



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

## **Controle Sistêmico da Qualidade da Manutenção em Equipamentos do Setor Elétrico**

**João Luiz de Oliveira Gomes**

Dissertação de Mestrado PPGEE-07/1999  
Orientador: Prof.Dr. Mário Fabiano Alves

Junho/1999

**João Luiz de Oliveira Gomes**

# **Controle Sistêmico da Qualidade da Manutenção em Equipamentos do Setor Elétrico**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica, elaborada sob a orientação do Prof. Dr. Mário Fabiano Alves.

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
Belo Horizonte  
1999

## DEDICATÓRIA

Aos meus avôs,

José Nelson e Joaquim Pedrosa,

e a Ernani Silva.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Mário Fabiano Alves, pelo seu empenho, pela atenção e auxílio durante a fase do meu desenvolvimento científico.

Ao meu co-orientador, engenheiro Dilmar Gonçalves da Cunha, cuja experiência profissional auxiliou na definição do tema e no desenvolvimento dos trabalhos.

Ao professor Dr. Luiz Danilo Barbosa Terra, que sempre demonstrou respeito e confiança nos trabalhos e no potencial de sua equipe docente e discente.

Aos meus colegas, professores e amigos do curso, em especial aos professores Dr. Roberto Mendes, Dr. Carlos Augusto e Carlos Pietrobon, ao Gilson Martins, Telmo Zenha, Júlio César e Isabel Siqueira, pelo carinho e apoio durante o desenvolvimento acadêmico.

À professora Dra. Léa G. Souki, que possibilitou a concretização deste trabalho.

À professora Dra. Maria Inês Martins, “pedra inicial” deste meu mestrado.

Aos amigos e colegas da CEMIG, em especial aos engenheiros Sérgio Danilo Marques, Geraldo Libério, Reginaldo Césari e André Luiz, pelo apoio ao meu ingresso no mestrado, e a Christóvão de Oliveira Júnior e Mauro Eugênio, pela compreensão durante a fase final.

Aos meus queridos pais, Adijarma José Gomes e Oracina de Oliveira Gomes, que sempre me apoiaram, aos meus irmãos e aos amigos, em especial a Reinaldo Barros Lobo, pelo incentivo, e à jornalista Lúcia Lobo pela revisão ortográfica.

À minha mulher, amiga e companheira, Lenice Maria Barros Lobo, pela compreensão, carinho e incentivo durante todo o curso.

“O homem razoável se adapta ao mundo. Aquele que não é razoável persiste em querer adaptar o mundo a si próprio. Por isso qualquer progresso depende do homem não-razoável.”

George Bernard Shaw

# SUMÁRIO

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 – Introdução.....	19
1.2 – Objetivos do Trabalho.....	20
1.3 – Relevância.....	20
1.4 – Contribuições.....	21

## CAPÍTULO 2 – O CENÁRIO ATUAL E A MANUTENÇÃO DO SETOR ELÉTRICO

2.1 – O Cenário.....	25
2.2 – A Manutenção de Sistemas Elétricos.....	27
2.3 – Aspectos Gerais da Manutenção de Sistemas Elétricos.....	28
2.4 – Os Desafios Atuais da Manutenção do Sistema Interligado.....	33
2.5 – Realidade das Empresas.....	35

## CAPÍTULO 3 – RECURSOS TECNOLÓGICOS ATUAIS

3.1 – A Evolução da Tecnologia da Informação.....	38
3.1.1 – O Saber Compartilhado.....	40
3.1.2 – A <i>Internet</i> e a <i>World Wide Web</i> .....	41
3.1.3 – <i>Data Warehouse</i> .....	42

3.1.4 – <i>Data Mining</i> .....	43
3.2 – Um Sistema Dedicado para Manutenção.....	45
3.3 – O Sistema RME.....	46

## **CAPÍTULO 4 – UM MODELO PARA CONTROLE SISTÊMICO DA QUALIDADE DA MANUTENÇÃO**

4.1 – Definição do Processo Manutenção em Nível Sistêmico.....	54
4.2 – Definição dos Itens de Controle Sistêmicos.....	58
4.3 – Diagrama de Causa/Efeito do Processo Manutenção.....	62
4.4 – O Controle do Processo Manutenção.....	64
4.5 – O Ciclo PDCA no Controle do Processo Manutenção.....	68
4.6 – Macroestrutura do Processo Manutenção.....	71
4.7 – Engenharia de Manutenção: Nível de Tecnologia e Nível Sistêmico.....	73

## **CAPÍTULO 5 – ESTUDO SUCINTO DOS ITENS DE CONTROLE SISTÊMICOS DA MANUTENÇÃO**

5.1 – Análise Estatística e Análise de Sintomas.....	78
5.2 – Itens de Controle.....	80
5.3 – Análise dos Itens de Controle.....	80
5.3.1 – Medições Significativas (%).....	81
5.3.2 – Observações Registradas (%).....	82
5.3.3 – Tempo Médio de Execução (h).....	83
5.3.4 – Frequência de Manutenção (%).....	84
5.3.5 – Mão-de-Obra Gasta (Hxh).....	85
5.3.6 – Mão-de-Obra Média (Hxh).....	86

## **CAPÍTULO 6 – EXEMPLOS REAIS DOS ITENS DE CONTROLE PROPOSTOS**

6.1 – Números da Base de Dados.....	88
6.2 – Exemplo Real de Cálculo dos Itens de Controle.....	91
6.2.1 – Medições Significativas (%).....	91
6.2.2 – Observações Registradas (%).....	93
6.2.3 – Tempo Médio de Execução (h).....	94
6.2.4 – Frequência de Manutenção (%).....	95
6.2.5 – Mão-de-Obra Gasta (Hxh).....	96
6.2.6 – Mão-de-Obra Média (Hxh).....	98
6.3 – Análise das Tendências e Recomendações.....	99
6.3.1 – Análise das Tendências.....	99
6.3.2 – Recomendações.....	100

## **CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES..... 104**

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 110**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
1 - Módulos operacionais do Sistema RME.....	51
2 - Processo manutenção.....	55
3 - Diagrama de Causa/Efeito ou Diagrama de Ishihawa.....	63
4 - Diagrama de Pareto.....	66
5 - Procedimentos do processo manutenção.....	69
6 - Macroestrutura da função manutenção.....	71
7 - Rede de manutenção especializada do sistema elétrico brasileiro.....	76
8 - Item de controle Medições Significativas.....	82
9 - Item de controle Observações Registradas.....	83
10 - Item de controle Tempo Médio de Execução - TE.....	84
11 - Item de controle Frequência de Manutenção - FM.....	85
12 - Item de controle Mão-de-Obra Gasta e Mão-de-Obra Média.....	86
13 - Quantidade de equipamentos controlados.....	89
14 - Quantidade de equipamentos submetidos às manutenções.....	90
15 - Item de controle Medições Significativas (%).....	92
16 - Item de controle Observações Registradas (%).....	93
17 - Item de controle Tempo Médio de Execução - TE (h).....	94
18 - Item de controle Frequência de Manutenção - FM (%).....	95
19 - Item de controle Mão-de-Obra Gasta (Hxh).....	97
20 - Item de controle Mão-de-Obra Média (Hxh).....	98

**TABELAS****Pág.**

1 -	Quantidade de equipamentos de proteção (Relés).....	47
2 -	Quantidade de equipamentos de manobra.....	47
3 -	Quantidade de equipamentos de transformação.....	47
4 -	Quantidade de equipamentos controlados.....	89
5 -	Quantidade de equipamentos submetidos às manutenções.....	90
6 -	Item de controle Medições Significativas (%).....	91
7 -	Item de controle Observações Registradas (%).....	93
8 -	Item de controle Tempo Médio de Execução - TE (h).....	94
9 -	Item de controle Frequência de Manutenção - FM (%).....	95
10 -	Item de controle Mão-de-Obra Gasta (Hxh).....	96
11 -	Item de controle Mão-de-Obra Média (Hxh).....	98
12 -	Tendências do comportamento dos itens de controle.....	100

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica
API	- Application Program Interface
CD-ROM	- Compact Disc Read Only Memory
CEMIG	- Companhia Energética de Minas Gerais
CERJ	- Companhia de Eletricidade do Rio de Janeiro
CESP	- Companhia Energética de São Paulo
CIER	- Comisión de Integración Eléctrica Regional
CIGRE	- Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques
CEPEL	- Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
COPEL	- Companhia Paranaense de Energia Elétrica
CPFL	- Companhia Paulista de Força e Luz
DOBLE	- Doble Engineering Company
DOS	- Disk Operating System
ELETRONORTE	- Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A.
ELETROPAULO	- Eletricidade de São Paulo S.A.
ELETROSUL	- Centrais Elétricas do Sul do Brasil
ELETROBRÁS	- Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
ENIAC	- Electronic Numerical Integrator And Calculator
FM	- Frequência de Manutenção
FTP	- File Transfer Protocol
GCOI	- Grupo Coordenador para Operação Interligada
GTP	- Grupo de Trabalho de Proteção
IBM	- International Business Machines Corp.
IEC	- Instituto de Educação Continuada da PUC-MG
IEEE	- Institute of Electrical and Eletronics Engineers
LIGHT	- Light Serviços de Eletricidade S.A.
MASP	- Metodologia de Análise e Soluções de Problemas

MBC	- Manutenção Baseada em Confiabilidade
MC	- Manutenção Corretiva
MP	- Manutenção Preventiva
PC	- Personal Computer
PDCA	- Plan (Planejar), Do (Executar), Check (Verificar), Action (Atuar)
PUC-MG	- Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
RS-232	- Recommended Standard - 232
RC	- Recepção
RCM	- Reliability Centered Maintenance
RME	- Resultados de Medições e Ensaios
RME-SEB	- Rede de Manutenção do Sistema Elétrico Brasileiro
SEMASE	- Seminário Nacional de Manutenção do Setor Elétrico
SGBD	- Software Gerenciador de Banco de Dados
TF	- Taxa de Falhas
TME	- Tempo Médio de Execução
TMEF	- Tempo Médio Entre Falhas
TMPR	- Tempo Médio Para Reparo
TPM	- Total Productivity Maintenance
VE	- Valor Encontrado
VD	- Valor Deixado

## RESUMO

O tema da dissertação *Controle Sistêmico da Qualidade da Manutenção em Equipamentos do Setor Elétrico* surgiu da constatação da carência de ações para solucionar problemas comuns a todas as empresas deste setor tão estratégico para a economia do país.

Este trabalho apresenta um modelo de Gestão Sistêmica das Técnicas de Manutenção para as concessionárias de energia elétrica que integram um sistema de potência nacional ou regional, caracterizado por ações de caráter preventivo na manutenção dos equipamentos, realizadas de forma articulada, baseado nas seguintes etapas:

a primeira apresenta um formato único para a padronização dos métodos de manutenção dos equipamentos do sistema elétrico, determinando o que fazer e como fazer, visando a facilitar a difusão, o compartilhamento, o intercâmbio e até mesmo a comercialização desses métodos.

A segunda parte define um padrão único de execução para estabelecer uma referência comum e um diferencial de qualidade na prestação dos serviços de manutenção no sistema elétrico brasileiro.

A terceira reúne os resultados de manutenção em uma base de dados para, a partir daí, obter os itens de controle da manutenção.

Em cada um dos itens de controle sistêmico foram considerados uma referência em nível brasileiro e conceitos de qualidade total, abrangendo as dimensões de qualidade, atendimento e custo.

Além da abordagem do papel estratégico das áreas de manutenção para minimizar os efeitos causados pelos grandes riscos operacionais aos quais o setor está exposto, são identificadas também as alternativas recomendadas pelas concessionárias de energia elétrica e as suas limitações.

A pesquisa em publicações especializadas e em endereços da *Internet* possibilitou reunir a opinião de especialistas e compilar a gama de informações que orientam os vários pontos de vista sobre os fatos ocorridos ultimamente nas instalações do sistema elétrico, permitindo chegar aos objetivos e às possíveis contribuições desta dissertação.

Este trabalho avalia também os recursos necessários, as tecnologias disponíveis, as dificuldades das equipes de manutenção ao utilizar essas tecnologias e as alternativas para solucionar esses problemas. Uma das alternativas aqui adotadas como referência é o *RME –Resultado de Medições e Ensaios–* um sistema desenvolvido e implantado na Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, para o controle da qualidade da manutenção.

