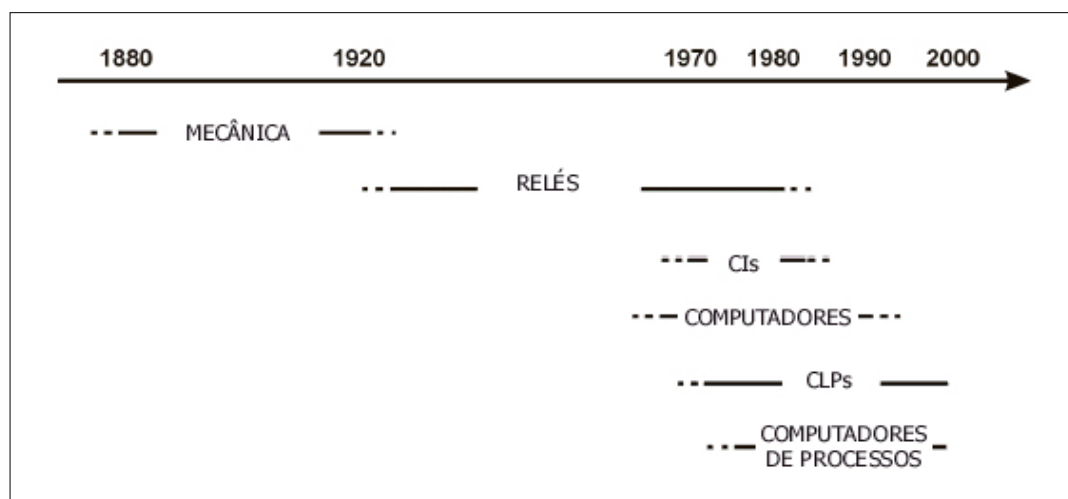


Figura 1 – Histórico da automação industrial (Pereira, 2003)

Terminados os aspectos históricos e a evolução da automação industrial, chega-se ao tempo atual onde os ambientes industriais, segundo Georgini (2000), segue o seguinte modelo: “uma central recebe valores de entrada dos dispositivos que compõe o sistema industrial. Esses valores são comparados a um padrão desejado. Se houver divergências nessas comparações, a central realiza operações, gerando valores que deverão minimizar as divergências e corrigir o processo nos dispositivos.”

Em outras palavras, essa central é representada por um sistema computacional, o qual possui valores padrões para um determinado processo. Uma vez

que os valores lidos no processo estiverem fora de uma faixa programada, a central aciona determinados dispositivos mecânicos para a correção do processo.

Essas centrais possuem grande poder de processamento, e vários dispositivos e equipamentos podem estar ligados nelas para serem controlados. Por sua vez, cada equipamento poderá ser ligado a um dispositivo mais abrangente e, dessa forma hierárquica, forma-se uma rede industrial. Uma das suas características é a interligação dos diversos equipamentos do ambiente industrial e a minimização dos custos. Um modelo padrão de rede industrial é apresentado na figura 2, conforme nos mostra Natale (2000).

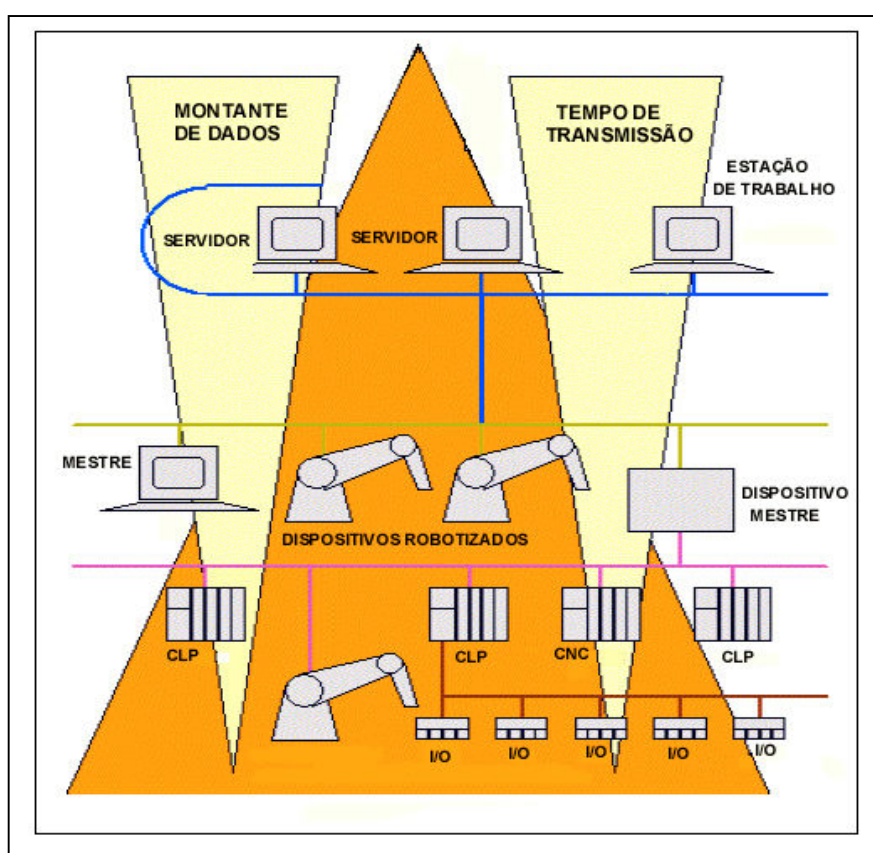


Figura 2 – Modelo de Rede Industrial (Natale, 2000)

Como se pode observar na figura definida por Natale (2000), a transmissão de dados nas redes industriais vai aumentando à medida em que os dispositivos afastam-se do chão de fábrica em direção aos setores administrativos. O mesmo ocorre com o tempo de transmissão, sendo necessário, nos dispositivos mais simples, pequenas transmissões de dados em um intervalo de tempo pequeno e, no mais elevado nível da rede, trafegam grandes montantes de dados em tempos maiores.

Esse aspecto é importante, porque como nos níveis mais baixos de uma rede industrial estão os equipamentos responsáveis por acionamentos, como CLPs, sensores e atuadores, as informações são pequenas (apenas alguns bytes ou bits) e o tempo de ação é curto (geralmente em milissegundos). Já nos níveis mais elevados estão os sistemas administrativos mais abrangentes, em que o tempo já não é mais um fator determinante. O importante nesse nível é a obtenção do maior número possível de informações a respeito do processo. Nesse ponto são encontrados os servidores corporativos para armazenamento, estações de trabalho para verificação das informações e até equipamentos mestres que monitoram as automações.

Com isso, a viabilidade de utilização das redes industriais para controle e informação é grande e, segundo Ferreira (2002): “A utilização de redes em aplicações industriais gera um significativo avanço relacionado a custos de instalação, procedimentos de manutenção, atualização dos sistemas e informações de controle e qualidade, além de toda a gerência do processo produtivo de uma empresa.”

Uma vez familiarizados com os conceitos sobre redes e automação industrial, é necessário um melhor entendimento sobre o processo produtivo encontrado nos ambientes industriais e, assim, conceitualizar melhor o controle proposto pelas automações e redes industriais.

2.1 PROCESSO PRODUTIVO DE FABRICAÇÃO

Segundo Tovar (2003), um dos objetivos em um ambiente industrial é a transformação de matérias-primas em produtos solicitados pelo mercado consumidor.

Todos os itens envolvidos nesse processo, bem como os próprios estágios do processo constituem os componentes de um ambiente industrial onde, segundo Péricas (2003), a função de coordenar e gerenciar todos os aspectos do processo produtivo é, sem dúvida nenhuma, um trabalho complexo.

O processo de produção de bens implica no ciclo básico de entrada de matéria-prima, fabricação do produto e o resultado final como um bem acabado ou produzido. Como sustentação desse modelo básico, estão todas as atividades e componentes necessários para a concretização das fases envolvidas, conforme

demonstra a figura 3. Pode-se citar a definição e projeto do produto, PPCP (Planejamento, Programação e Controle de Produção), processamento das informações, planejamento e avaliação do mercado, entre outros.

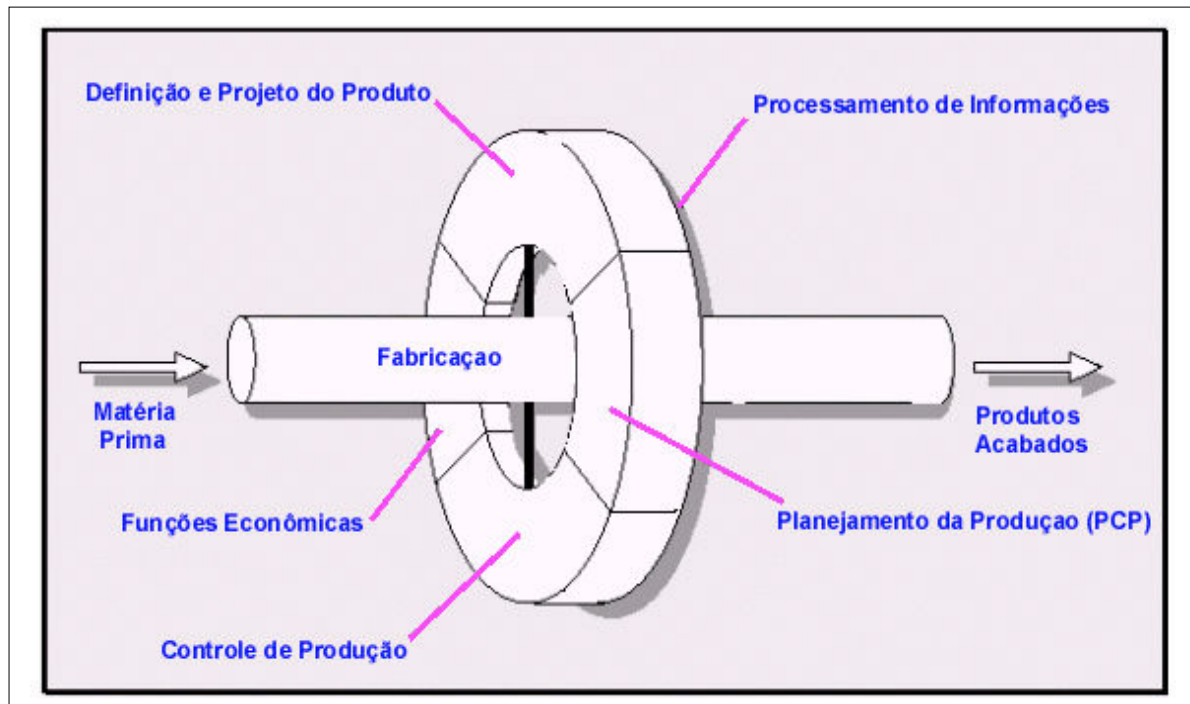


Figura 3 – Processo de fabricação (Tovar, 2003)

O processo de fabricação, segundo Tovar (2003), é dividido em dois grandes grupos. O primeiro são as operações envolvidas no processo de fabricação; e o segundo, é a organização e os dados dessas operações. No primeiro grupo, destacam-se:

- a) Processamento dos materiais: É a transformação do material de um estado a outro. Nenhum produto é adicionado, e sim utilizadas diversas formas de energia (mecânica, elétrica, química, etc), para mudar a forma do componente, remover o material, ou alterar sua propriedade química. Como exemplo tem-se lixadeiras, máquinas de corte, entre outros.
- b) Montagem dos materiais: A montagem é um tipo de operação muito utilizado, e consiste em juntar materiais, para se obter um produto final. Com exemplo, tem-se processos, como: solda, aquecimento, abrasamento e junção de parafusos.
- c) Transporte e armazenamentos dos materiais: O processo de transporte e armazenamento é um ponto crítico no ciclo de produção. Alguns produtos passam

mais tempo nesse processo do que no processo de produção efetivamente. Para isso a automação dessa tarefa torna-se importante, destacando-se nesse processo as esteiras rolantes e processos de armazenamento automatizados, entre outros.

- d) Inspeção e testes: A inspeção e testes está relacionada ao controle de qualidade e é a etapa que identifica se o produto está de acordo com modelos pré-determinados. Os testes, muitas vezes, são feitos por amostragem em produtos com dimensões reduzidas ou um a um, em casos onde esse processo é exigido. Para essa etapa, destacam-se processos laboratoriais, testes automáticos, sistemas de processamento de imagens.
- e) Controle das operações de fabricação: O controle de fabricação é a padronização dos processos individuais e de montagem, bem como o gerenciamento de todas as atividades da fábrica, sendo o ponto de conexão entre os processos físicos e as informações a respeito destes. Como exemplo, tem-se o controle de posição, controle de processos químicos, rotulação, identificação e controle de dados. Nessa etapa, encontram-se os controladores microprocessados, CLPs, CNCs, microcomputadores e demais equipamentos que serão abordados mais adiante.

No segundo grupo destacam-se os aspectos:

- a) Funções econômicas: As funções econômicas são o principal meio de comunicação com o cliente, e sendo, assim o princípio e o fim do processo produtivo. Elas representam variáveis, como: a procura do produto, prazos de entrega, preferências de mercado e preços a se praticar. Os departamentos de Marketing e Compras são os principais mecanismos de coletas desses dados, com pesquisas de mercado e utilização de sistemas de ERP (*Enterprise Resource Planning*) para melhor aproveitamento dessas informações e melhor aproveitamento do estoque em relação a compras.
- b) Definição e projeto do produto: A definição e projetos dos produtos levam em conta todos os dados colhidos pelo setor de marketing para a formação de um novo produto. Outros departamentos como o de desenvolvimentos, modelagem, protótipos, também entram nessa fase. Alguns sistemas interagem nessa fase com análises de protótipos ou análises de viabilidade do produto, entre outros.

- c) Planejamento da produção: Toda a documentação da fase de definição e projeto é utilizada como um início para a programação da produção. Essa fase inclui o planejamento dos processos, que é a seqüência com que o produto final será feito, e o planejamento das capacidades, que é o levantamento das necessidades de recursos materiais e humanos.
- d) Controle da produção: O controle de produção está relacionado à gestão e supervisão das operações físicas durante a fabricação. Algumas das atribuições do controle de fabricação é monitorar e controlar o progresso do produto a ser processado, montado, transportado e inspecionado. Outras tarefas ainda realizadas é o controle de estoque para que o processo não pare por falta de algum componente e também o controle de qualidade.

É evidente que todos os aspectos descritos interagem uns com os outros em algum ponto. Para que essa interação ocorra, é de fundamental importância a utilização de sistemas de computação industrial, sistemas de comunicações, redes industriais, automação de processos e os sistemas de apoio a informações.

A seguir serão apresentados os problemas que dificultam essas interações e, também, alguns modelos de interações utilizados na indústria de processamento e produção.

2.2 O PROBLEMA DA INTEGRAÇÃO NOS AMBIENTES INDUSTRIAIS

Como a variedade e complexidade dos ambientes industriais é grande, sua integração torna-se difícil. Alguns aspectos dessa dificuldade de integração, e também os benefícios e aspectos motivacionais para a padronização e interligação das redes e sistemas industriais e interação das diversas fases do processo produtivo, serão apresentados a seguir.

2.2.1 DIFICULDADES DE INTEGRAÇÃO

Segundo Portugal (2003), Georgini (2000) e Tíbola (2003) muitas são as dificuldades de integração entre as redes industriais. Dentre elas, destacam-se:

- a) Falta de visão integrada das empresas: Onde cada setor, muitas vezes, trabalha isoladamente, não havendo preocupação com a interligação e cruzamento das informações. Nesse aspecto, apesar de muitas empresas terem uma linha de produção contínua, o cruzamento das diversas informações é, ou de difícil e burocrático acesso, ou simplesmente não, estando as áreas correlatas no processo não interconectadas em se tratando de informações (Portugal, 2003);
- b) Os projetos refletem essa falta de visão: A realização dos projetos, muitas vezes ignoram a interligação das áreas, o que faz com que estes já não estejam preparados para a integração, já no seu nascimento (Portugal, 2003);
- c) Os sistemas não estão preparados para a integração: Uma vez o projeto não contemplando a interligação, os sistemas adquiridos irão seguir essa especificação, e não haverá planejamento para aquisição de sistemas flexíveis nesse aspecto (Georgini, 2000);
- d) Faltam padrões para facilitar a integração: Como já foi visto, a diversidade dos equipamentos e sistemas é hoje uma das maiores dificuldades de integração no meio industrial (Georgini, 2000);
- e) Justificativas econômicas tradicionais: Com poder de investimentos muitas vezes reduzidos, as empresas não podem atender aos requisitos necessários para a integração dos sistemas;
- f) Falta de experiência e metodologias para essa integração: Um dos principais fatores para a não interligação dos sistemas e equipamentos é a falta de metodologias no mercado que facilitem esse trabalho e, conseqüentemente, a falta de cultura de padronização nas universidades e empresas (Tíbola, 2003).

2.2.2 BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO

Muitos são os benefícios de integração entre as redes industriais. Segundo Georgini (2000) e Natale (2000), dentre eles destacam-se:

- a) *Maior integração entre os processos da empresa:* A integração de todas as áreas se faz necessária para um processo produtivo contínuo e geração correta das informações (Natale, 2000);
- b) *Maior agilidade para responder a mudanças:* Estando os sistemas interligados, toda e qualquer mudança necessária será implementada em todas as áreas que a envolvem (Georgini, 2000);
- c) *Maior coerência das informações:* Uma vez que as informações são geradas em seu ponto de origem, haverá menos erros e, praticamente, duplicidade zero dos dados;
- d) *Redução dos erros:* Um sistema alimentado com dados corretos apresentará resultados corretos e refletindo a atual realidade da empresa e dos processos produtivos.

2.2.3 FATORES MOTIVACIONAIS

Muitos são os fatores motivacionais para a integração entre as redes industriais, segundo Salomão (1994). Dentre eles destacam-se:

- a) *Aspectos relacionados a decisões do negócio (top-down):* Tornando a visão da alta gerência mais completa e com informações gerenciais corretas;
- b) *Reduzir prazos de entrega:* Com o controle de tempos e métodos de produção, fica mais fácil a definição de prazos de entrega das mercadorias;
- c) *Melhorar a utilização dos recursos:* Evitando o desperdício e reprocessos no setor produtivo;
- d) *Agilidade na produção:* Fazendo com que o tempo seja melhor aproveitado, aumentando a produtividade dos equipamentos e pessoas envolvidas;
- e) *Gerenciamentos de estoques:* Com o planejamento e previsões de utilização dos estoques, pode-se fazer um melhor aproveitamento dos prazos de pagamento e trabalhar com estoques reduzidos.

Todos esses aspectos, e principalmente as fases e informações envolvendo os ambientes industriais, levaram a estudos de modelos em camadas para definir funcionalidades e tarefas tanto para as fases, quando para a interação entre elas.

A seguir, serão vistos três modelos básicos propostos para padronização das automação do ambiente industrial e as informações que envolvem as fases do processo de fabricação.

2.3 MODELOS BÁSICOS DAS REDES INDUSTRIAIS

Basicamente, as redes industriais seguem uma estrutura padrão no formato piramidal. Cada autor tem sua maneira de interpretação sobre os componentes de uma rede industrial e forma de integração das diversas fases de um processo produtivo.

Os modelos propostos apresentam a forma de integração entre os hardwares e aspectos ligados a transferência de informações entre os níveis. Não são analisados os passos do processo produtivo, mas aspectos da geração dos dados do processo produtivo e a transferência de informações da origem ao destino.

Os modelos pesquisados foram de pesquisadores como Silveira (2001), Ferreira (2002), Marinho (2003), Georgini (2000) e Natale (2000). Outros modelos existem, mas acredita-se que não sejam tão discrepantes aos modelos apresentados a seguir.

2.3.1 MODELO PROPOSTO POR SILVEIRA (2001)

Abaixo é apresentado o modelo hierárquico de redes industriais defendido por Silveira. Vê-se que o modelo de Silveira é resumido em apenas três camadas. Na figura 4 é apresentado seu modelo pirâmide das camadas de uma rede industrial.

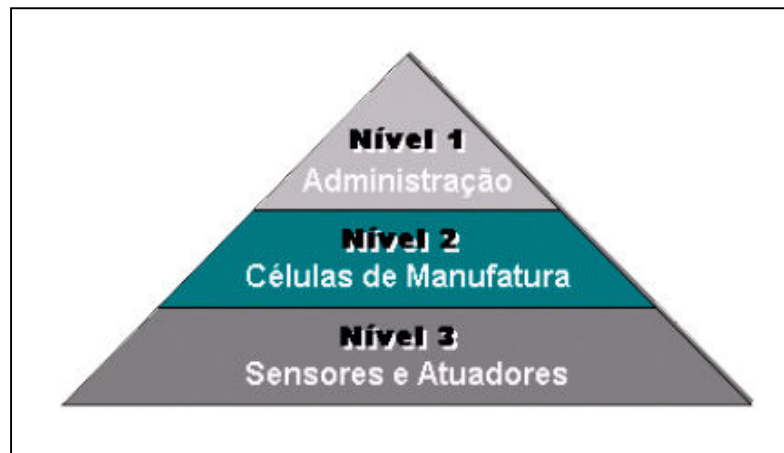


Figura 4 – Modelo de Ambiente Industrial (Silveira, 2001)

Primeiro Nível (Administração) - No topo da pirâmide está situada a empresa através de uma visão macro, tendo todas as ações da rede de comunicação dirigidas para o controle gerencial da produção. Neste nível estão envolvidas a administração, gerência, contabilidade, compras, vendas, nível de produtividade, estratégias de ação, banco de dados, entre outros. Os controladores presentes neste nível são, basicamente, PCs na arquitetura padrão cliente-servidor, distribuídos em topologias das mais diversas, como: barra, anel, árvore ou outra. Em termos de comunicação é neste nível que a quantidade de informações é gigantesca, porém o desenvolvimento atual das redes de comunicação padrão *Ethernet*, *Fast-Ethernet*, e outros, conseguem atingir um tempo de resposta de até 1000ms (milissegundos) a uma velocidade de comunicação que pode variar de 10 a 100Mbps (*mega bits* por segundo) ou mesmo *Gigabits*.

Segundo Nível (Células de Manufatura) - No segundo nível estão localizadas as células e/ou sistemas flexíveis de manufatura onde os controladores gerenciam processos, linhas de montagens ou mesmo máquinas automáticas. A comunicação neste nível é feita entre os mestres ou "gerentes" das células. Podem ser citados o Comando Numérico de uma máquina CNC, PCs, utilizados em controle de processos ou CLPs no comando de máquinas automáticas. Estes diversos controladores se comunicam entre si através de um protocolo padrão definido no projeto da rede, e a comunicação com o nível mais superior (administração) é feito através de um equipamento (PC) colocado estrategicamente na fábrica e faz a coleta das informações necessárias a serem transmitidas ao nível superior. Neste segundo nível, as redes

caracterizam-se por possuírem uma quantidade de informações (tráfego) médio, o que resulta num tempo de resposta nunca maior do que 100ms a uma velocidade que pode chegar até 12Mbps.

Terceiro Nível (Sensores e Atuadores) - No nível mais baixo da pirâmide está localizado o *Fieldbus* ou barramento de campo, que é responsável pela comunicação entre os dispositivos mais simples, utilizados no chão da fábrica (sensores, válvulas e atuadores) e seus respectivos controladores. A comunicação neste nível é feita da seguinte forma: um dos controladores acima citado possui um mestre de rede, este mestre possui escravos aos quais são conectados os sensores e atuadores inteligentes ou convencionais presentes no sistema. Este nível se caracteriza, em termos de comunicação, por possuir uma quantidade de informações baixa trafegando na rede e trabalhando também com velocidades/taxas de transmissão também baixas, mas a resposta é satisfatória e não maior que 10ms com taxas de transmissão que chegam até 2Mbps.

2.3.2 MODELO PROPOSTO POR FERREIRA (2002) e NATALE (2000)

O modelo de Ferreira (2002) e Natale (2000), apresenta as camadas de rede nos níveis ilustrados na figura 5. Uma rápida analogia com o modelo anterior, de Silveira, demonstra que o modelo atual é uma derivação do seu modelo, porém, com uma divisão na segunda camada.

Ela foi dividida em duas camadas, onde, uma contém o agrupamentos de equipamentos como PCs e CLPs, e outra, contém equipamentos que fazem a interligação dos PCs e CLPs com os sensores e atuadores. As mesmas serão apresentadas na figura abaixo e descritas a seguir.

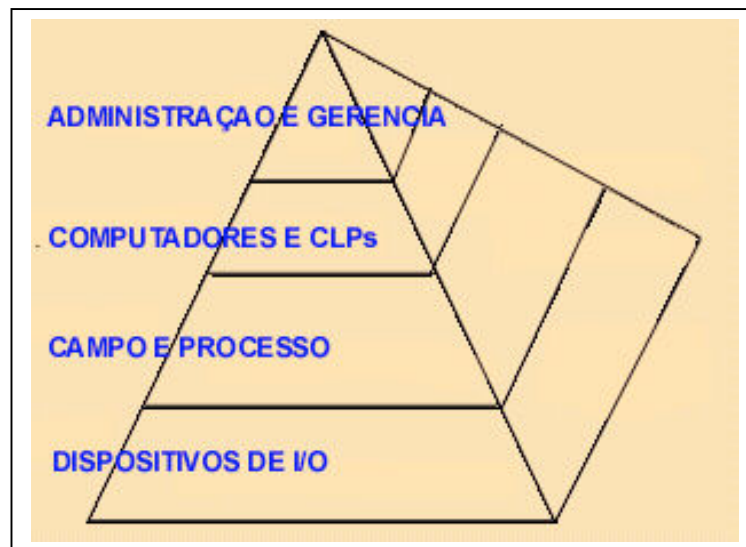


Figura 5 – Modelo de Redes Industriais (Ferreira, 2002)

Primeiro Nível (Administrativo e Gerencial) - Ou nível de gestão: Segundo Ferreira (2002), encarrega-se de integrar os outros níveis hierárquicos. Os equipamentos conectados neste nível são estações de trabalho e servidores que fazem a supervisão dos processos industriais e integram com sistemas de gerenciamento e automação comercial. Assim, além das tecnologias de comunicação, a integração nesse nível é dependente da definição da funcionalidade em todas as áreas sob controle, ou seja, é dependente da precisão na modelagem das tarefas de automação.

Segundo Nível (Controle) - Faz os enlaces e controle dos processos, fazendo a conexão entre computadores e CLPs.

Terceiro Nível (Campo e Processo) – Segundo Natale (2000), faz a integração de CLPs, multiplexadores de I/O (*Input/Output*) e controladores dentro de sub-redes, chamadas de ilhas. No nível mais alto destas redes estão um ou mais controladores atuando como mestres da rede ou controladores periféricos. A comunicação, neste nível, é feita entre os mestres ou gerentes das células. Pode-se destacar a utilização de comandos numéricos, vindos uma máquina ou computadores utilizados em controle de processos, bem como o CLP no comando de máquinas automáticas. Esses equipamentos comunicam-se através de um protocolo padrão definido no projeto da rede, e a comunicação com o nível superior (Nível de Programa) é realizado através de um equipamento colocado na fábrica e faz a coleta das informações necessárias a serem transmitidas ao nível superior.

Quarto Nível (Dispositivos de I/O) - É o nível mais próximo do processo controlado e é caracterizado pelo barramento de campo, que é responsável pela comunicação entre os dispositivos mais simples utilizados no chão de fábrica, como os sensores e atuadores, e seus respectivos controladores. Um dos controladores possui um mestre de rede; este mestre possui escravos, nos quais são conectados os sensores e atuadores inteligentes ou convencionais presentes no sistema. A forma física de conexão ou a topologia empregada depende de cada tipo de rede.

2.3.3 MODELO PROPOSTO POR MARINHO (2003) e GEORGINI (2000)

Segundo Marinho, (2003): “A estrutura da automação industrial baseia-se na pirâmide organizacional [conforme mostra a figura 6], em que são criadas ilhas restritas de informações. Essas ilhas de informações caracterizam-se por sistemas onde o hardware e o software utilizados são proprietários e, geralmente, não ou pouco integrados.” Também um fator importante de ser lembrado, segundo Georgini (2000), é que nem todas as empresas possuem esse modelo completo, como exemplo cita-se os sistemas ERP, onde nem todas as empresas possuem um ERP em sua estrutura.

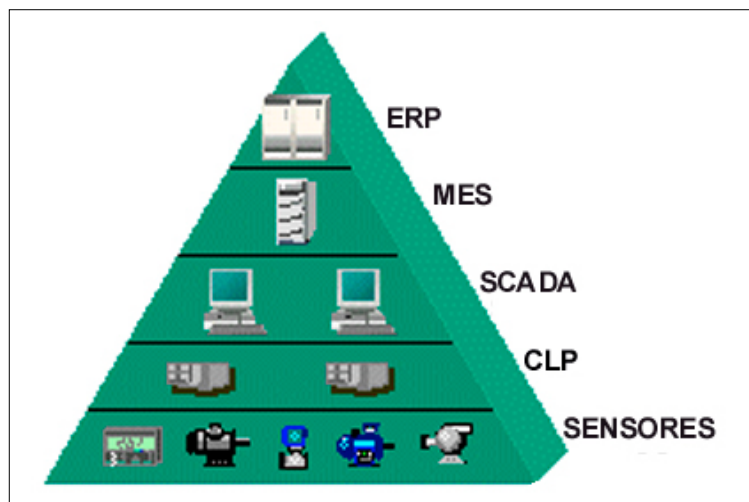


Figura 6 – Hierarquia de redes industriais (Marinho, 2003)

Primeiro Nível (ERP) – É nesse nível onde ficam localizados os sistemas gerenciais, que concatenam todas as informações dos níveis inferiores em relatórios gerenciais e informações para a tomada de decisões.

Segundo Nível (MES) - Como finalização da hierarquia, tem-se os sistemas MES para controle da produção.

Terceiro Nível (SCADA) - Comunicando-se com os CLPs, encontra-se no nível superior os sistemas SCADA, sistemas supervisórios que, por sua vez, comandam os CLPs.

Quarto Nível (CLP) - Acima dos sensores, encontram-se os CLPs, responsáveis por enviar informações aos sensores, sobre quando e como devem desempenhar seu papel.

Quinto Nível (Sensores) - Como vê-se na hierarquia apresentada e também observada nos demais modelos, na base da pirâmide encontram-se os dispositivos de campos mais arcaicos, responsáveis por acionamentos mecânicos e elétricos, como sensores, etc.

Todos os modelos possuem fortes semelhanças entre si, abrangendo os pontos principais de uma rede industrial: Os sensores e atuadores, os CLPs e os sistemas gerenciais.

Como a proposta de uma rede industrial tem por finalidade a comunicação entre as camadas apresentadas nos modelos pesquisados, é necessária uma pequena explanação dos modelos de comunicação entre as mesmas, apresentada a seguir.

2.4 MODELOS DE COMUNICAÇÃO UTILIZADOS

Segundo Portugal (2003), Santos (2003) e Villela (2003) os modelos de comunicação utilizados em uma rede industrial são:

2.4.1 MESTRE – ESCRAVO

A estrutura Mestre/Escravo, é esclarecida por Villela (2003), da seguinte forma:

Pressupõe-se que o equipamento receptor tem, em termos de comunicação, toda a ação controlada pelo seu mestre. O equipamento emissor assume o papel de controlador da rede, tornando-se, assim, o mestre. O equipamento receptor é controlado pelo emissor em

termos de comunicação, tornando-se, assim, o escravo da rede. Esse modelo é bastante adotado em processos em que o canal não possui capacidade de memorização. (Villela, 2003).

Santos (2003) descreve algumas características desse modelo, onde, o escravo é, em termos de comunicação, totalmente controlado pelo mestre. O mestre não tem que pedir permissão para atualizar o escravo, mas também não pode lhe atribuir outra tarefa sem ter terminado a anterior. Tem-se uma sincronização síncrona restrita entre o envio e a recepção da informação. O canal que define a associação entre mestre e escravo é fixo, ou seja, existe enquanto houver comunicação. Quando o processo mestre termina, a comunicação, o canal é desfeito. A relação da comunicação é um para um. O Modelo mestre-escravo é apresentado na figura 7.

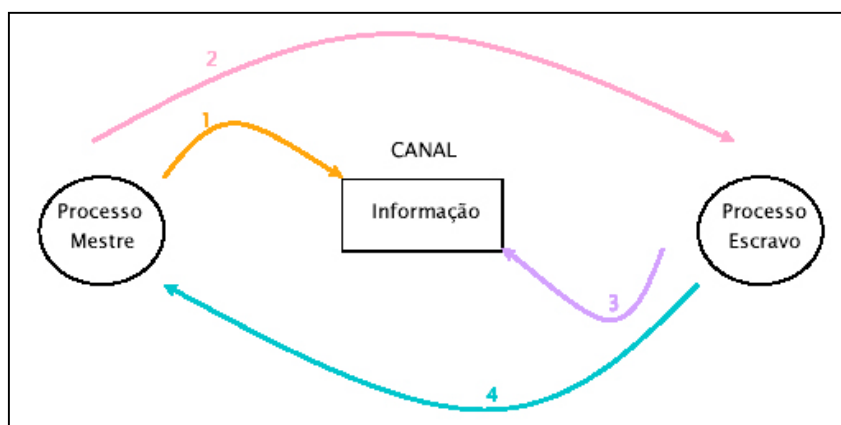


Figura 7 – Modelo Mestre – Escravo (Santos, 2003)

2.4.2 MODELO CORREIO

Segundo Portugal (2003), o modelo correio baseia-se na possibilidade de transferência assíncrona das informações, sobre a forma de mensagens. Os equipamentos, tanto emissores quanto receptores, são completamente independentes uns dos outros. O canal tem a capacidade de armazenar, formando a chamada caixa de correio.