Devido à sua disponibilidade e à facilidade de acesso, a base de dados informatizada da área de proteção da CEMIG é utilizada para comprovar a viabilidade de se colocar a teoria em prática, a partir de exemplos reais levantados por amostragens e estratificações e, também, através da análise técnica dos resultados dos itens de controle e de suas respectivas recomendações técnicas.

A conclusão mostra como todas as áreas de manutenção das empresas são beneficiadas com a estratégia proposta nesta dissertação.

## **ABSTRACT**

The theme Global Level Control of Maintenance Quality of the Electrical Utility Equipment arose from the perception of the lack of actions to solve problems that are common to all companies of a sector, which, is highly strategic to the country's economy.

This work presents a *Global Level Management of the Maintenance Techniques* applicable to the National or Regional Electrical Grids, with actions of preventive maintenance character on equipment, based on the following steps:

First, a single format for the standardization of the electrical system's equipment maintenance methods, determining what to do and how to do, aiming at the diffusion, sharing, exchange and even trade of such methods.

The second step defines a standard performance procedure aiming at establishing a common reference and a quality differentiator on the Brazilian electrical system maintenance services.

The third pieces together maintenance results in a database, in order to obtain hereby the items of maintenance control.

At each of the global level control items, a reference on a Brazilian level and total quality concepts have been considered, comprising the dimensions of quality, availability and cost demands.

In addition to the approach to the strategic role of the maintenance areas to minimize the effects caused by the great operational risks to which the electrical sector is exposed, the alternatives recommended by the utility companies and their limitations are also identified.

A research in specialized publications and the *Internet* enabled the gathering of specialists' opinions and the compilation of a variety of informations that help to

explain the various viewpoints about recent facts occurred in the electrical system installations, allowing to reach the objectives of this dissertation with its possible contributions.

This work evaluates also the necessary resources, the available technology, the maintenance teams' difficulties when using these technology and the alternatives to solve such problems. One of the alternatives here adopted as a reference is the so-called RME – Resultado de Medições e Ensaio (Measurements and Tests Reports), a system developed and set up in CEMIG – The Electrical Utility of Minas Gerais State, Brazil - for the maintenance quality control.

Due to its availability and easy access, the computerized database of CEMIG protective equipment area is used to demonstrate the viability of putting theory into practice, using actual data, raised by samplings and stratifications and also through the technical analysis of results of the control items and their technical recommendations.

The conclusion shows how all the company's maintenance areas are benefited by the strategy proposed in this work.

## **CAPÍTULO 1**

“O maior pecado do ser humano é ignorar suas forças interiores, seus poderes criadores e sua herança divina. Vê quantas coisas és capaz de fazer.”

O. S. Marden

# 1 – INTRODUÇÃO

## 1.1 – Introdução

“Madrugada de 17 de fevereiro de 1997. Explode um transformador instalado na subestação de Adrianópolis, em Nova Iguaçu, Baixada Fluminense, interrompendo o fornecimento de energia elétrica em vários municípios servidos pela Companhia de Eletricidade do Rio de Janeiro – CERJ, alimentada por FURNAS Centrais Elétricas S.A. O equipamento havia sido remanejado da subestação Jacarepaguá, zona Oeste do Rio, para substituir dois outros em pane, e explodiu logo que entrou em operação.

Em vários locais o fornecimento de energia só foi regularizado três dias depois. Para muitos especialistas, o incidente, mais do que um fato isolado, revela o caos em que se encontra o setor elétrico do país, em consequência de 20 anos de investimentos postergados. A situação requer providências urgentes.

Todos, no entanto, concordam que neste momento de crise cabe à manutenção a grande responsabilidade de minimizar os efeitos da falta de recursos, ampliando a vida útil dos equipamentos e reduzindo os riscos de panes em cascata. Nessa difícil missão, os responsáveis pela manutenção do sistema terão que contar acima de tudo com métodos preditivos, que não demandem muita mão-de-obra ou equipamentos e aumentem os intervalos entre manutenções. Mas estes métodos exigirão um bom padrão de acompanhamento e uma excelente estrutura de informática. A manutenção deixa definitivamente de ser vista como componente do custo das empresas para ser entendida como questão gerencial e importante fator de economia.

Para evitar ou pelo menos retardar um colapso em grande escala, a manutenção terá que fazer um trabalho extremamente célere, promovendo um levantamento completo da situação dos equipamentos e sistemas. Assim será possível agir de forma localizada, nos pontos mais críticos, com os poucos recursos disponíveis...” [1].

---

## 1.2 – Objetivos do Trabalho

O objetivo é propor e experimentar um método para o acompanhamento dinâmico do processo manutenção em equipamentos do sistema elétrico, considerando os aspectos relativos às concessionárias de energia elétrica do sistema interligado, com ênfase em sistemas de proteção –relés de proteção– usando uma base de dados de manutenção existente.

Na análise conclusiva é defendida a tese sobre *a eficiência do modelo proposto* na elaboração de estudos de engenharia de manutenção, necessários direta ou indiretamente para a melhoria da qualidade do sistema elétrico.

## 1.3 – Relevância

Uma crescente evolução do processo manutenção tem se verificado nos últimos anos, em níveis mundiais. Empresas de todo o mundo vêm se preocupando em manter suas instalações da melhor forma possível.

“A importância da função manutenção como instrumento de eficácia na busca da excelência empresarial se traduz pela necessidade crescente de otimização da disponibilidade das instalações, equipamentos e sistemas, em um cenário com aspectos recessivos, em que os investimentos são cada vez menores”<sup>1</sup>.

O processo manutenção de sistemas elétricos de proteção não foge a essas regras. A manutenção é um elemento essencial à vida útil desses sistemas, à garantia e à continuidade do fornecimento de energia elétrica. Isso se resume na confiabilidade tanto da manutenção quanto do sistema, podendo assim, dentro de uma visão macro, comprometer a qualidade da energia elétrica entregue.

---

<sup>1</sup> PUC.MG - IEC/97 - Folder sobre o curso de especialização em “Engenharia de Manutenção”.

---

Responder às atuais exigências do mercado torna-se uma tarefa difícil quando não se tem um sistema de análise e diagnóstico para apoio à tomada de decisões, consultando-se uma base de dados consistente, formada após cada ciclo de manutenção. Criar uma base de dados padronizada e informatizada dos resultados de ensaios e medições realizadas nos equipamentos de proteção do sistema elétrico não é uma tarefa fácil para as engenharias de manutenção [2,3].

Em 1996, um levantamento feito a partir de informações prestadas por nove empresas do setor elétrico nacional constatou a realidade crítica em que se encontra o processo manutenção de sistemas de proteção [4].

Em síntese, foi observado que além de não padronizar seus métodos de trabalho, a maioria das empresas ainda está presa a métodos de operação, de análise e de arquivamento de dados ultrapassados, dificultando a tomada de decisões em bases científicas.

A padronização dos procedimentos, a realimentação do banco de dados informatizado, o fluxo de informações para a engenharia de manutenção central e o estabelecimento de índices sistêmicos, simples e objetivos, formam o conjunto das necessidades preliminares para atender à carência do setor elétrico nacional quando se trata da manutenção de seus sistemas de proteção e da qualidade da energia elétrica a ser fornecida.

#### **1.4 – Contribuições**

No momento atual, em que o setor elétrico está passando por transformações significativas, onde surgem questões polêmicas quanto aos rumos e/ou tendências do cenário, particularmente quanto à competitividade de mercado, esta dissertação vem trazer à tona e colocar em discussão uma questão da área de manutenção que está sendo subestimada pelo setor. Apesar da concorrência de mercado, como ficará a troca de informações técnicas? As empresas não vão fornecer essas informações por

---

motivos estratégicos de competitividade, ou vão disponibilizá-las e promover o seu intercâmbio visando a melhorar a qualidade dos serviços e impedir a degradação dos equipamentos? Que parâmetros balizarão a importante relação benefícios *versus* custos no que tange à manutenção? Como garantir que os índices de confiabilidade do sistema não venham a ser comprometidos por falta de uma estratégia de manutenção apropriada, capaz de refletir o fato de que se tem um sistema interligado?

Analisando o setor elétrico nacional, constata-se que a estrutura organizacional e a funcionalidade dos setores de manutenção nas empresas ainda são bastante complexas e precárias, como comprovam as divergências entre algumas recomendações e conclusões de trabalhos técnicos [5].

O que me levou a propor uma dissertação dentro da área foi minha experiência profissional adquirida em 17 anos de atuação na CEMIG, em Departamentos de Engenharia de Manutenção – onde venho contribuindo com a padronização de metodologias para execução da manutenção, com o gerenciamento da base de dados de manutenção em nível sistêmico e com o levantamento de índices de manutenção.

O objetivo é estabelecer um modelo de controle dinâmico e sistêmico da qualidade da manutenção dos equipamentos do sistema elétrico brasileiro, utilizando-se uma base de dados complexa, de onde se obtém os índices para acompanhar e otimizar a confiabilidade, a disponibilidade e os custos. Atuando no controle da qualidade da manutenção, contribui-se também para a melhoria da qualidade do sistema elétrico como um todo.

Elaborado de forma a ser independente dos rumos que o setor elétrico possa tomar, o modelo é aderente tanto a um ambiente de competitividade agressiva quanto a um ambiente cooperativo entre as áreas de manutenção das empresas do setor elétrico interligado.

---

A dissertação visa também a se constituir em uma referência, pois a abordagem desse tema pode trazer contribuições para diminuir a carência do setor elétrico na área de engenharia de manutenção.

---

## **CAPÍTULO 2**

“Não tema crescer lentamente; tema apenas ficar parado.”

Provérbio Chinês

## **2 – O CENÁRIO ATUAL E A MANUTENÇÃO DO SETOR ELÉTRICO**

### **2.1 – O Cenário**

Os recentes blecautes e colapsos no abastecimento de energia elétrica, que revelam o estado em que se encontra o setor elétrico brasileiro, são consequência das dificuldades econômicas, atrasos nos novos projetos, demanda crescente, envelhecimento de equipamentos, complexidade das novas tecnologias, aposentadorias de especialistas, às vezes precoce, e a pouca formação de mão-de-obra.

Devido às sucessivas transformações políticas e econômicas do mundo atual, o governo brasileiro tem dificuldades em disponibilizar recursos suficientes para o crescimento do setor elétrico. Os planos de novos projetos e obras do setor foram consideravelmente reduzidos, limitando substancialmente a capacidade máxima de energia elétrica disponível. Enquanto isso o mercado, ávido pelo consumo de energia elétrica, exige cada vez mais o crescimento da oferta. Em consequência, o sistema elétrico está operando atualmente em níveis críticos de carga, muito próximos à capacidade máxima instalada. Já o envelhecimento dos equipamentos das instalações é outro fator negativo que tem de ser levado em consideração, “uma vez que os equipamentos mais importantes do sistema elétrico brasileiro ultrapassam as barreiras dos 25 e 30 anos de operação, exigindo alterações profundas na filosofia de manutenção” [5].

A criação de um novo modelo para o setor elétrico e a abertura ao capital privado são as alternativas encontradas para tentar minimizar os problemas de escassez de

---

investimento. Mas isso vem provocando também a competitividade entre as concessionárias, o que é preciso controlar. Diferentemente do setor industrial, os sistemas elétricos das concessionárias de energia elétrica estão todos interligados. Em consequência, a continuidade no fornecimento de energia elétrica e sua qualidade são prioritárias à lucratividade desenfreada. A criação da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL tem o objetivo de dar ao Estado o poder de controle nesse processo.

Outro fator negativo para as áreas de manutenção está na complexidade e no acelerado avanço de novas tecnologias, que vêm mudando radicalmente a exigência do perfil dos profissionais de manutenção. Exige-se um especialista com experiência diversificada, atualmente uma raridade no mercado.

Além disso, a preparação da mão-de-obra para reposição há muito não vem acontecendo, devido ao enxugamento de pessoal nas empresas. Também tem sido pequena a formação acadêmica com ênfase em sistema elétrico de potência nas universidades e escolas técnicas do país, com atividades voltadas para a área de engenharia de manutenção. Sem contar o grande volume de aposentadorias, provocadas pelas mudanças na lei da Previdência Social ou por iniciativa voluntária, o que está deixando as empresas cada vez mais carentes de mão-de-obra especializada.

É nesse cenário que se encontra o setor elétrico. Não é preciso muito esforço para imaginar as graves consequências futuras. Ultimamente têm sido frequentes as notícias na mídia sobre blecautes no setor elétrico. Se essas ameaças não forem eliminadas, a tendência é o agravamento da situação. Com isso, as áreas de manutenção das concessionárias de energia elétrica passam a ocupar um lugar de destaque, sendo cada vez mais exigidas a responder aos desafios que se apresentam. Essas respostas passam indubitavelmente pela melhoria da relação custo/benefício das atividades de manutenção.

---

## 2.2 – A Manutenção de Sistemas Elétricos

O verbete *manutenção* vem do latim medieval “*manu+tentione*: ação de segurar com a mão” [6]. São definições: “ato ou efeito de manter (-se); as medidas necessárias para a conservação ou a permanência de alguma coisa ou de uma situação; os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de ...” [6].

Nos sistemas elétricos de potência, como em vários sistemas em funcionamento, a manutenção tem por objetivo lograr a maior disponibilidade em condições de bom funcionamento, ou seja, “...o conjunto de ações que permitem manter ou restabelecer um bem a um estado específico ou, ainda, assegurar um determinado serviço..., ...efetuar as operações que possibilitem conservar o potencial do equipamento ou sistema, para garantir a continuidade e a qualidade da produção..., ...assegurar as operações a um custo global ótimo” [3]. A manutenção pode se decompor em:

1. “manutenção preventiva: é aquela efetuada freqüentemente de acordo com critérios preestabelecidos para reduzir a probabilidade de falha de um bem ou de degradação de um serviço efetuado, subdividindo-se em:
    - 1.1. manutenção sistemática, efetuada de acordo com o tempo que já trabalhou ou viveu o equipamento;
    - 1.2. manutenção condicional, executada de acordo com o estado do equipamento (máquina) após a evolução de um sintoma significativo.
      - 1.2.1. a manutenção preditiva, que é de fato uma manutenção condicional, baseada na evolução, ao longo do tempo, dos sintomas constatados para determinar o instante ótimo para a intervenção.
  2. manutenção corretiva: é aquela efetuada após a falha.
    - 2.1. a manutenção de melhoramento, que no fundo nada mais é do que um conjunto de ações corretivas para a melhoria dos equipamentos, que passam a não precisar de tanta manutenção, em vista do aumento da sua confiabilidade, desempenho e até por incluir melhor manutenibilidade” [7].
-

### 2.3 – Aspectos Gerais da Manutenção de Sistemas Elétricos

Abordando a manutenção aplicada a um local físico, seja uma planta industrial, um processo, uma instalação ou um determinado equipamento, é importante analisar todas as fases envolvidas. Essas fases são: projeto, especificação e instalação dos equipamentos e a fase de manutenção [8]. Todas elas se interagem e mantêm uma forte interdependência, apesar da cronologia geralmente linear em que se apresentam. Da correta realização de cada uma delas depende a disponibilidade e a confiabilidade do sistema.

Na *fase de projeto* são de fundamental importância, dentre outros, o levantamento de necessidades, inclusive o envolvimento dos usuários (operação e manutenção), além dos dados específicos para sua elaboração e o nível de detalhamento, pois irão causar impacto diretamente nas demais fases, com conseqüências no desempenho e/ou nos custos. No desempenho podem-se citar as questões ligadas à técnica, ao *lay-out*<sup>2</sup>, à produtividade, à qualidade do produto final, à segurança e integridade ambiental.

A *fase de especificação* de equipamentos deverá considerar a sua adequação ao projeto (correto dimensionamento), à capacidade inerente esperada (através de dados técnicos do fabricante), à qualidade e à manutenibilidade (facilidade de manutenção), além do custo-eficiência. Todos esses dados, subsidiados pelo grupo de manutenção e aliados ao histórico de desempenho de equipamentos iguais, compõem o valor histórico do equipamento, elemento importante para uma tomada de decisão em compras e na definição política da reposição de peças.

A *fase de instalação* deve prever cuidados com a qualidade da implantação do projeto e as técnicas utilizadas com esse fim. Quando a qualidade não é apurada, muitas vezes são inseridos pontos potenciais de falhas que se mantêm ocultos por

---

<sup>2</sup> Os termos em Inglês, que não possuem significado em Português, são utilizados na sua forma original. O objetivo é explorar ao mesmo tempo a concisão e o conteúdo técnico proporcionado pelo termo original. Os termos foram compilados e se encontram no Glossário deste trabalho.

---

vários períodos e vêm se manifestar quando o sistema elétrico é fortemente solicitado, ou seja, quando o processo produtivo assim o exige (normalmente quando se necessita de máxima confiabilidade). Também se observa comumente um aumento da indisponibilidade do sistema, que ocorre por ocasião das ações de manutenção, motivadas por falhas ocultas, ou por desalinhamentos eletromecânicos, ou ainda por falta de documentos atualizados, gerados nessa fase.

A *fase de manutenção* terá por objetivo a conservação das instalações no decorrer de sua vida útil e sem degeneração do desempenho, porém com base nas condições a ela entregues. Normalmente nessa fase são detectadas as deficiências geradas na concepção e implantação. Em caso de não-interação entre as fases anteriores, percebe-se que a manutenção encontrará dificuldades de desempenho das suas atividades, mesmo que se apliquem as mais modernas técnicas. Explica-se: nas condições a ela entregues, a confiabilidade estará em um patamar inferior ao inicialmente previsto. Esses casos podem requerer esforço (e custo) adicional da manutenção como fator corretivo, havendo um desvio do foco básico da manutenção.

Os conceitos de disponibilidade e de confiabilidade são utilizados para medir o desempenho da instalação, e tornam-se cada vez mais usuais devido ao atual contexto econômico em que vivemos pois, com a globalização dos mercados e o acirramento da competitividade, os custos e a produtividade precisam ser monitorados e otimizados ao máximo para se conseguir participação nesses mercados, que apresentam exigências crescentes em termos de preço, qualidade e cumprimento dos prazos.

A confiabilidade pode ser descrita de forma simplista, como a garantia de que as funções serão desempenhadas conforme desejado. Já a disponibilidade indica a probabilidade de se dispor (utilizar) de um equipamento ou sistema quando desejado.

---

Não adianta, por exemplo, a certeza de que o equipamento ou o processo produz o que precisamos se em um momento de pico da produção há uma parada não programada?

Nessa situação pode-se deparar com o aumento nos custos operacionais, com possível diminuição da qualidade –percebida pelo cliente, e com prejuízos resultantes do não cumprimento dos prazos, como multas contratuais. Além disso, pode-se deparar com a perda da credibilidade e, conseqüentemente, de futuras oportunidades de negócios.

A diferença entre os conceitos é sutil, porém com implicações e decorrências danosas. Obviamente, a condição ideal é a majoração de ambos.

Novamente enfatiza-se a importância da correta realização e interação entre as fases até a implantação do sistema, conforme descrito anteriormente, bem como a correta gestão da manutenção e adequação de recursos humanos.

Para melhor compreensão desses conceitos, parte-se para um rápido histórico da evolução da manutenção [8].

A primeira fase vai até a II Guerra Mundial, quando a indústria ainda era pouco mecanizada, os equipamentos eram mais simples e geralmente superdimensionados. Pela própria conjuntura econômica da época, a questão produtividade não era muito considerada. Em conseqüência disso, a manutenção estava voltada mais para a ação corretiva (reparo após a falha), resultando na necessidade de maiores oficinas e de imobilizados em peças de reposição.

A segunda fase ocorre da II Guerra Mundial até os anos 60. Nesse período houve aumento generalizado de mecanização das plantas industriais, bem como de sua complexidade, conseqüência direta do aumento de demanda de bens. Fortalece a idéia da necessidade de maior disponibilidade das plantas e confiabilidade nos

---

processos, como forma de evitar gastos com a perda de produtividade. Surgem a manutenção preventiva por tempo (paradas programadas), as recuperações globais programadas e sistemas para planejamento e controle de trabalho.

Na década de 70 inicia-se a terceira fase, conseqüência das mudanças dos mercados e da economia, onde produtividade e redução de custos tornam-se preocupações presentes. Paradas não programadas (devido a falhas) passam a ter desdobramentos nefastos, pois a própria cadeia logística dos produtos foi alterada (*just-in-time*, redução de estoques etc.). Portanto nessa geração surgem novas demandas, devido às mudanças tecnológicas (aumento de mecanização e automação em todos os setores).

Além da exigência da disponibilidade e confiabilidade, há preocupação com a qualidade do produto, segurança e meio ambiente e com a maximização da vida útil dos equipamentos e do custo-eficiência. Reforça-se o conceito de manutenção preventiva por condição (manutenção preditiva). O melhor reconhecimento das interações entre as fases de implantação de um sistema conduz a projetos mais preocupados com manutenibilidade e confiabilidade.

Estudos sobre riscos, modos de falhas e análise de seus defeitos e de suas causas, a clara identificação e eliminação na fonte (manutenção pró-ativa), mostram claramente as novas tendências. São desenvolvidas e aprimoradas novas metodologias de análise, em decorrência da crescente complexidade dos sistemas, ao passo que os recursos de trabalho também se desenvolvem.

Computadores com maior capacidade de processamento permitem análises estatísticas mais precisas, bem como banco de dados mais completos. A importância do fator humano é melhor percebida e enfatizada, o *feeling* do operador passa a ser uma informação valorizada.

No Brasil, as grandes concessionárias de energia elétrica, com recursos concentrados em entidades governamentais, se desenvolveram nas décadas de 60 e 70, expandindo

---

o parque industrial brasileiro. As equipes de manutenção eram formadas com o aproveitamento do próprio pessoal da área de construção ou das empreiteiras de montagem. Os conhecimentos dos processos de manutenção eram transferidos para as equipes através dos supervisores das montadoras. Para otimizar a troca de conhecimentos e dos recursos disponíveis para a realização da manutenção, na década de 70 foram criados grupos com a participação dos engenheiros e técnicos das concessionárias. Esses grupos possibilitaram a transferência de conhecimentos e de experiências entre as empresas, grandes ou pequenas.

O início do processo de privatização das concessionárias de energia elétrica em meados dos anos 90, somado à terceirização dos serviços de manutenção no final da década de 80, devido principalmente à aposentadoria dos engenheiros e técnicos das empresas de energia elétrica, representou uma ameaça à total preservação desses grupos [5].

O grande desafio da manutenção continua sendo conhecer e controlar de forma eficaz seus próprios custos. As ferramentas para atingir esse objetivo passaram por uma transformação radical, devido a uma série de fatores, dentre os principais:

1. o grande desenvolvimento da tecnologia dos meios de produção nos últimos anos, exigindo qualificação e atualização constante de mão-de-obra;
2. a decisão estratégica de muitas empresas pela concentração em suas atividades-fim, o que atingiu fortemente uma de suas principais funções-meio: a engenharia de manutenção;
3. com o processo de abertura de mercados e conseqüente crescimento da competitividade entre as empresas, cada ganho percentual de disponibilidade de equipamentos pode representar muita economia;
4. a informatização, responsável pela revolução dos mecanismos de controle de custos de manutenção.

A manutenção deve agregar valor proporcionando vantagens competitivas. Para isso é necessária a disponibilização dos recursos humanos (via capacitação, qualificação e

---

motivação da mão-de-obra com comprometimento dos níveis gerenciais), e disponibilização de recursos materiais (ferramental adequado, *hardware* e *software* de gerenciamento) e estratégia de ataque.

A definição da metodologia de trabalho é fundamental. Para a manutenção existem metodologias específicas, como TPM (*Total Productivity Maintenance*) e MBC (Manutenção Baseada em Confiabilidade – também conhecida por RCM – *Reliability Centered Maintenance*).

Dada a ampla gama de itens a serem estudados e coordenados, e maior complexidade do sistema em estudo, apresenta-se como ferramenta eficaz a utilização de *softwares* específicos ao apoio, com diversidade de opções no mercado.

Dentre as metodologias de gerenciamento da manutenção, a tendência atual é de utilização da MBC, que poderia ser definida como um processo para determinar quais ações devem ser realizadas a fim de assegurar que qualquer item ou equipamento continue a cumprir suas funções em seu contexto operacional presente.

#### **2.4 – Os Desafios Atuais da Manutenção do Sistema Interligado**

É importante salientar que existem enormes diferenças estratégicas entre a manutenção de um sistema elétrico industrial e a manutenção do sistema interligado brasileiro.