Algumas das características desse modelo são que os emissores não tem qualquer controle sobre os receptores e vice-versa. Porém, quando a caixa estiver cheia, o componente emissor não poderá mais armazenar dados. Da mesma forma, os receptores não poderão ler caixas de correio vazias. A semântica da sincronização é assíncrona e sua implementação é simples, porém mais custosa que o modelo mestre

escravo. A relação da comunicação é “n” para “n”. O Modelo de correio é visto na figura 8.

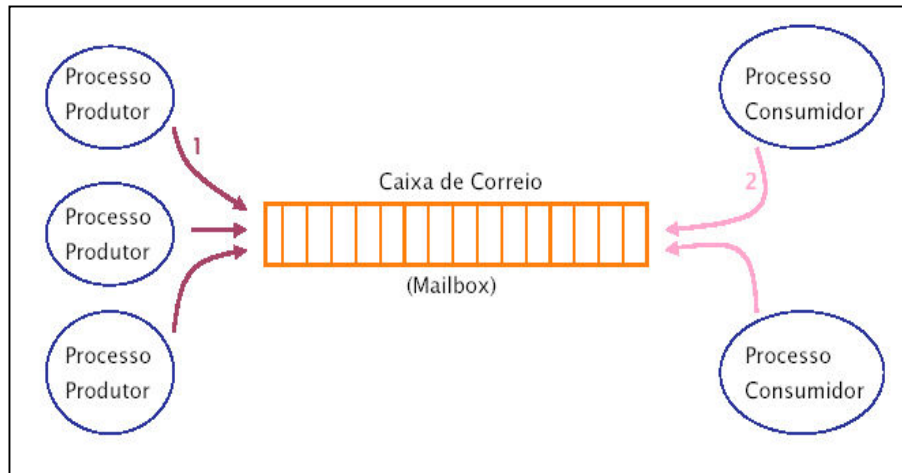


Figura 8 – Modelo Correio (Santos, 2003)

2.4.3 MODELO DIÁLOGO

O Modelo diálogo apresenta características comuns dos modelos mestre-escravo e correio. Conforme nos apresenta Santos (Santos, 2003), o modelo utiliza, como no modelo correio, uma caixa de correio para receber pedidos; e do modelo mestre-escravo, utiliza um canal dedicado entre dois equipamentos, que é eliminado no final da comunicação.

Os processos clientes devem requisitar o estabelecimento das conexões, onde é criado um canal fixo entre os dois pontos, de forma dinâmica. No final da comunicação, o canal é eliminado. Sua implementação é mais elaborada e permite a comunicação do tipo cliente/servidor. Relação da comunicação é “n” para um e depois um para um. O Modelo Diálogo é apresentado na figura 9:

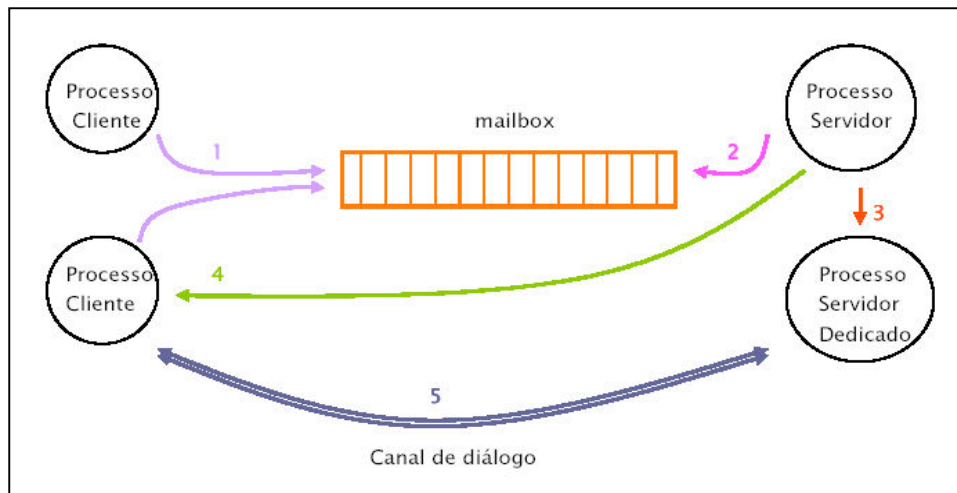


Figura 9 – Modelo Diálogo (Santos, 2003)

2.4.4 MODELO DIFUSÃO

Na difusão, pretende-se enviar a mesma informação a um conjunto de equipamentos, os quais deverão efetuar a mesma operação, ou atualizar informações internas de forma idêntica. Sua relação é um para “n”. O Modelo Difusão é apresentado na figura 10.

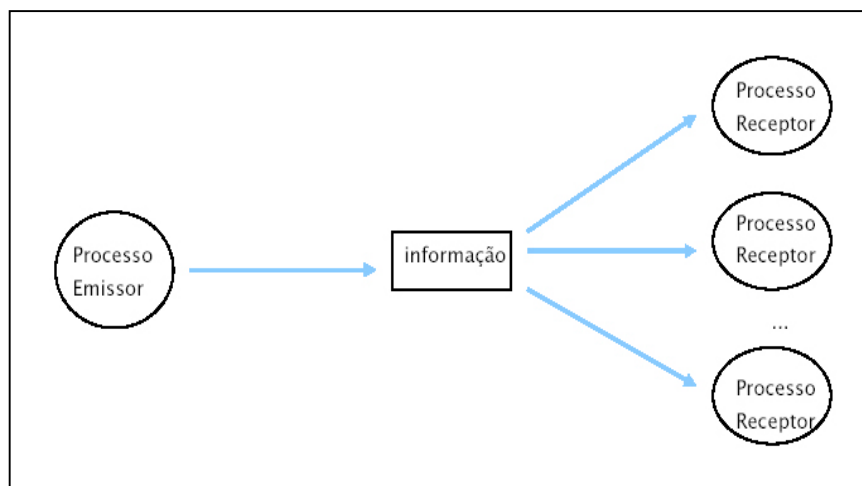


Figura 10 – Modelo Difusão (Santos, 2003)

Vistos os modelos de comunicação entre as camadas de uma rede industrial e os modelos em camadas das mesmas; serão apresentadas, a seguir, as diversas propostas tecnológicas que contemplam essa finalidade.

2.5 TECNOLOGIAS DAS REDES INDUSTRIAIS

As redes industriais seguem alguns modelos de interconexão nos diversos níveis (camadas) que as compõem. Segundo Marinho (2003) esses modelos representam algumas tecnologias de interconexão entre as camadas, basicamente se concentram nos níveis SCADA, CLP e sensores.

Segundo Santos (2003), “existem várias soluções mercadológicas para a interligação dos equipamentos de chão de fábrica”. Essa variedade foi concatenada no padrão definido pela norma IEC 61158, as quais podem ser observados na figura 11. A especificação da norma IEC 61158 agrupou as tecnologias de redes industriais segundo sua topologia de interligação, o tipo de processamento e a taxa de transmissão, segundo consta em C&I Controle e Instrumentação (2003).

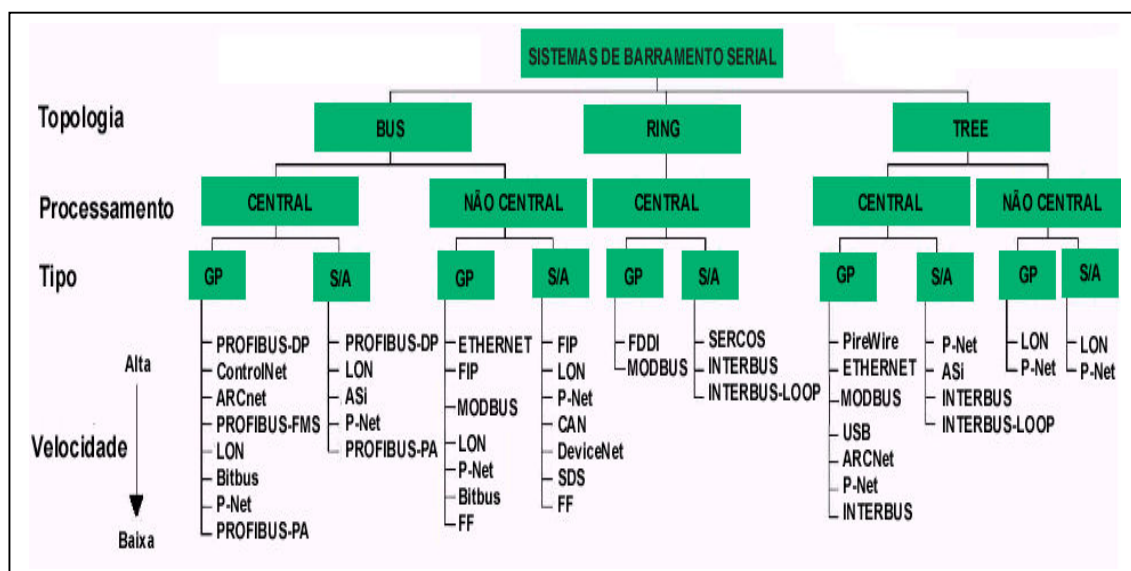


Figura 11 – Tecnologias de Redes Industriais. (C&I, 2003)

A norma define as redes industriais sobre três topologias: barra (*bus*), anel (*ring*) e árvore (*tree*), conforme observado na figura 11. Após essa separação, as tecnologias possuem um segundo agrupamento em relação ao processamento, centralizado e não centralizado, e também de acordo com o tipo. Por último, sua divisão se dá de acordo com a taxa de transmissão.

A norma IEC 61158 também define que os diversos padrões de redes industriais são distinguidos pelo tipo de sistema que compõe sua estrutura (topologia,

processamento utilizado, protocolos e taxas de transmissão). Suas características podem ser determinadas em função do gerenciamento do fluxo de informação dentro do sistema, ou seja, como são feitas as trocas de informações entre equipamentos no nível sensores e equipamentos, no nível CLP ou SCADA.

Outras normalizações como a IEC 51784, DIN 19245, EN 50170, HDF, ODVA, IEEE 802.3, EN 954 e EIA 709 também definem padrões utilizados nas redes industriais, conforme pode ser visto em C&I Controle e Instrumentação (C&I, 2003).

Abaixo serão exemplificados alguns padrões de redes industriais ilustrados na figura 11 e alguns protocolos que compõem esses padrões:

2.5.1 FOUNDATION FIELDBUS

O *Fieldbus* é um sistema de comunicação digital, serial e bidirecional, que interconecta equipamentos de medição e controle tais como CLPs, RTUs (Remote Terminal Unit), sensores e atuadores, conforme explica Seixas (2003). Também segundo a *Fieldbus Foundation* (2003), sua normalização é dada pela IEC 61158 e sua interconexão se dá por *Linking Devices*, que comunicam de forma nativa com os protocolos FF H1 e FF HSE nativos do Fieldbus e o padrão *Modbus* TCP/IP.

A rede *Fieldbus* é uma rede digital cuja padronização levou mais de dez anos para ser concluída. Foram definidos dois padrões *Fieldbus*, um de baixa velocidade para interligação de sensores e atuadores, também conhecido como *Fieldbus* H1, com velocidade de 31,25 Kbps; e outro, de alta velocidade, utilizado na interligação das demais redes e para a ligação de dispositivos de alta velocidade como CLPs, CNCs, RTUs e PCs. Esse padrão ficou conhecido como HSE, com velocidade de até 100 Mbps segundo Fonseca (2003). Na figura 12 é ilustrada a interconexão desses dois padrões, onde um PC rodando um sistema SCADA conecta-se com CLPs através da rede HSE; e os CLPs conectam-se aos dispositivos atuadores (válvulas e medidores de pressão), através da rede H1.

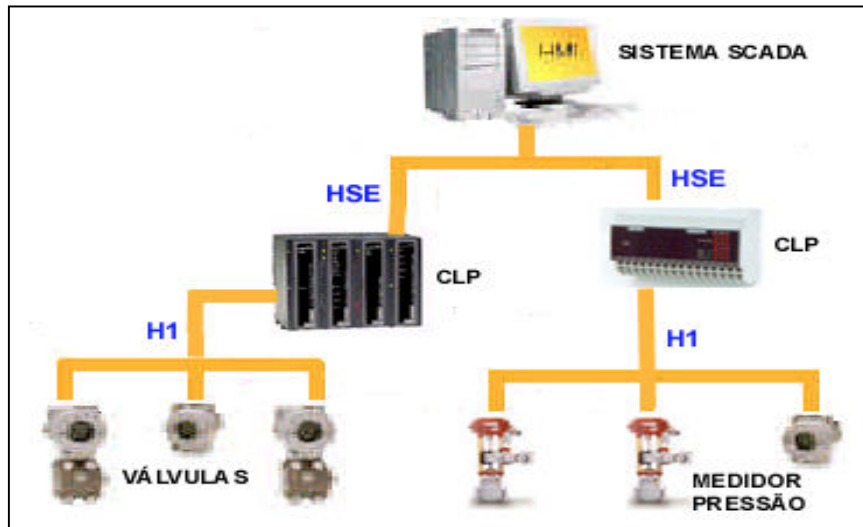


Figura 12 – Rede Fieldbus HSE e H1 (Fonseca, 2003)

Segundo C&I Controle e Instrumentação (C&I, 2003), atualmente, a rede *Fieldbus* conta com mais de 2.500 projetos no mundo (mais de 600 clientes, sendo 40 no Brasil) e mais de 66.000 instrumentos *Foundation Fieldbus* produzidos. A figura 13 demonstra o ambiente *Fieldbus*:

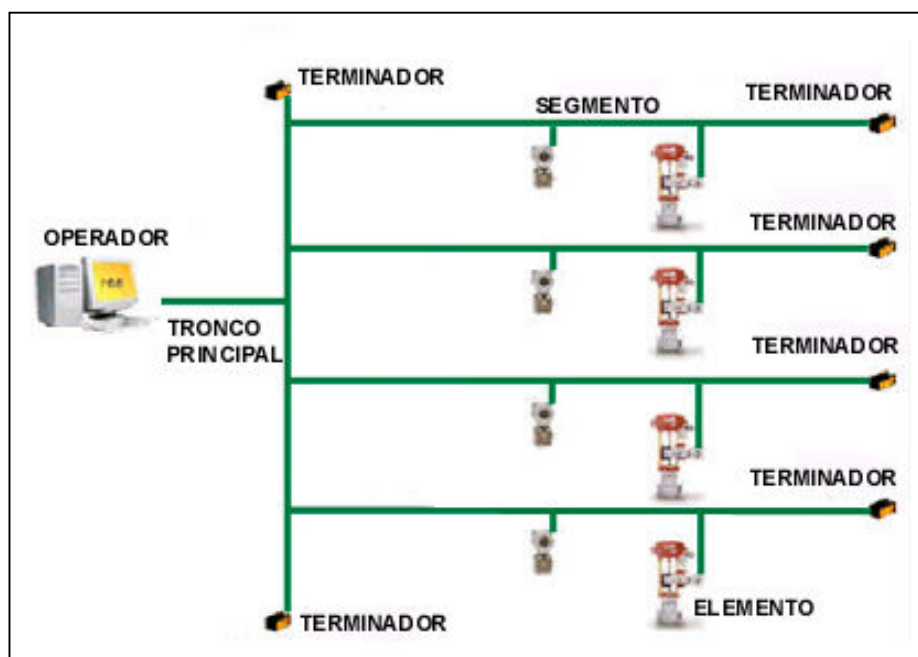


Figura 13 – Ambiente *Fieldbus* (Fieldbus, 2003)

Observa-se, na figura 13, uma rede *Fieldbus* onde há um mestre da rede em um PC interligando diversos dispositivos atuadores, ou elementos da rede. Em cada segmento da rede *Fieldbus* há a necessidade de um terminador.

As normas IEC definem as seguintes regras para o Fieldbus:

- Rede controlada por um mestre, comunicação bidirecional trabalhando em banda base. Existe um ou mais dispositivos mestres que controlam todos os dispositivos escravos na rede;
- Velocidade de 1 Mbps para curtas distâncias (até 40 m) e entre 64 e 250 Kbps para longas distâncias (até 350 m);
- Conectores: bornes tipo industrial e conector D9 e D25;
- A conexão ou desconexão de algum nó não deve interferir no fluxo de dados;
- Isolamento: 500 Vca permanentes entre elementos de campo com tensões reduzidas para atmosferas explosivas;
- Possibilidade de alimentar os elementos de campo através do bus;
- Tamanho mínimo por mensagem: 16 bytes;
- Possibilidade de transmissão de mensagens entre qualquer par de nós sem repetidor;
- Os circuitos integrados que implementam o protocolo devem estar disponíveis comercialmente e ser de domínio público.

2.5.2 PROFIBUS

O *Profibus* é, hoje, um dos padrões de rede industriais mais empregados no mundo. Conforme Seixas (2003), esta rede foi concebida a partir de 1987, em uma iniciativa conjunta de fabricantes, usuários e do governo alemão. A rede está padronizada através da norma DIN 19245, incorporada na norma europeia EN 50170 e EN 50254, além das normas IEC 61158 e IEC 61784 (Profibus, 2003).

O *Profibus* permite comunicação entre dispositivos de diferentes fabricantes sem a necessidade de adaptações por interfaces especiais. Pode-se utilizar o Profibus para transmissões de dados em alta velocidade, como em tarefas de comunicação complexa.

O *Profibus* oferece funcionalidade para protocolos de comunicação DP, PA e FMS. Dependendo da aplicação, a tecnologia de transmissão RS-485, par

trançado ou fibra, poderá ser utilizada. O perfil de comunicação define como são transmitidos dados seriais através de um meio comum. Os protocolos de comunicação diferem-se pela sua aplicabilidade, também definindo as características de cada meio, conforme observa Villela (2003):

Segundo a empresa C&I Controle e Instrumentação (2003), atualmente existem cerca de 9.000.000 de nós *Profibus* instalados no mundo em mais de 500.000 instalações. A maior utilização concentra-se em processos de manufatura, na implementação de sistemas de automação e controle distribuído, interligação de sistemas de automação com sistemas de pesagens, leitores de códigos de barra, encoders, robots, sistemas de medição de energia, entre outros.

Na figura 14 é apresentada a rede *Profibus* em uma implementação dos protocolos que a compõem. Em um nível superior, estão os sistemas SCADA e demais PC responsáveis pela manutenção e obtenção de dados da automação. Nesse nível a comunicação é feita através do protocolo FMS. Em um segundo nível onde encontram-se os CLPs e outros mestres da rede (como PCs, RTUs) fazendo ligação com dispositivos de distribuição, como equipamentos de I/O, a comunicação é feita utilizando-se o protocolo DP. Conectado ao nível DP, existe um acoplador que é responsável pela interligação dos dispositivos PA aos níveis superiores.

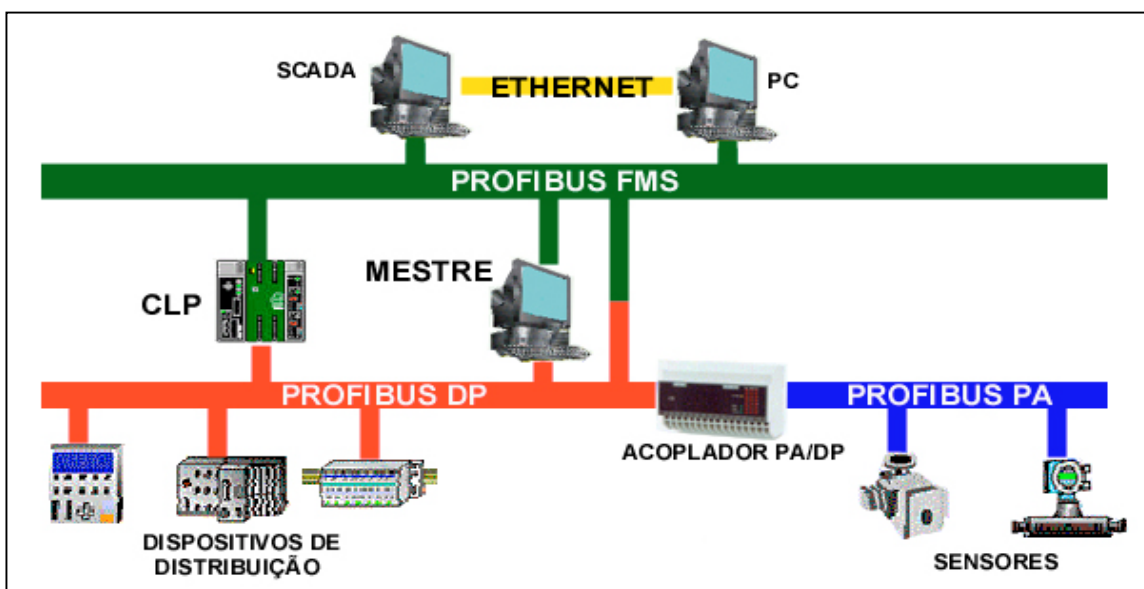


Figura 14 – Rede Profibus FMS/PD/PA (Profibus, 2003)

2.5.2.1 PROFIBUS FMS (Fieldbus Message Specification)

É uma rede de grande capacidade para comunicação de dispositivos inteligentes tais como computadores, CLPs ou outros sistemas inteligentes que impõem alta demanda de transmissão de dados. Atualmente, o FMS vem perdendo espaço para a rede *Ethernet* TCP/IP.

2.5.2.2 PROFIBUS DP (Distributed Peripherals)

Esta rede é especializada na comunicação entre sistemas de automação e periféricos distribuídos. O *Profibus* DP é mais freqüentemente utilizado para comunicação entre sistemas automáticos de controle e I/O distribuídos ao nível de campo.

A rede *Profibus* DP permite a conexão de até 32 dispositivos por segmento, com no máximo de 4 segmentos, através de 3 repetidores. O número máximo de nós deve ser 126. A distância máxima é de 1.2 Km utilizando interface RS485. A rede pode ser estendida com repetidores até 15 Km e utilização de fibra ótica.

A rede é terminada por um terminador ativo no começo e fim de cada segmento. Ambos os terminadores devem ser alimentados. A velocidade é única e determinada pelo escravo mais lento. Hoje, a velocidade máxima da rede *Profibus* DP é 12Mbps.

Porém, a velocidade de transmissão irá depender do comprimento do cabo no segmento, conforme tabela 1:

Kbits/Segundo	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1500	12000
Comprimento	1200	1200	1200	1000	400	200	200

Tabela 1 - Tabela de Velocidades de Transmissão

2.5.2.3 PROFIBUS PA (Process Automation)

A rede *Profibus* PA é uma rede para interligar válvulas, transmissores de pressão diferencial e outros dispositivos. A alimentação dos dispositivos pode se dar pela própria rede. Caso se deseje interligar esta rede de baixa velocidade (PA) a uma rede de alta velocidade (DP) ou a um CLP, deve-se utilizar um acoplador. O protocolo é muito simples, o que facilita a interoperabilidade.

A distribuição do controle depende sempre de um mestre externo. O mestre deve ler as PDUs dos transmissores, executar os algoritmos de controle e definir a abertura da válvula de controle, por exemplo.

A *Profibus* PA permite ligar 32 dispositivos por segmento. Os dispositivos podem ser conectados e desconectados para manutenção com a rede em operação, mesmo quando operando em áreas classificadas. A rede *Profibus*-PA obedece o padrão IEC 1158-2, que utiliza como meio de transmissão um par trançado blindado e apresenta a velocidade de 31.25 kbit/s.

2.5.3 INTERBUS

A rede *Interbus* é um padrão aberto, de alta performance, e utiliza topologia em anel para conectar os dispositivos utilizados no processo de controle e manufatura. Segundo Ferreira (2002), o sistema *Interbus* consiste de uma placa controladora instalada em um computador ou CLP que se comunica com uma variedade de dispositivos de I/O.

A indústria C&I (2003) diz que a rede *Interbus* é normalizada pelos padrões IEC 61158, DIN 19258 e EN 50254. Permite a comunicação com inversores de frequência, válvulas, transmissores e leitores de código de barras entre outros. A rede *Interbus* possui mais de 385 mil aplicações no mundo e pode ser utilizada em qualquer segmento da indústria. Na figura 15 é apresentada a topologia *Interbus*.

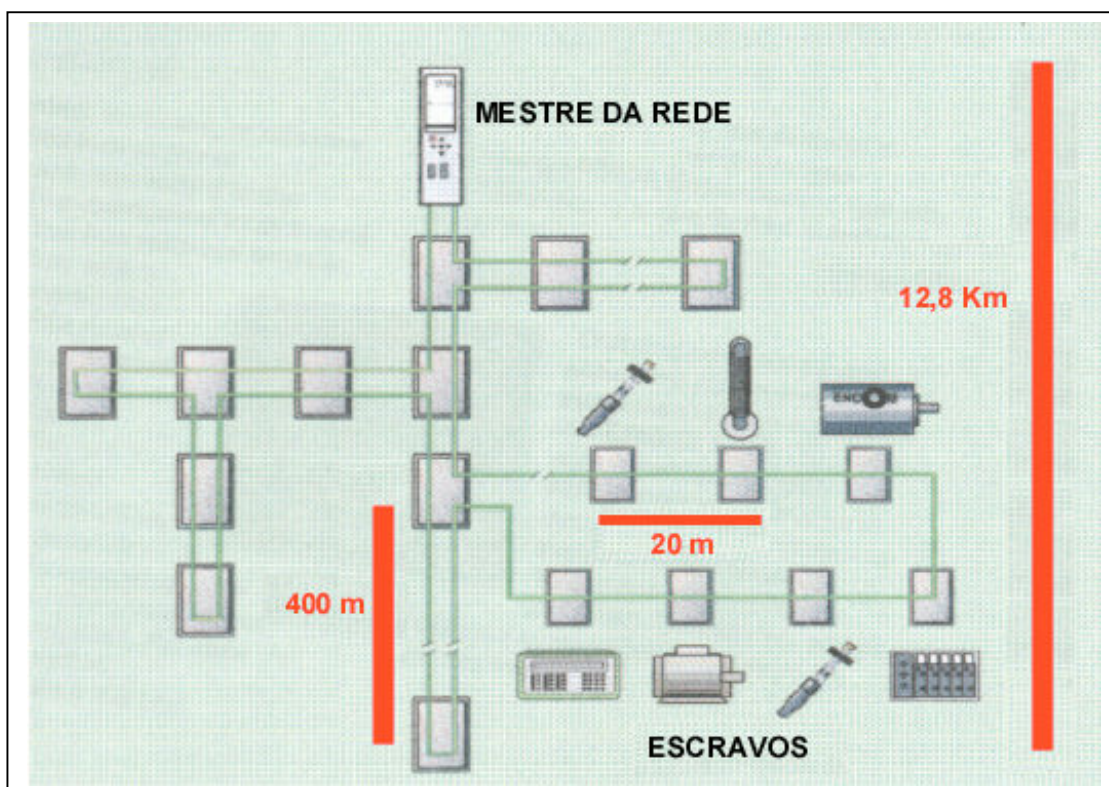


Figura 15 – Topologia da Rede Interbus (*Interbus*, 2003)

Segundo a *Interbus Automation* (2003), a topologia em anel pode ser baseada em fibra óptica ou cabo de par trançado, no nível físico; trabalha com interface RS-485. O *Interbus* trabalha numa arquitetura mestre/escravo. Todo acesso aos dispositivos é controlado por um dispositivo central. O dispositivo escravo só pode acessar o barramento se ele estiver ativo. O protocolo utilizado para comunicação recebe o nome da própria tecnologia: Interbus.

O Interbus pode controlar mais de 512 dispositivos, através de 16 níveis de rede. A taxa de transmissão é de 500 Kbps, com comprimento da rede local de até 400 m. Pode-se utilizar dispositivos para aumentar o comprimento total da rede Interbus, utilizando módulos especiais chamados acopladores de barramento, constituindo o barramento remoto e chegando a uma distância de até 12,8 km.

O barramento remoto é utilizado para conectar dispositivos com distância superior a 400m. A placa de controle é o dispositivo mestre que controla todo o tráfego na rede. Ela transfere a saída de dados para os módulos correspondentes, recebe a entrada de dados e monitora a transferência. Em adição, se ocorrer mensagens

de erros, as mensagens são transferidas para o *host* que controla o sistema (Interbus, 2003).

2.5.4 MODBUS

Conforme a *Modbus Foundation* (2003), o padrão *Modbus* define uma estrutura de mensagem que os controladores reconhecem e usam, independentemente do tipo de rede utilizada para a comunicação. Ele descreve o processo que um controlador utiliza para requisitar acesso de outros dispositivos, a forma como estes respondem e, também, como os erros são detectados e relatados.

O protocolo também estabelece um formato comum para a estrutura e conteúdo dos campos da mensagem. Em uma rede Modbus, os controladores utilizam o protocolo *Modbus* para realizar a tradução da mensagem de uma linguagem de alto nível em código de máquina.

O protocolo é responsável pela atribuição de endereço aos controladores, fornece mecanismos que permitem aos controladores a identificação do destinatário de uma mensagem, bem como, a ação a ser executada quando ocorrer o recebimento da comunicação. Segundo a Alfa Instrumentos (2003), em redes diferentes, as mensagens contendo o protocolo *Modbus* são incluídas no quadro que é usado na rede. Assim, os controladores são responsáveis pela conversão de protocolos distintos. Esta conversão é estendida para resolução de endereçamento de nós, roteamento e métodos de verificação de erros.

Na figura 16, pode-se observar claramente que todos os dispositivos que compõem a rede industrial comunicam através do protocolo *Modbus*. Alguns dos dispositivos assumem o papel de escravos e de mestres. Os dois PCs mestres existentes na rede têm sua conexão através da rede *Ethernet*.

O protocolo *Modbus* independe do meio, porém, sua utilização é mais comum, utilizando-se o padrão RS-232C e RS-485, que definem as características físicas de cabeamento, níveis de sinal, taxa de transmissão e verificação de paridade que são utilizados pelos controladores.

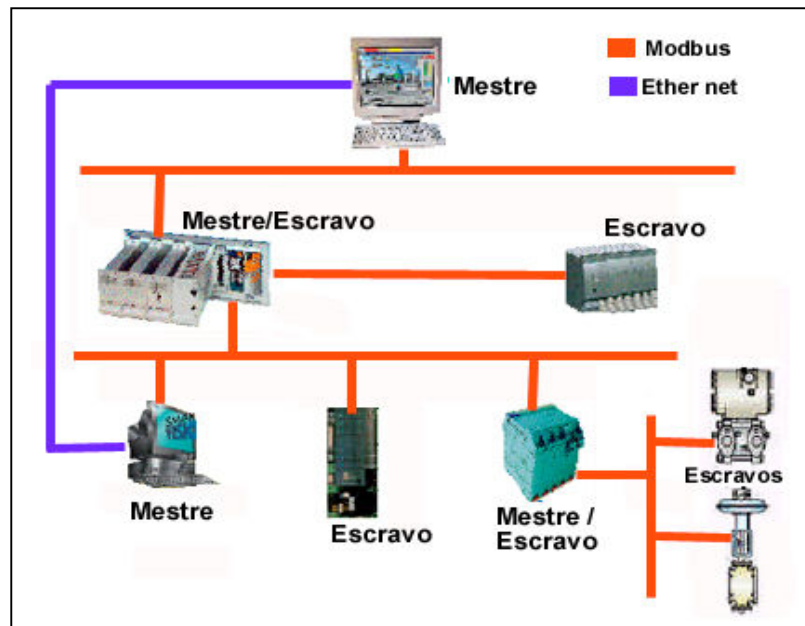


Figura 16 – Protocolo *Modbus* (Modbus, 2003)

Os controladores podem estar conectados diretamente à rede ou através da utilização de modem, segundo a Alfa Instrumentos (2003). A comunicação entre os dispositivos é realizada através da técnica mestre e escravo. Os dispositivos mestres podem iniciar a comunicação, enviando mensagem diretamente a um escravo ou para todos. Os dispositivos escravos apenas podem realizar a comunicação através de respostas para os dispositivos mestres.

O formato do quadro do protocolo de uma requisição para o escravo, é composto pelo endereço de dispositivo, definição da ação que deverá ser executada, além do campo para realizar a verificação da integridade dos dados. A mensagem resposta do escravo é constituída com a confirmação da ação executada, os dados retornados e o campo para verificação de erros.

Geralmente, os controladores que utilizam o *Modbus* como protocolo de comunicação podem permitir a utilização dos dois modos de transmissão: ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) e/ou RTU (*Remote Terminal Unit*). Os usuários escolhem o modo desejado, juntamente com os parâmetros de comunicação, como: taxa de transmissão, bits de paridade, etc.

A seleção de ASCII ou RTU definem o número de bits em um campo de mensagem transmitido serialmente na rede. Define também como serão empacotadas e decodificadas as informações.

2.5.4.1 MODBUS MODO ASCII

Quando os controladores são organizados para comunicar em uma rede *Modbus* que usa o modo ASCII, cada um byte hexadecimal representa dois caracteres ASCII, ou seja, o número 05h é representado pelos caracteres 0 e 5 em ASCII, que em binário representam 0000000 e 00000101. A vantagem, desse modo, é que permite um intervalo de até um segundo entre cada caracter enviado, sem causar erro. Algumas características do modo ASCII são:

1. Sistema de Código

- Hexadecimal, ASCII caracteres: 0 .. 9, A .. F
- Um caracter Hexadecimal contém dois caracteres ASCII

2. Sistema de transmissão

- 1 start bit;
- 7 data bits;
- 1 stop bit, se a paridade é usada; ou 2 stop bits, se paridade não é usada

3. Campo de Paridade

- Paridade de Redundância Longitudinal (LCR)

Abaixo é apresentado a PDU do Modbus ASCII na figura 17:

INÍCIO	ENDEREÇO	FUNÇÃO	DADOS	LRC CHECK	FINAL
1 CHAR :	2 CHARS	2 CHARS	N CHARS	2 CHARS	2 CHARS CRLF

Figura 17 – PDU *Modbus* ASCII (*Modbus*, 2003)

2.5.4.2 MODBUS MODO RTU

Quando os controladores são organizados para comunicar em rede *Modbus* que usa o modo RTU, cada byte, ou oito bits, representa dois números. Isso se deve ao fato do modo RTU representar valores dentro do padrão BCD Packed. O primeiro número é representado pelos quatro bits mais representativos e segundo pelos quatro bits menos representativos. Em resumo, teremos os números 1 e 9 representados por 00011001, que é o hexadecimal 19. A vantagem principal, desse modo, é que sua maior densidade de caracteres permite um melhor processamento dos dados que o modo ASCII em uma mesma taxa de transmissão.

1. Sistema de Código

- Hexadecimal: 0 .. 9, A .. F
- Dois caracteres Hexadecimal contém oito bits do campo de mensagem

2. Sistema de transmissão

- 1 start bit;
- 8 data bits;
- 1 stop bit, se a paridade é usada; ou 2 stop bits, se paridade não é usada

3. Campo de Paridade

- Paridade de Redundância Cíclica (CRC)

Abaixo é apresentada a PDU do Modbus ASCII na figura 18:

INÍCIO	ENDEREÇO	FUNÇÃO	DADOS	CRC CHECK	FINAL
T1.T2.T3.T4	8 BITS	8 BITS	N X 8 BITS	16 BITS	T1.T2.T3.T4

Figura 18 – PDU Modbus RTU

2.5.5 AS-INTERFACE

A rede *AS-Interface* (*Actuator Sensor Interface*) foi inicialmente desenvolvida por um conjunto de empresas alemãs e suíças, financiadas pela *Siemens* para ser uma alternativa de rede para interligação de sensores e atuadores discretos. Em

1998, a rede foi padronizada e recebeu o nome EN50295, segundo a organização denominada também *AS-Interface* (2003).

A manufatura moderna propiciou melhoria nas instalações, permitindo um grande número de dispositivos como sensores e atuadores para monitorar a seqüência do processo industrial. Segundo Ferreira (2002), a rede *AS-Interface* fornece mecanismo para utilizar-se desses dispositivos.

AS-Interface é um sistema de conexão eletromecânico de baixo custo projetado para operar através de dois cabos, onde trafegam dados e energia para alimentação dos dispositivos.

Esse padrão foi desenvolvido especialmente para ser utilizado em baixo nível, em plantas de automação, onde os dispositivos operam em rede local e são controlados por um CLP.

O baixo custo é relacionado com o cabeamento do sistema tradicional, onde era necessário um cabo para cada dispositivo pertencente ao sistema e ligado ao controlador, enquanto que, na rede *AS-Interface*, o meio físico de conexão é compartilhado entre os dispositivos, reduzindo o custo da instalação.

A padronização EN50295 define as seguintes regras gerais para o *AS-Interface*:

- Topologia: Estrutura em árvore;
- Meio físico: Cabo não blindado com dois fios para dados e energia (24VDC/8A);
- Comprimento máximo do cabo: 100 m;
- Número de dispositivos escravos: 31 máx;
- Número de pontos: Até 4 sensores e 4 atuadores por escravo (máx $31 * 4 = 124$ bidirecional, máx $31 * 8 = 248$ sinais binários);
- Endereçamento: Cada escravo possui um endereço determinado. O endereço é definido pelo mestre ou ferramenta de programação;
- Mensagens: A mensagem parte do mestre para um endereço único com resposta imediata do escravo;

- Bit rate: Transmite 4 bits para cada escravo por mensagem. Todos os escravos são chamados sequencialmente pelo mestre e recebem 4 bits de dados. Cada escravo responde imediatamente com 4 bits de dados;
- Tempo de ciclo com 31 escravos :5 ms;
- Detecção de erros: As mensagens incorretas são identificadas e retransmitidas;
- Serviços do mestre: O mestre, tem como principais atividades, a inicialização da rede, identificação dos participantes, definição assíncrona dos parâmetros para os escravos, diagnóstico do barramento e dos escravos, mensagens de erro para o computador host e definição de endereços em escravos substituídos;
- Operação do mestre: O mestre realiza *polling* cíclico de todos os participantes e realiza a transmissão cíclica de dados para o computador *host* ou para os escravos.

Na Figura 19 é apresentado o ambiente AS-Interface

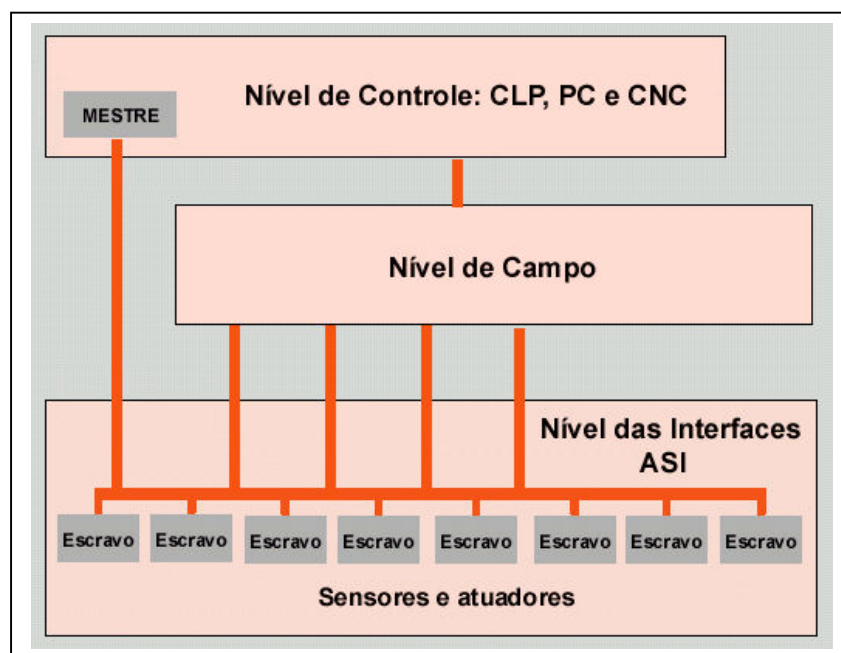


Figura 19 – Ambiente AS-Interface (AS-Interface, 2003)

A Rede *AS-Interface* pode ser conectada ao controle principal de duas formas. A primeira é direta, onde o mestre pode ser representado por um PC ou CLP obedecendo os tempos de ciclos da rede *AS-Interface*. O segundo é através de um acoplador entre a rede industrial de alto nível a rede de dispositivos *AS-Interface*.

2.5.5.1 PROTOCOLO ASI

A comunicação dos dispositivos se dá através da transmissão de 4 bits por ciclo para cada dispositivo. Palavras maiores deverão ser transmitidas em vários ciclos. O protocolo AS-I é definido por 4 fases, conforme a figura 20:

- Pedido do mestre;
- Pausa do mestre;
- Resposta do Escravo;
- Pausa do Escravo;

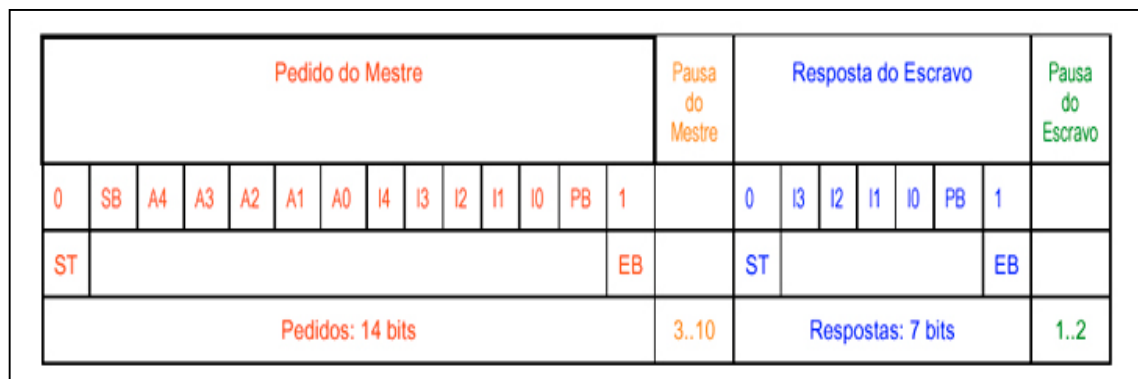


Figura 20 – Formato da Mensagem (*AS-Interface*, 2003)

Conforme demonstrado na figura 16, o mestre inicia o ciclo de questionamentos aos dispositivos formatando a mensagem, onde ST é o bit de início da mensagem; SB é um bit de controle A4..A0, é o endereço do escravo (5 bits), I4..I0 é a informação a ser transmitida ou comando e, para finalizar, há o PB que é o bit de paridade e, o EB, que simboliza o bit de finalização.

Como resposta ao comando, o escravo formula a PDU de retorno com um ST, quatro bits de retorno e um bit de finalização.

A rede AS-Interface é uma rede determinística. Como apenas um mestre pode estar presente e o acesso se dá por *polling* cíclico, cada dispositivo é endereçado num tempo bem definido. Para uma rede completa de 31 escravos, o tempo de ciclo é de 5 ms (milissegundos). Este tempo será menor se menos escravos estiverem presentes. Tempos de até 500ms são possíveis. Valores analógicos requerem vários ciclos de respostas, mas não afetam o tempo de ciclo dos dispositivos.

2.5.6 DEVICE NET

A rede DeviceNet classifica-se como uma rede de dispositivo, sendo utilizada para interligação de equipamentos de campo, tais como: sensores, atuadores, AC/DC drives e CLPs. Esta rede foi desenvolvida pela *Allen Bradley* sobre o protocolo CAN (*Controller Area Network*) e sua especificação é aberta e gerenciada pela *DeviceNet Foundation*. CAN; por sua vez, foi desenvolvida pela empresa *Robert Bosh Corp.* como uma rede digital para a indústria automobilística (Seixas, 2003). A Figura 21 demonstra a aplicabilidade da rede *Device Net*.

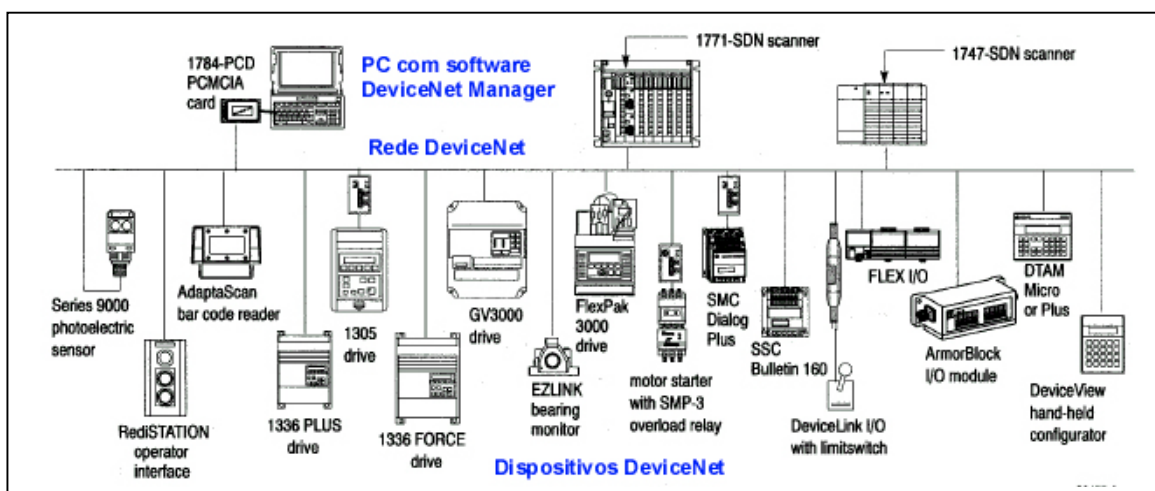


Figura 21 – Aplicações da Rede *Device Net* (Vilela, 2003)

Hoje existem inúmeros fornecedores de *chips* CAN: Intel, Motorola, Philips/Sigmetics, NEC, Hitachi e Siemens.

Esta rede possui uma linha tronco de onde derivam as *drop lines*. A rede *DeviceNet* permite a conexão de até 64 nós. O mecanismo de comunicação é *peer to peer* (ponto a ponto) com prioridade. O esquema de arbitragem é herdado do protocolo CAN e se realiza bit a bit. A transferência de dados se dá segundo o modelo produtor consumidor.

Algumas características da rede *Device Net*, segundo Salomão (1994) são:

- Topologia física básica do tipo linha principal com derivações;

- Barramentos separados de par trançado para a distribuição de sinal e de alimentação (24VCC), ambos no mesmo cabo;
- Inserção e remoção de nós a quente, sem necessidade de desconectar a alimentação da rede;
- Uso de opto acopladores para permitir que dispositivos alimentados externamente possam compartilhar o cabo do barramento com os dispositivos alimentados pelo barramento;
- Usa terminadores de 121 ohms em cada fim de linha;
- Permite conexão de múltiplas fontes de alimentação;
- As conexões podem ser abertas ou seladas.

A rede *DeviceNet* utiliza o modelo de comunicação Produtor/Consumidor e pode ser conectada mono-mestre ou multi-mestre.

2.5.6.1 MENSAGEM *DEVICE NET* – PROTOCOLO CAN

O Controle de acesso ao meio se dá através do protocolo CAN, utilizando as definições CSMA/NBA (*Carrier Sense Multiple Access with Non Destructive Bitwise Arbitration*) ou CSMA/CD + AMP (*Arbitration on Message Priority*).

Através deste protocolo, qualquer nó pode acessar o barramento quando este se encontra livre. Caso seja detectada alguma colisão, ocorrerá uma arbitragem bit a bit, baseada na prioridade da mensagem, que é a função de um identificador de pacote de 11 bits, conforme visto na figura 22.

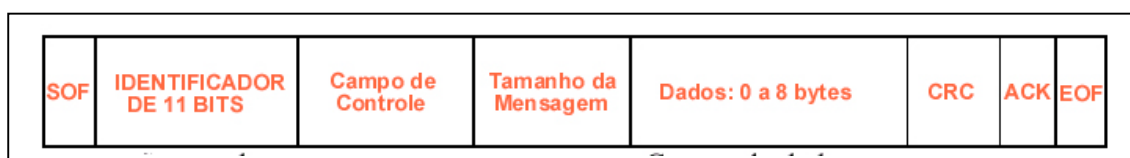


Figura 22 – Formato da Mensagem *Device Net*

Conforme visto na figura 22, a mensagem *Device Net* inicia com um Byte de início (SOF - *Start of Frame*), o identificador de 11 Bits contendo, entre outras informações, a prioridade do *frame*, o campo de controle contendo o endereço destino, o

tamanho da mensagem e 8 bytes de dados. Para finalização do *frame* há três bytes, um de CRC, outro ACK e um byte de finalização (EOF - *End of Frame*).

2.5.7 HART

O protocolo *Hart* foi introduzido pela Fisher Rosemount em 1980. *Hart* é um acrônimo de “*Highway Addressable Remote Transducer*”. Em 1990 o protocolo foi aberto à comunidade e, fundado um grupo de usuários. Hoje sua padronização se dá pela norma HCF revisão 5.0 (Hart, 2003).

Segundo Seixas (2003), a grande vantagem oferecida por este protocolo é possibilitar o uso de instrumentos inteligentes em cima dos cabos 4..20 mA tradicionais. Como a velocidade é baixa, os cabos normalmente usados em instrumentação podem ser mantidos. Os dispositivos capazes de executarem esta comunicação híbrida são denominados *smart*.

O sinal *Hart* é modulado em FSK (*Frequency Shift Key*) e é sobreposto ao sinal analógico de 4..20 mA. Para transmitir 1 é utilizado um sinal de 1 mA pico a pico na frequência de 1200 Hz e para transmitir 0 a frequência de 2400 Hz é utilizada. A comunicação é bidirecional (Hart, 2003).

A topologia pode ser ponto a ponto ou *multi drop*. O protocolo permite o uso de até dois mestres. O mestre primário é um computador, CLP ou multiplexador. O mestre secundário é geralmente representado por terminais *hand-held* de configuração e calibração.

O protocolo *Hart* pode utilizar diversos modos de comunicação. O modo básico é o mecanismo mestre-escravo. Cada ciclo de pedido e recebimento de valor dura cerca de 500 ms, o que implica na leitura de dois valores por segundo. Segundo Villela (2003), quando usando uma topologia do tipo *multidrop*, a rede *Hart* suporta até 15 instrumentos de campo. Apenas o modo mestre escravo pode ser utilizado.

Conforma empresa C&I (2003), a distância máxima do sinal *Hart* é de cerca de 3000 m por cabo com um par trançado blindado e de 1500 m com cabo múltiplo com blindagem simples. Atualmente sua utilização é comum nas empresas

químicas e petroquímicas, açúcar e álcool, papel e celulose, automação predial, alimentos e bebidas, cimento, vidro e fibra, ótica, metalúrgica, mineração e outras indústrias de processos gerais. Na figura 23 é ilustrado uma a rede *Hart*.

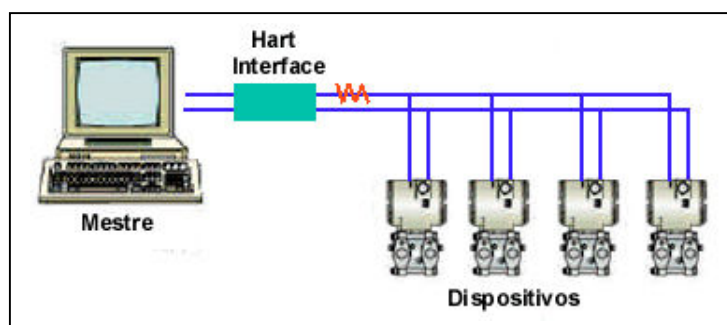


Figura 23 – Rede Hart (Hart, 2003)

Todo dispositivo *Hart* deve aceitar um repertório mínimo de comandos denominados comandos universais ou *common practice commands*. Para cada dispositivo existirão comandos particulares denominados *device specific commands*, que deverão ser implementados segundo as especificações Hart. Os comandos universais asseguram a interoperabilidade entre os dispositivos de campo. Abaixo, na figura 24, são verificados os comandos universais do protocolo *Hart*:

Comandos universais	Comandos específicos do dispositivo
Leitura de variáveis	Funções específicas do modelo
Mudança de limite inferior e superior	Opções especiais de calibração
Ajuste de zero e span	Iniciar, parar e resetar totalizador
Inicia auto teste	Selecionar variável primária
Número de série	Habilitar PID, mudar Set Point
Valores de constantes de tempo	Ajustar parâmetros de sintonia

Figura 24 – Comandos Universais (Hart, 2003)

2.5.8 CONTROLNET

Outro modelo utilizado para a interconectividade de dispositivos de campo é o *ControlNet*, padronizado pela norma IEC 61158. Segundo Pereira (2003), é um padrão para conexão de dispositivos situados na camada CLP, segundo o modelo de Marinho. Sua capacidade é de 99 nós interligados a uma velocidade de 5 Mb/s

2.5.9 SAFETYBUS

O modelo de rede industrial Safetybus é muito utilizado para a automação de prensas, linhas de transferências, células robotizadas, aeroportos, teleféricos e máquinas de transportes em geral.

Sua normalização, segundo a C&I (2003), se dá pela EN 954, DIN 19250 e DIN VDE 0116. Possui capacidade de interconectar 64 módulos a no máximo 3500 metros em topologia linear. Possui uma taxa de transmissão de até 500 kbit/s.

Sua comunicação com níveis superiores se dá através dos modelos *DeviceNet*, *Profibus*, *Interbus*, *Modbus*, *Can* e *ControlNet*.

Sua aplicabilidade pode ser constatada nas empresas Volkswagen, General Motors, Ford, Schuler, entre outras.

2.5.10 LONWORKS

O modelo *LonWorks* é muito encontrado em automações prediais e residenciais. Sua capacidade é de 255 subredes, com capacidade de 127 nós cada, alcançando um total de 32.385 nós interconectados. Sua conexão se dá através de par trançado a uma velocidade de 1,25 Mbps. Podem ser utilizados outros meios como RF, Infra-vermelho, fibra ótica, rede elétrica, entre outros.

A rede *Lonworks* pode ser conectada e monitorada através de um PC, com a utilização de cartões especiais.

2.5.11 REDE GENIUS

A rede *genius* é utilizada para comunicação de IHMs, inversores de frequência, I/Os remotos. Possui a capacidade de conexão de 32 dispositivos a uma velocidade de 153,6 Kbps até 1066m, 76,8 Kbps até 1372m, 38,4 Kbps até 2286 (este último, limitado a 16 dispositivos no barramento).

Sua aplicabilidade é em controle de I/Os distribuídos, sincronização de redundância e controle crítico.

2.6 FAIXA DE APLICABILIDADE DAS REDES INDUSTRIAIS

A figura 25 demonstra a faixa de aplicabilidade dos modelos de redes industriais apresentados. É ilustrado em qual camada de uma aplicação industrial cada modelo se enquadra.

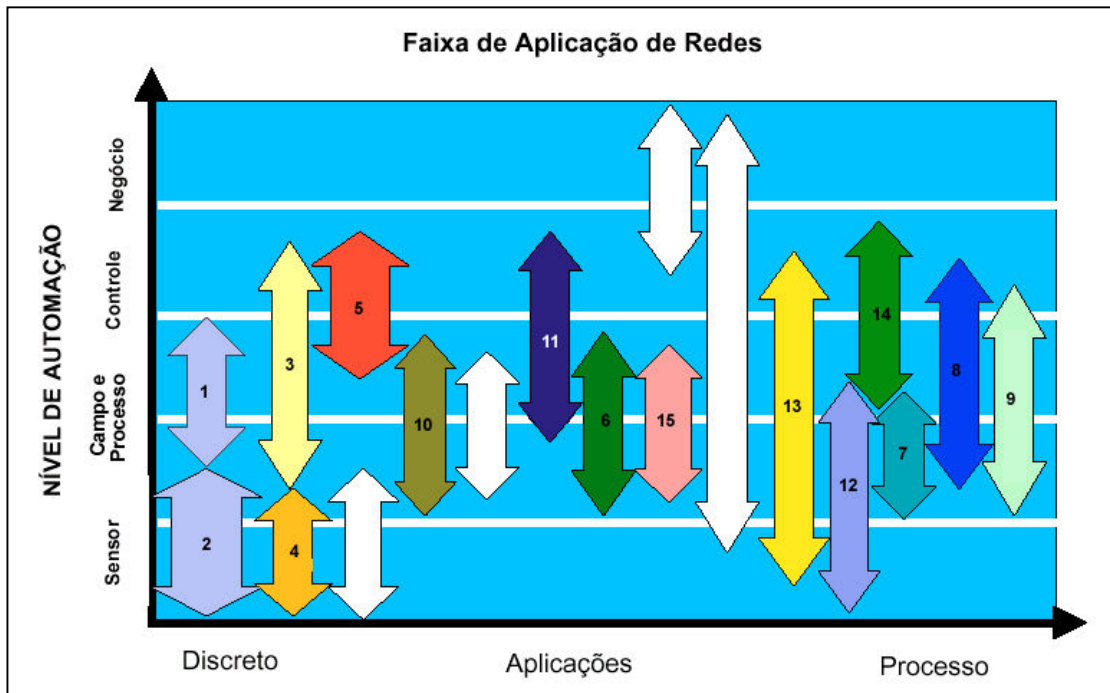


Figura 25 – Aplicação das Redes Industriais (Georgini, 2000)

- 1) Interbus;
- 2) Interbus Loop;
- 3) Profibus DP;
- 4) AS-I;
- 5) Profibus FMS;
- 6) Device Net;
- 7) Hart
- 8) Fieldbus
- 9) Profibus PA;
- 10) CAN;
- 11) ControlNet;
- 12) LonWorks;
- 13) Modbus;
- 14) Safety Bus;
- 15) Rede Genius.

Como visto, existem diversos modelos para interligação das redes industriais e diversos níveis da mesma. Se for observado na figura 25, todos os modelos apresentados encontram-se mais centralizados nas camadas de dispositivo e controle.

A camada de negócio possui alguns sistemas proprietários que atuam como sintetizadores finais das informações geradas nos níveis mais baixos, porém, em se tratando de gerência dessas camadas, poucos são os sistemas que oferecem alguma solução mercadológica e aplicável. A maioria deles são conhecidos como sistemas supervisórios ou SCADA por atuarem na camada SCADA. Alguns conceitos e funcionalidades sobre os sistemas SCADA serão vistos a seguir.

2.7 GERENCIAMENTO DE REDES INDUSTRIAIS PELOS SISTEMAS SCADA

Nesse item, será abordada a gerência de redes industriais implementadas pelos sistemas SCADA, segundo Tíbola (2004), Rodrigues (2004) e Santos (2004).

Atualmente, a gerência das automações industriais são feitas através de sistemas chamados SCADA (*Supervisory Control And Data Aquisition*). Segundo Tíbola (2004), os primeiros sistemas SCADA, basicamente telemétricos, permitiam informar periodicamente o estado corrente do processo industrial, monitorando sinais representativos de medidas e a situação dos dispositivos, através de um painel de lâmpadas e indicadores, sem que houvesse qualquer interface com o operador.

Os sistemas SCADA realizam supervisão, controle e operação de um processo industrial. São softwares que distribuem informações entre estações via rede com desempenho e segurança. Estes softwares, comenta Santos (2004), normalmente são mais robustos e confiáveis para aplicações de grandes porte e para aplicações distribuídas em várias estações.

Com a evolução tecnológica, os computadores assumiram um papel de gestão na coleta e tratamento de dados, permitindo a sua visualização numa tela e a geração de comandos de programação para execução de funções de controles complexas (Santos, 2004).

Os sistemas SCADA utilizam tecnologias de computação e comunicação para automatizar a monitorização e controle dos processos industriais, efetuando coleta de dados em ambientes complexos e a respectiva apresentação de modo amigável para o operador, com recursos e interfaces Homem-Máquina. Porém,

conforme Tíbola (2004) nos diz, as atividades de monitoração e controle não são necessariamente atividades de gerência. Em uma única rede também podem existir vários sistemas SCADA responsáveis pela monitoração de determinadas automações, como mostra a figura 26.

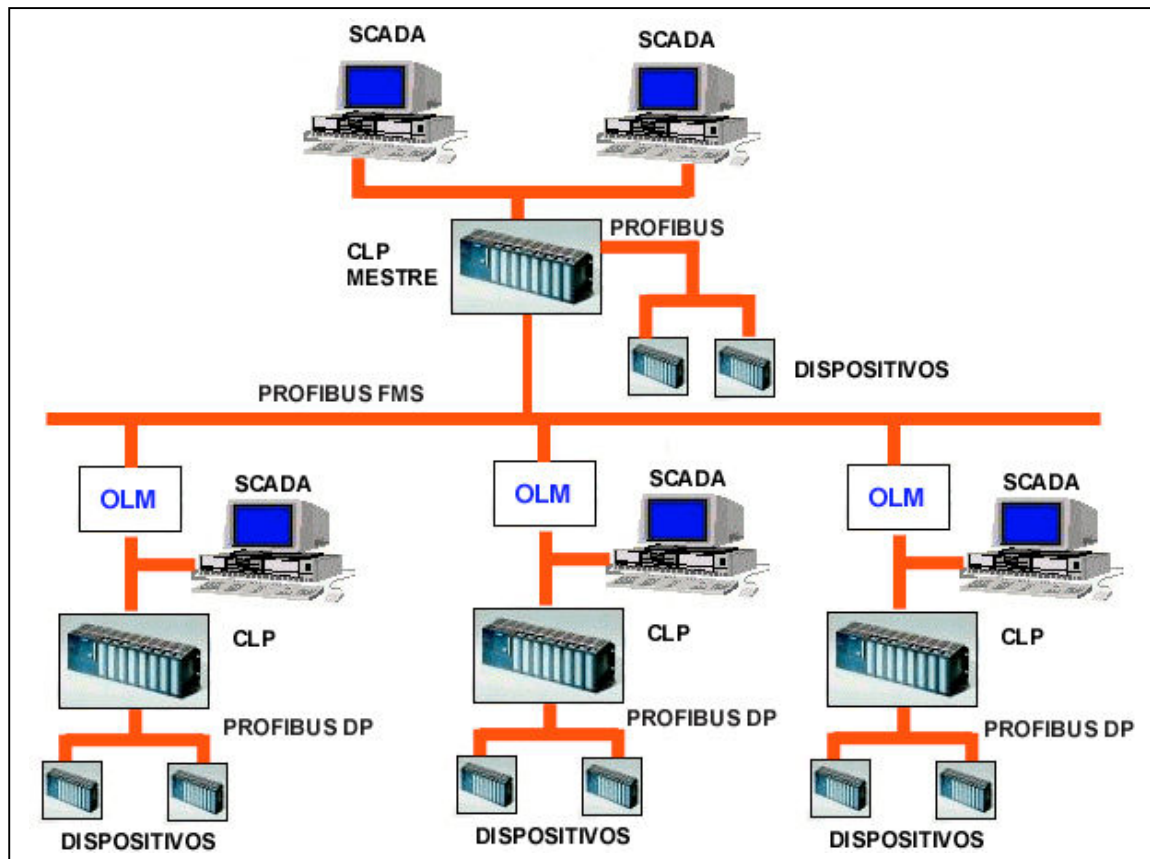


Figura 26 – Disposição dos Sistemas SCADA em uma Rede Industrial (Tíbola, 2004)

Conforme visto na figura 26, há dois sistemas SCADA monitorando um CLP mestre, sendo que um dos sistemas SCADA é uma estação backup. Esse CLP está ligado através da rede Profibus e protocolo FMS a outros três CLPs e dispositivos de campo. Cada CLP é monitorado por um sistema SCADA dedicado e controla outros dispositivos, através do padrão *Profibus DP*. A ligação do CLP mestre com outros CLPs se dá através de um módulo OLM (*Optical Link Module*). Com isso, observa-se a diversidade dos sistemas SCADA possíveis em uma única automação. Outro aspecto importante é que a grande maioria dos sistemas SCADA são proprietários e exclusivos a uma determinada aplicação.

Porém, isso não impede que os sistemas SCADA, atualmente, ocupem um mercado cada vez maior, podendo ser encontrados em diversas áreas, tais como: indústria de celulose, indústria petrolífera, indústria hidrelétrica, indústria têxtil, indústria metalúrgica, indústria automobilística e indústria eletrônica, entre outras (Rodrigues, 2004).

Há sistemas SCADA mais complexos e abrangentes, sendo capazes de monitorar várias automações. Esses sistemas possuem grandes funcionalidades e, em muitos casos, algumas funcionalidades podem ser comparadas as de gerências de redes.