Um sistema elétrico industrial está na ponta do circuito. Quaisquer problemas de confiabilidade e disponibilidade são internos, não afetando os sistemas adjacentes. Ao contrário, no sistema interligado um problema desse pode afetar todos os sistemas adjacentes, com conseqüências catastróficas, podendo causar até um blecaute em nível nacional.

---

No setor industrial a redução de custos pode ser colocada como prioritária em relação à confiabilidade e à disponibilidade, a fim de se aumentar o lucro: os riscos são assumidos pela própria empresa. Já no sistema interligado, a confiabilidade e a disponibilidade deveriam ser prioritárias em relação aos custos, já que a interligação e sua inerente difusão de problemas em cascata afetam os sistemas adjacentes. Os índices de riscos estabelecidos têm de ser alcançados a qualquer custo. É uma questão social, política e de sobrevivência do sistema interligado.

O setor elétrico é distribuído, ou seja, existem vários sistemas interligados fisicamente, enquanto o sistema industrial é fisicamente localizado.

Em conseqüência das diferenças acima, algumas estratégias que resultam em sucesso na indústria podem ser um fracasso nas concessionárias de energia elétrica. Isso deve ser levado em consideração quando da aquisição dos inúmeros *softwares* existentes no mercado, a maioria deles voltada para o setor industrial.

Como constam nos objetivos desta dissertação, este trabalho considera exclusivamente os aspectos relativos às concessionárias de energia elétrica do sistema interligado. É preciso estar atento a essas diferenças com o setor elétrico industrial, a fim de se manter o foco e evitar possíveis confusões.

Em ordem de prioridade, os dois grandes desafios atuais das áreas de manutenção do sistema interligado são:

1. garantir índices preestabelecidos de confiabilidade e disponibilidade para os equipamentos;
2. minimizar os custos de manutenção.

Conseqüentemente, os conceitos de controle da qualidade no processo manutenção passam a ter um caráter crucial, refletindo diretamente na qualidade da energia elétrica como um todo.

---

## 2.5 – Realidade das Empresas

Através de um questionário, elaborado pelo grupo de trabalho da *Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques – CIGRE – Comitê Brasil, CE34-GT34-01, 1ª Fase: Banco de Dados e Índices de Manutenção*, destinado aos representantes das grandes concessionárias do setor elétrico brasileiro (CEMIG, CESP, COPEL, CPFL, ELETRONORTE, ELETROPAULO, ELETROSUL, FURNAS e LIGHT), foi obtido o seguinte diagnóstico: “A grande maioria das áreas de manutenção das concessionárias de energia elétrica não está preparada para enfrentar, com o sucesso exigido, este desafio que se apresenta” [4], devido principalmente aos seguintes fatores: nem todas as empresas têm padronizado o que fazer e como fazer nas manutenções. O processo manutenção é manual na maioria das empresas e, em algumas, semi-automatizado. Os resultados obtidos são predominantemente arquivados em papel. Algumas empresas fazem análise sistêmica de forma ainda incipiente. Praticamente nenhuma empresa possui itens estabelecidos para o controle sistêmico da manutenção, tomando decisões pelo sentimento e experiência e não com base em fatos e dados (histórico).

A causa principal dessa realidade é o fato de a manutenção ter-se envolvido com a rotina da execução da manutenção, relegando a uma posição secundária as atividades de engenharia de manutenção, principalmente a de planejamento estratégico.

A fim de atenuar os impactos causados por essa situação e de ter condições de enfrentar os desafios que se apresentam, no mesmo documento emitido pelo grupo de trabalho da CIGRÉ foram feitas recomendações para estimular o intercâmbio de experiências e informações, através de entidades como o Grupo Coordenador para Operação Interligada – GCOI, CIGRÉ, *Comisión de Integración Eléctrica Regional* – CIER etc., com o objetivo de se considerar também a possibilidade de as empresas mais carentes utilizarem, nas tomadas de decisão, índices de manutenção de outras empresas. Essas recomendações foram feitas considerando que: a implementação das ações de um planejamento estratégico para responder a estes desafios são de longo

---

prazo; que cada empresa tem suas dificuldades próprias; como mencionado anteriormente, o sistema elétrico brasileiro é interligado; e, a despeito da competitividade, a cooperação é fundamental.

Baseando-se ainda nas respostas obtidas através do referido questionário, o grupo de trabalho concluiu, sobre as necessidades enfrentadas pelas áreas de manutenção das empresas para vencer os desafios atuais, que é fundamental: padronizar os procedimentos de execução; carregar os resultados das manutenções realizadas em banco de dados informatizado; estabelecer um fluxo de dados padronizado e confiável para as engenharias de manutenções; montar uma base de dados sistêmica e definir índices sistêmicos, simples e objetivos.

Em última análise, é questão primordial possuir informações que permitam obter o controle do processo, que se traduz fundamentalmente na melhoria contínua da qualidade da manutenção.

---

## **CAPÍTULO 3**

“Escolhe bem o teu ponto de apoio e levanta o mundo.”

Goethe

## 3 – OS RECURSOS TECNOLÓGICOS ATUAIS

### 3.1 – A Evolução da Tecnologia da Informação

Analisando a tecnologia de informação em computadores pode-se constatar que seu desenvolvimento atravessou três fases principais, com um intervalo de três décadas entre a primeira e a segunda, e outro de cerca de duas décadas entre a segunda e a terceira fase [9]:

- em 1945, com o desenvolvimento do ENIAC, o primeiro e gigantesco computador verdadeiramente eletrônico, tinha início a era do *hardware*, centrada na produção de computadores mais rápidos e mais poderosos para processamento comercial de dados;
- em 1975, com a introdução do Altair 8800 – o primeiro computador pessoal (PC) para o público em geral – tem início a era do *software*, que ganhou destaque em 1981 com o vitorioso e popular computador pessoal da IBM. Uma nova geração de computadores acionando a demanda por uma nova geração de *softwares* de fácil manuseio e distribuição;
- a década de 90 representa um dos períodos mais significativos em termos de mudança, já que a *Internet* vem colocar a criação e o gerenciamento do conteúdo acima da lógica do aplicativo, além de desenvolver a colaboração e a troca de informações entre usuários. Mas essa deve ser considerada a etapa inicial da era do conteúdo que, demonstrando imenso potencial, cresce e se modifica para atender à demanda por informações da comunidade global.

Contudo, é difícil definir com clareza onde começam e terminam essas eras. Durante a era do *hardware*, a tecnologia forneceu um eficiente meio para o processamento de informações de transações comerciais como pedidos, faturas e reservas. A evolução da tecnologia não só possibilitou aos fabricantes construir e comercializar

---

computadores pessoais relativamente baratos para o público em geral, como também desencadeou a evolução do *software* [9]. Os computadores deixaram de ser território exclusivo de programadores e digitadores. A indústria passa a ter, como usuários, leigos ansiosos por informações, ou seja, empresários que precisavam de aplicativos simples para explorar os recursos de seus novos computadores.

Atendendo à demanda, os fabricantes forneceram aos usuários recursos de processamento de informações, principalmente na forma de planilhas e processadores de texto, distribuídos em disquetes. Com o progresso da era do *software*, os usuários continuaram a desejar mais e mais aplicativos comerciais. As corporações reduziram os sistemas de computadores de grande porte, *mainframes*, e passaram a investir continuamente em computadores de mesa e em suas redes.

Os disquetes que ofereceram à indústria de *software* um meio barato para a distribuição de aplicativos contribuíram também para criar um problema: o aumento do *bloatware* (programas repletos de recursos, dos quais o usuário só usa uma pequena fração) [9]. O disquete padrão permitiu adotar um critério para a distribuição de *software*, criando aplicativos que pudessem satisfazer às necessidades de um amplo conjunto de usuários – dos iniciantes aos mais experientes – colocando tudo num produto só. Na verdade, a maioria dos usuários usa realmente menos de dez por cento dos itens incorporados à maioria dos pacotes [9]. Os distribuidores incluem cada item do aplicativo no disquete de instalação, embora a grande maioria dos usuários nunca necessite dos mesmos.

Estudos indicam que o *bloatware* confunde e aborrece a maioria dos usuários comuns, que não tem o tempo necessário para se familiarizar com o *Windows* – o padrão em facilidade de uso – sem falar nos aplicativos repletos de opções. Está ficando claro que o impacto principal da era do *software* não foi simplesmente a qualificação de uma grande classe de usuários leigos à procura de informações e buscando aplicativos, mas sim o crescimento do *bloatware*, que ocasionou inevitavelmente a era do conteúdo.

---

A transição para a era do conteúdo começou com a criação da *Internet* e com a popularização da *Web*. A atenção se desloca para a informação em lugar da tecnologia de *hardware* e *software*. Ao contrário da era do *software*, quando os usuários ficavam atarefados em carregar aplicativos do disquete ou *CD-ROM* para acessar ou criar conteúdos, a *Internet* e a *Web* apresentam primeiro o conteúdo, ocultando o aplicativo. O usuário recebe a lógica do aplicativo necessária para apresentar a informação e retém apenas a lógica requerida por sua estação de trabalho local.

A era do conteúdo enfatiza a criação e o gerenciamento dos dados brutos, otimizados por meio da comunicação e compartilhamento, e aprimora a colaboração entre os usuários. Embora tenha no correio eletrônico seu primeiro grande representante, a era do conteúdo está ainda em seus primeiros passos. É apenas o início da percepção do potencial de evolução da tecnologia da informação.

### 3.1.1 – O Saber Compartilhado

Durante os anos 80, o *downsizing*<sup>3</sup> foi uma estratégia muito usada para reduzir custos e aumentar lucros [10], mas havia um lado negativo: os funcionários que deixavam a companhia levavam junto o capital intelectual acumulado. Eles sabiam como produzir e vender e onde se encontravam produtos ou informações. Quando esses arquivos se perdiam, as organizações se viam obrigadas a reinventar a roda. E reinventar alguma coisa custa tempo e dinheiro.

Para tentar recuperar as perdas de conhecimento geradas pelo *downsizing*, a tecnologia está sendo usada em algumas empresas como meio de captar e compartilhar, com mais rapidez e facilidade, as informações necessárias ao aperfeiçoamento de seus funcionários. Assim, tem-se à disposição um banco de conhecimento onde os dados representam um bem reutilizável. As vantagens são

---

<sup>3</sup> No contexto de informática, pode ser usado para definir o processo de migração de programas de computadores de grande porte para os de pequeno porte (microcomputadores).

competitivas pois permitem por exemplo colocar um produto no mercado com mais rapidez e a um preço menor. Além de ser uma proteção contra a perda de capacidade intelectual do corpo técnico, a estratégia conduz à seleção de informações e à sua armazenagem em um depósito central, já que é comum as organizações receberem dados em excesso, mas continuarem carentes de informações relativas ao seu universo de atuação.

É fundamental que cada empresa saiba onde estão as informações e quem as detém, pois essas precisam ser disseminadas entre os demais funcionários, para que a base de conhecimento se acumule e se renove constantemente através dos depósitos feitos por seus usuários. A administração do conhecimento técnico, entretanto, não é o maior desafio. O que exige mais cuidado é a questão cultural já que, por competitividade, os funcionários tendem a guardar seus conhecimentos. A crença de que *quem detém a informação tem o poder*, geralmente faz com que o empregado se comporte de maneira individualista, com tendência a guardar o que sabe, por acreditar que ao agir dessa maneira estará assegurando seu emprego.

O indivíduo precisa se convencer da importância do trabalho em equipe para que passe a dar sua contribuição. Caso contrário, o programa de administração do conhecimento fica comprometido. Os funcionários precisam estar a par das necessidades de suas áreas e têm de se saber compromissados, podendo ser premiados pela colaboração ou, caso contrário, receber advertência ou outra forma de castigo. Os ganhos podem não ser palpáveis, mas certamente haverá benefícios reais [10].

### **3.1.2 – A Internet e a World Wide Web**

Atualmente a rede mundial de computadores permite que uma empresa se conecte diretamente com o mundo inteiro. Por meio dela é possível fornecer e receber informações de forma direta e instantânea, usando uma infra-estrutura padrão e barata.

---

Através da parte interativa da *Internet* – a *Web*, por onde se navega de um assunto para outro apertando o botão do *mouse*, é possível oferecer informações de forma rápida, simples e mais acessível aos leigos em informática. A pessoa senta-se diante do computador, aciona o programa de navegação e abre-se diante dela uma nova dimensão corporativa: uma tela colorida onde vários assuntos estão disponíveis, em forma de multimídia, distribuída em texto, imagens, gráficos, áudio e vídeo.