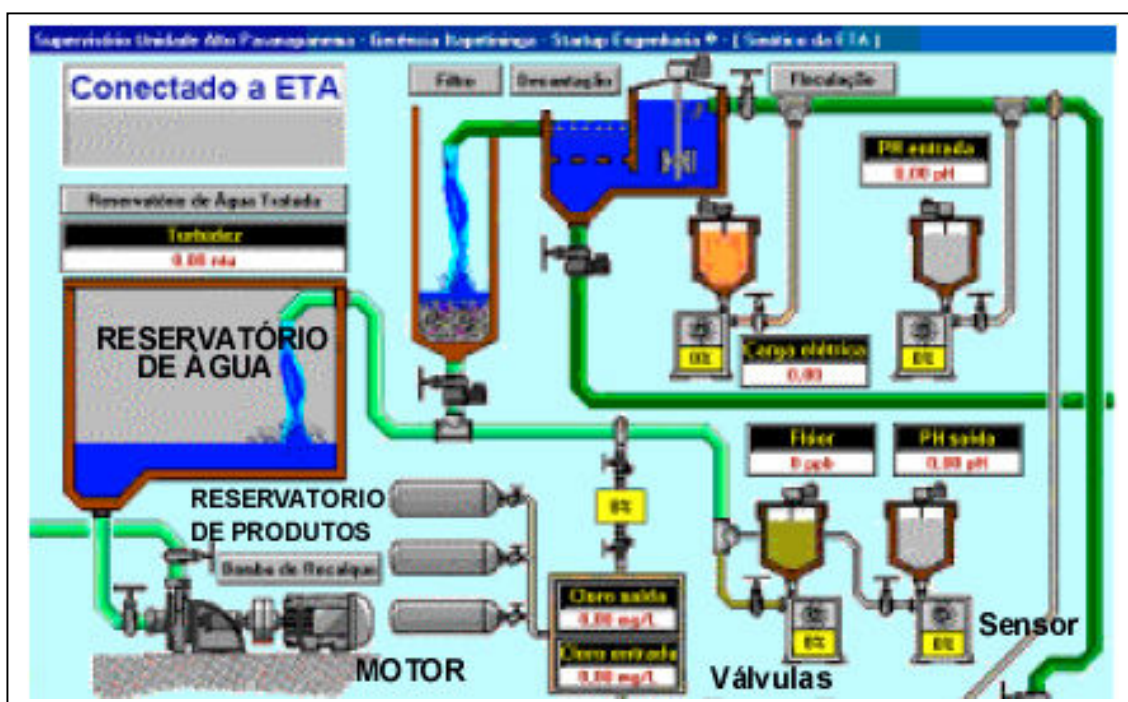


Figura 27 – Sistema SCADA da empresa Atan. (Rodrigues, 2004)

Na figura acima é apresentado o sistemas SCADA, da empresa Atan, controlando uma planta de automação em uma ETA (Estação de Tratamento de Afluentes). A figura ilustra os reservatórios da automação, tanto em capacidade real de água, quanto os reservatórios de produtos necessários para o processo. Os dispositivos a serem gerenciados nessa automação são basicamente válvulas, sensores e motores, conforme pode ser observado na figura 27.

Os sistemas SCADA atuam na terceira camada do modelo proposto por Marinho (2003) e Georgini (2000), a camada SCADA e, geralmente, tratam-se de sistemas proprietários, conforme comentado. Dessa forma, a sua interligação com os

sistemas das camadas superiores se tornam complexas e caras. Um outro ponto negativo dos sistemas SCADA é, segundo Rodrigues (2004), que sua prioridade está no monitoramento das camadas inferiores e não na comunicação com níveis superiores, como sistemas de ativos (como o MAXIMO) e administrativos (como o SAP, PeopleSoft, Oracle, DataSul, Microsiga).

Da mesma forma que um sistema SCADA monitora as redes industriais, uma ferramenta mais abrangente que além de gerenciar a rede industrial, pudesse gerenciar as funcionalidades dos sistemas supervisórios seria útil, uma vez que as estações que contêm os sistemas supervisórios também fazem parte da rede corporativa de computadores e estão sujeitas a todos os defeitos e situações do meio.

Também em um ambiente industrial cada vez mais complexo e competitivo, os fatores relacionados com a disponibilidade e segurança da informação assumem elevada relevância, tornando-se necessário garantir que a informação esteja disponível e segura, independentemente da localização geográfica. Torna-se portanto necessário implementar mecanismos de acessibilidade, mecanismos de segurança e mecanismos de tolerância a falhas, atividades, essas, defendidas pela gerência de redes.

Nesse ponto, os sistemas supervisórios vieram com o objetivo de oferecer alguns desses aspectos, porém, suas funcionalidades e informações dependem da aplicação em que se encontram. Segundo Tíbola (2004), muitas vezes não há um único sistema supervisório em uma rede industrial, o que faz com que uma informação possa depender de vários sistemas e formatos, impossibilitando, muitas vezes, a concatenação de todos os dados necessários a esta. Também não é obrigação de um sistema supervisório proprietário comunicar-se com as mais diversas tecnologias e sistemas administrativos.

Para um melhor entendimento sobre o funcionamento dos sistemas supervisórios ou SCADA, é necessária a apresentação dos componentes básicos que os compõem e suas funcionalidades. Os mesmos serão vistos a seguir.

2.7.1 COMPONENTES DOS SISTEMAS SCADA

Os componentes básicos de um sistema SCADA são:

Sensores e Atuadores: Os sensores e atuadores são dispositivos conectados aos equipamentos controlados e monitorados pelos sistemas SCADA. Os sensores convertem parâmetros físicos, tais como: velocidade, níveis de água e temperatura, para sinais analógicos e digitais legíveis pela estação remota. Os atuadores são usados para atuar sobre o sistema, ligando e desligando determinados equipamentos.

Estações remotas: O processo de controle e aquisição de dados inicia-se nas estações remotas como CLPs, CNCs e RTUs (*Remote Terminal Units*), com a leitura dos valores atuais dos dispositivos que lhes estão associados e o respectivo controle. Os CLPs, CNCs e os RTUs são pequenos computadores, através dos quais as estações centrais de monitorização comunicam com os dispositivos existentes nas instalações. Os CLPs apresentam uma grande facilidade de programação e controle de I/Os. Já, os RTUs possuem boas capacidades de comunicação, o que faz com que atualmente os novos equipamentos de automação tentem reunir as melhores características destes dois equipamentos: a facilidade de programação e controle dos CLPs e as capacidades de comunicação dos RTUs.

Rede de comunicações: A rede de comunicações é a plataforma através da qual a informação de um sistema SCADA é transferida. Tendo em consideração os requisitos do sistema e as distâncias a cobrir, as redes de comunicação podem ser implementadas, através de diversos meios físicos e tecnologias apresentadas anteriormente.

Estações de monitorização central: As estações de monitorização central são as unidades principais dos sistemas SCADA, sendo responsáveis por recolher a informação gerada pelas estações remotas e agir em conformidade com os eventos detectados. Podem estar centralizadas num único computador, ou distribuídas por uma rede de computadores, de modo a permitir a partilha de informação proveniente do sistema SCADA.

2.7.2 FUNCIONALIDADES DOS SISTEMAS SCADA

As principais funcionalidades dos sistemas SCADA são aquisição de dados, visualização dos dados, processamento de alarmes e tolerância a falhas. A seguir, serão listadas detalhadamente tais funcionalidades.

AQUISIÇÃO DE DADOS:

A aquisição de dados é o processo que envolve a coleta e transmissão de dados desde as instalações fabris, eventualmente remotas, até as estações centrais de monitorização.

O processo de aquisição de dados inicia-se nas instalações fabris, onde as estações remotas lêem os valores dos dispositivos a elas conectados. Após a leitura desses valores, segue-se a fase de transmissão de dados em que, quer em modo de comunicação por *polling*, quer em modo de comunicação por interrupção (*Report by Exception*), os dados são transmitidos através da rede de comunicações até a estação central. Por fim, o processo de aquisição de dados é concluído com o respectivo armazenamento em bases de dados.

VISUALIZAÇÃO DE DADOS

A visualização de dados consiste na apresentação de informações através de interfaces homem-máquina, geralmente acompanhados por animações, de modo a simular a evolução do estado dos dispositivos controlados.

Os sistemas SCADA permitem visualizar, para além dos dados recolhidos, previsões e tendências do processo produtivo com base em valores recolhidos e valores parametrizados pelo operador, bem como, gráficos e relatórios relativos a dados atuais e existentes em histórico.

PROCESSAMENTO DE ALARMES

O processamento de alarmes assume um papel de elevada importância na medida em que permite informar anomalias verificadas, sugerir medidas a tomar, e, em determinadas situações, reagir automaticamente mediante parâmetros previamente estabelecidos.

No tratamento de valores digitais, as situações de alarme podem ser detectadas através de uma variável que assume o valor 0 ou 1; no tratamento de valores analógicos são definidos valores que limitam as situações aceitáveis, de modo que, quando os valores lidos estiverem situados fora das gamas de valores permitidos, seja detectada uma situação de alarme. Para além das situações de alarme detectadas com base nos valores lidos pelos dispositivos, os sistemas SCADA podem disparar alarmes com base na ocorrência de determinadas combinações de eventos.

TOLERÂNCIA A FALHAS

Para atingir níveis aceitáveis de tolerância a falhas é usual a existência de informação redundante na rede e de máquinas *backup* situadas dentro e fora das instalações fabris, de modo a permitir que sempre que se verifique uma falha num computador, o controle das operações seja transferido automaticamente para outro computador sem que se notem interrupções significativas.

2.8 CONSIDERAÇÕES

Conforme visto, há diversos padrões para interligação das redes industriais, e sistemas diversos para gerenciamento dessas redes. Porém, os sistemas existentes para a monitoração das redes industriais não são necessariamente sistemas de gerência de redes. Basicamente possuem a finalidade de supervisão sobre as redes e não a total funcionalidade da gerência sobre a rede.

Um modelo de gerência integrado sobre a redes industriais se faz necessário para controlar e oferecer todas as funcionalidades da gerência pró-ativa nesse segmento, facilitando, dessa forma, a operação, administração e manutenção (OA&M) dessas redes.

Como não há um modelo padrão integrado para essa gerência, a criação de um modelo partindo-se de um ponto zero é difícil de ser concebida. Por isso a concatenação de idéias do gerenciamento de redes de telecomunicações e computadores torna-se um ponto de partida para a criação de um modelo aplicado às redes industriais, além, é claro, de toda a semelhança entre esses ambientes, que será vista a seguir, juntamente com os modelos de gerência aplicados a esses ambientes.

3. AMBIENTES DE REDES DE TELECOMUNICAÇÕES E REDES DE COMPUTADORES

A seguir serão apresentadas algumas características das redes de telecomunicações e redes de computadores e após serão repassados os conceitos de gerência de redes e os modelos de redes de computadores e telecomunicações.

3.1 REDE DE TELECOMUNICAÇÕES

Existem diversas tecnologias de rede de telecomunicações atualmente e, segundo Mansur (2003), pode-se destacar:

Tecnologia	Serviços
Telefone	Voz e Dados
ISDN	Dados
LP	Dados
Novas Tecnologias de Redes de Telecomunicações	Internet de alta velocidade, Vídeo analógico, Vídeo Digital, <i>Pay Per View</i> , <i>Audio on demand</i> , <i>Near Video on Demand</i> , <i>Video on Demand</i> , Vídeo conferência, etc.

Uma rede de telecomunicação pode ser apresentada de forma rudimentar sendo constituída por uma rede principal, redes de acesso e redes de equipamentos terminais, como representado na Figura 28.

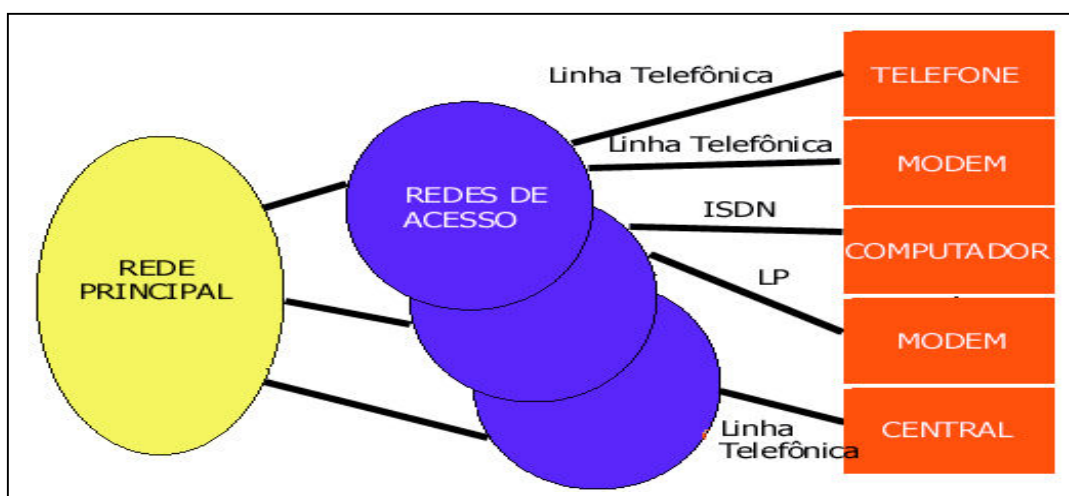


Figura 28 – Rede de Telecomunicações (Mansur, 2003)

A rede de telecomunicações atualmente suporta os serviços e aplicações de vídeo conferência, áudio sob demanda e vídeo sob demanda, entre outros. Cada vez mais, estas aplicações terão que operar em um ambiente multifornecedor e deverão também suportar características, como interoperabilidade e flexibilidade de incorporação de novas funcionalidades.

Para esclarecer melhor os serviços e funcionalidades das telecomunicações, os mesmos serão listados a seguir, segundo referências em Berval (1999) e Schönberger, Selena (2000):

- Serviço de Suporte: Transmissão entre dois pontos, incluindo roteamento e chaveamento (chaveamento de circuitos, chaveamento de pacotes) físico.
- Teleserviços: Inclui Todas capacidades para comunicação entre duas aplicações (telefone, computador)
- Serviços Básicos: Capacidade de manipular chamadas básicas (*call set-up, call release*)
- Serviços Suplementares: Capacidades opcionais que podem ser utilizadas para a suplementação de serviços básicos (*call forwarding, call waiting*)
- Serviços de valores agregados: Serviços suplementares avançados. Serviços que são encapsulados, fornecidos e comercializados como produtos *stand-alone*: *Virtual Private Network Services, Video-on-Demand Services, Bandwidth-on-Demand Services, Security Services, QoS Services*, entre outros.

Com toda essa gama de serviços e equipamentos acima, torna-se inevitável a complexidade do ambiente, assim como nas redes industriais. Porém, a rede de telecomunicações possui alguns modelos de gerência como forma de integração das tecnologias e serviços encontrados, onde se destaca a TMN, que será abordada mais adiante no tópico gerência de redes de telecomunicações.

A seguir, será apresentado, de forma resumida, o ambiente de redes de computadores, similar ao ambiente das redes de telecomunicações e redes industriais.

3.2 REDE DE COMPUTADORES E INTERNET

A utilização de redes de computadores faz hoje parte da cultura geral. A explosão da utilização da Internet tem aqui um papel fundamental; atualmente, quando se fala de computadores, está implícito que os mesmos estão ligados a uma rede, segundo Vicente Neto (1990).

O que se designa por Internet é, na realidade, um conjunto de redes e computadores que se encontram interligados em nível mundial. Segundo Tanenbaum (1997), os meios usados para garantir esta interligação são muito diversos, recorrendo às redes públicas de comunicações, baseadas em cabos elétricos ou ópticos, terrestres ou submarinos e ligações via rádio, terrestres ou via satélite.

O que deve ser destacado nessa pesquisa, a respeito das redes de computadores, é a diversidade com a qual ela é composta e, assim como as redes de telecomunicações e redes industriais, muitos fabricantes de hardware e software estão presentes. Na figura 29 são ilustradas de forma simples quatro redes locais de computadores interligadas através da Internet.

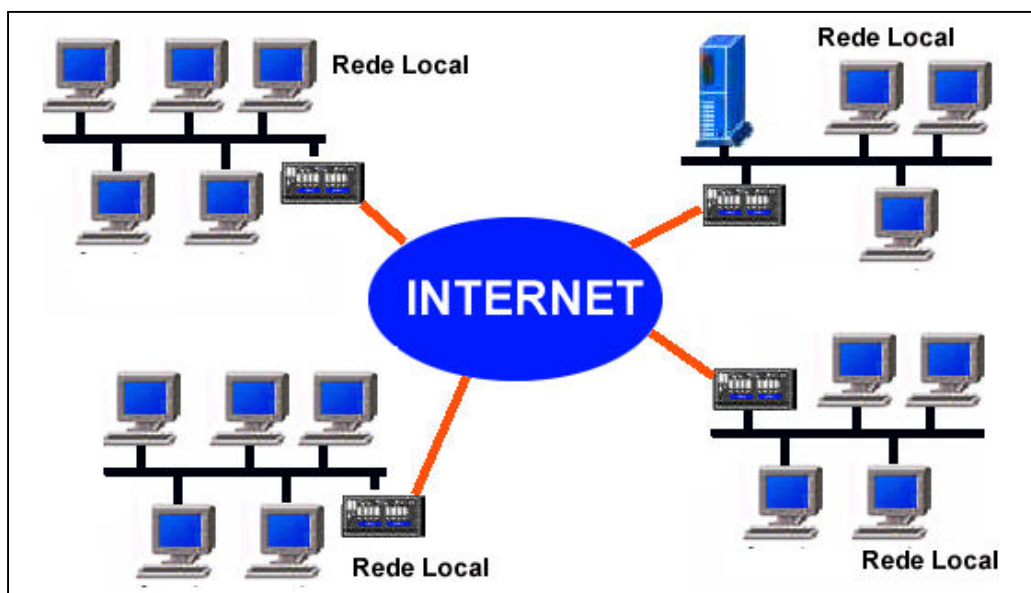


Figura 29 – Rede Local de Computadores interligadas pela Internet (Tanenbaum, 1997)

Além do mais, a grande maioria das redes de telecomunicações e redes industriais utilizam muitos componentes das redes de computadores; como exemplo, tem-se o próprio computador como dispositivo indispensável a essas redes.

Uma vez que a influência das redes de computadores sobre as redes industriais é uma realidade, as mesmas ferramentas de gerência dessas redes podem servir como uma fonte modeladora da gerência das redes industriais, tornando o ambiente padronizado nesse aspecto e permitindo um gerenciamento integrado dos dispositivos, sejam estes pertencentes a uma rede de computadores ou unicamente encontrados nas redes industriais.

Será vista, nas próximas páginas, uma abordagem detalhada sobre gerência de redes e os modelos de gerência de redes de computadores (utilizando o protocolo SNMP), redes de telecomunicações (TMN) e redes industriais.

3.3 GERÊNCIA DE REDES DE TELECOMUNICAÇÕES E REDES DE COMPUTADORES

A gerência das redes de telecomunicações e computadores pode ser definida, segundo Boavista (2000), como o conjunto de todas as tarefas que visam monitorar o funcionamento das mesmas, obter informações e tomar ações que tenham, como meta, otimizar o funcionamento dos seus componentes, assim como de todo o conjunto.

Em termos menos abstratos, Boavista (2000) afirma que:

A gerência de redes busca observar o funcionamento das mesmas obtendo dados deste processo e, a partir desse conhecimento, tomar atitudes tais como: planejar, implementar, configurar, corrigir, otimizar, prevenir, taxar por uso, reger o uso e garantir o funcionamento de todos os eventos relacionados à rede. (Boavista, 2000).

Tomada em um sentido mais amplo, a gerência preocupa-se não só com o dia a dia mas também com fatores tais como: recursos humanos, projetos, questões burocráticas, planejamento, manutenção, etc.

Em se tratando de redes de telecomunicações e redes de computadores, já se encontram consolidados alguns modelos de gerenciamento, como a TMN nas redes de telecomunicações e SMNP nas redes de computadores.

Em redes industriais, ainda há muito a se discutir e pesquisar sobre gerenciamento de redes, e os resultados já obtidos ainda estão longe dos alcançados pela telecomunicação e computação. Analisando-se o modelo de camada proposto por

Marinho (2003) e Georgini (2000), o monitoramento das redes industriais encontra-se implementado até a camada SCADA, onde são encontrados os sistemas supervisórios. Porém, os sistemas supervisórios não implementam todas as funcionalidades de gerenciamento encontradas nos modelos TMN e SNMP. Servem muito mais como espões do processo do que como gerentes.

Para entender mais sobre os fundamentos e modelos de gerenciamento desses três ambientes distintos (redes de telecomunicações, redes de computadores e redes industriais), será feita uma revisão dos conceitos de gerenciamento atualmente aplicado a cada ambiente.

3.3.1 MODELO BÁSICO DE GERENCIAMENTO

A fim de que se tenha uma visão global do escopo abrangido pela gerência de sistemas, é necessária a identificação dos elementos básicos que compõem um ambiente gerenciado. Para isso, na figura 30 é apresentado o modelo básico de gerenciamento segundo Stallings (1996).

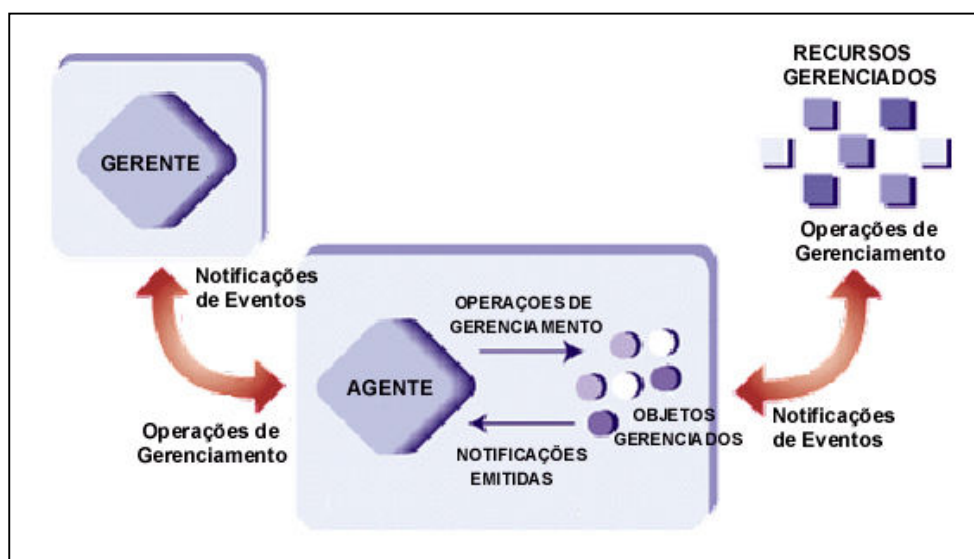


Figura 30 – Modelo básico de gerenciamento gerente – agente (Stallings, 1996)

Na ilustração acima, observa-se que o ciclo básico de gerenciamento é o envio de operações de gerência pelo gerente até o agente. O agente por sua vez responde às operações de gerência, consultando as informações solicitadas nos objetos gerenciados, que são uma visão abstrata dos recursos gerenciados.

Outro ciclo básico no modelo apresentado é o envio de notificações de eventos para o gerente onde, o agente, analisando determinadas características dos objetos gerenciados, dispara um aviso ao gerente sobre algum evento importante.

Abaixo será visto mais detalhadamente cada elemento desse modelo segundo pesquisas em Brisa (1994), Tanenbaum (1997) e Stallings (1996).

3.3.1.1 OBJETO GERENCIADO

Os objetos gerenciados são, segundo Tanenbaum (1997), as entidades do sistema de computação passíveis de gerenciamento, como hubs, switches e demais equipamentos de uma rede computacional. Em se tratando de redes industriais, os objetos gerenciados são representados por sensores, atuadores, CLPs e demais componentes, conforme afirma Georgini (2000). O conceito de objeto gerenciado representa uma abstração dos recursos gerenciados.

3.3.1.2 AGENTE

Stallings (1996), define agente como um módulo de software (usualmente um processo) responsável pela disponibilização das informações associadas a um ou mais objetos gerenciados e pela atuação, mediante solicitação, sobre o objeto gerenciado. O agente pode ainda transmitir notificações assíncronas sobre o comportamento de um objeto gerenciado. O agente é o responsável pela interação com os objetos gerenciados;

3.3.1.3 GERENTE

O gerente é um módulo de software responsável pela requisição de informações atualizadas sobre o comportamento dos objetos gerenciados e do controle destes, conforme mostra Tanenbaum (1997). Brisa (1994), comenta que o agente também pode receber notificações a respeito do comportamento de um objeto gerenciado. Para isto, interage com o agente, utilizando-se de um protocolo de gerenciamento. Usualmente, o gerente também disponibiliza uma interface ao operador;

3.3.1.4 MIB

Apesar de não estar sendo representada, na figura 30, a MIB (*Management Information Base*) é a especificação das informações que podem ser trocadas entre o gerente e o agente. Conforme Soares (2001), isto possibilita que tais entidades possam identificar precisamente o tipo de informação ou ação que está sendo requisitada (ou enviada) e trocar tais informações;

3.3.1.5 PROTOCOLO DE GERENCIAMENTO

Especifica como é realizada a comunicação entre as entidades participantes do sistema de gerenciamento. Também define os formatos e padrões para a troca das mensagens entre gerentes e agentes.

3.3.2 DIMENSÕES DA GERÊNCIA DE REDES

As dimensões de gerência são conjuntos cujos elementos englobam todos os temas de relevância para a gerência. De acordo com Tapajós (2003), cada dimensão está relacionada a um tema de ordem genérica, o qual é decomposto em temas mais específicos. As dimensões são classificadas em três tipos: dimensão funcional, dimensão temporal e dimensão de cenários.

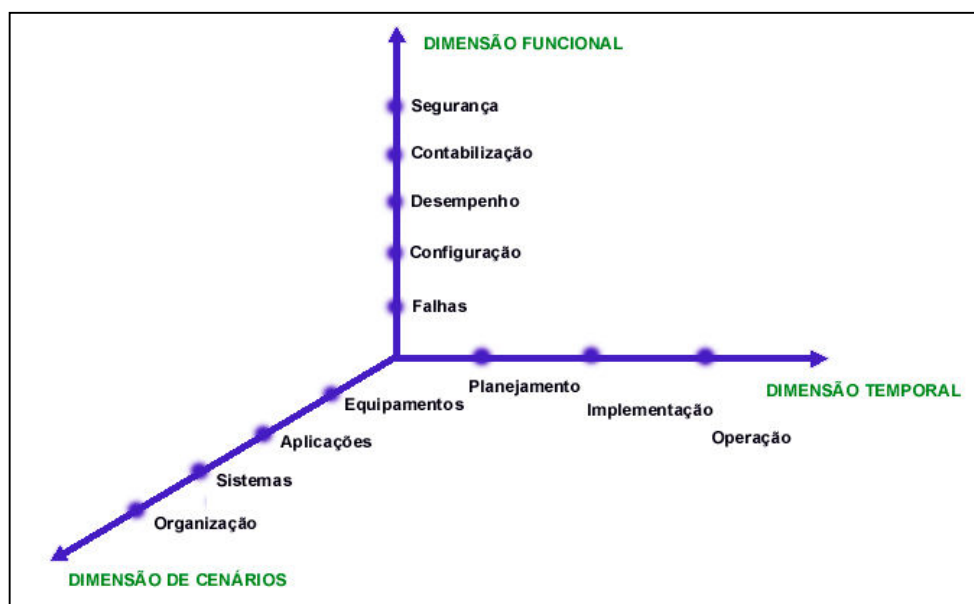


Figura 31 – Dimensões da Gerência de Redes (Tapajós, 2003)

- Dimensão funcional: Esta dimensão aborda as tarefas de gerência a partir de uma organização em áreas funcionais, quais sejam: falhas, configuração, desempenho, contabilização e segurança.
- Dimensão temporal: Nesta dimensão, a abordagem sobre a gerência é realizada sob o enfoque das fases em um processo de ciclo de vida. As fases são: planejamento, implementação e operação.
- Dimensão de cenários: Nesta última dimensão, a abordagem é feita dividindo o cenário onde se efetiva a gerência em diversos cenários menores. Os cenários são: cenário de equipamentos, compostos por toda a espécie de equipamentos que formam a rede; cenário de aplicações, composto pelo conjunto de aplicações que implementam os serviços; cenário de sistemas, composto por sistemas específicos, normalmente distribuídos, formados por hardware e software; cenário da organização, composto pelos cenários anteriores e visto como uma entidade única e que apresenta, como resultados, os produtos dos serviços da rede da corporação.

Tapajós (2003) descreve que: “o modelo descrito, além de possibilitar a visão global das questões relacionadas à gerência, apresenta o universo onde se espera que estejam contidos todos os elementos passíveis de serem abordados quando o tema é gerência de redes”.

3.3.3. ÁREAS FUNCIONAIS DE GERENCIAMENTO

O modelo funcional utilizado para a maioria das arquiteturas de gerência existentes foi definido pela *International Organization for Standardization* (ISO) e agrupou as tarefas de gerência em cinco áreas principais (Tanenbaum, 1997).

- Gerência de falhas: Processo de localizar problemas ou falhas na rede. Para tal, segue-se a seguinte seqüência de passos: identificar a falha; isolar a causa da falha; corrigir a falha, se possível. Usando as técnicas de gerenciamento de falhas o gerente pode localizar e resolver problemas mais rapidamente do que seria possível sem ela.
- Gerência de Configuração: Processo pelo qual é possível obter informações da rede sobre a configuração, seus elementos, e, para alguns destes, modificar ajustes dos parâmetros existentes.

- Gerência de Contabilização: Está voltada para o rastreamento da utilização de recursos da rede e, a partir de métricas e cotas preestabelecidas, assegurar que todos os meios serão racionalmente distribuídos para o trabalho.
- Gerência de Desempenho: Envolve a medida da performance do hardware, do software do fluxo de dados na rede. Exemplos de atividades mensuráveis são o fluxo de dados nos enlaces, porcentagem de utilização de recursos da rede, taxas de erro e tempo de resposta. Através da utilização da gerência do desempenho, o gerente da rede será capaz de verificar, com precisão, as necessidades da rede e adequar os recursos para supri-las.
- Gerência de Segurança: É o processo de controlar o acesso às informações da rede. Para tal, é preciso levantar quais são os recursos críticos, identificar os acessos até os mesmos e, por fim, proteger estes acessos.

A seguir serão apresentados os modelos de gerência SNMP, TMN e os conceitos de monitoramento das Redes Industriais. Apesar de sua grande importância como referência em gerência de redes, o modelo OSI não será apresentado nesse trabalho por não ser contemplado na pesquisa realizada.

3.3.4 GERENCIAMENTO SNMP

O SNMP (*Simple Network Management Protocol*) foi desenvolvido nos anos 80 como resposta para os problemas de gerenciamento em ambientes TCP/IP, envolvendo redes heterogêneas. Inicialmente foi concebido para ser apenas uma solução provisória até o desenvolvimento de um protocolo de gerenciamento mais completo, o CMIP (*Common Management Information Protocol*). O modelo de padronização SNMP encontra-se detalhado nas RFCs [(RFC1157), (RFC1448), (RFC3414), (RFC1156), (RFC1213)].

Neste contexto, sem um protocolo melhor disponível, o SNMP passou a ser o protocolo mais utilizado, segundo ODA (2003). Trata-se de um protocolo da camada de aplicação, desenvolvido para facilitar a troca de informações de gerenciamento entre dispositivos de rede, nos diz Venâncio Neto (2003). Estas informações, transportadas pelo SNMP (como pacotes por segundo e taxa de erro na

rede), permitem aos administradores da rede gerenciar o desempenho da rede de forma remota, encontrando e solucionando problemas e planejando o crescimento da rede.

Em uma rede com gerenciamento SNMP, todos os equipamentos envolvidos devem possuir um agente SNMP implementado para que a gerência abrangente. Também pode-se ter várias redes interligadas e gerenciadas de uma forma única, como demonstra a figura 32, onde se tem redes *Ethernet*, *FDDI* e *Token Ring*. Em um gerenciamento SNMP várias estações gerentes também são possíveis.

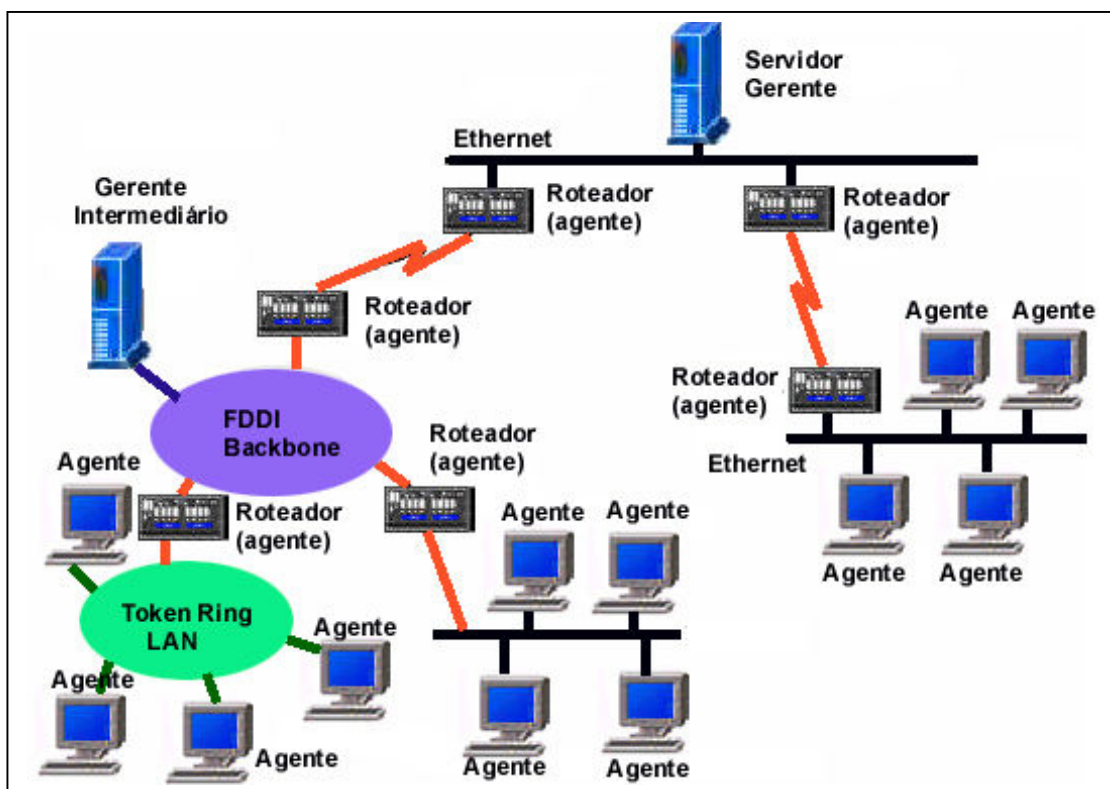


Figura 32 - Visão geral do ambiente SNMP (Venâncio Neto, 2003)

A seguir será descrito mais detalhadamente o SNMP juntamente com os elementos essenciais para a formação da rede de gerenciamento SNMP.