Esses novos recursos tecnológicos, que servem a todas as áreas do conhecimento, se ajustam muito bem às necessidades de comunicação e compartilhamento de informações entre as empresas do setor elétrico, sendo um dos fatores fundamentais para a viabilização do modelo para controle sistêmico da qualidade da manutenção proposto nesta dissertação.

### **3.1.3 – Data Warehouse**

Uma tendência tecnológica significativa em andamento na era do conteúdo é a ênfase em *data warehouse* (armazém de dados).

Um *data warehouse* é definido como um banco de dados não volátil, variável em relação ao tempo, baseado em assuntos integrados, de apoio às decisões gerenciais [9]. Os termos dessa definição:

1. baseado em assuntos: refere-se ao fato de o *data warehouse* estar organizado de maneira a descrever o desempenho dos negócios;
  2. integrados: refere-se ao fato de os dados serem organizados para fornecer uma fonte única de informações;
  3. variáveis em relação ao tempo: reconhecem que o desempenho do negócio é medido em pontos cronológicos (final do mês por exemplo) e comparados com relação ao tempo. Fornecem o histórico de forma dinâmica.
-

Assim, a função do *data warehouse* é proporcionar a análise e tomada de decisões com base em informações consolidadas e sumarizadas por especialistas no negócio e em informática.

Esses bancos de dados informacionais, simples e apropriados para a análise dos negócios, são completamente diferentes dos bancos de dados operacionais, complexos e próprios para a computação operacional, construídos para serem compatíveis com aplicativos e orientados para os processos dos negócios.

A Biblioteca Técnica Padrão, do Sistema RME –Resultados de Medições e Ensaios– como será descrito no item 3.3, e o seu banco de dados de manutenção, gerado pelo carregamento dos resultados de ensaios e medições obtidos na execução dos serviços, são exemplos de banco de dados operacionais tradicionais.

Um exemplo de banco de dados informacionais, que pode ser criado a partir de bancos de dados operacionais, é o banco de dados com os itens de controle sistêmicos da manutenção a ser apresentado no capítulo 4.

### **3.1.4 – Data Mining**

O *data warehouse* fornece memória às organizações. Mas memória tem pouca função sem a inteligência – que permite a análise da memória observando modelos, estabelecendo mecanismos e tendo novas idéias para fazer previsões sobre o futuro. *Data mining* (garimpagem de dados) é a exploração e análise, por meios automáticos ou semi-automáticos, de grandes quantidades de dados para descobrir modelos e regras significativas. Acrescenta inteligência ao *data warehouse*, permitindo explorar as grandes massas de dados gerados pelo processo e conhecê-los melhor.

Entende-se que a meta da *data mining* é permitir a uma empresa aumentar suas operações de Marketing, vendas e apoio a clientes através da melhor compreensão da clientela. No entanto, suas técnicas e ferramentas são igualmente aplicáveis em

---

diversas áreas do conhecimento, como por exemplo Astronomia, Medicina e áreas de controle de processos industriais.

A *data mining* usa técnicas emprestadas da Estatística, da Ciência da Computação e da pesquisa de inteligência artificial. A escolha de uma combinação específica de técnicas a serem aplicadas em uma certa situação depende da natureza da tarefa *data mining* a ser executada e da natureza dos dados disponíveis.

Sua aplicação se estende a tarefas como classificação, estimativas, previsões, agrupamentos por afinidades, reunião e descrição. Algumas dessas ações são bem executadas com a abordagem *top-down* (de cima para baixo, do macro para o micro), chamadas de teste hipotético, no qual um banco contendo comportamentos passados é usado para verificar, aprovar ou desaprovar noções preconcebidas, idéias e intuições acerca da relação entre os dados.

Outras tarefas são mais bem abordadas na forma *bottom-up* (de baixo para cima, do micro para o macro), de um modo conhecido como descoberta de conhecimento. Na descoberta de conhecimento não é feita nenhuma suposição antecipada; os dados devem expressar valores reais. Essa descoberta de conhecimento pode ser de dois tipos: a direcionada e a não-direcionada [9].

1. a descoberta direcionada de conhecimento tenta explicar ou categorizar alguns campos de dados específicos, como receitas ou respostas;
2. a descoberta não-direcionada de conhecimento tenta encontrar modelos ou similaridades entre grupos de registros, sem o uso de um campo-alvo específico ou conjunto de classes predefinidas.

Todas essas atividades se encaixam na definição de *data mining*.

---

### 3.2 – Um Sistema Dedicado para Manutenção

Há alguns anos as áreas de engenharia de manutenção das empresas concessionárias de energia elétrica estão convivendo com as dificuldades observadas no capítulo anterior. Muitas alternativas para solucionar os problemas existentes já foram tentadas, porém sem sucesso. Já se gastou muito dinheiro nessa empreitada, e até mesmo boas idéias acabaram morrendo. Principalmente na fase inicial de levantamento de dados, que sempre foi o primeiro e o grande obstáculo para os órgãos centrais de engenharia de manutenção das concessionárias do setor elétrico elaborarem seus estudos e solucionar os problemas existentes. Mas, em compensação, muito se aprendeu com essas experiências negativas.

Diferentemente do passado, a manutenção conta hoje com experiências bem sucedidas e com modernas ferramentas disponíveis que resultaram principalmente do rápido avanço da tecnologia da informação. Aqui está o diferencial que faz acreditar no sucesso desta nova proposta para a solução dos antigos problemas.

Se forem considerados os milhares de equipamentos existentes nas instalações do sistema elétrico, as centenas de modelos diferentes de equipamentos e as dezenas de métodos de ensaios utilizados nos serviços de manutenção de cada um desses modelos de equipamentos, pode-se concluir que transpor esses obstáculos apenas com os recursos manuais existentes no passado não seria nada fácil.

Fora a dificuldade de se fazer o levantamento e a manipulação do grande volume de dados necessários a qualquer estudo de engenharia de manutenção que se apresentasse, havia também o problema da padronização dos métodos de manutenção. Sendo os serviços de manutenção executados de forma descentralizada por técnicos de qualificação variada, como se poderia garantir uma padronização nos métodos de manutenção, para que esses estudos de engenharia de manutenção se baseassem numa referência comum?

---

Evidentemente a maneira mais eficaz de suprir estas necessidades, ou seja, esta padronização dos métodos de ensaios e o respectivo levantamento dos dados obtidos nas manutenções, é passar a utilizar sistemas informatizados e especialistas na execução dos serviços de manutenção.

Tais sistemas devem atingir no mínimo três grandes objetivos, coincidentes com as necessidades das empresas do setor elétrico apresentadas anteriormente: padronização dos procedimentos de execução das manutenções em equipamentos do sistema elétrico; cadastramento local dos resultados de ensaios e medições obtidos nas manutenções; estabelecimento de um fluxo de dados para o banco de dados central e sistêmico da manutenção.

### **3.3 – O Sistema RME**

Seguindo essa filosofia, a CEMIG desenvolveu um sistema dedicado para a manutenção, chamado Sistema RME – Resultados de Medições e Ensaio [11] a [18], implantado desde 1992 em todos os órgãos que executam manutenção no seu sistema elétrico. O Sistema tornou-se imprescindível para a execução dos serviços em um ambiente de manutenção centralizada, descentralizada ou terceirizada, sendo plena a sua aceitação pelos executantes de manutenção e excelentes os resultados.

Parte integrante do Sistema é a sua Biblioteca Técnica Padrão, que lhe confere as características de originalidade e de sistema especialista. Essa Biblioteca é uma coletânea de informações técnicas de manutenção (o que fazer e como fazer) de mais de 1300 modelos de equipamentos de proteção, manobra e transformação (de diferentes fabricantes e tecnologias), compiladas das instruções dos fabricantes e também da experiência e *know-how* adquirido ao longo dos anos pelo corpo técnico de especialistas da empresa. É uma memória técnica que preserva o patrimônio intelectual (domínio tecnológico) mesmo quando do desligamento desses especialistas. A *Tabela 1* apresenta a quantidade de equipamentos de proteção (relés) que são contemplados no Sistema RME.

---

*Tabela 1 – Quantidade de equipamentos de proteção (Relés)*

Famílias de Relés	Quantidade
Auxiliar	504
Diferencial	1098
Direcional	1262
Distância	774
Sobrecorrente	6229
Tempo	1637
Diversos	2540
<b>Total</b>	<b>14040</b>

Fonte: Sistema RME/1998

A *Tabela 2* apresenta a quantidade de equipamentos de manobra no Sistema RME.

*Tabela 2 – Quantidade de equipamentos de manobra*

Tipos de Equipamentos	Quantidade
Chave Desligadora de Carga	1070
Chave Seccionadora	1492
Chave Interruptora	35
Chave Aterramento Rápido	89
Disjuntor	1581
Pára-raio	1827
Religador	1032
<b>Total</b>	<b>7126</b>

Fonte: Sistema RME/1998

A *Tabela 3* apresenta a quantidade de equipamentos de transformação.

*Tabela 3 – Quantidade de equipamentos de transformação*

Tipos de Equipamentos	Quantidade
Autotransformador	7
Capacitor de Acoplamento	1
Reator de Derivação	18
Transformador de Potencial Capacitivo	81
Transformador de Potencial Indutivo	245
Transformador	16
Transformador de Corrente	794
<b>Total</b>	<b>1162</b>

Fonte: Sistema RME/1998

No caso dos equipamentos de proteção, os quais necessitam de configurações e/ou ajustes específicos dependendo de sua localização operativa no sistema elétrico, o Sistema RME implementa cálculos de valores esperados, limites admissíveis e valores de grandezas a serem aplicados nos equipamentos, a partir desses ajustes que são cadastrados pelos usuários e de algoritmos de cálculos específicos para cada modelo de relé incluído em sua Biblioteca. Nos algoritmos está contida a inteligência do sistema, uma vez que eles foram desenvolvidos por técnicos especialistas em manutenção que procuram colocar toda a sua experiência e as decisões a serem tomadas durante a realização dos ensaios. É a parte inteligente, que torna o sistema especialista para esta categoria de equipamentos.

O Sistema RME permite imprimir instruções técnicas e folhas de ensaios de manutenção, dotados de uma filosofia similar aos guias de laboratórios de aulas práticas, para a realização manual dos serviços de manutenção.

Por ter o seu foco nos equipamentos do sistema elétrico, os quais são comuns a todas as empresas sob o ponto de vista técnico, a Biblioteca Técnica Padrão é transcendente à CEMIG e pode ser adotada por qualquer empresa do setor elétrico. Esta transcendência é corroborada ainda pelo fato de o Sistema RME ter sido criado de maneira a ser independente da estrutura organizacional da empresa, e invulnerável a qualquer tipo de reestruturação.

Com o rápido avanço tecnológico que tem ocorrido, principalmente na área de proteção, começaram a surgir instrumentos de testes inteligentes que permitiram a automação dos ensaios de manutenção.

Os primeiros instrumentos de testes inteligentes utilizados com o Sistema RME foram as fontes de tensão e corrente F2500 e F2253, ambas de fabricação *Doble*. Estas fontes podem ser controladas remotamente utilizando o protocolo de comunicação F2000, chamado *DobleCol*. Através de uma conexão direta de um microcomputador, via *interface RS232*, a um conjunto de fontes da família F2000, o

---

RME, sendo executado no microcomputador, realiza automaticamente os ensaios de manutenção padronizados, tanto nos velhos equipamentos eletromecânicos, como também nos novos, de tecnologia digital.

A diferença dos ensaios automatizados para os realizados manualmente é que, ao invés de imprimir as folhas de ensaios, o RME formata os comandos para os instrumentos de testes, com os valores calculados e com algumas funções desenvolvidas em linguagem *Clipper*, as quais criam a seqüência de operações das fontes usando o protocolo *DobleCol*, tais como os requeridos para testes dinâmicos e simulação de faltas.

Uma rotina de comunicação baseada em interrupção, desenvolvida em linguagem C, controla a comunicação *full duplex* entre o computador e as fontes, enviando os comandos formatados e recebendo mensagens dos instrumentos via *interface RS232*. Após essas mensagens terem sido traduzidas e convertidas nos valores encontrados nos ensaios, esses são mostrados na tela e armazenados em banco de dados, sem a necessidade de digitação. Se os valores estiverem dentro dos limites admissíveis, eles são mostrados em cor verde, caso contrário, em vermelho.