3.3.4.1 DESCRIÇÃO DE SNMP

Segundo Stallings (1996), o SNMP define uma relação cliente/servidor. O programa cliente (chamado de gerenciador de rede) faz conexões virtuais a um programa servidor (chamado de agente SNMP) que executa em um

dispositivo de rede remoto e disponibiliza informação para o gerente relativo ao estado do dispositivo. O banco de dados, que modela o agente SNMP, é denominado MIB (*Management Information Base*) e sua função padrão é controlar valores gerenciados no dispositivo. O SNMP permite a extensão destes valores padrões, adicionalmente com valores específicos para um agente particular, pelo uso de MIB privados.

Diretivas emitidas pelo gerenciador da rede a um agente SNMP consistem nos identificadores de variáveis de SNMP (chamados identificadores da MIB ou variáveis da MIB) junto com instruções para adquirir o valor do identificador ou fixar o identificador para um novo valor (Oliveira, 2000).

Pelo uso de variáveis de MIB privadas, agentes SNMP podem ser incrementadas para gerenciar dispositivos específicos, como bridges, gateways e roteadores. Segundo Soares (2001), as definições de variáveis de uma MIB podem suportar um agente em particular. Na figura 33 é apresentada a forma de interação Agente – Gerente - MIB.

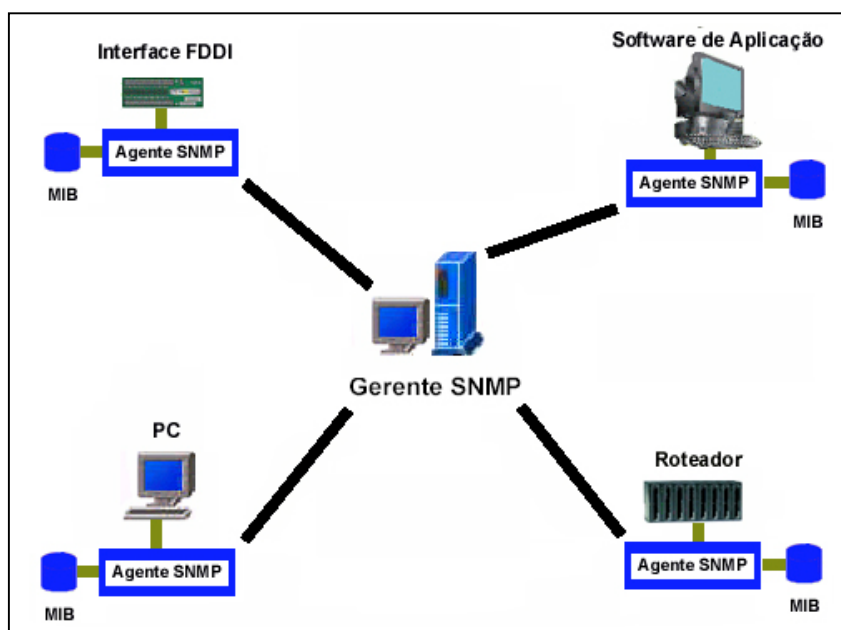


Figura 33 – Relacionamento Agente – Gerente e MIB (Soares, 2001)

3.3.4.2 ELEMENTOS DO SNMP

O SNMP possui uma característica cliente/servidor; onde o cliente, é o agente SNMP e, o servidor, é o gerente SNMP. A base que modela este agente, segundo

Pisching (2001), denomina-se MIB (*Management Information Base*). Abaixo será descrito detalhadamente cada emento do SNMP.

3.3.4.2.1 AGENTES

No modelo de gerenciamento SNMP, *hosts, bridges*, roteadores, *hubs*, etc, devem ser equipados com agentes SNMP para que possam ser gerenciados pela estação de gerenciamento através do gerente SNMP, conforme esclarece Black (1994). Stallings (1996) complementa que: “o agente responde a requisições da estação de gerenciamento, que pode ser o envio de informações de gerência ou ações sobre as variáveis do dispositivo onde está”.

Segundo Weber (1997), o funcionamento desta estrutura só é possível graças ao acesso direto à MIB que o agente possui, pois todas as informações de gerência encontram-se lá. Ao receber uma mensagem SNMP do gerente, o agente identifica que operação está sendo requisitada e quais as variáveis relacionadas. A partir daí executa a operação sobre a MIB; em seguida, monta uma nova mensagem de resposta, que será enviada ao gerente.

Cabe também ao agente, um papel fundamental em todo o processo de gerenciamento da rede, acessar e disponibilizar informações de gerência contidas na MIB e indicar situações inesperadas de funcionamento do dispositivo que estiver gerenciando através, do envio de *Trap* ao gerente.

3.3.4.2.2 GERENTES

A interface entre as aplicações de gerência e os agentes espalhados pelos dispositivos da rede é, segundo Klauck (2000), o software gerente. Cabe ao gerente enviar comandos aos agentes, solicitando informações sobre variáveis de um objeto gerenciado ou modificando o valor de determinada variável.

Os gerentes então processam estas informações colhidas pelos agentes e as repassam à aplicação que as requisitou. A comunicação entre o gerente e as aplicações é possível, conforme descreve Tanenbaum (1997), através da utilização das API do gerente SNMP pelo sistema.

Conforme explica Barroto (1998), cabe também ao gerente encaminhar à aplicação de gerência os *Traps* (mensagens de notificação de eventos ocorridos) que porventura sejam enviados pelos agentes. Assim, o software de gerência terá conhecimento da presença de um novo equipamento na rede ou do mau funcionamento de algum dos dispositivos da rede.

3.3.4.2.3. MANAGEMENT INFORMATION BASE (MIB)

Segundo Tapajós (2003) e Stallings (1996), no modelo SNMP, os recursos de uma rede são representados como objetos. Cada objeto é, essencialmente, uma variável que representa um aspecto do dispositivo gerenciado. Todos os objetos (variáveis) são armazenados na *Management Information Base* (MIB).

3.3.4.2.3.1 ESTRUTURA DA MIB

Para usar o SNMP efetivamente, usuários precisam estar familiarizados com a Base de Informação do Gerenciador SNMP que define todos os valores de leitura e alteração que o SNMP é capaz. Para começar, um administrador tem que conhecer a MIB do SNMP do equipamento ou da rede que estiver gerenciando.

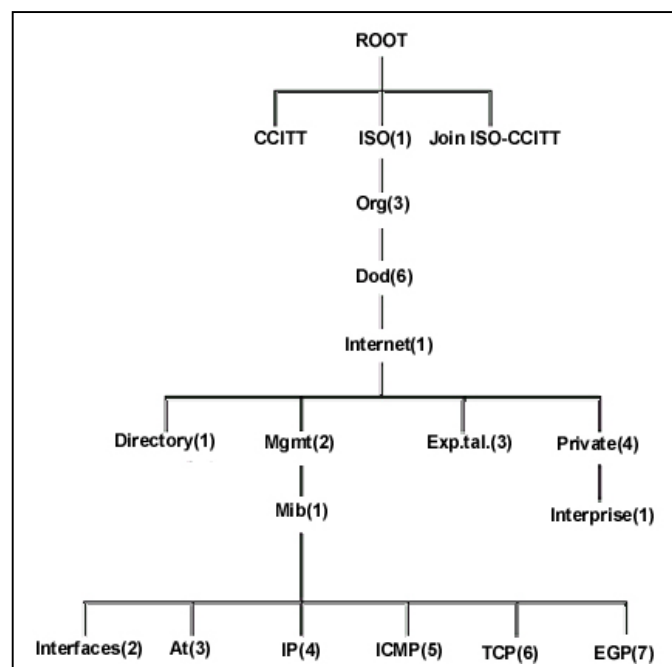


Figura 34 – Estrutura da MIB SNMP (Tapajós, 2003)

A MIB é organizada em uma estrutura de árvore e, segundo Brisa (1994), semelhante a uma estrutura de diretório de arquivos em disco, conforme figura 34. O topo do nível SNMP começa com o diretório que contém quatro níveis principais: O nível “*mgmt(2)*”, que normalmente contém os objetos padrões do SNMP utilizados por todos os dispositivos da rede; o nível “*private(4)*”, que contém os objetos especializados definidos pelos fabricantes de equipamentos de rede; os níveis “*extended(3)*” e “*directory(1)*”, que são normalmente destituídos de quaisquer dados ou objetos significativos.

A estrutura da árvore descrita na figura 30 é uma parte integrante do padrão SNMP, porém a parte mais significativa da árvore são as “folhas”, objetos da árvore que fornecem os dados de gerência atuais do dispositivo, representadas por “*interfaces(2)*”, “*At(3)*”, “*IP(4)*”, “*ICMP(5)*”, entre outras.

3.3.4.3 OPERAÇÕES DO SNMP

No gerenciamento SNMP, Stallings (1996) comenta que existem várias operações para a comunicação entre os gerentes e agentes SNMP para obter informações dos dispositivos gerenciados. As mesmas são apresentadas a seguir:

- **GET**: O gerente SNMP envia o comando *Get* a um determinado agente toda vez que necessita recuperar uma informação de gerenciamento específica do objeto gerenciado pelo agente. Estas informações encontram-se na forma básica de variáveis que, por sua vez, estão na MIB do elemento de rede gerenciado.
- **GETNEXT**: O comando *GetNext* assemelha-se ao comando *Get*, no entanto, enquanto o comando *Get* solicita ao agente a leitura de determinada instância de uma variável, ao receber um comando *GetNext*, o agente deve ler a próxima instância disponível, na ordem especificada pela MIB, das variáveis associadas.
- **SET**: A operação *Set* requisita a um determinado agente a atribuição/alteração do valor de determinadas variáveis de uma MIB. Alguns desenvolvedores, por exemplo, acreditam que este comando não deve retornar um Response. Já, outros acham que a operação *Set* deve retornar alguma indicação de que a operação foi efetuada. Porém, o mais correto seria que, após cada operação *Set* sobre uma

variável, uma operação *Get* fosse efetuada sobre a mesma variável a fim de assegurar que a operação *Set* foi efetuada.

- **TRAP:** A operação *Trap* difere de todas as outras. Ela é utilizada por um agente SNMP para notificar a um gerente algum evento extraordinário que tenha ocorrido no objeto gerenciado. Diversos questionamentos são feitos quanto a esta operação. Talvez o maior deles seja: quais eventos devem realmente ser notificados ao gerente? Embora todos concordem que o gerente deva ser informado de alguns eventos significativos, muitos fornecedores de produtos que implementam o SNMP trazem *Traps* específicos, muitos deles desnecessários.
- **RESPONSES:** Sempre que um agente recebe um comando *Get*, *GetNext* ou *Set* ele tenta executar a operação associada e, conseguindo ou não, constrói uma outra mensagem que é enviada ao emissor da requisição. Esta mensagem é a *GetResponse*. Das operações SNMP, apenas o *Trap* não gera um *Response*.

3.3.4.4 FORMATO DE MENSAGENS SNMP

No SNMP, as informações são trocadas entre os gerentes e agentes na forma de mensagens. Cada mensagem possui duas partes, um cabeçalho e *uma Protocol Data Unit (PDU)*. O cabeçalho inclui um número de versão (*version*) que indica a versão do SNMP e um nome de comunidade (*community*).

O nome de comunidade possui duas funções. Conforme Oda (2003), primeiro, o nome de comunidade define um dispositivo de acesso para um grupo; segundo, aqueles dispositivos, cujo nome de comunidade são desconhecidos, são excluídos de operações SNMP. O campo PDU pode conter qualquer um dos cinco tipos de PDU utilizados pelo SNMP (SNMP PDU). Esta estrutura pode ser visualizada na Figura 35.

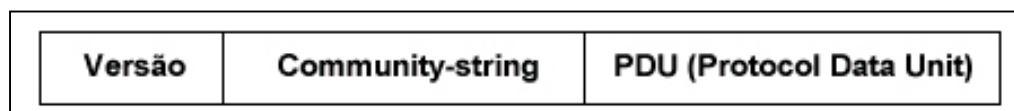


Figura 35 – Formato da Mensagem SNMP (Oda, 2003)

As PDUs *GetRequest*, *GetNextRequest* e *SetRequest* são definidas no SNMP com o mesmo formato da *GetResponse*, com os campos *errorstatus* e *error-index* com valor zero. Essas PDU possuem, segundo Stallings (1996), os seguintes campos:

- a) *Version* - Indica a versão do protocolo SNMP utilizado;
- b) *Community* - O nome de comunidade atua como uma senha para autenticar a mensagem SNMP;
- c) SNMP PDU - É a unidade de dados de protocolo (*Protocol Data Unit* - PDU) utilizada pelo SNMP; contém os dados referentes a operação desejada (*Get*, *GetNext* etc).

A SNMP PDU possui os seguintes campos:

- a) *PDU type* - indica o tipo de PDU; neste caso, pode ser uma *GetRequest*, uma *GetNextRequest*, uma *SetRequest* ou uma *GetResponse*;
- b) *Request-id* - Usado para identificar o *request*; essa mesma identificação será utilizada na resposta a esta mensagem;
- c) *error-status* - É um sinalizador utilizado para indicar que uma situação inesperada ou erro ocorreu no processamento da mensagem; seus valores possíveis são:
- d) *error-index* - Quando o campo *error-status* é diferente de zero, este campo fornece uma informação adicional indicando qual variável da lista de variáveis causou a exceção (ou erro);
- e) *variablebindings* - Uma lista de nomes de variáveis e seus respectivos valores (em alguns casos, como no *GetRequest*, esses valores são nulos).

A estrutura deste campo é mostrada na Figura 36.

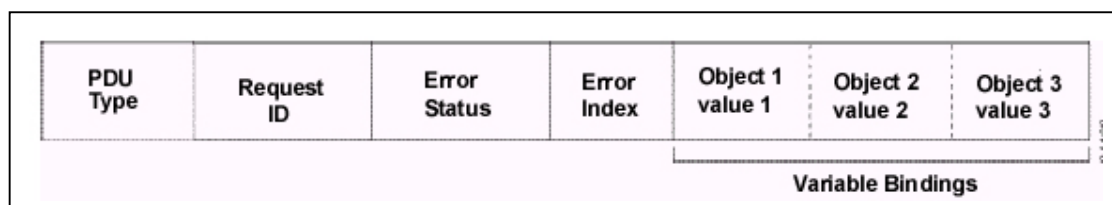


Figura 36 – Estrutura da PDU SNMP (Stallings, 1996)

Por se tratar de um caso particular de mensagem, indicando uma situação inesperada, a *Trap* PDU possui uma estrutura diferente das demais PDUs utilizadas pelo SNMP.

3.3.5 GERENCIAMENTO TMN

Serão apresentado abaixo, os conceitos sobre TMN, abordando aspectos de diversos pesquisadores e das recomendações ITU-T [(M.3010), (M.3020), (M.3100), (M.3200), (M.3400)].

O TMN provê um ambiente de desenvolvimento que permite a interconectividade e a comunicação entre sistemas operacionais heterogêneos e redes de telecomunicações. Também segundo Péricas (2000), o modelo foi proposto pelo ITU-T como sendo uma infra-estrutura para suportar o gerenciamento e o desenvolvimento de serviços de gerência de redes de telecomunicações.

Mansur (2003) comenta que a idéia da TMN é:

“Proporcionar uma arquitetura organizada, possibilitando a integração e interoperabilidade entre vários tipos de sistemas de operação e os equipamentos de telecomunicações, utilizando modelos genéricos de rede para a gerência, modelos genéricos de informações com interfaces e protocolos padronizados”. (Mansur, 2003)

Dessa forma será possível a criação de um conjunto de padrões para administradores e fabricantes, utilizados no desenvolvimento e na compra de equipamentos de telecomunicações, e também no projeto da rede de gerência.

Para o gerenciamento de redes de telecomunicações, de serviços e de equipamentos, o ITU-T propôs a série M.3000 de recomendações definindo a TMN, e conforme consta em Ramos (2000), os quais estão divididos nos seguintes documentos:

- M.3010 – Princípios para a Rede de Gerência de Telecomunicações;
- M.3020 – Metodologia para Especificação de Interface TMN;
- M.3100 - Modelo Genérico de Informação de Rede para TMN;
- M.3101 - Relatório de Conformidade do Modelo de Informação da Rede Genérica;
- M.3180 – Catálogo de Informação de Gerência TMN;
- M.3200 – Serviços de Gerência TMN;
- M.3300 – Capacidades de Gerenciamento TMN na Interface F;
- M.3320 – Requisitos de Gerenciamento para a interface X TMN;
- M 3400 – Funções de Gerenciamento TMN.

Dizem Berval (1999) e Schönberger, Selena (1998) que a TMN é, na realidade, uma rede de computadores utilizada para gerenciar uma rede de telecomunicações. Segundo Ramos (2000), a TMN é conceitualmente uma rede separada que interage com a rede de telecomunicações em vários pontos, através de interfaces padronizadas, podendo utilizar parte da rede de telecomunicações para realizar suas funções.

Tapajós (2003) comenta que a *TMN (Telecommunications Management Network)* é um modelo baseado na arquitetura OSI de Gerência de Sistemas (série X.700) criada em conjunto pela ISO e ITU-T. O Conjunto de recomendações (Série M.3000) propõe um modelo para a implementação de Sistemas de Gerência de Telecomunicações. Nesses documentos, é definido um Sistema Operacional como um software usado para monitorar, coordenar e controlar operações de telecomunicações e funções de gerenciamento.

A TMN fornece uma estrutura organizada para interconectar diversos tipos de sistemas de suporte a operações (OS's) e equipamentos de telecomunicações para a troca de informações de gerenciamento, através de interfaces padronizadas. Ela foi planejada para gerenciar sistemas bastante heterogêneos que incluem, segundo Schönberger, Selena (1998):

- Redes públicas privadas (LANs, MANs, redes de telefonia móvel, redes virtuais);
- A própria TMN;
- Sistemas de transmissão digital;
- *Mainframes* e processadores;
- PABX's;
- Softwares associados a serviços de telecomunicação, e demais.

Uma ilustração da arquitetura TMN é mostrada na figura 37:

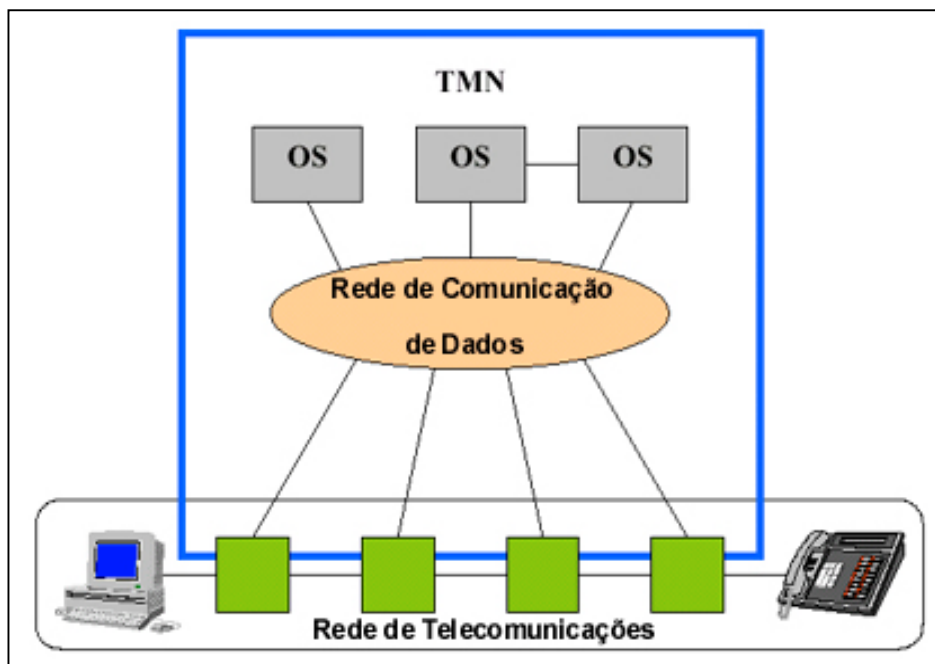


Figura 37 – Arquitetura TMN (Schönberger, Selena, 1998)

A seguir será descrito o modelo TMN, de acordo com os conceitos vistos em Ramos (2000), Berval (1999), Péricas (2003), Schönberger, Selena (1998), Schönberger, Hans (2000), Mansur (2003) e Tapajós (2003), entre outros.

3.3.5.1 CAMADAS DA TMN

Descrever as camadas gerenciáveis da TMN consiste em subdividir funcionalmente a gerência em níveis que restringem as atividades de gerência contidas nelas, mas sendo possível a comunicação direta entre camadas não adjacentes.

Segundo Ramos (2000) as camadas da TMN basearam-se no trabalho originalmente desenvolvido por um grupo da *British Telecommunications*, liderado por Keith Willets. A arquitetura de informação TMN incorpora o modelo de informação usado no gerenciamento OSI. A TMN acrescenta alguns conceitos de modo a permitir que o modelo atenda a outros requisitos. Um destes conceitos é a Arquitetura Lógica em camadas (LLA - *Logical Layered Architecture*) que consiste em definir a arquitetura de gerenciamento como uma série de camadas. A LLA usa uma abordagem recursiva para a decomposição de uma atividade de gerenciamento em uma série de domínios funcionais aninhados. Cada domínio funcional é mapeado em um domínio gerencial sob

o controle de uma Função de Sistema de Suporte a Operação (OSF). Assim, é possível agrupar as OSFs segundo requisitos gerenciais e, também, segundo níveis gerenciais.

A hierarquia tem o formato apresentado na figura 38, que como podemos ver, assemelha-se aos modelos de redes industriais vistos até então.

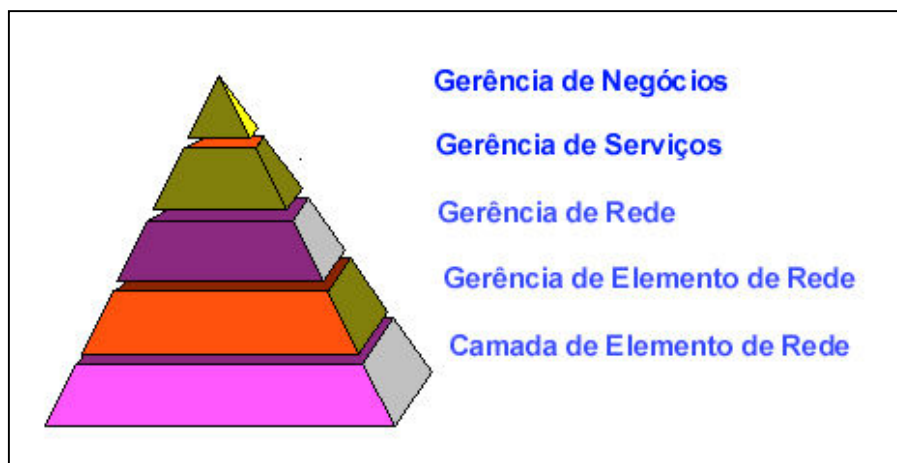


Figura 38 – Modelo de Camadas da TMN (Ramos, 2000)

- Camada de Gerência de Negócios - É um ponto onde ocorrem as ações executivas, ou seja, é responsável pela gerência global do empreendimento. É neste nível em que são feitos os acordos entre as operadoras e onde são definidos os objetivos.
- Camada de Gerência de Serviços - Esta camada relaciona os aspectos de interface com os clientes e realiza funções como previsão de serviços, abertura e fechamento de contas, resolução de reclamações dos clientes (inclusive relacionados à tarifação), relatórios de falhas e manutenção de dados sobre qualidade de serviço (QoS).
- Camada de Gerência de Rede - Esta camada gerencia o conjunto de elementos (sub-redes) como um todo, tendo uma visão fim-a-fim da rede. Para isso, ela recebe dados relevantes dos vários sistemas de Gerência de Elemento de Rede e processa-os para obter uma visão concisa da rede completa.
- Camada de Gerência do Elemento da Rede - Esta camada é responsável pelo gerenciamento dos equipamentos na forma de sub-redes, ou seja, pequenas partes da rede completa devem ser gerenciadas e, suas informações, sintetizadas, para poderem ser aproveitadas pela Gerência de Rede do sistema, que tem assim a visão completa da rede.

- Camada de Elemento de Rede - Corresponde às entidades de telecomunicações (software ou hardware) que precisam ser efetivamente monitorados e/ou controlados. Estes equipamentos devem possuir agentes para que possam fornecer as informações necessárias ao sistema de gerência, como coleta de dados de performance, monitoração de alarmes, coleta de dados de tráfego, etc.

3.3.5.2 ARQUITETURA TMN

A arquitetura TMN é formada por três grupos: a arquitetura funcional, a arquitetura física e a arquitetura de informação, as quais serão descritas a seguir

3.3.5.2.1 ARQUITETURA FUNCIONAL

O TMN permite aos provedores de serviços de telecomunicações viabilizar a interconectividade e a comunicação entre OS's e redes de telecomunicações. Conforme descreve Berval (1999), a interconectividade é conseguida através de interfaces padronizadas, capazes de abstrair os recursos gerenciados na forma de objetos gerenciáveis.

3.3.5.2.1.1 BLOCOS FUNCIONAIS

O TMN é representada por vários blocos funcionais que provêm um encapsulamento de funcionalidades de gerenciamento e que podem ser apresentados de acordo com a Figura 39, e apresentados a seguir, conforme descreve Tapajós (2003).

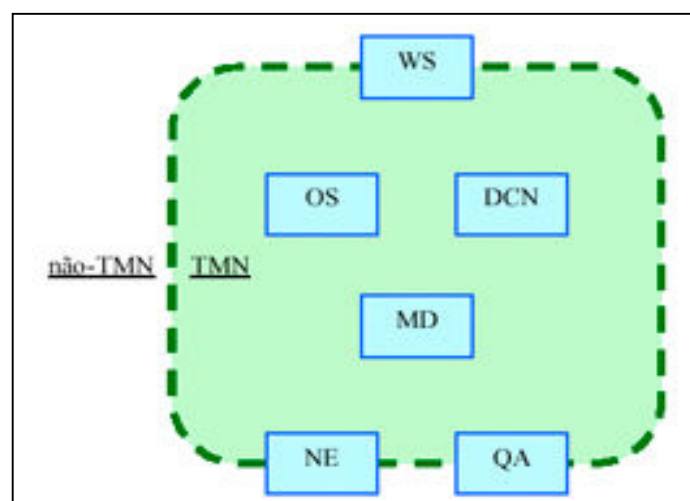


Figura 39 – Blocos Funcionais da TMN (Berval, 1999)

- OS (Operations System): Conforme Ramos (2000), os OS executam funções do sistema operacional, inclusive monitoração de operações e controle de funções de gerência de telecomunicações. Um OS pode prover também algumas funcionalidades de MD, QA, WS;
- MD (Mediation Device): Provê a mediação entre interfaces TMN locais e o modelo de informações do OS. A função de mediação pode ser necessária para garantir que informações, escopo e funcionalidades estejam presentes precisamente na forma especificada requerida pelo OS. As funções de mediação podem ser implementadas através de MDs em cascata;
- QA (Q Adapter): A QA permite a um TMN gerenciar nós que não implementem interfaces TMN: é um tradutor entre interfaces TMN e interfaces não-TMN.
- NE (Network Element): No escopo do TMN, um NE contém informações gerenciáveis que são monitoradas e controladas por um OS. Segundo Mansur (2003), para ser gerenciável dentro do escopo do TMN, um NE deve ter uma interface TMN padrão. Por outro lado, se um NE não possuir uma interface padrão, ele ainda pode ser gerenciado, mas através de um QA. Um NE provê ao OS uma representação das suas informações e funcionalidades gerenciáveis (MIB). Um NE pode prover também algumas funcionalidades de OS, QA, MD.
- WS (Workstation): A WS executa funções de estação de trabalho. Ele traduz informações do formato TMN e as disponibiliza num formato apresentável ao usuário.
- DCN (Data Communication Network): A DCN é a rede de comunicações dentro do TMN, que dá acesso aos dispositivos gerenciáveis.

3.3.5.2.1.2 COMPONENTES FUNCIONAIS

Conforme demonstra Schönberger, Hans (2000), os componentes funcionais são as estruturas que compõem os blocos funcionais descritos acima. Os mesmos serão apresentados a seguir.

- MAF - Management Application Function: a função de aplicação de gerência assume o papel de gerente ou agente, conforme a invocação feita, implementando efetivamente os serviços de gerenciamento. Recebe a denominação correspondente ao bloco de função a que pertence, ou seja, OS-MAF, NE-MAF, MF-MAF e QAF-MAF.
- WSSF - WorkStation Support Function: necessário para a implementação da função WSF.
- UISF - User Interface Support Function: transforma informações de usuário para o modelo de informações da TMN e vice versa, além de tornar o modelo de informação disponível em um formato visível na interface homem-máquina. A interface homem-máquina pode ser uma tela de uma estação, uma impressora ou outro dispositivo.
- MIB - Base de Informação de Gerenciamento: repositório conceitual das informações de gerenciamento. Representa o conjunto de recursos gerenciados dentro de um sistema gerenciado. Sua estrutura de implementação não está sujeita à padronização dentro da TMN.
- ICF - Interface Convergence Function: traduz o modelo de informação de uma interface para outra. Pode fazer alterações em nível sintático e/ou semântico, sendo obrigatório nos blocos MF e QAF.
- MCF - Message Communication Function: associada com todos os blocos funcionais que possuem interface física, provê o meio para se trocar informações entre entidades pares através de uma pilha de protocolos. Esta pilha não precisa ser necessariamente uma pilha OSI de 7 camadas. Conforme o ponto de referência ao qual está associado, recebe a denominação MCFqx, MCFf ou MCFx.
- DCF - Data Communication Function: provê funções de roteamento e interconexão, através da implementação das camadas 1 a 3 do modelo OSI.
- DSF - Directory System Function: necessário para a implementação do serviço de diretório na TMN. O diretório utilizado na TMN é baseado na X.500. Nota-se que existem várias recomendações do ITU-T sobre os diversos aspectos do serviço

diretório. Um diretório contém informações sobre sistemas e quais associações podem ser feitas com estes, detalhes destas associações, detalhes de contexto de aplicações, detalhes de segurança, lista de objetos gerenciados, classes suportadas, etc..

- DAF - Directory Access Function: necessário para acesso aos diretórios. É obrigatório no OSF e pode também ser necessário no WSF, MD, QAF e NE, dependendo se eles se utilizam do serviço diretório.
- SF - Security Function: necessário para prover segurança aos blocos funcionais. Os serviços de segurança são autenticação, controle de acesso, confidencialidade de dados e integridade de dados. Os detalhes acerca destes serviços de segurança são dados na X.800.

3.3.5.2.1.3 PONTOS DE REFERÊNCIA

Para Péricas (2000), os pontos de referência definem os limites entre os serviços de dois blocos de função de gerência. A finalidade dos pontos de referência é identificar a passagem da informação entre blocos de função, permitindo acesso às informações trocadas entre estes blocos.

Existem três classes de pontos de referência:

- classe q - entre OSF, QAF, MF e NE;
- classe f - para ligação de estações de trabalho (ou WSF);
- classe x - entre OSF's de duas TMN's ou entre uma OSF de uma TMN e um bloco funcional, com funcionalidade equivalente de outra rede.

São definidas ainda outras duas classes de pontos de referência que não pertencem à TMN mas também são muito importantes:

- classe g - entre a estação de trabalho e o usuário;
- classe m - entre QAF e entidades não TMN.

Ainda existem dois tipos de referências classe q: Q3 (limites da TMN) e Qx (fora dos limites da TMN).

3.3.5.2.1.4 FUNÇÃO COMUNICAÇÃO DE DADOS (DCF)

Fornece os meios necessários para o transporte de informações entre os blocos funcionais da TMN. Pode prover roteamento, retransmissão e interfaceamento de funções. Conforme Ramos (2000) e as recomendações M2000, a DFC fornece as funções das camadas 1, 2 e 3 do modelo OSI e pode ser suportada por diferentes tipos de subredes, como X-25, MAN, LAN, SSCC n° 7, RDSI ou SDH.

3.3.5.2.2 ARQUITETURA FÍSICA

As definições M.3000, definem os blocos construtivos e as interfaces que permitem interligá-los. Estes blocos representam implementações físicas de funcionalidades (blocos de funções) da TMN. Os blocos construtivos da arquitetura física TMN são os seguintes:

- Rede de Comunicação de Dados (DCN): é uma rede de dados que utiliza protocolos padronizados (deve, sempre que possível, seguir o modelo OSI) e permite a comunicação dos elementos de rede com os sistemas de suporte à operação. Pode ser composta de várias sub-redes de comunicação de dados, como X-25, RDSI, LAN, etc.
- Elementos de Rede (NE): bloco que corresponde às entidades de telecomunicações (equipamentos ou facilidades) que são efetivamente monitorados e/ou controlados. É importante distinguir duas classes de funções que podem estar contidas numa NE:
 - a) funções de telecomunicações que estão diretamente envolvidas no processo de telecomunicações (comutação e transmissão);
 - b) funções não diretamente envolvidas no processo de telecomunicações, como localização de falhas, bilhetagem, comutação, proteção e condicionamento de ar.
- Sistema de Operação (OP): engloba as funções que permitem realizar o processamento e o armazenamento das informações relacionadas com a operação, a administração e a manutenção das redes e serviços de telecomunicações.

- Dispositivo de Mediação (MD): é o bloco que age sobre as informações trocadas entre os NE e os OS, visando tornar a comunicação mais transparente e eficiente. Pode envolver várias categorias de processo:
 - a) processos de conversão de informação entre diferentes modelos de informação;
 - b) processos envolvendo interfaceamento entre protocolos de alto nível;
 - c) processo de tratamento de dados;
 - d) processo de tomadas de decisões;
 - e) processo de armazenamento de dados.

- Estações de Trabalho (WS): é o bloco que engloba os recursos para o acesso de operadores aos blocos NE, OS e MD. Este terminal deve ser capaz de traduzir o modelo de informação usado na TMN, disponível no ponto de referência f, em um formato apresentável ao usuário, no ponto de referência g. As funções das WS devem prover ao usuário do terminal as funções gerais para executar entrada e saída de dados. Geralmente incluem:
 - a) segurança de acesso e *login*;
 - b) reconhecimento e validação de entradas;
 - c) formatação e validação de saídas;
 - d) suporte para *menus*, telas, janelas e paginação;
 - e) acesso à TMN;
 - f) ferramentas para modificação de *layout*.

- Adaptador Q (QA): permite a interconexão de equipamentos ou interfaces não TMN às interfaces Qx ou Q3.

3.3.5.2.3 ARQUITETURA DE INFORMAÇÃO

A arquitetura de informações descreve um modelo orientado a objeto para a modelagem da informação de gerência trocada entre blocos funcionais da TMN. Para Berval (1999), desse modo, a arquitetura de informação possui os fundamentos para a utilização dos princípios e conceitos do gerenciamento de sistemas OSI, como agente/gerente, domínios e conhecimento de gerenciamento compartilhado, necessários para a organização e o interfaceamento de sistemas de gerenciamento complexos.

Para se garantir a perfeita operabilidade das comunicações agente/gerente, faz-se uso do modelamento das informações trocadas entre os sistemas em termos de objetos gerenciados. Um objeto gerenciado é, conforme Schönberger, Hans (2000), uma abstração de um recurso físico ou lógico de um sistema gerenciado, definido através de suas características inerentes, ou atributos (*Attributes*), operações de gerenciamento que suporta (*Actions*), notificações que emite (*Notifications*) e do seu comportamento (*Behaviour*) diante de estímulos externos e internos.

3.3.5.2.3.1 OBJETO GERENCIADO

Para Mansur (2003) e Tapajós (2003), uma aplicação de gerência é baseada na troca de informações entre um agente e um gerente, sendo que cada um possui as seguintes características:

- agente: coleta informações relativas ao funcionamento dos objetos que gerencia, armazena estas informações na MIB e realiza operações de gerenciamento sobre estes objetos, atendendo a solicitações enviadas pelo gerente;
- gerente: coleta informações sobre os objetos gerenciados junto aos agentes, processa as informações e solicita aos agentes que executem as funções de gerenciamento a fim de controlar o funcionamento do objeto gerenciado;

Toda interação realizada entre agente e gerente é abstraída em termos de operações e notificações trocadas entre eles. Esta troca de operações e notificações é realizada, sempre, através do Serviço e Protocolo de Informações de Gerenciamento Comum (CMIS/CMIP).

O CMIP comporta vários tipos de PDU's (*Protocol Data Unit*) que são mapeadas em operações equivalentes sobre os objetos gerenciados, os quais representam os recursos gerenciados. Estas PDU's são basicamente as seguintes:

- *M-GET*: executa a leitura dos atributos de objetos gerenciados;
- *M-SET*: executa a modificação dos atributos de objetos gerenciados;
- *M-ACTION*: executa uma ação qualquer sobre um objeto gerenciado;
- *M-CREATE*: cria uma instância de um objeto gerenciado;
- *M-DELETE*: remove uma instância de um objeto gerenciado;

- *M-EVENT-REPORT*: emite uma notificação sobre a ocorrência de um evento associado a um objeto gerenciado.

Além destas mensagens de protocolos, são definidas facilidades adicionais que permitem selecionar o grupo de objetos sobre o qual é aplicável uma dada operação. A facilidade denominada escopo nos permite selecionar um grupo de instâncias de objetos sobre os quais é realizada uma única operação. A facilidade de filtro, por sua vez, permite definir um conjunto de testes aplicáveis a um grupo de instâncias de objeto, anteriormente selecionado através da facilidade de escopo, de modo a extrair um subgrupo ainda menor sobre o qual deve ser efetuada uma operação de gerenciamento. Por último, há a facilidade de sincronização, que permite sincronizar várias operações de gerenciamento a serem realizadas sobre instâncias de objetos selecionadas através das facilidades de escopo e filtro.

3.4 CONSIDERAÇÕES

Vê-se muitos pontos em comum entre os ambientes apresentados e, também entre a forma de funcionamento destes. Na prática, os ambientes abordados por essas tecnologias, são todos derivados de alguma forma de interligação de equipamentos e sistemas para a formação de uma rede única.

Todas as semelhanças entre os modelos nos remetem a uma união possível desses ambientes em um único ambiente de gerenciamento. Com a apresentação dos modelos de gerenciamento das redes de telecomunicações e computadores, vê-se as semelhanças destes com as redes industriais.

Uma vez estando consolidado o conhecimento do gerenciamento das redes de telecomunicações e computadores e do ambiente industrial, com sua forma de trabalho e composição, pode-se concatenar e analisar as tecnologias em cada ambiente para a formação do padrão de gerência aplicado às redes industriais. Isso tudo será visto no capítulo a seguir, onde será proposto o modelo de gerenciamento integrado para as redes industriais, denominado FMN.

4. MODELO PROPOSTO

O modelo proposto para integração das redes de campo com as redes corporativas, nomeado *Fieldbus Management Network* (FMN), é ilustrado na figura 40. O modelo tem por finalidade a definição de uma arquitetura padrão para o gerenciamento das redes de chão de fábrica e, integração destas ao ambiente das redes corporativas (redes de computadores e telecomunicações).

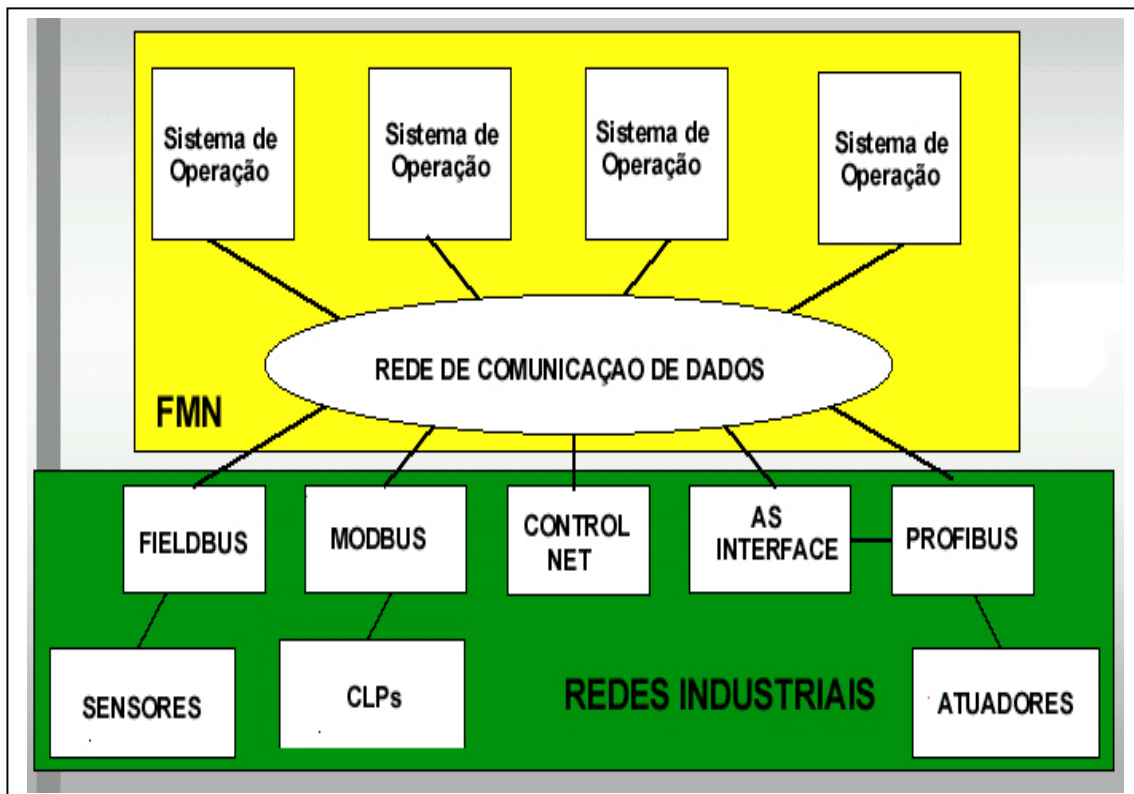


Figura 40 – Modelo *Fieldbus Management Network*

Em relação aos conceitos básicos de gerência e integração, o modelo FMN irá aplicá-los conforme será visto a seguir.

Estando a parte ao modelo FMN, as tecnologias de redes industriais (CAN, *Fieldbus*, *Modbus* e demais) possuem um modelo de informação e funcionalidades definidas pela sua tecnologia e aplicabilidade. Para a integração dessas tecnologias, bem como o seu gerenciamento, faz-se necessário uma série de funcionalidades contidas na rede de comunicação de dados. Uma delas é o mediador, capaz de concatenar o conhecimento das diversas tecnologias de redes industriais em um padrão. A função principal do mediador é traduzir os protocolos industriais dentro

do padrão FMN, ou seja, o protocolo SNMP, trazendo as diversas tecnologias existentes para dentro dos padrões definidos pela FMN.

Na rede de comunicações de dados também se encontram os agentes FMN; esse são responsáveis pela ação de gerenciamento nos dispositivos gerenciados através do mediador. Os agentes repassam as diretivas SNMP ao mediador, que por sua vez, efetuará a real ação sobre os dispositivos da rede industrial.

Os sistemas de operação, ou softwares gerentes, já consolidados no mercado, poderão dessa forma interagir com os agentes FMN, da mesma forma que interagem com os agentes SNMP nas redes de computadores. Em um resumo básico, a forma de gerenciamento dentro da FMN segue esses padrões, ou seja, a gerência começa dos padrões de redes industriais mediados para o padrão de gerência da FMN.

O que deve ficar claro a respeito do modelo FMN, é que a rede de gerenciamento FMN é uma rede conceitual, onde muitas características e hardwares necessários a sua aplicação já existem. Como exemplo, tem-se os protocolos industriais, os controladores (CLPs e CNCs), o protocolo SNMP, os agentes e gerentes SNMP.

O conceito principal da FMN é a concatenação dessas tecnologias e, a inclusão de um mediador, para as redes industriais. Todas essas tecnologias aplicadas de acordo com o modelo lógico proposto pela FMN e, tendo suas funcionalidades padronizadas pela FMN, é o que caracteriza a rede de gerenciamento industrial.

Na figura 41, é ilustrado um ambiente corporativo constituído do conjunto de tecnologias de redes industriais, redes de computadores e redes de telecomunicações. É nesse ambiente que a FMN será aplicada, como forma de gerência e integração das tecnologias.

Como pode ser observado, a figura 41 exhibe uma rede local de computadores, padrão *Ethernet*, contendo: servidores, estações de trabalhos e demais equipamentos que poderão ser encontrados nesse ambiente.

Ligada a essa rede local através de uma estação de operação, encontra-se uma rede industrial *Profibus*, responsável pela automação de uma determinada aplicação. A estação de operação, também conhecida como mestre da rede *Profibus*, é um micro computador comum onde pode estar instalado um sistema SCADA. A rede

Profibus, comunica-se com o sistema SCADA através de seu protocolo proprietário. Já o sistema SCADA, dentro do padrão FMN, contem as funcionalidades de gerenciamento, e disponibilizará a MIB da rede Profibus para o agente FMN.

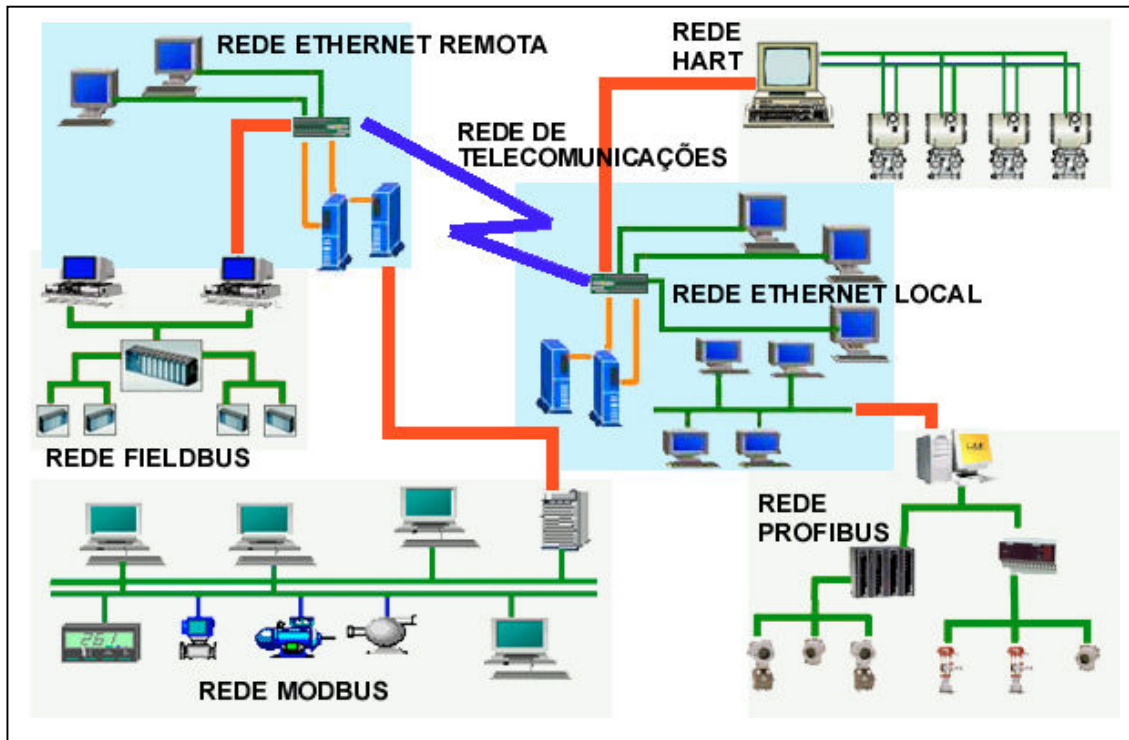


Figura 41 – Ilustração do ambiente de gerenciamento FMN.

Também instalada junto a rede local, encontra-se uma rede industrial no padrão *Hart*. Nessa rede há um PC responsável pelo acionamento dos diversos dispositivos. Nessa aplicação, verifica-se a substituição do CLP por um sistema de controle computadorizado. Mais uma vez, um agente FMN faz-se necessário para o gerenciamento desse sistema, o qual irá disponibilizar a MIB da aplicação.

Remotamente, a rede local *Ethernet*, utilizando-se da rede de telecomunicações, está ligada a uma outra rede *Ethernet*, simbolizando um *Link* entre uma empresa matriz e sua filial. Na filial, encontra-se conectada uma rede padrão *Fieldbus*, onde o equipamento principal da automação é um CLP, responsável pelo acionamento de diversos dispositivos. O CLP está ligado diretamente a um PC da rede local onde encontra-se instalado um agente FMN, responsável pelo gerenciando deste e da rede *Fieldbus*. A comunicação é possível através da tradução, feita pelo mediador, das PDUs *Fieldbus* em PDUs SNMP.

A rede *Fieldbus* apresentada, possui dois micros instalados, representados por dois agentes FMN, onde, nesse modelo, um dos agentes é uma máquina *backup* na gerência da rede.

Para finalizar, tem-se a rede no padrão *Modbus*, onde se encontra uma estação servidora gerenciando através da FMN a rede de dispositivos Modbus.

Nesse ambiente tão diversificado e amplo que a FMN tem suas funcionalidades de gerência, dando ênfase sobre os agentes FMN, representando a ligação dos diversos modelos de redes industriais à rede FMN.

Para completar a explanação sobre a FMN, alguns conceitos trazidos da TMN deverão ser esclarecidos dentro desse modelo. Um primeiro aspecto que será visto a seguir, refere-se aos pontos em comum entre os dois modelos, ou seja, a sua analogia e, mais adiante, os aspectos relacionados à arquitetura funcional, física e arquitetura de informação na FMN.

4.1. ANALOGIA ENTRE A FMN E TMN

As redes industriais devido a grande variedade de equipamentos e *softwares*, tornam-se um ambiente complexo para ser integrado e gerenciado. Da mesma forma pode ser citada a complexidade e dificuldade de gerenciamento nas redes de telecomunicações e outras características entre essas duas redes, tornando-as semelhantes. Algumas dessas características serão listadas a seguir, demonstrando a analogia entre os ambientes, o que valida a aplicação de conceitos TMN à rede FMN.

4.1.1. ANALOGIA DO MODELO DE CAMADAS

A seguir, serão apresentadas o modelo de camadas de gerência das redes de telecomunicações e industriais.

Como pode ser observado nas figuras 42 e 43, o modelo de camadas das redes de telecomunicações e rede industriais seguem as mesmas características físicas e, a seguir, serão analisadas detalhadamente cada camada e as semelhanças entre elas.

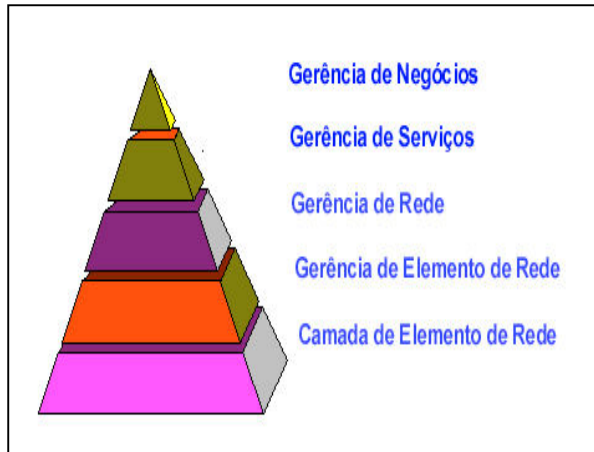


Figura 42 – Camadas Telecomunicações

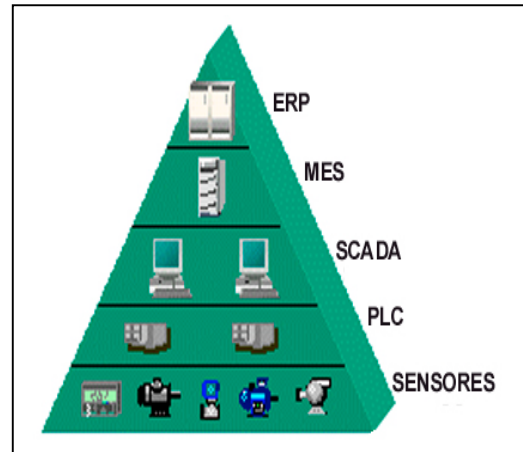


Figura 43 – Camadas Redes Industriais.

- Camada de Elemento de Rede / Sensores – Na TMN, na primeira camada do modelo encontram-se os elementos da rede efetivamente gerenciados como as centrais telefônicas, comutadores, PABX, etc. Quanto às redes industriais, é nessa camada que também estão os dispositivos mais baixos ao nível industrial e que terão seu comportamento gerenciado diretamente.
- Gerência de Elemento de Rede / PLC – Na TMN essa camada gerencia os dispositivos da rede de telecomunicações em forma de sub-redes, agrupando os dispositivos para uma melhor organização da gerência. Em se tratando de redes industriais, as sub-redes tratadas na TMN podem ser representadas pelos CLPs, onde cada CLP é responsável pelo gerenciamento dos dispositivos a ele ligados, formando dessa forma as sub-redes da FMN.
- Gerência de Rede / SCADA – Da mesma forma que na TMN, essa camada é responsável pela gerência das sub-redes como um todo, recebendo informações da camada de gerência de elemento de rede; nas Redes Industriais, a camada SCADA gerencia (ou monitora) a camada inferior composta pelos CLPs.
- Gerência de Serviços / MES – Nas redes industriais, a camada MES é responsável pela programação dos sistemas de produção, frente aos dados recebidos pelos sistemas SCADA, da mesma forma que a camada de Gerência de Serviços é responsável pelo fechamento de contas dos clientes, abertura de novas linhas, etc.
- Gerência de Negócios / ERP – Na gerência de negócios da TMN é que são tomadas as decisões gerenciais e estratégicas das empresas de telecomunicações, da mesma

forma que as decisões empresariais são tomadas frente as informações disponibilizadas pelos sistemas ERP nas redes industriais.

Vale lembrar que, o modelo de camadas da TMN, apesar de poder ser feita uma analogia com o modelo de camadas das redes industriais, é muito mais abrangente em termos de funcionalidades que o modelo de camadas das redes industriais. Para que o modelo de camadas das redes industriais tivessem a mesma abrangência do modelo da TMN, seriam necessários maiores estudos sobre as redes industriais e também sobre todos os componentes desse ambiente.

4.1.2. DEMAIS SEMELHANÇAS ENTRE OS MODELOS

Em termos de gerenciamento das redes de telecomunicações, a TMN é um padrão muito difundido e que conseguiu modelar o gerenciamento de um ambiente totalmente diversificado, como o encontrado nas telecomunicações.

Em muitos aspectos, a rede industrial assemelha-se às redes de telecomunicações e, além de sua formação em camadas, outras semelhanças serão analisadas a seguir:

A rede de telecomunicações é um ambiente de redes distribuído, e seu gerenciamento se dá por um conjunto de aplicações distribuídas. As redes industriais também são um ambiente distribuído, pois em uma única planta fabril pode conter várias redes instaladas, ou mesmo, um processo de fabricação poderá utilizar de redes de automações em diferentes locais físicos. Cada rede possui um ou um conjunto de sistemas que a monitora, não necessariamente disponibilizando as funcionalidades de gerenciamento.

Nas redes de telecomunicações, os recursos passíveis de gerenciamento podem ser físicos ou lógicos; como exemplo, tem-se uma central de comutação e um arquivo de *log*. Também nas redes industriais essa analogia é possível, pois tanto os equipamentos físicos que compõem as redes industriais podem ser gerenciados, quanto os softwares supervisores, utilizados para monitorar processos.

Também em redes de telecomunicações, um sistema pode ser composto por um ou mais processos gerentes, comunicando-se com um ou mais

processos agentes. Com isso, tem-se nas redes industriais os processos gerentes que poderão ser representados por sistemas abrangentes de gerenciamento ou *backups* de um sistema gerente. Os agentes representam cada dispositivo de campo ou um conjunto desses dispositivos, sendo possível que esse dispositivo responda a diretrizes de gerenciamento de qualquer software gerente constante na rede.

Um ponto, bastante em comum nas redes de telecomunicações e industriais, é que a comunicação entre gerente e agente se dá através de protocolos padrões. No caso da TMN é o CMIP e, das redes industriais é o protocolo SNMP. Porém, a troca de informações entre os processos agentes e os objetos gerenciados não é padronizado, ficando a cargo de cada implementação. Observa-se que nas redes industriais, é nesse ponto que se encontram os modelos Fieldbus, Profibus, Modbus, ASI entre outros.

Muitas outras semelhanças poderão ser observadas entre os ambientes, e as aqui apresentadas servem para validar a utilização de conceitos do modelo TMN às redes industriais.

4.1.3. ASPECTOS DA TMN APLICADOS AO MODELO FMN

Como proposta do modelo FMN, serão utilizados conceitos do modelo TMN como pontos de referência. Dessa forma, não serão utilizadas todas as funcionalidades do modelo TMN, pois tais funcionalidades aplicam-se às redes de telecomunicação (objetivo do modelo TMN) e mesmo que possam ser aplicáveis às redes industriais, o modelo TMN não é destinado à elas, impossibilita com isso, que a TMN seja um modelo de padrão para gerenciamento das redes industriais. Porém, algumas características do modelo TMN podem ser analisadas e aplicadas com suas devidas alterações às redes industriais, criando-se assim um novo modelo.

Dessa forma o modelo FMN apresentado nesse trabalho não poderá ser comparado a uma adaptação do modelo TMN às redes industriais, mas sim, um novo modelo de gerenciamento utilizando-se somente de alguns conceitos da TMN. Assim como a rede TMN, a rede FMN é uma rede conceitualmente separada que se comunica com as redes industriais. Essa comunicação se dá diretamente entre o modelo FMN com

os sistemas agentes/gerentes das diversas redes industriais ou com os equipamentos mestres que comandam a rede.

A interligação da rede FMN com as redes industriais se dá através de um agente SNMP, trocando mensagens com os mestres das redes industriais através de um sistema mediador. A rede FMN segue as definições do SNMP; e o Mediador possui as diversas definições dos protocolos industriais (como *Fieldbus*, *Modbus* e *Profibus*), traduzindo as PDUs desses protocolos para uma PDU (*Protocol Data Unit*) SNMP e vice-versa. Por sua vez, os dispositivos das redes industriais irão se comunicar com a FMN através do Mediador, recebendo diretivas de gerência e/ou controle e enviando Traps, conforme visto no início desse capítulo.

Para um melhor esclarecimento entre as diferenças e semelhanças dos modelos citados (TMN e FMN), serão definidas as arquiteturas propostas pelo modelo FMN, em analogias às propostas da TMN, conforme apresentado a seguir .

4.2. ARQUITETURA FUNCIONAL DA FMN

O modelo funcional define a distribuição funcional dos dispositivos e sistemas para o gerenciamento dos vários padrões de redes industriais. A arquitetura funcional define também dois pontos básicos ao modelo: Os componentes funcionais e os pontos de referência. Nas figuras 44 e 45 são apresentados os modelos funcionais da TMN e FMN.

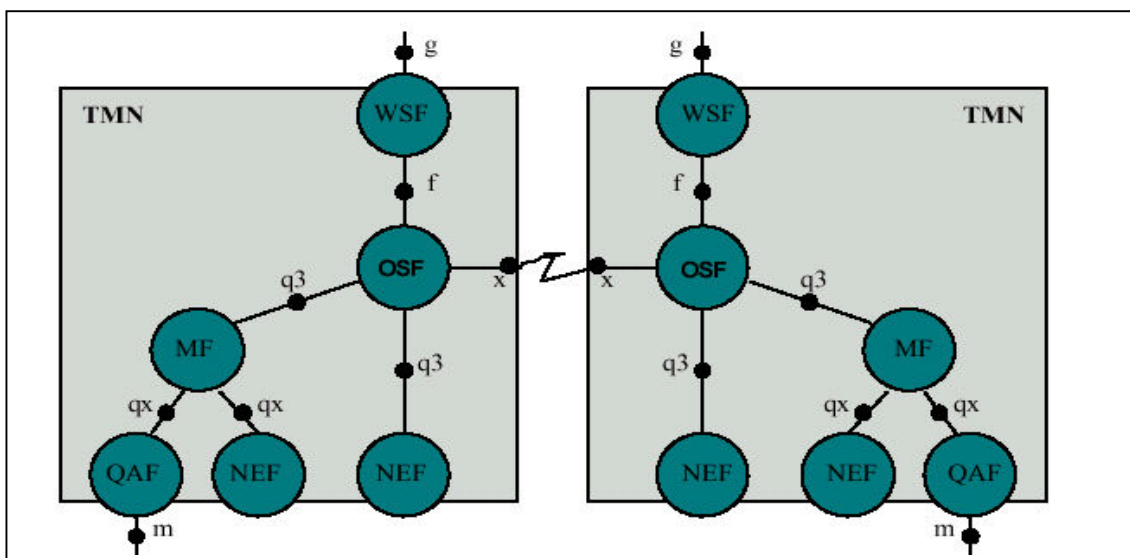


Figura 44 – Arquitetura Funcional TMN

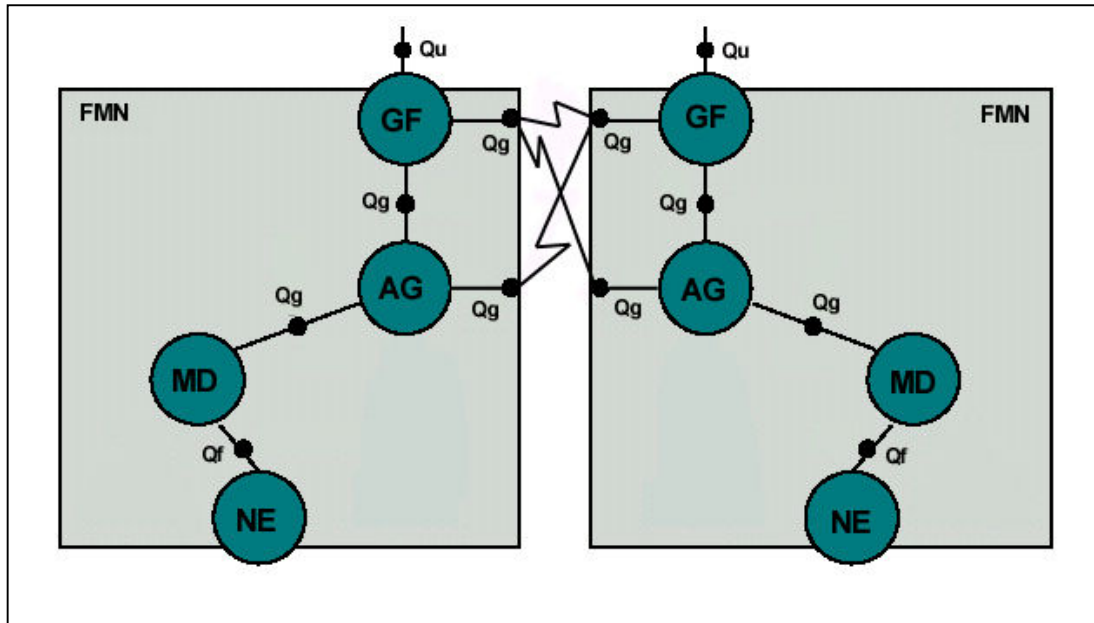


Figura 45 – Arquitetura Funcional FMN

Como se pode observar, o modelo FMN foi simplificado em relação do modelo TMN, devido à aplicação a qual se destina. Algumas diferenças entre os modelos e características da FMN são listadas a seguir:

- O bloco funcional QAF (*Q Adaptor Functions*) não se aplica ao modelo FMN devido a não necessidade de interfaces de tradução de modelos não FMN ao padrão FMN, uma vez que os elementos de rede seguem todos um padrão proprietário, não havendo a necessidade de uma interface tradutora;
- O bloco funcional MF (*Mediation Functions*) convencionou-se chamar somente de MD (Mediador). Todos os elementos de rede irão comunicar-se com a rede FMN através do MD. Não há um ponto de referência de ligação entre os NEs diretamente com os AGs;
- O bloco funcional OSF (*Operation System Functions*) convencionou-se chamar de AG (Funções do Agente);
- O bloco funcional WSF (*Workstation Functions*) foi substituído pelo bloco funcional GF (Funções do Gerente), onde será o sistema gerente que definirá as formas de apresentação da gerência ao usuário.

4.2.1. PONTOS DE REFERÊNCIA

Os pontos de referência Qx, Q3, f, x, m e g da TMN não serão aplicados ao modelo FMN, pois sua utilização implicaria na dependência à TMN. Para que o modelo FMN não se torne dependente dos padrões TMN, foram definidos pontos de referências dentro da proposta FMN:

Qf (Q *Fieldbus*): A interface Qf aplicável ao ponto de referência Qf é utilizada para interconectar os diversos padrões de redes industriais ao modelo FMN, mais especificamente, ao bloco funcional MD. Nessa interface não é feito nenhum tratamento da informação, sendo esta unicamente utilizada para repasse dos dados.

Qg (Q Gerente): A Interface Qg, aplicável ao ponto de referência Qg, conecta os demais blocos funcionais do modelo FMN. Nela trafegam somente PDUs SNMP, seja entre os blocos funcionais MD–GF, AG–GF e GF-GF. A interface Qg também tem a funcionalidade de conectar sistemas FMN a outros sistemas FMN, não sendo através da comunicação GF-GF, mas entre os blocos funcionais AG de uma rede FMN aos blocos funcionais AG de outra rede FMN.