Cópias do Sistema RME são enviadas aos diversos órgãos responsáveis pela execução da manutenção nas diversas instalações da empresa. Posteriormente, os dados obtidos nessas manutenções são enviados a um órgão central de engenharia de manutenção e reunidos em um único banco de dados sistêmico de manutenção.

A solução adotada pelo Sistema RME para a transmissão de dados entre o servidor de informações (órgão central coordenador do sistema) e os seus clientes (órgãos que executam a manutenção) foi a de enviar os próprios disquetes do RME pelo sistema interno de correspondência da empresa. Esse sistema interno, único recurso disponível na época, se limitava ao âmbito da CEMIG.

---

O grande benefício oferecido pelo banco de dados sistêmico é permitir o levantamento de dados por amostragens ou de todo o universo, necessários a cada estudo de engenharia de manutenção em nível global da empresa (nível sistêmico). Isso oferece uma flexibilidade aos estudos, elaborados na maioria das vezes de forma empírica através de investigação científica. Dentro dessa filosofia, as amostragens garantem a confiabilidade e uma referência comum aos vários estudos de engenharia de manutenção, como definição de periodicidade, interpretação estatística dos resultados de ensaios, custos de manutenção, obsolescência, desempenho, fim de vida útil etc.

O RME é, na maioria das vezes, complementar aos demais sistemas de manutenção existentes no mercado, nos seguintes pontos:

- seu conteúdo – a Biblioteca Técnica Padrão. O sistema não é entregue vazio de dados aos usuários finais, como todos os sistemas comerciais. Dados padronizados são parte integrante do sistema, os quais oferecem, além da padronização, uma redução enorme na tarefa de cadastramento e customização.
- quem utiliza – técnicos especialistas em execução de manutenção. Em contraposição aos usuários dos sistemas de programação dos serviços de manutenção, os quais não são usados por especialistas em manutenção.
- como é utilizado – em forma de computação móvel utilizando-se preferencialmente computadores portáteis (*notebooks, laptops, palmtops* etc.).
- onde é utilizado – nas áreas de execução dos serviços. Nas instalações do sistema elétrico (usinas, subestações etc.) e não nas áreas de programação dos serviços (escritórios) como a maioria dos *softwares* comerciais de manutenção. O RME é independente do método de programação dos serviços adotados pelos diversos órgãos da empresa, que podem ser manuais ou realizados por outro sistema gerencial de informação.

Trabalhos técnicos sobre o Sistema RME já foram apresentados em diversos eventos do setor elétrico mundial, onde foi constatado o seu ineditismo. Em diversas oportunidades foram levantadas e/ou colocadas as questões sobre a transcendência

---

do sistema e do compartilhamento de suas informações técnicas de manutenção entre as empresas.

Encontra-se em fase final de desenvolvimento a versão para o ambiente *Windows* do Sistema RME, implementada a partir da primeira versão desenvolvida para ambiente *DOS*. O objetivo dessa nova versão é colocar no Sistema os novos recursos da tecnologia da informação, mostrados nos tópicos anteriores, reaproveitando todo o conteúdo técnico de manutenção acumulado pela versão *DOS*.

Como mostrado na *Figura 1*, o Sistema é composto basicamente de quatro módulos operacionais.

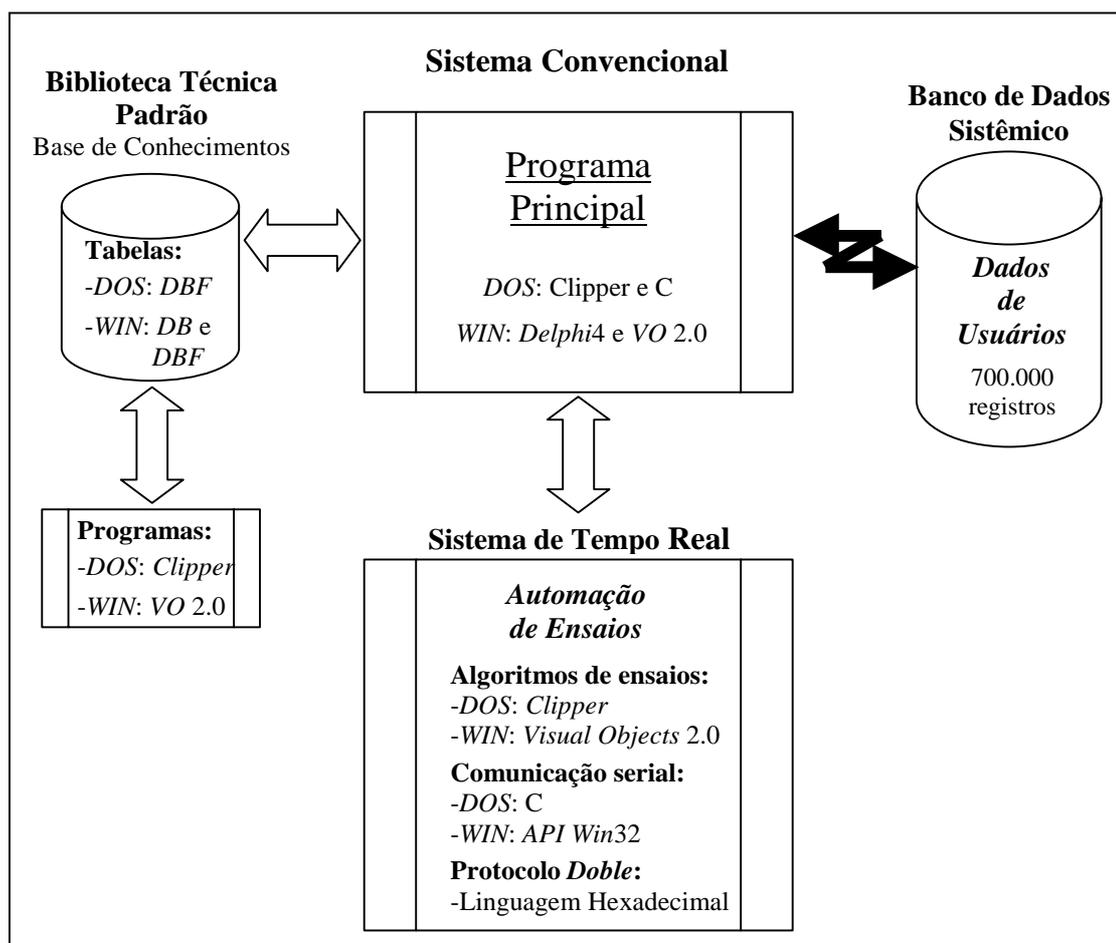


Figura 1 – Módulos operacionais do Sistema RME

O módulo Programa Principal tem características de um sistema convencional e cuida da *interface* com o usuário. Foi desenvolvido em linguagem *Delphi 4* e possui todas as funcionalidades da *interface* gráfica *Windows*. Seu banco de dados local é relacional e utiliza-se das tabelas *Paradox* nativas do próprio *Delphi*.

O segundo módulo é o da Biblioteca Técnica Padrão, onde está contida a base de conhecimento dos ensaios de manutenção. O módulo foi desenvolvido na versão *Windows* de forma híbrida, utilizando além da linguagem *Delphi 4*, que possui maior facilidade de programação, também a linguagem *VO – Visual Objects 2.0* da *Computer Associates*, que apesar de possuir uma programação mais árdua, permitia o aproveitamento de toda a base de conhecimento gerada em linguagem *Clipper* pela versão *DOS*. Além disso, essa linguagem também possui o recurso de macro-substituição (interpretação de comandos em tempo de execução) utilizado pela versão do sistema em *DOS*.

O terceiro módulo é o relativo ao processo de Automação de Ensaio, que foi totalmente refeito e adaptado à nova *API* de 32bits (*Win32*) do *Windows95* para a comunicação serial com o instrumento de teste inteligente [19,20].

O quarto módulo corresponde ao Banco de Dados Sistêmico, é independente e tem característica de uma aplicação *Web* para *Internet*, ou seja, a aplicação é executada em um servidor *Web* remoto, oferecendo serviços especializados de transmissão de arquivos (*FTP – File Transfer Protocol*) e consultas ao banco de dados. Este módulo será implantado com base na proposta da dissertação e só poderá ser viabilizado graças ao atual estágio da tecnologia da informação. Muito se pode fazer em termos de pesquisa para a melhoria da qualidade da manutenção usando a filosofia acima.

---

## **CAPÍTULO 4**

“O sábio teme o céu sereno; em compensação, quando vem a tempestade ele caminha sobre as ondas e desafia o vento.”

Confúcio

## 4 – UM MODELO PARA CONTROLE SISTÊMICO DA QUALIDADE DA MANUTENÇÃO

### 4.1 – Definição do Processo Manutenção em Nível Sistêmico

Considerando o setor elétrico como um todo, isto é, de forma sistêmica, incluindo concessionárias e empresas consumidoras, observa-se que ele é mesmo gigantesco. O sistema elétrico é único, principalmente considerando suas interligações.

Constatadas as dificuldades que a maioria das empresas têm para manter individualmente os sistemas em níveis satisfatórios, é notório observar que os problemas deveriam ser resolvidos também de forma sistêmica, única e colaborativa entre as empresas. Essa é a proposta de modelo para o controle dinâmico e sistêmico da qualidade da manutenção do sistema elétrico interligado.

A fim de se obter a característica sistêmica proposta, será adotada aqui uma abordagem *top-down* na definição da linha de contorno do processo manutenção do sistema elétrico interligado. Essa abordagem permite que os conceitos sejam apresentados em um nível tal que:

1. transcendam às empresas, independentemente de seu tamanho e de sua estrutura organizacional, e possam ser tomados como referência;
2. permitam atingir um grau de profundidade satisfatório de maneira a não se prender a detalhes específicos de cada concessionária.

Adotando uma abordagem sistêmica, o primeiro passo é imaginar o processo manutenção de todo o sistema elétrico brasileiro como único. É como se todas as empresas concessionárias de energia elétrica fossem uma só. Essa abordagem é mostrada na *Figura 2*.

---

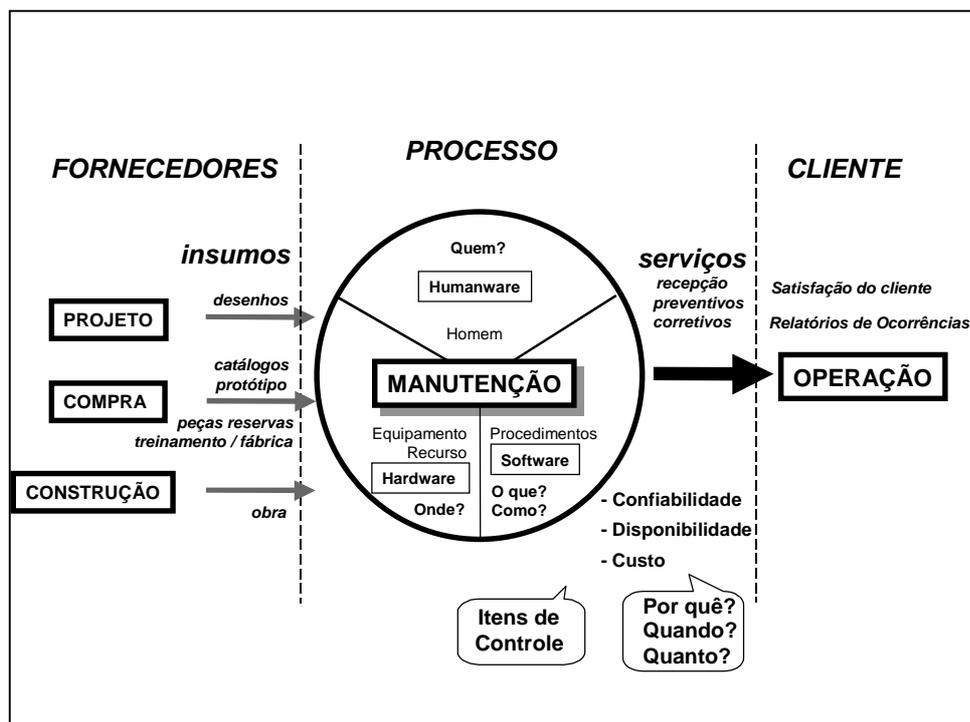


Figura 2 – Processo manutenção

Nessa Figura são mostrados três personagens fundamentais:

1. fornecedores;
2. processo;
3. cliente.