Qu (Q Usuário): A interface Qu é aplicável ao ponto de referência Qu e é a interface responsável pela apresentação das informações ao usuário final. A forma de apresentação não é definida pela interface, mas sim o software gerente é quem determina os padrões para essa apresentação. Em resumo podem ser diretamente em monitores de um PC, em impressoras, ou até mesmo, repassados a um sistema ERP através de arquivos TXT, XML ou qualquer outro padrão que se faça necessário.

4.2.2. BLOCOS FUNCIONAIS DA FMN

Os Blocos funcionais no modelo FMN, possuem algumas propriedades e definições do modelo TMN, mas dentro da proposta FMN seus conceitos tornam-se diferentes, como será visto a seguir:

NE (Função de Elemento de Rede): Comunica-se com a NE com a finalidade de ser controlado e/ou monitorado pela FMN. Após a viabilidade de incorporação do padrão SNMP nos equipamentos industriais, a comunicação com o modelo FMN se dará diretamente entre os blocos funcionais NE e AG;

MD (Função de Mediação): O bloco funcional MD no modelo FMN é responsável pela tradução das PDUs entre os diversos padrões de redes industriais em PDUs SNMP e vice-versa. Nesse bloco estão incorporadas todas as definições das diversas tecnologias pesquisadas;

AG (Função do Agente): No modelo FMN o bloco funcional AG é representado pelo próprio agente da rede. Suas funções são o recebimento das PDUs de gerência do sistema gerente da rede (GF) e repasse para o bloco funcional MD quando necessário, assim como o recebimento das informações advindas do MD.

GF (Função do Gerente): Como na TMN, esse bloco funcional provê as formas de como as informações serão apresentadas ao usuário, os formatos de interação do usuário com o modelo FMN e as ações de gerenciamento.

Deve-se deixar claro que os blocos funcionais AG e GF não terão todas as suas funcionalidades definidas pelo modelo FMN pois, tratando-se do modelo de gerência GERENTE-AGENTE, as funcionalidades de cada bloco já estão consolidadas no mercado, e não é finalidade da FMN a redefinição desses conceitos, mas sim, sua utilização para o gerenciamento das redes industriais.

4.3. ARQUITETURA FÍSICA DA FMN

A arquitetura física da FMN define os elementos físicos em cada bloco funcional. Basicamente, a arquitetura física segue o padrão apresentado na figura 46. Para uma melhor ilustração, na figura 46 é apresentada a arquitetura física da FMN em analogia ao modelo TMN (figura 47).

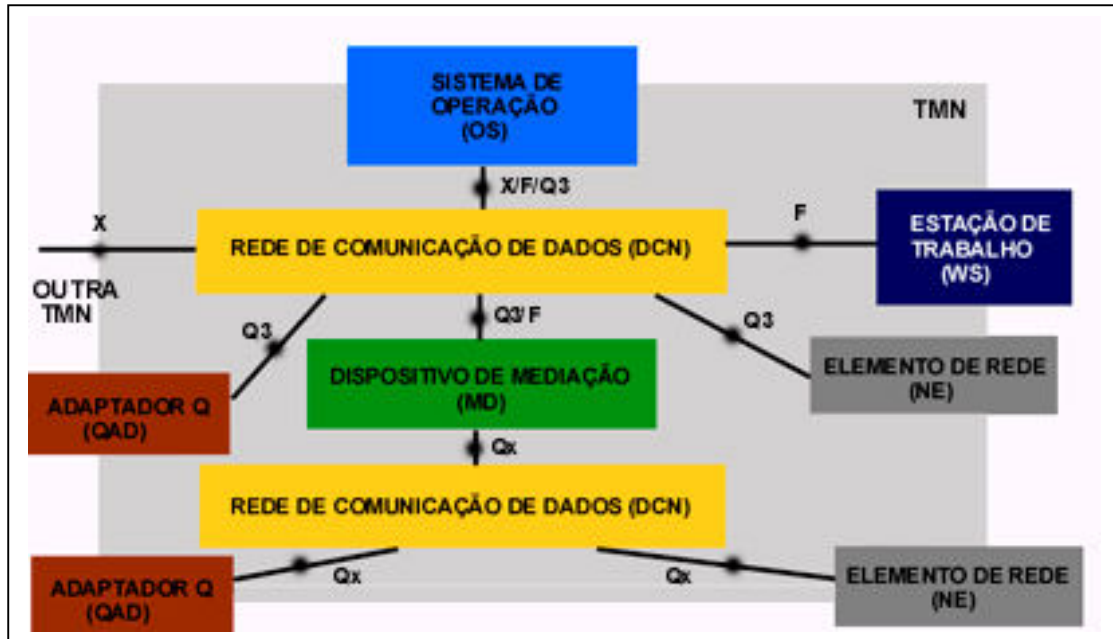


Figura 46 – Arquitetura Física TMN.

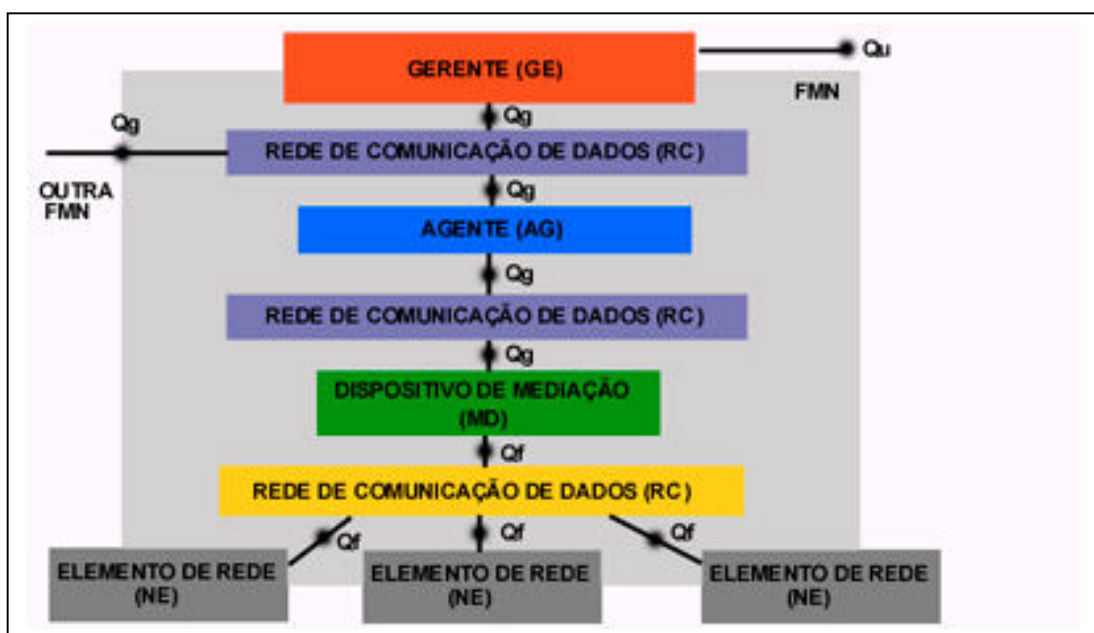


Figura 47 – Arquitetura Física FMN

Algumas diferenças e semelhanças entre os modelos FMN e TMN na arquitetura física são relevantes, tais como:

- A estação de trabalho no modelo TMN foi substituída pelo sistema gerente, o qual irá prover as funcionalidades de apresentação ao usuário. Não é finalidade dessa

pesquisa definir essas funcionalidades, devido ao grande número de sistemas gerentes existentes;

- A rede de comunicação de dados conta com toda a arquitetura física responsável pela interconexão dos equipamentos e, em se tratando de redes industriais, todo o hardware exclusivo à rede de telecomunicações não se faz necessário nesse modelo, sendo, o mesmo, substituído pelo hardware aplicado às redes industriais;
- Como já apresentado, as interfaces Q Adaptor saem do modelo proposto, uma vez que as mesmas não se aplicam ao modelo FMN;
- Todos os equipamentos da rede física interligam-se obrigatoriamente com o dispositivo mediador. Acredita-se que o dispositivo mediador terá seu papel substituído pelos próprios NEs, uma vez que esses equipamentos tenham as funcionalidades dessa camada;
- Os equipamentos WS do modelo TMN também encontram-se instalados no modelo FMN, porém estão interligados a rede através da interface Qu, definida pelo fornecedor do sistema gerente;
- Toda a rede de comunicação de dados é representada pelas interfaces Qf e Qg, não havendo necessidade de novas interfaces para a comunicação;

4.3.1. ELEMENTOS DA ARQUITETURA FÍSICA DA FMN

Como pode ser observado na figura 47, a arquitetura física da FMN é composta dos seguintes elementos:

NE (Elemento de Rede): São os dispositivos físicos da rede industrial que se deseja gerenciar. São simbolizados pelos CLPs, NCs, estações mestres de uma rede, ou até mesmo os equipamentos finais da rede como atuadores e sensores, quando a aplicação permitir esse gerenciamento. Deve-se levar em conta, que muitos dispositivos atuadores (sensores, válvulas, etc) possuem uma certa inteligência que permite seu gerenciamento direto, sendo possível, dessa forma, a interação direta do elemento de rede mais simples de uma rede industrial com o agente SNMP.

RC (Rede de Comunicação): Assim como a TMN, o RC é simbolizado pela rede física que permite a interligação dos dispositivos primários do modelo FMN aos pontos finais de gerenciamento. Pode-se citar, nesse ponto, padrões seriais como RS485 e RS232, a própria rede Ethernet disponível em alguns equipamentos, interligação através de fibra ótica, bem como, os próprios equipamentos de redes de computadores como hubs, switches, etc.

MD (Mediador): Representa a lógica computacional responsável pelas funções de conversão dos diversos protocolos de redes industriais (Modbus, Fieldbus, ASI, etc) para o modelo SNMP e vice-versa. O sistema mediador estará acoplado ao sistema agente na estação responsável pelo gerenciamento da rede;

AG (Agente): Inclui as funções de gerenciamento SNMP e a MIB de cada equipamento gerenciado e as demais funcionalidades definidas no gerenciamento SNMP;

GE (Gerente): São os sistemas que provêm suporte ao processamento final das informações de gerenciamento e tomam decisões de intervir nos dispositivos gerenciados. Também fornecem as funcionalidades de apresentação da informação ao usuário ou sistemas ERPs, citando-se como exemplo, a exportação de dados através do padrão XML.

4.4. ARQUITETURA DE INFORMAÇÃO DA FMN

A arquitetura de informação FMN utiliza o padrão de informações de gerenciamento SNMP e não os padrões de informação TMN. Com isso, vê-se que a FMN agrega conceitos das arquiteturas físicas e funcionais da TMN, mas não conceitos da arquitetura de informação desse modelo.

A MIB (Management Information Base) de cada equipamento gerenciado será implementada segundo a RFC1155 [RFC1155], que define a SMI (*Structure of Management Information*) no modelo SNMP. A utilização da SMI para definição das MIBs faz com que o modelo de informações da FMN seja um modelo cliente/servidor. O modelo orientado a objetos, definido pelo *CMIS* (*Common Management Information Service*) e a utilização do protocolo *CMIP* (*Common*

Management Information Protocol) para gerenciamento serão substituídos pelo modelo de informação SMI/SNMP. O modelo de informação da FMN é apresentado na figura 48:

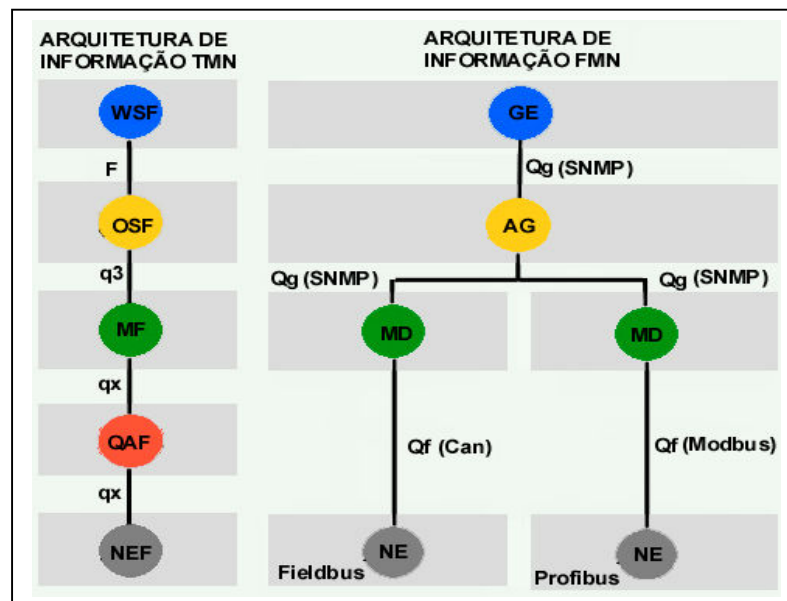


Figura 48 – Modelo de Informação da FMN

Como observado na figura 48, o modelo de informação da FMN utiliza o padrão SNMP para comunicação entre o gerente da rede e os agentes. Também a comunicação entre os sistemas mediadores com os agentes é definida pelo modelo SNMP.

Já, a comunicação dos diversos padrões de redes industriais, como os padrões Fieldbus, no protocolo CAN e o padrão Profibus no protocolo Modbus é feito utilizando-se o próprio protocolo rede industrial. Para que o modelo de informação fique mais claro, é necessário conhecer um pouco das MIBs industriais e como as diretivas de gerência irão ser repassadas dentro do modelo proposto, conforme segue abaixo.

4.4.1. MIBs INDUSTRIAIS

Como visto anteriormente, em redes de computadores, o SNMP atua sobre as MIBs dos equipamentos gerenciados e, da mesma forma, irá atuar sobre as MIBs dos equipamentos industriais.

Para tanto é necessário o levantamento, análise e construção de uma MIB da forma mais genérica possível e que atenda os diversos componentes de uma rede industrial.

Não é objetivo desse trabalho a construção de um modelo de MIB para redes industriais, entretanto, sua especificação e implementação se faz necessária como parte da pesquisa. Para tanto, será desenvolvida uma MIB envolvendo alguns objetos e parâmetros encontrados no ambiente industrial, e que poderá servir como um ponto de partida para MIBs industriais em futuras pesquisas.

Seguindo o modelo FMN, um único agente pode controlar um ou vários dispositivos industriais, dependendo da aplicabilidade do modelo. A figura 49 demonstra a posição da MIB dentro do modelo FMN.

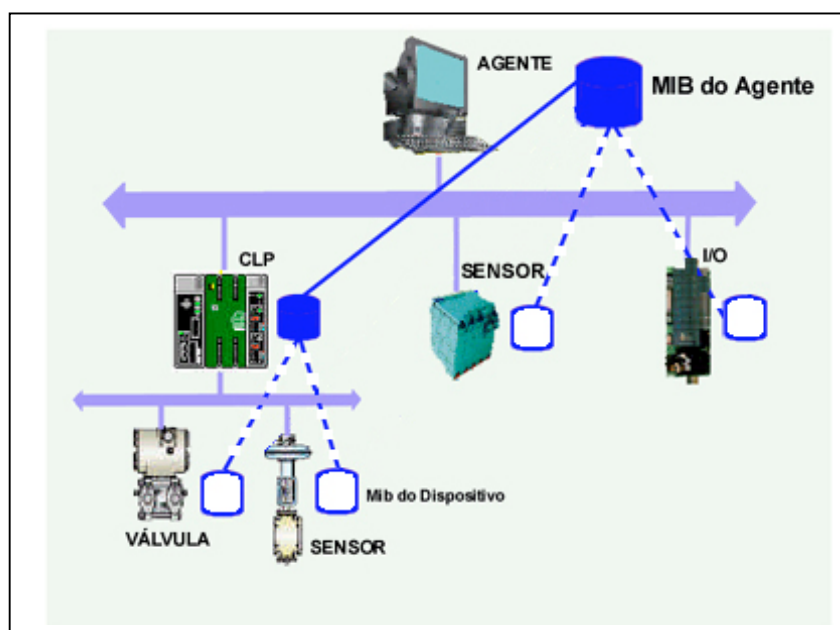


Figura 49 – MIBs no Ambiente Industrial

Conforme ilustrado na figura 49, o agente FMN possui o conhecimento das diversas MIBs da rede industrial, porém, seu controle é direto somente na primeira camada da Rede e, indireto às demais. Na figura 48, apesar de dispositivos simples, como: sensores e dispositivos de I/O, terem sua MIB já definida, as mesmas não se encontram incorporadas a eles. No caso do sensor e da placa de I/O, suas MIBs estão incorporadas no agente instalado no PC. Já o CLP pode possuir uma MIB instalada, devido ao seu grau de tecnologia. Nele estão as informações necessárias

sobre os dispositivos conectados nele, como: a Válvula e o Sensor, porém, se esses dispositivos mais simples possuíssem uma MIB instalada em seu hardware, estes teriam que ser microprocessados, para terem a capacidade de responder as solicitações dos softwares agentes.

Dessa forma, o CLP apresentado na figura 49 será gerenciado pelo agente FMN encontrado no PC, mas a Válvula e o Sensor, ligados ao CLP, serão gerenciados indiretamente pelo modelo FMN, onde este passará as diretivas de gerência para que o CLP atue sobre esses dispositivos. Isso é possível porque o CLP possui em sua MIB, propriedades que representam os objetos a ele ligados em forma de lista.

Já o Sensor e o dispositivo de I/O ligados ao agente FMN serão gerenciados diretamente. A MIB simplificada da rede acima é apresentada na figura 50:

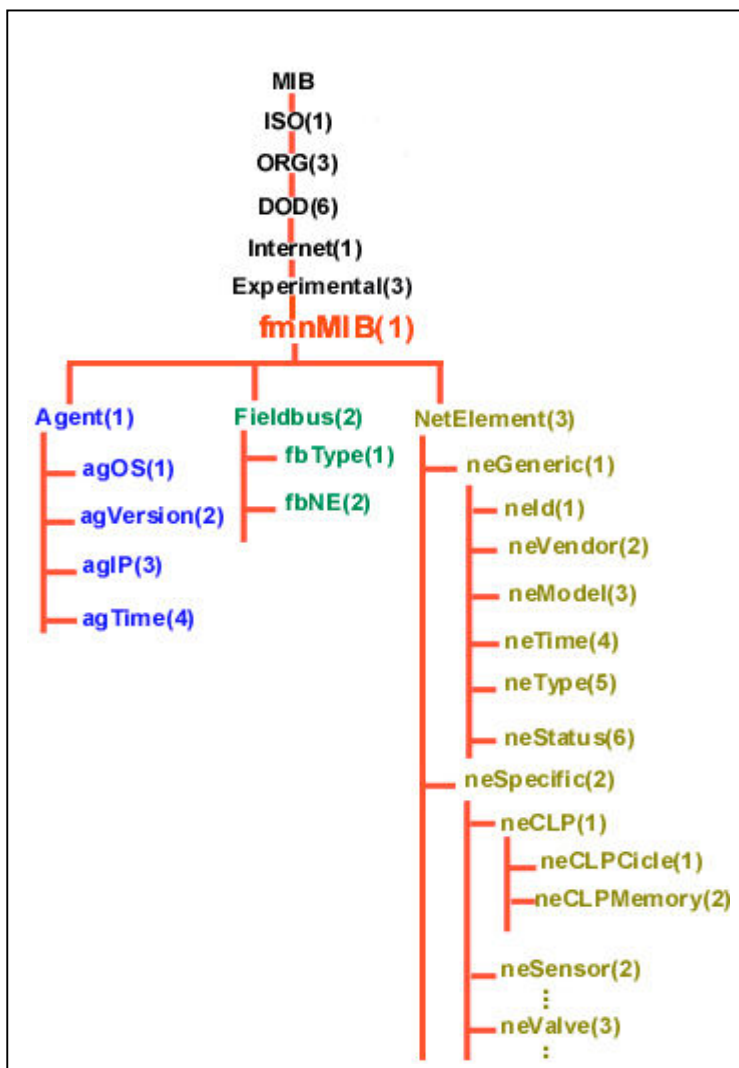


Figura 50 – MIB de uma Rede Industrial

A MIB proposta para o ambiente industrial parte do endereço 1.3.6.1.3.1 da padronização MIB II, ou seja, “*iso.org.dod.internet.experimental.fmnMIB*”. Foi escolhido esse endereço levando-se em consideração que a MIB FMN seja a princípio uma MIB de testes, por isso ela deve estar abaixo do nó “*Experimental*”.

Uma informação importante sobre a MIB, é que ela demonstra alguns elementos prováveis de uma MIB industrial; uma vez que o ambiente é muito heterogêneo, há elementos da MIB industrial que são comuns a todos os dispositivos e, ao mesmo tempo, há elementos específicos a um dispositivo ou a uma determinada aplicação.

Devido a esses fatores, torna-se muito dispendioso e não é objetivo desse trabalho a elaboração de um modelo de MIB para redes industriais. Mesmo porque, tal tarefa exigiria uma pesquisa maior e exclusivamente dedicada a esse segmento. Outro fator que dificulta a elaboração da MIB padrão para redes industriais são os equipamentos e sistemas supervisórios, em sua grande maioria proprietários, em disponibilizar as informações gerenciáveis para um agente FMN.

Portanto, o modelo apresentado poderá ser baseado como um ponto de partida para as MIBs industriais e, em sua elaboração, foi possível observar a viabilidade da divisão da MIB em três componentes (*Objects Identifier*) básicos:

- *Agent* – Agrega os objetos que conterão informações gerenciáveis sobre o agente;
- *Fieldbus* – Agrega os objetos que conterão informações gerenciáveis sobre a rede em que se está trabalhando;
- *NetElement* – Agrega os objetos que conterão informações gerenciáveis sobre os diversos dispositivos. Esse componente ainda se divide em *dois Objects Identifiers (OIs): neGeneric* e *neSpecific*, onde o primeiro OI conterá informações genéricas sobre os dispositivos de uma automação; e o segundo OI, mais uma vez, conterá informações específicas sobre o elemento gerenciado.

4.5. APLICABILIDADE DA FMN NAS REDES INDUSTRIAIS

A FMN poderá ser aplicada às redes industriais de algumas maneiras. Algumas envolvem implementações complexas, como criação de novos hardwares e, inevitavelmente. Outras envolvem implementações mais simples, como a aquisição de softwares padrão FMN, o qual implicaria, em um primeiro momento, em mudanças somente dos sistemas supervisórios, ou mesmo, substituição. Esse modelo não alteraria a atual instalação física dos controladores e demais hardwares instalados. A pesquisa apresentada levantou algumas condições e situações da aplicabilidade da FMN às redes, as quais serão vistas a seguir:

4.5.1 FMN (MD/AG) → DISPOSITIVO

Nessa forma de aplicabilidade, conforme apresentado na figura 51, os blocos funcionais da FMN encontram-se em um PC. Dessa maneira, os elementos de rede (NE) irão continuar com o PC (GF) no seu protocolo padrão (Fieldbus, CAN, Modbus, entre outros), e o PC, onde se encontra instalado o agente e mediador FMN transformarão as diretivas de gerência do padrão da rede industrial, para o padrão FMN (SNMP) e vice-versa, possibilitando dessa forma, as ações do gerente.

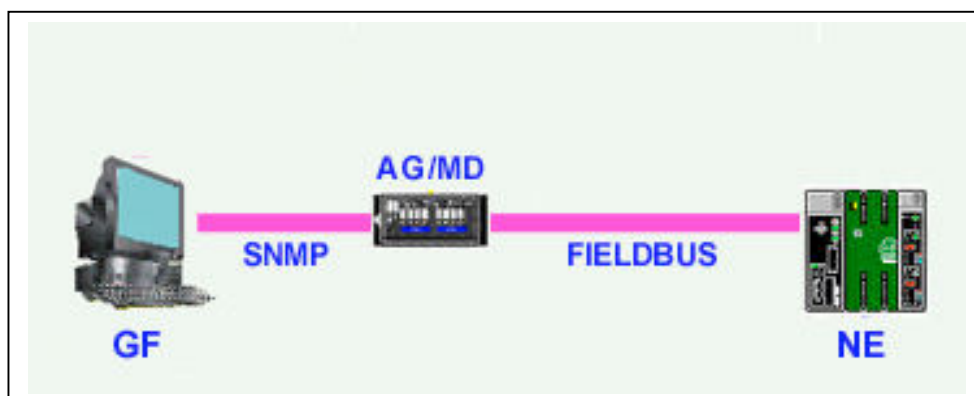


Figura 51 – Interligação FMN (Agente) –DISPOSITIVO

Ainda nos PCs, encontram-se comumente instalados os sistemas supervisórios e haveria algumas vantagens em ter os blocos funcionais da FMN implementados neles. Entre elas, pode-se citar:

- Não é necessário nenhuma modificação no hardware e protocolos dos controladores e dispositivos da rede industrial, mesmo porque, tais modificações podem ser de alto custo e nem sempre viáveis;
- Sendo o PC um equipamento de alto nível, e os recursos do gerenciamento FMN utilizarem o protocolo SNMP e TCP/IP para gerenciamento, os quais facilmente são implementáveis nesse hardware, não haveria a necessidade de grandes aquisições, nem gastos em tempo e dinheiro;
- A maioria dos dispositivos industriais possuem alguma forma de comunicação com o PC, principalmente os que são fabricados e comercializados com/para algum software supervisor.

4.5.2. FMN → MÓDULO TCP/IP (MD/AG) → DISPOSITIVO

Há diversas famílias de controladores que possuem a capacidade de interconexão através de módulos auxiliares de comunicação. Esses módulos de comunicação podem ser seriais, paralelos e até mesmo módulos TCP/IP.

Uma vez que um ou mais dispositivos estejam conectados em um módulo TCP/IP, uma outra forma de aplicação da gerência FMN seria a implementação dos blocos MD e AG nos próprios módulos de comunicação. Isso facilitaria o controle de diversos dispositivos com um único agente FMN, instalado no módulo TCP/IP. O modelo de aplicação FMN com módulos de comunicação TCP/IP é apresentado na figura 52.

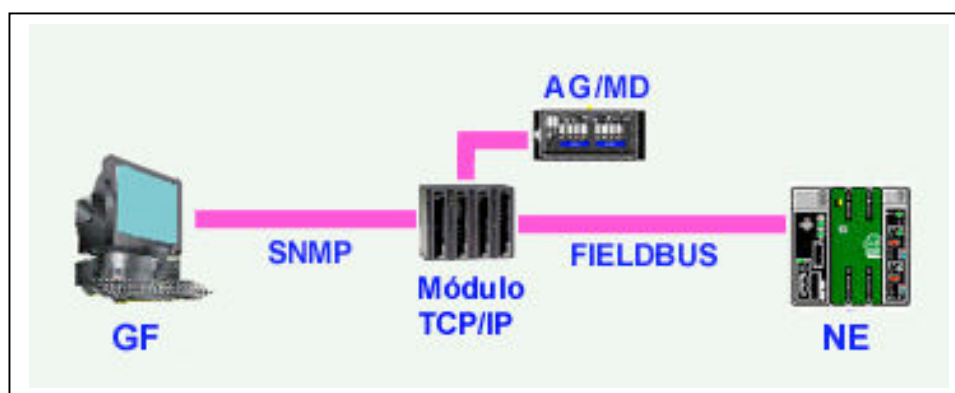


Figura 52 – Interligação FMN – Módulo TCP/IP (MD/AG) - DISPOSITIVO

4.5.3. FMN →DISPOSITIVO (MD/AG)

Outra forma de gerenciamento das redes industriais pelo modelo FMN é o gerenciamento FMN direto com os dispositivos das redes. Dessa forma, um CLP ou CNC, teria que suportar a implementação dos blocos funcionais necessários ao gerenciamento FMN.

Considerando-se que as funcionalidades do bloco funcional NE já estejam implementadas na maioria dos dispositivos industriais, os mesmos ainda teriam que suportar a implementação dos blocos AG, além de toda a camada TCP/IP para a comunicação do gerente da rede e os dispositivo, conforme figura 53.

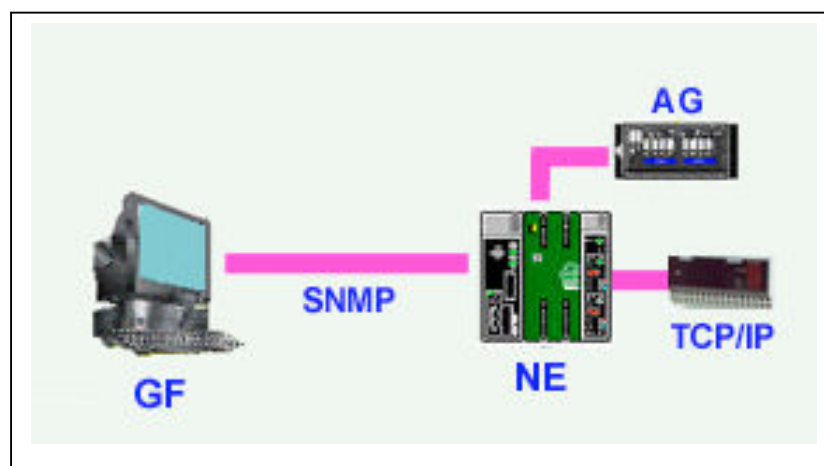


Figura 53 – Interligação FMN – DISPOSITIVO (MD/AG)

Nesse modelo, a inserção das funcionalidades da FMN e da pilha de camadas do protocolo TCP/IP teria que ser avaliada em termos de custo de implementação, e um outro agravante a ser levantado seria a disponibilidade do próprio dispositivo em responder requisições FMN.

Um outro ponto a ser observado é que o mercado da automação industrial está, cada vez mais, aderindo às facilidades e necessidades da interconexão. Com isso, existem muitos dispositivos que já possuem toda a camada TCP/IP, nos quais seria fácil a implementação, em termos de hardware e software, para a inserção dos blocos FMN no próprio controlador.

4.5.4. CONCLUSÕES DA APLICABILIDADE DO MODELO FMN

As implementações do gerenciamento FMN terão que ser utilizadas de acordo com as características de cada automação. Por exemplo, a utilização da proposta apresentada no ponto 5.5.2 (FMN → MÓDULO TCP/IP (MD/AG) → DISPOSITIVO), não se aplica a equipamentos que não suportam módulos TCP/IP, da mesma forma que algumas automações implementam dispositivos tão simples que seria praticamente impossível a implementação do modelo 5.5.3 (FMN → DISPOSITIVO (MD/AG)).

Desse modo, o modelo 5.5.1 (FMN (MD/AG) → DISPOSITIVO), torna-se a forma mais simples e barata de implementação inicial das propostas FMN, pois estando o dispositivo disponível para gerenciamento, a única necessidade é um PC com o agente FMN instalado.

Um outro aspecto a se analisar com a entrada do gerenciamento FMN nas redes industriais, e é sempre uma grande preocupação em qualquer aplicação computacional, é o tempo e as prioridades que as rotinas de gerenciamento terão nesse contexto.

Em relação a esses dois pontos, leva-se em conta que cada hardware das automações industriais, uma vez possuindo alguma forma de comunicação com outros dispositivos, possuam também um tempo determinado para essa comunicação. É esse tempo que inicialmente a FMN vem a explorar, adaptando-se as rotinas de gerenciamento FMN às disponibilidades dos equipamentos.

Leva-se em conta também que as rotinas de gerenciamento, tendo como finalidade ações pró-ativas, não necessitem de respostas imediatas as suas operações. Claro que esse tempo de resposta deve ser analisado juntamente com a importância das funcionalidades de gerenciamento e a aplicação a qual se destina.

Outro aspecto relevante são os sistemas supervisórios. Como já mencionado, em determinadas aplicações, os sistemas supervisórios poderão ser substituídos completamente pela gerência FMN e, em outras, representarão uma camada a mais para o gerenciamento. Ainda é possível a conexão em uma rede industrial, tanto de um sistema supervisório quanto o gerenciamento FMN. Como idéia inicial, nas

aplicações em que os sistemas não poderão ser substituídos, estes poderão responder às diretivas de gerenciamento ao modelo FMN.

4.6. FMN E SISTEMAS SCADA

Uma dúvida, que surgiu no início da pesquisa, é se os sistemas SCADA, com suas funcionalidades de gerência, sobre uma determinada rede industrial, seriam substituídos pelo gerenciamento FMN. A princípio, a FMN não veio para substituir os sistemas SCADA, mesmo porque, estes possuem uma interface homem-máquina avançada em relação a própria FMN.

Entretanto, estando os dispositivos de uma rede industrial dentro do padrão FMN e, supervisionados por um sistema SCADA, os próprios sistemas SCADA poderão se comunicar com esses dispositivos, através do padrão FMN. Dessa forma, o sistema SCADA torna-se um componente do modelo FMN utilizando-se da padronização dos dispositivos.

Também um sistema SCADA designado para supervisionar uma única rede industrial, poderia ser usado para gerenciar várias redes, tornando-se dessa forma um sistema de gerência mais completo. Outra forma de trabalho dos sistemas SCADA, dentro do modelo FMN, seria o SCADA gerenciar os dispositivos da rede e, da mesma forma, ser gerenciado por um software mais abrangente. Ambos, utilizando os conceitos do modelo FMN.

4.7. COMUNICAÇÃO DA FMN SOBRE OS DISPOSITIVOS

Uma outra questão, que precisaria ser analisada com mais cautela, é o desempenho que a gerência FMN terá sobre os dispositivos de campo. Como estes dispositivos seguem ciclos de processamento, normalmente definidos por um tempo fixo, seria interessante fazer e análise de desempenho da FMN, nas diversas redes industriais em que se aplica.

Como esse seria um trabalho extenso, e devido a não disponibilidade de tecnologias para testes, a análise do impacto da FMN sobre a rede industrial física, ou seja, o *overhead* ou tempo necessário para uma eficiente gerência do modelo, não será feito nessa pesquisa; entretanto, serão abordadas algumas aplicações possíveis.

A grande maioria das tecnologias de redes industriais existentes possuem um tempo dedicado a comunicação com a rede. E é nessa “janela” de tempo, que a FMN irá atuar.

Como exemplo prático, vamos citar um CLP instalado em uma esteira de produção, responsável pelo desvio de diversos produtos para estocagem. A função do CLP é analisar as características dos produtos e, de acordo com o conjunto destas, desviar o curso para “n” câmaras de estocagem.

Para isso, o CLP analisa a entrada de diversos dispositivos, que enviam características, como: altura, largura, peso, etc. A concatenação de certas características irá fazer com que o CLP acione os dispositivos para desvio dos produtos para os diversos estoques. Esse modelo é apresentado na figura 54:

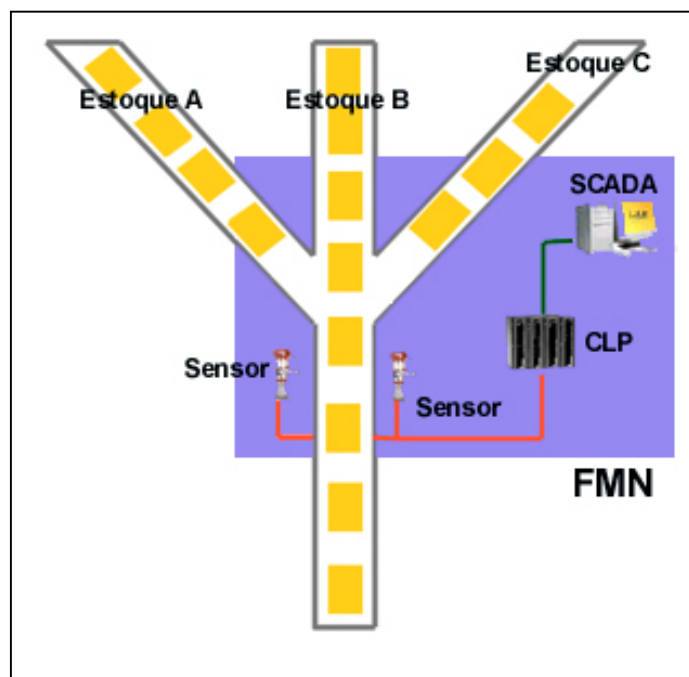


Figura 54 – Linha de Produção

Supondo que a esteira tenha capacidade de, a cada 1s (segundo) passar um pacote, o CLP teria no máximo 1s para cada ciclo de análise. Considerando também, que o CLP dedique 200ms para a comunicação com a rede, para se definir os tempos de gerência da FMN bastaria analisar e ajustar a velocidade de comunicação e o tamanho das PDUs.

Outro ponto que possibilitaria a gerência FMN, seria a funcionalidade do software de gerência em permitir a resposta de uma diretiva de gerência, em vários ciclos. Com isso, um comando de configuração, por exemplo, poderia levar 2s para ser cumprido.

4.8. CONSIDERAÇÕES

O modelo FMN abrange, em sua concepção, todas as camadas de uma rede industrial e coloca-as de uma forma sincronizada para a aplicabilidade das funções de gerência.

As analogias do modelo FMN com o modelo TMN mostram-se transparentes e, ao mesmo tempo, sugere o modelo FMN como uma inovação e não uma adaptação da TMN.

A gerência de rede de computadores, com o modelo SNMP mostrou-se totalmente aplicável à arquitetura de informação da FMN.

Outro aspecto importante são as formas de aplicação da rede de gerência FMN às rede industriais, mais uma vez colocando à disposição do mercado algumas opções e sugestões de aplicação da gerência FMN.

5. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O desenvolvimento do protótipo para validação do modelo FMN foi implementado sobre CLPs utilizados para o controle de peso nas indústrias alimentícias. Trata-se do CLP Check 5PA, um modelo de controlador de peso de fabricação nacional e de propriedade da empresa DWA Indústria Eletrônica Ltda.

Tal CLP é responsável pela medição do peso de determinados volumes e determinação da validação ou não do volume medido, dentro de parâmetros pré programados. Ao mesmo tempo que o CLP faz a medição dos volumes, ele corrige o processo através de dispositivos atuadores para se manter o peso dos volumes dentro dos padrões estabelecidos.

As funcionalidades dos CLP Check 5PA foram mapeadas e serão apresentadas mais adiante. O padrão de rede industrial implementado nesses CLPs é o Modbus, com comunicação mestre-escravo.

Como ambiente de programação para a implementação foi utilizado o Delphi 7, o qual disponibiliza a linguagem Object Pascal.

Para a implementação final do protótipo, utilizou-se dois CLPs em uma rede local, onde cada CLP estava conectado a uma estação de trabalho, simulando dessa forma, a utilização de duas redes industriais distintas, apesar de serem compostas por equipamentos semelhantes. Uma das estações foi ,ao mesmo tempo, gerente e agente, rodando o agente FMN e um software de gerência ou um simples visualizador na MIB com capacidade de interação com o agente. A outra estação somente estava executando o agente FMN e neste foi implementado uma segunda rede industrial, também no padrão Modbus.

A seguir, será ilustrada a MIB desenvolvida para a aplicação, bem como as funcionalidades do controlador de peso, descrevendo, dessa forma, a sua MIB e algumas características de implementação do agente e as telas do protótipo.

5.1. MIB DESENVOLVIDA

Nas figuras 55, 56 será apresentada a MIB desenvolvida para a validação do protótipo utilizando o CLP Check 5PA. Todas as funcionalidades do CLP Check 5PA foram implementadas pelo Agente FMN e serão explicadas a seguir:

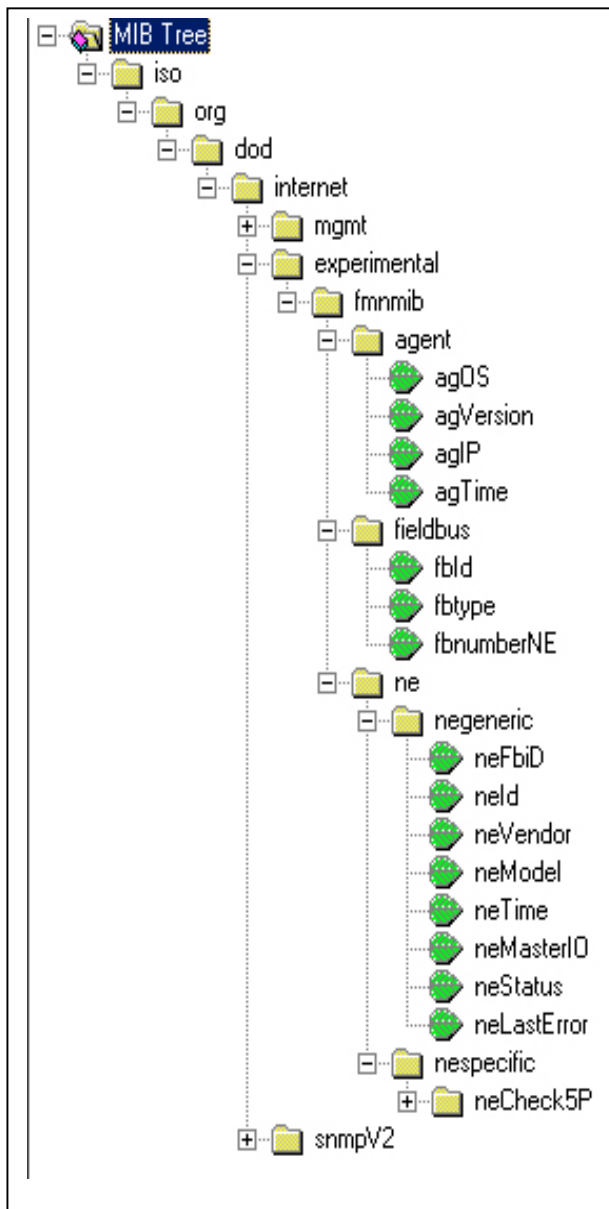


Figura 55 – MIB Desenvolvida

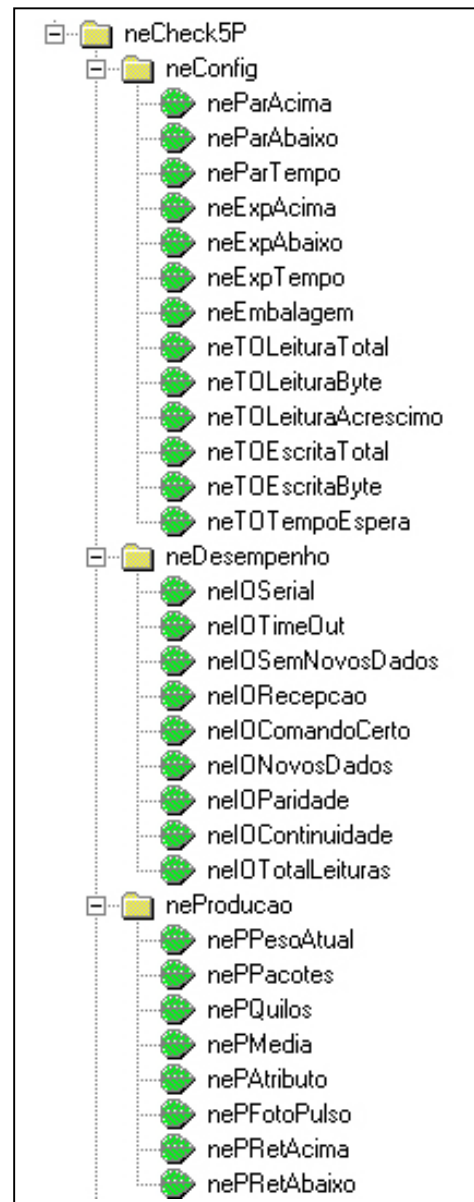


Figura 56 – MIB Desenvolvida

5.2. FUNCIONALIDADES DO CLP CHECK 5PA

As funcionalidades disponíveis para gerenciamento no CLP Check

5PA são:

FmnMib	
agent	
agOS agVersion agIP agTime	Sistema Operacional do agente Versão do Agente IP da máquina onde o agente está Tempo de atividade do agente
fieldbus	
fdId fdType fdNumberNE	Número da Rede Industrial gerenciada Tipo da Rede Industrial gerenciada Número de dispositivos ligados na rede
ne	
negeneric	
ndFbId neId neVendor neModel neTime neMasterIO neStatus neLastError	Rede Industrial do dispositivo Numero do dispositivo Fabricante Modelo Tempo de Atividade Endereço de comunicação Status de conexão Último Erro registrado
nespecific	
neCheck5P	
neConfig	
neParAcima neParAbaixo neParTempo neExpAcima neExpAbaixo neExpTempo neEmbalagem neTOLeituraTotal neTOLeituraByte NeTOLeitura NeTOEscritaTotal NeTOEscritaByte NeTOTempoEsp	Parâmetro dos produtos. Parâmetro inferior dos produtos. Tempo de Correção Parâmetro superior para exclusão Parâmetro inferior para exclusão Tempo de acionamento do dispositivo Peso da Embalagem Time Out Total do ciclo de leitura Time Out do tempo de leitura Time Out para acréscimo de tempo Time Out Total do ciclo de escrita Time Out do tempo de escrita Time Out para espera
NeDesempenho	
NeIOSerial NeIOTimeOut NeIOSemDados NeIORcepcao NeIOComCerto NeIONovosDados	Qtde de erros na comunicação serial Número de erros por time out Número de respostas sem novos dados Número de erros de recepção do Número de comandos certos Número de comandos com novos dados

NeOParidade NeOContinuidade NeOTotalLeituras	Número de erros por paridade Número de erros por continuidade Número total de leituras realizadas
NeProducao	
NePPesoAtual NePPacotes nePQuilos nePMedia nePAtributo nePFotoPulso nePRetAcima nePRetAbaixo	Peso do último pacote Número de pacotes registrados Quantidade de quilos registrados Peso Médio Pacotes excluídos por atributo Número de pacotes de entrada na Número de excluídos acima do peso Número de excluídos abaixo do peso
nelnmetro	
nelnmMedia nelnmDesvio nelnmMinimo	Valor da média do INMETRO Valor do desvio padrão Valor do mínimo aceito pelo INMETRO
neDiario	
neDiarNum neDiarData neDiarHora	Primeiro evento de diário na fila Data do evento Hora do evento

5.3. AGENTE SNMP / MEDIADOR

Na figura 57 consta uma ilustração da forma de funcionamento do agente FMN em uma rede industrial.

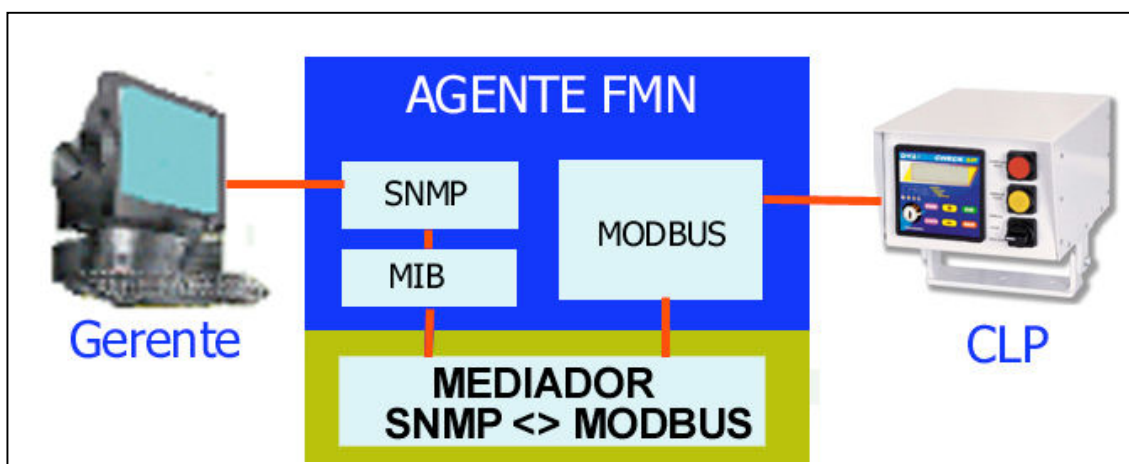


Figura 57 – Agente FMN

Uma explanação sucinta sobre o funcionamento do Agente FMN e o mediador, será apresentada a seguir.

A gerência FMN é composta por dois módulos básicos. Um deles controla as diretivas SMNP, o agente, e outro, as diretivas de gerenciamento padrão da rede industrial, o mediador.

O módulo do agente que recebe as PDUs SNMP retransmite essas PDUs para o mediador de PDU SMNP para PDU no padrão da rede industrial, no caso, o protocolo Modbus. Estando convertida a PDU SNMP para o padrão da rede industrial, o agente envia a diretiva de gerenciamento para o dispositivo de rede gerenciado.

Uma vez havendo resposta do dispositivo da rede, o agente faz o caminho inverso, traduzindo as *traps* ou mensagens do padrão Modbus para PDU SNMP e as repassa para o gerente que requisitou.

5.4. TELAS DO PROTÓTIPO

Abaixo são apresentadas as telas do agente FMN como validação do modelo proposto.



Figura 58 – Tela de Configuração da Rede Industrial *Modbus*



Figura 59 – Tela de configuração do Agente FMN

Na figura 58, observa-se a configuração da rede industrial com a informação sobre a porta serial onde a rede está conectada e as configurações de velocidades de transmissão. Já, na figura 59, observa-se o módulo do agente FMN responsável pela conexão com o sistema gerente, constando informações como comunidade a que pertence, e endereço IP do agente.

5.5. CONSIDERAÇÕES

Em relação às considerações finais sobre o protótipo desenvolvido, o mesmo teve sua implementação feita somente para validar a aplicabilidade da FMN nas redes industriais. Foram escolhidos os CLP Check 5PA por serem os únicos disponíveis para pesquisa, porém, uma vez o agente funcionando em uma rede específica, torná-lo genérico as demais redes exige um estudo para levantamento mais íntimo dos protocolos utilizados e, as aplicações desses protocolos ao agente FMN.

Deve-se deixar claro que mais informações sobre a implementação e até mesmo especificação do agente FMN constará nos anexos do trabalho.

6. CONCLUSÕES

As redes industriais, face ao ambiente heterogêneo, composto por diversas tecnologias, equipamentos e sistemas SCADA, requer um gerenciamento integrado, onde toda a diversidade possa ser simplificada e, de forma prática, prover ao ambiente industrial as facilidades advindas das cinco áreas funcionais de gerência (Desempenho, Falhas, Contabilização, Segurança e Configuração), definidas pelo modelo de gerência OSI (ISO 7498-4).

O gerenciamento integrado também é necessário pois, o grande número de tecnologias aplicadas nos processos industriais e trabalhando de forma isolada, torna difícil e igualmente complexas as tarefas de operação, administração e manutenção (OA&M) das redes.

Da mesma forma que a gerência nas redes de telecomunicações e computadores trouxeram vantagens e benefícios a estas, o gerenciamento integrado das redes industriais tende a seguir o mesmo caminho, uma vez que os ambientes são análogos em suas complexidades e diversidades.

Quanto à integração e gerenciamento, a FMN apresenta-se como um modelo aplicável à gerência integrada das redes industriais, não somente pela sua abrangência em modelar as formas de gerenciamento em cada camada que a compõe, mas também por oferecer um modelo de gerenciamento para a atual automação (constituída de sistemas legados) e uma referência para as novas tecnologias de redes industriais. Em consequência, novos produtos já terão um padrão de gerenciamento a adotar: a FMN.

Em relação a TMN, os conceitos exportados para o modelo FMN, como a arquitetura funcional e física são relevantes, devido à similaridade do modelo de camadas e da analogia entre os ambientes. Obviamente, os conceitos foram ajustados à realidade das redes industriais, formando, com isso, a arquitetura funcional e física da própria FMN.

O modelo de informações da FMN utiliza, como padrão para diretivas de gerência entre agente e gerente, o protocolo SNMP, o que permite que se gerencie os recursos da rede industrial a partir de um ambiente de gerência de redes de

computadores, com uma visão integrada sobre os recursos, ou seja, é possível gerenciar a rede industrial com as mesmas ferramentas utilizadas para gerenciamento das redes de computadores.

Um outro aspecto da gerência FMN sobre os ambientes industriais, é a aplicabilidade do modelo em redes de pequeno porte. Nessas empresas, muitas vezes, são observadas pequenas automações ou, até mesmo, uma única linha de automação. Trata-se de empresas com um ciclo de produção pequeno e/ou pouco automatizado. Nesses casos, a utilização dos sistemas supervisórios para o gerenciamento da rede industrial é o suficiente, e não há a necessidade de um modelo integrado, devido a falta de diversidade de tecnologias. A FMN somente se aplica a ambientes heterogêneos e diversificado.

Independente da forma como a FMN será aplicada no gerenciamento das redes industriais, um fator importante para o seu funcionamento é a formulação da MIB Industrial. É de extrema importância que os fabricantes de dispositivos e sistemas supervisórios disponibilizem a MIB de seus equipamentos e sistemas para o modelo FMN. A princípio, na implantação da FMN, terão que ser levantadas as funcionalidades de cada equipamento ou sistema para a formulação da MIB de gerenciamento. Com a consolidação da FMN como modelo de gerência, essa preocupação passa a ser dos fabricantes para se adequarem dentro dos padrões definidos.

Em relação ao protótipo criado para a validação da FMN, verificou-se a importância do mediador que, dentro do atual modelo, é o responsável pelo conhecimento dos diversos protocolos industriais e também pela mediação desses protocolos para o SNMP e vice-versa.

O protótipo validou a utilização do modelo FMN ao gerenciamento das redes industriais e, dentro do ambiente onde foi testado, as funcionalidades dos CLPs puderam ser alteradas e monitoradas de forma satisfatória, através de uma aplicação de gerenciamento FMN. Vale lembrar que o gerenciamento sobre os CLPs teve uma maior ênfase nas funcionalidades de contabilização e configurações, fato este, ocasionado pela simplicidade do CLP utilizado. Também foi desenvolvido um agente simples, respondendo à requisições de um software MIB Browser (Visualizador de

MIB) e não de um software gerente. Porém, a simplicidade do ambiente de teste é suficiente para validar a utilização da FMN.

Em ambientes mais complexos, a probabilidade de ajustes é grande, mas como um início para a aplicabilidade da FMN ao ambiente industrial, mostraram-se satisfatórios os resultados obtidos.

6.1. TRABALHOS FUTUROS

Como propostas para a continuidade dessa pesquisa, cita-se:

- Definição de um agente abrangendo os diversos modelos de redes industriais apresentados;
- Elaboração de uma aplicação WEB para monitoramento das redes industriais utilizando os agente FMN, independente da localização física do gerenciamento;
- Elaboração de uma pesquisa para levantamento das diversas MIBs industriais, com o objetivo de criar uma MIB industrial padrão;
- Exportação dos dados coletados pelos agentes FMN via XML para os sistemas ERP;
- Implementação das formas de aplicação dos agentes FMN às redes industriais;
- Verificação do impacto sobre as redes industriais relativo a aplicação da gerência FMN, entre outros.

Para finalizar, a FMN cumpriu os objetivos propostos e segue na perspectiva de aprimoramento e futuras aplicações nos ambientes industriais. O gerenciamento integrado desse ambiente é necessário e válido, e o modelo FMN vêm ao encontro dessas necessidades. Sua proposta é clara e objetiva: padronizar, integrar e gerenciar. Estando esses aspectos concretizados e aplicados, novas tecnologias e avanços no setor seguirão, mas dentro do modelo FMN, garantindo a compatibilidade de softwares e automações. O mercado continuará tanto competitivo, quanto diversificado em tecnologias, porém, estas serão padronizadas e direcionadas ao seu gerenciamento e integração.

7. BIBLIOGRAFIA

AS-INTERFACE., *Welcome to the World of As-Interface*. Mannheim, Alemanha, 2003. Disponível: <http://www.as-interface.com/>. Acesso em 15 de Setembro de 2003.

ALFA Instrumentos. *Protocolo MODBUS*. São Paulo, Brasil, 2003. Disponível: <http://www.alfainstrumentos.com.br>. Acesso em 19 de Outubro de 2003.

BARROTO, André Mello. *Realização da Gerência Distribuída de Redes Utilizando SNMP, JAVA, WWW e Corba*. Florianópolis, 1998. Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação – Sistemas de Computação. Universidade Federal de Santa Catarina.

BERNAL, Volnys Borges. *Implementação de Sistemas Tmn e suas Relações com a Arquitetura Corba: Estado Da Arte E Perspectivas*. São Paulo, 1999. Monografia. Curso de Pós-Graduação em Sistemas de Computação. Universidade de São Paulo.

BLACK, Uyles, *Network Managemens Standards – SNMO, CMIP, TMN, MIBs and Object Libraries*. 2. Ed. Singapore: McGraw-Hill International Editions, 1994.

BOAVISTA, Fernando, Monteiro, *Eduardo Engenharia de Redes Informáticas*, Lisboa, FCA – Editora de Informática, 2000.

BRISA. *Arquiteturas de Redes de Computadores – OSI e TCP/IP*, São Paulo: Makron Books, 1994.

C & I Controle & Instrumentação. *Protocolos de Comunicação*, São Paulo, 2003.

FERREIRA, Wilson Tavares. *Segurança de Rede de Computadores em Ambientes Industriais*. Uberlândia, 2002. Monografia. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Uberlândia.

Fieldbus Foundation. *FIELDBUS On Line*. San Ramon, Estados Unidos, 2003. Disponível: <http://www.fieldbus.org/>. Acesso em 15 de Agosto de 2003.

FONSECA, José A. *O Barramento CAN*. Aveiro, Portugal, 2003. Disponível: <http://www.ieeta.pt/~jaf/>. Acesso em 23 de Julho de 2003.

GEORGINI, Marcelo. *Automação Aplicada - Descrição e Implementação de Sistemas Seqüenciais com PLCs*. São Paulo : Érica Ltda, 2000.

HART Communication Fundation. *The Hart Book – International huide to Hart based products e services*. Titchfield, Hants, Inglaterra, 2003. Disponível: <http://www.thehartbook.com/technical.htm>. Acesso em 27 de Maio de 2003.

INTERBUS International. *Interbus e Automação*. São Paulo, Brasil, 2003. Disponível: <http://www3.phoenixcontact.com/index.html>. Acesso em 30 de Maio de 2003.

KLAUCK, Hugo André. *Proposta de um Ambiente de Gerência de Redes de Alta Velocidade Utilizando CORBA, Java e HTML*. Florianópolis, 2000. Curso de Pós-

Graduação em Ciência da Computação Sistemas de Computação. Universidade Federal de Santa Catarina.

Mansur, Fábio. *Conceitos da TMN*. Rio de Janeiro, Brasil, 2003. Disponível: <http://www.geocities.com/SiliconValley/Network/7460>. Acesso em 15 de Junho de 2003.

MARINO, André F. *A Internet na automação, instrumentação e controle de processos*. São Paulo, Brasil, 2003. Disponível: <http://www.engecomp.com.br>. Acesso em 17 de Junho de 2003.

ITU-T Recommendation M.3010. *Principles for a telecommunications management network*, ITU-T, Helsinki, 1996.

ITU-T Recommendation M.3020. *TMN Interface Specification Methodology*, ITU-T, Helsinki, 1995.

ITU-T Recommendation M.3100. *Generic network information model*, ITU-T, Helsinki, 1995.

ITU-T Recommendation M.3200. *Generic network information model*, ITU-T, Helsinki, 1997.

ITU-T Recommendation M.3400. *Generic network information model*, ITU-T, Helsinki, 1997.

The MODBUS Organization. *The Architecture for Distributed Automation*. Hopkinton, MA, 2003. Disponível: <http://www.modbus.org/>. Acesso em 02 de Junho de 2003.

NATALE, Ferdinando. *Automação Industrial*. São Paulo: Érica, 2000.

ODA, Cybelle Suemi. *Gerenciamento de redes de computadores*. São Paulo, Brasil, 2003. Disponível: <http://www.gt-er.cg.org.br/operacoes/gerencia-redes>. Acesso em 05 de Abril de 2003.

OLIVEIRA, Daniela Vanassi de. *Mobilidade em Gerência de Redes SNMP*. Florianópolis, 2000. Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação – Sistemas de Computação. Universidade Federal de Santa Catarina.

PÉRICAS, Francisco Addel. *Proposta de um modelo de informação tmn para a gerência dinâmica de rede atm baseado na tecnologia java jmx*. Curitiba, 2000. Monografia. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

PEREIRA, Carlos Eduardo. *Evolução dos Sistemas de Controle*. Porto Alegre, Brasil, 2003. Disponível: <http://www.eleto.ufrgs.br/~cpereira>. Acesso em 05 de Abril de 2003.

PISCHING, Marcos André. *Uma Aplicação Java-SNMP para Monitoração de Redes sem Fio*. Florianópolis, 2001. Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação – Sistemas de Computação. Universidade Federal de Santa Catarina.

PORTUGAL, Paulo. *Sistemas de Automação: Redes de Campo – Fieldbus*. Universidade do Porto. Lisboa, Portugal, 2003. Disponível: http://www.fe.up.pt/~pportuga/sistemas_automacao_0203/. Acesso em 13 de Abril de 2003.

PROFIBUS International. *Open Solution for the World of Automation*. Scottsdale, Estados Unidos, 2003. Disponível: <http://www.profibus.com/>. Acesso em 22 de Agosto de 2003.

RAMOS, Alexandre Moraes. *Modelo para Incorporar Conhecimento Baseado em Experiências à Arquitetura TMN*. Florianópolis, 2000. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – Inteligência Aplicada. Universidade Federal de Florianópolis.

RFC1155 - K. McCloghrie, M. Rose. *Structure and identification of management information for TCP/IP-based internets*. Maio, 1990.

RFC1156 - K. McCloghrie, M. Rose. *Management Information Base for network management of TCP/IP-based internets*. Maio, 1990.

RFC1157 - J. Case, M. Fedor, M. Schoffstall, J. Davin. *Simple Network Management Protocol (SNMP)*. Maio, 1990.

RFC1213 - McCloghrie, K., and Rose, M., *Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II*. Março, 1990.

RFC1448 - J. Case, K. McCloghrie, M. Rose. *Protocol Operations for version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2)*. Abril, 1993.

RFC3414 - U. Blumenthal, B. Wijnen. *User-based Security Model (USM) for version 3 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv3)*. Dezembro, 2002.

RODRIGUES, Eliseu Edgar da Silva, COELHO, José Carlos da Costa Dinis. *Sistemas Distribuídos – SCADA*. Universidade do Porto, Lisboa, Portugal, 2003. Disponível: <http://www.dei.isep.ipp.pt/~i980994/>. Acesso em 24 de Agosto de 2003.

SALOMÃO, João Marques. *Análise da Adequação e Desempenho de Redes “Fieldbus” para o Controle em Malha Fechada com Ação de um Preditor Nebuloso em Caso de Perdas de Mensagens*. Florianópolis, 1994. Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Santa Catarina.

SANTOS, Ivone Miranda. *Relação entre Processo Produtor e Processo Consumidor – Modelos de Comunicação*. Lisboa, Portugal, 2003. Disponível: http://pwp.netcabo.pt/0256896601/SO%20II%20-%20170103_t.pdf. Acesso em 03 de Setembro de 2003.

SANTOS, Lucas Costa Oliveira. *Engenharia de Automação*. UFMG, Belo Horizonte, Brasil, 2003. Disponível:

<http://www.geocities.com/CollegePark/Den/6244/Atan/automacao.htm>. Acesso em 09 de Outubro de 2003.

STALLINGS, William. *SNMP, SNMPv2 and RMON: Pratical Nwtwork Management*. 2. Ed. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 1996.

SCHÖNBERGER, Selena. *Modelagem de Informações para Supervisão de Alarmes no Sistema Eletrônico de Comutação Digital/EWSD – Interface Q3*. Florianópolis, 1998. Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação – Sistemas de Computação – Redes de Computadores. Universidade Federal de Santa Catarina.

SCHÖNBERGER, Hans Manfred. *Sistemas de Informação para Suporte à Gerência de Falhas*. Florianópolis, 2000. Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação – Sistemas de Computação. Universidade Federal de Santa Catarina.

SEIXAS FILHO, Constantino. *DeviceNet*. UFMG, Belo Horizonte, Brasil, 2003. Disponível: <http://www.cpdee.ufmg.br/~prof>. Acesso em 09 de Outubro de 2003.

SILVEIRA FILHO, Elmo Dutra da. *Redes de comunicação de baixo nível (fieldbus)*. SENAI, Porto Alegre, Brasil, 2003. Disponível: <http://www.malbanet.com.br/professorelmo/Conetfld.htm>. Acesso em 12 de Setembro de 2003.

SOARES, Andrey. *Especificação de uma MIB XML para o gerenciamento de sistemas*. Florianópolis, 2001. Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação – Sistemas de Computação. Universidade Federal de Santa Catarina.

TANENBAUM, Andrew S.. *Redes de computadores*. 3. Ed. Rio de Janeiro : Campus, 1997.

TAPAJÓS, Mauro, *Introdução do Modelo TMN e GIRS*. Universidade Católica de Brasília, Brasília, Brasil, 2003. Disponível: <http://www.ucb.br/prg/professores/maurot/>. Acesso em 23 de Setembro de 2003.

TIBOLA, Leandro Rosniak. *Geração de Sistemas Supervisórios a Partir de Modelos Orientados a Objetos de Aplicações Industriais*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2003. Disponível: <http://www.inf.ufrgs.br/pos/SemanaAcademica>. Acesso em 16 de Novembro de 2003.

TOVAR, Eduardo. *Produção Integrada por Computador*. Instituto Politécnico do Porto, Lisboa, Portugal, 2003. Disponível: <http://www.dei.isep.ipp.pt/~emt/infind/apontamentos.html>. Acesso em 13 de Agosto de 2003.

VENANCIO NETO, Augusto José Venâncio. *Implementação de um Discriminador de Repasse de Eventos para o Ambiente SNMP*. Florianópolis, 2001. Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação – Sistemas de Computação. Universidade Federal de Santa Catarina.

VICENTE NETO, Vicente. *Redes de dados, teleprocessamento e gerência de redes*. São Paulo : Érica, 1990.

VILLELA, Daniel Antunes Maciel, ALBUQUERQUE, Célio Vinicius N. de , COSTA, Luís Henrique M. Kosmalski, NUNES, Marcelo Dias, DUARTE, Otto Carlos Muniz Bandeira. *Desempenho de uma Aplicação de Transferência de Arquivos em um Sistema de Comunicação Industrial*. Grupo de Teleinformática e Automação da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2003, Rio de Janeiro.

WEBER, Celso Kopp. *Uma MIB para Aplicações Internet*. Florianópolis, 1997. Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação – Sistemas de Computação. Universidade Federal de Santa Catarina.