Através de uma entrada tem-se os insumos entregues pelos fornecedores; o processo manutenção transforma esses insumos de entrada em uma saída; essa saída é composta dos produtos e serviços entregues aos clientes do processo.

Os insumos de entrada são as matérias-primas necessárias ao processo, que no caso da manutenção são:

1. a obra concluída das instalações com seus respectivos desenhos e esquemas;
2. peças reservas e protótipos de equipamentos com seus catálogos dos fabricantes;

3. treinamento e inspeções na fábrica dos equipamentos.

Deve-se notar que os fornecedores desses insumos são órgãos externos à manutenção, como órgãos de projeto, compra e construção. Esses órgãos necessitam de um retorno (*feedback*) da manutenção, a fim de avaliarem a qualidade de seus próprios produtos e serviços, que são também os insumos de entrada do processo manutenção. A qualidade desses insumos influi significativamente na qualidade da manutenção. E isso é considerado no modelo proposto.

Os clientes do processo manutenção são os órgãos de operação do sistema elétrico, os quais esperam contar com a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos e instalações. A satisfação do cliente pode ser verificada a partir dos relatórios consolidados de ocorrências emitidos pelos órgãos de operação, que contribuem significativamente para a detecção de problemas. Um exemplo é o relatório de falhas em proteção, emitido em nível nacional pelo Grupo de Trabalho de Proteção – GTP, pertencente ao GCOI. No novo modelo proposto para o setor elétrico esse órgão será extinto, mas já estão em estudos mecanismos que permitam ao Estado o controle da operação nacional do sistema.

O objetivo fundamental do processo manutenção é atender seu cliente –a operação– que necessita de máxima confiabilidade e disponibilidade de equipamentos e instalações. Essas necessidades são supridas pelas saídas do processo manutenção, ou seja, pelos serviços de manutenção, que basicamente são os serviços corretivos, preventivos e de recepção.

Assim, o processo manutenção obtém os insumos de entrada entregues pelos fornecedores e realiza todas as ações necessárias para fornecer como saída os serviços de manutenção corretiva, preventiva e de recepção nos equipamentos do sistema elétrico, para garantir aos órgãos de operação a confiabilidade e a disponibilidade desses equipamentos.

---

Conforme mostra a *Figura 2*, o *porquê* do processo manutenção é otimizar a confiabilidade dos equipamentos; o *quando* executar a manutenção tem o objetivo de reduzir a indisponibilidade dos mesmos e, evidentemente, o *quanto* se refere a realizar os serviços de manutenção pelo menor custo possível.

Para avaliar esses conceitos é necessário medi-los de forma direta ou indireta. Faz-se então necessário estabelecer itens de controle que dêem, em valores numéricos, medidas que expressem essas grandezas, o que será apresentado no próximo tópico deste capítulo.

Ainda na *Figura 2* observa-se que o processo manutenção, como qualquer outra organização humana, é constituído de três elementos básicos:

1. *hardware*: representado pelos equipamentos e recursos materiais, caracterizando onde serão realizados os serviços de manutenção;
2. *software*: representado pelos procedimentos, também entendidos como os métodos, ou a maneira de fazer os serviços de manutenção, e caracterizando o que fazer e como fazer esses serviços;
3. *humanware*: representado pelos homens ou pessoas, *peopleware*, caracterizando quem executará os serviços de manutenção.

Então, para melhorar a qualidade intrínseca ao próprio processo manutenção, tem-se que melhorar o *hardware*, o *software* e o *humanware*.

Para melhorar o *hardware* é necessário fazer aporte de capital. Havendo capital pode-se comprar qualquer equipamento ou matéria-prima desejados e, com isso, melhorar a qualidade intrínseca da manutenção. O impedimento, neste caso, é que nem sempre o capital está disponível.

Para melhorar o *humanware*, isto é, o elemento humano, é necessário fazer aporte de conhecimento [21]. O conhecimento pode, convencionalmente, ser levado às

---

organizações de várias maneiras: pelo recrutamento de pessoal especializado, pelo treinamento no trabalho, pelo auto-aprendizado, pela assistência técnica de outras empresas, pelo contato com consultores etc. Mas, o aporte de conhecimento feito por quaisquer dessas formas é pontual, individual e ineficaz do ponto de vista sistêmico. Como garantir que um mesmo conhecimento de manutenção chegue igualmente a todo o pessoal técnico das empresas? Como visto no capítulo anterior, há uma nova maneira de compartilhar o conhecimento em massa: pela *Internet*.

Como melhorar o *software*, isto é, os procedimentos e os métodos de manutenção? O significado de *software*, usado aqui, pode também ter o sentido de programa de computador, mas neste caso a ênfase é dada ao seu conteúdo, isto é, ao que fazer e ao como fazer contidos nele. Os procedimentos e métodos de manutenção só podem ser melhorados através do intercâmbio de experiências entre o pessoal técnico – que pode absorver ou desenvolver novos métodos ou procedimentos. Não é possível simplesmente comprar procedimentos, métodos e em última análise *software* prontos e acabados.

Portanto o desenvolvimento do *software* depende do desenvolvimento do *humanware*. Aqui também o processo é pontual, individual e ineficaz do ponto de vista sistêmico. A solução adotada nesta proposta é o acúmulo das experiências individuais em uma base informatizada de conhecimentos para compartilhamento entre o pessoal técnico de manutenção.

#### **4.2 – Definição dos Itens de Controle Sistêmicos**

“Itens de controle são índices numéricos e determinísticos estabelecidos sobre os efeitos de cada processo para medir a sua qualidade” [22,23].

Baseado nesse conceito é imperativo estabelecer itens de controle sobre os serviços preventivos, corretivos e de recepção, para se medir a qualidade da manutenção e ter conseqüentemente controle sobre o processo.

---

Assim, os itens de controle devem ser estabelecidos a partir de algo mensurável, que possua uma unidade de medida.

É importante que se tenham poucos itens de controle, que sejam simples, objetivos e confiáveis, para facilitar a compreensão, garantir utilidade prática e ser indubitavelmente precisos.

Um outro fator a ser considerado é que qualquer item de controle é um valor numérico composto de várias parcelas, isto é:

$$\text{Item de Controle} = f(x_1) + f(x_2) + f(x_3) + \dots + f(x_n).$$

Na abordagem sistêmica de todo o setor elétrico, cada uma dessas parcelas origina-se de diferentes empresas e de diferentes áreas dentro dessas empresas; daí a obrigatoriedade de:

1. padronização dos métodos de levantamento dos dados distribuídos nas empresas;
2. fluxo de dados informatizados para um banco de dados central;
3. um eficiente sistema de gerenciamento de banco de dados.

Rompendo com antigas premissas, considerando o grau de abstração desta abordagem em nível brasileiro, os novos recursos tecnológicos já citados, e dentro das dimensões de qualidade, atendimento e custo, o modelo aqui proposto estabelece os seguintes itens para o controle do processo manutenção em nível sistêmico:

Dimensão da qualidade:

- Medições Significativas (%)**
- Observações Registradas (%)**

Dimensão do atendimento:

- Tempo Médio de Execução (h)**
- Frequência de Manutenção (%)**

Dimensão do custo:

---

- **Mão-de-Obra Gasta (Hxh)**
- **Mão-de-Obra Média (Hxh)**

Pode-se observar que uma das vantagens desses itens de controle é que eles são bastante inteligíveis, ou seja, são facilmente entendidos. Por ora, isso satisfaz para a apresentação do modelo, mas um estudo sucinto de cada um dos itens de controle é apresentado no capítulo 5.

Outra vantagem é que os itens são válidos em todos os níveis, ou seja: no sistema elétrico brasileiro como um todo, nas empresas, nas áreas dessas empresas (como área de proteção, manobra, transformação etc.), no nível de família de equipamentos dentro dessas áreas e até mesmo em cada modelo de equipamento submetido à manutenção. A abrangência dos itens é o que se chama de abordagem sistêmica em vários níveis ou por estratificação.

Por exemplo, em uma primeira análise, um órgão gerenciador poderia calcular um índice: o item de controle Tempo Médio de Execução de manutenção considerando todo o sistema elétrico brasileiro. A partir de uma estratificação, poderia decompor este valor obtido em parcelas próprias de cada empresa. Mostraria assim com quanto cada empresa contribuiria para o valor total, quais empresas gastam mais tempo para executar a manutenção, qual é o valor para cada uma delas e finalmente qual empresa executa a manutenção no menor tempo possível. Com isso se pode estabelecer o *benchmark*, isto é, o recorde para o item de controle nesse nível de estratificação.

Para que tudo isto? A resposta fica mais clara se for feita uma analogia a uma tabela de classificação de um campeonato de futebol. A tabela de classificação de um campeonato de futebol é uma tabela dinâmica que mostra a colocação de cada equipe no campeonato e varia de acordo com os resultados obtidos pelas equipes de futebol em cada jogo. Cabe aos técnicos de cada equipe gerenciar os resultados e estabelecer estratégias mais agressivas, com o objetivo de melhorar sua posição na tabela, ou mais defensivas, para se manter em uma determinada posição.

---

O objetivo aqui é o mesmo: mostrar a colocação de cada empresa no *ranking* do setor elétrico. Cabe às empresas gerenciar os resultados e estabelecer suas estratégias. Assim, as empresas teriam um referencial para se situarem em relação às outras empresas e uma meta a ser alcançada: atingir o *benchmark* ou recorde, para serem as melhores. Esse é o conceito da melhoria contínua da qualidade proposta por qualquer programa de qualidade.

Os itens de controle, assim estabelecidos, são flexíveis e, utilizando ferramentas computacionais, permitem a identificação de *benchmarks* ou recordes em qualquer um dos seguintes níveis de estratificação:

Exemplos de possíveis níveis de estratificações:

1. nível 0: sistema elétrico brasileiro, como um todo;
2. nível 1: empresas concessionárias de energia elétrica;
3. nível 2: áreas específicas dessas empresas;
4. nível 3: famílias de equipamentos dessas áreas das empresas;
5. nível 4: fabricantes dos equipamentos dessas famílias;
6. nível 5: modelos de equipamentos desses fabricantes.

O modelo aqui proposto para controle dinâmico da qualidade da manutenção sistêmica do setor elétrico, defende a necessidade de se calcular os itens de controle sistematicamente, armazená-los em *data warehouse* e disponibilizá-los via *Internet* para as empresas de setor elétrico. Obviamente essa atividade estaria nas mãos do órgão coordenador da operação nacional do sistema elétrico, oferecendo-lhe meios de se obter um controle eficaz, mesmo em um ambiente competitivo / privatizado como o que se está apresentando.

Dessa forma, as empresas teriam acesso a informações que retratariam o *ranking* ou a classificação dos itens de controle em vários níveis de abstração e/ou estratificação. Durante as consultas às informações do *data warehouse*, as empresas teriam também

---

a possibilidade de escolher o nível de abstração e/ou estratificações utilizando-se um processo de filtragem de dados.

### 4.3 – Diagrama de Causa/Efeito do Processo Manutenção

“Processo pode ser definido como um conjunto de causas que provoca um ou mais efeitos (produtos e/ou serviços)” [22,23].

Baseada nessa definição existe uma ferramenta da qualidade chamada Diagrama de Causa e Efeito que mostra a correlação do conjunto de causas de um processo e os seus respectivos efeitos. Esta ferramenta é também chamada de Diagrama de *Ishikawa* ou Diagrama Espinha de Peixe.

O Diagrama de Causa e Efeito é uma ferramenta muito importante nesta abordagem, pois é a partir dela que se mantém sob controle todo o processo manutenção, através do monitoramento dos efeitos sobre os itens de controle, conforme definidos no tópico anterior.

O modelo aqui proposto estabelece uma aplicação do diagrama especificamente ao processo manutenção, como mostrado na *Figura 3*.

Como o próprio nome diz, o diagrama é composto basicamente de duas partes:

1. a parte dos *efeitos*, que é a parte externa ao processo e se refere aos itens de controle do processo manutenção, conforme já estabelecidos;
  2. a parte das *causas*, que é a parte interna ao processo.
-

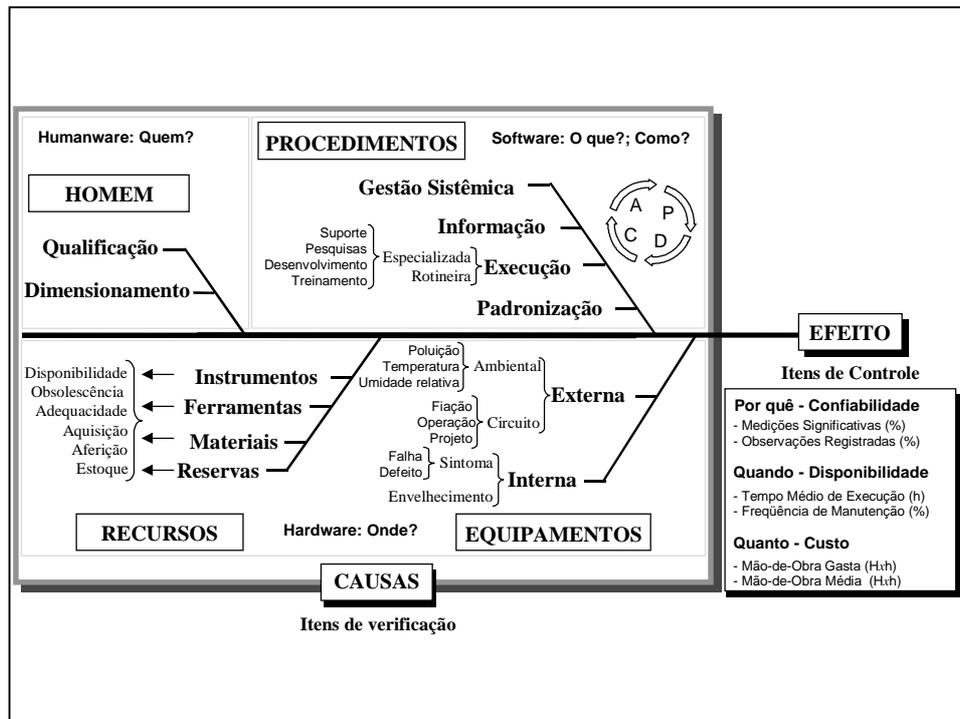


Figura 3 – Diagrama de Causa/Efeito ou Diagrama Ishikawa

Conforme mostrado na *Figura 2*, o processo manutenção pode ser dividido internamente em três partes básicas: *hardware*, *software* e *humanware*. De forma análoga, na *Figura 3* é mostrada a parte interna relativa às causas do processo delimitadas nesses três setores.

Observe-se também que, internamente, o processo manutenção foi dividido em famílias de causas (equipamentos, recursos, procedimentos e mão-de-obra). Um determinado efeito do processo pode ser provocado por uma série de causas concomitantes.

Para exemplificar, supondo que o índice Tempo Médio de Execução, citado anteriormente, sofra um aumento de 30% acima do valor previamente calculado para este item de controle em uma determinada empresa. O aumento pode ser causado por problemas nos equipamentos, nos recursos humanos, nos procedimentos ou até

mesmo numa associação simultânea entre esses. Numa análise com um maior grau de profundidade poder-se-ia detectar que um problema de envelhecimento em determinada família de equipamentos.

#### 4.4 – O Controle do Processo Manutenção

Foi visto anteriormente que, para identificar as causas de um problema manifestado nos itens de controle, utiliza-se o Diagrama de Causa e Efeito, ou Diagrama de *Ishikawa*, ou ainda Diagrama Espinha de Peixe – ferramenta muito importante na abordagem sistêmica, pois é a partir dela que se aprofunda na investigação das causas do problema.

A idéia central proposta para o controle do processo manutenção é ficar, externamente ao processo, acompanhando os itens de controle estabelecidos (e também a satisfação do cliente), a fim de identificar problemas. Uma vez detectado algum problema é necessário identificar as suas causas e executar ações corretivas.

*Problema* é um valor numérico indesejável do item de controle, que pode ser tanto um valor que excedeu limites preestabelecidos, quanto outro que, apesar de não ter sido alterado, precisa atingir melhor grau de otimização.

Para a identificação das causas de um problema pode-se, com o acompanhamento da *Figura 3*, seguir as seguintes etapas:

1. tem que ser identificado um problema, isto é, um item de controle indesejável, para se iniciar um processo de investigação de causas. Caso contrário, basta continuar acompanhando os itens de controle;
  2. surgindo um item de controle indesejável, deve-se partir para uma investigação/estratificação das causas prováveis do problema. Essa investigação/estratificação inicia-se de forma macro na ramificação equipamento
-

do diagrama. É uma ramificação fácil de trabalhar, pois se situa na região do *hardware*, parte concreta do sistema. Além disso, o processo manutenção incide diretamente sobre os equipamentos, e os registros dos dados de manutenção são armazenados por equipamento no banco de dados. Então, a primeira pergunta a ser feita é: quais equipamentos estão causando o problema detectado? A resposta confiável só poderá ser obtida através de uma investigação / estratificação no banco de dados;

3. nessa tarefa de investigação/estratificação podem ser identificadas várias causas que geram um determinado problema. Nesse caso é necessário priorizá-las, utilizando-se uma outra ferramenta chamada Diagrama ou Gráfico de *Pareto* [22]. O Diagrama de *Pareto* é uma representação simples que visa a dar uma representação gráfica à estratificação, cujo princípio fundamental é de que *poucas dessas causas são vitais e muitas são triviais*. A consciência desse princípio permite conseguir ótimos resultados com poucas ações. A estratificação possibilita estabelecer o nível de abstração desejado e também reduzir o volume de dados envolvido.

A *Figura 4* mostra um exemplo típico desse diagrama. Caso o estrato *Outros* acuse um valor muito elevado, é sinal que a operação de estratificação foi mal conduzida e deve ser reavaliada. Dois ou três estratos serão escolhidos como prioritários para serem considerados como problemas e vão sofrer uma nova estratificação;

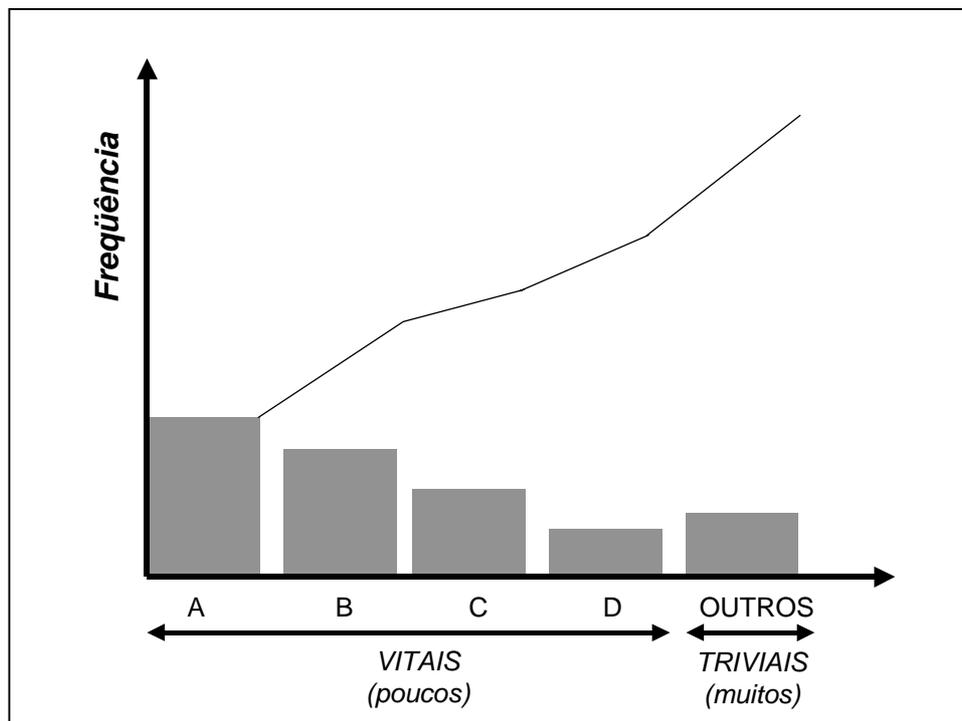


Figura 4 – Diagrama de Pareto

4. uma vez identificados e priorizados os equipamentos com problemas, o próximo passo da tarefa de investigação é descobrir se os problemas têm alguma relação com os recursos utilizados nas manutenções, com os homens que executaram os serviços e/ou com os procedimentos adotados na execução da manutenção;
5. a seguir vai-se fazendo refinamentos sucessivos com o objetivo de caminhar para dentro das diversas ramificações mais internas da espinha de peixe e identificar causas mais específicas do problema. A facilidade de execução dessa tarefa depende da estrutura do banco de dados de manutenção, do *software* de gerenciamento de banco de dados (SGBD) e do *software* e/ou técnicas de garimpagem de dados disponíveis, além da experiência e da capacidade de investigação e pesquisa do responsável pela realização dessa tarefa;
6. o nível mais baixo de investigação/estratificação está no campo das Observações Registradas pelos executantes das manutenções. Observações Registradas é um

campo de descrição livre, onde os executantes de manutenção anotam, de forma textual, todos os problemas encontrados durante a realização dos serviços. A leitura, análise, seleção e classificação dessas informações por pessoal especializado da engenharia de manutenção são fundamentais na determinação das causas reais do problema;

7. o próximo passo é atuar corretivamente nas causas prioritárias do problema. São apresentadas alternativas para o corpo decisório da empresa responsável e a tomada de decisão depende de vários fatores internos e externos à manutenção. Isso será abordado em detalhes no tópico Macroestrutura do Processo Manutenção (4.6);
8. estabelecer itens de verificação, isto é, índices numéricos temporários estabelecidos sobre as principais causas que afetam um determinado item de controle, enquanto durar o problema;
9. prosseguir acompanhando os itens de controle e também, a partir desse ponto, os itens de verificação; se necessário corrigindo os desvios através de novas tomadas de decisões, até a extinção do problema.

Uma análise mais profunda do método de análise e solução de problemas (MASP) baseado em fatos e dados, o qual se utiliza das ferramentas da qualidade, foge ao escopo deste trabalho, uma vez que o objetivo não é detalhar a técnica e sim fazer uma aplicação prática dos conceitos especificamente no processo manutenção.

Observa-se que o controle de qualquer processo consta de três ações fundamentais:

1. estabelecimento de uma diretriz de controle: influenciando os fins e os meios do processo, através de metas que definam os níveis de controle ou as faixas de valores desejados para os itens de controle, e de métodos ou procedimentos necessários para atingir essas metas;
-

2. manutenção do nível de controle: ao verificar se todas as metas estabelecidas na etapa anterior foram cumpridas, já se obteve um padrão. Sempre que ocorrerem desvios deve-se atuar de forma corretiva a fim de eliminá-los;
3. alteração da diretriz de controle (melhorias): como tudo muda com frequência (equipamentos, recursos, necessidades das pessoas e as organizações), a diretriz de controle deve ser constantemente alterada de tal forma a garantir a sobrevivência do processo.

#### 4.5 – O Ciclo PDCA no Controle do Processo Manutenção

A ramificação dos procedimentos mostrados na *Figura 3* é o *calcanhar de Aquiles* de todo o processo. Isto é, se não funcionar eficientemente não se terá o controle do processo manutenção, já que os itens de controle se originam dessa área e porque é nela que reside o ciclo PDCA [22] do processo manutenção.

O controle do processo é exercido através do ciclo PDCA de controle de processos. Este ciclo é composto de quatro fases básicas do controle: planejar (*Plan*), executar (*Do*), verificar (*Check*) e atuar corretivamente (*Action*). Esses termos têm o seguinte significado:

1. planejamento (P) – é a fase do estabelecimento da diretriz de controle e consiste em:
    - estabelecer metas sobre os itens de controle, que são faixas de valores desejados para os itens de controle;
    - estabelecer os métodos ou procedimentos padronizados necessários para se atingir as metas;
-

2. execução (D) – fase da execução das tarefas exatamente como prevista pelos padrões, e da coleta de dados para verificação do processo. Nessa etapa é essencial o treinamento no trabalho decorrente da fase de planejamento;
3. verificação (C) – a partir dos dados coletados na execução, compara-se o resultado alcançado com a meta planejada;
4. atuação corretiva (A) – fase onde se detectam os desvios e atua-se no sentido de fazer as correções necessárias.

A ramificação dos procedimentos da *Figura 3* é mostrada em detalhes na *Figura 5*. Podemos observar que o processo manutenção é composto de diversos ciclos PDCA. Existe um ciclo PDCA maior, mais externo que abrange todos os demais, correspondente às atividades de engenharia de manutenção sistêmica e, dentro do subprocesso execução, vários PDCA menores, correspondentes às atividades de execução dos serviços de manutenção.

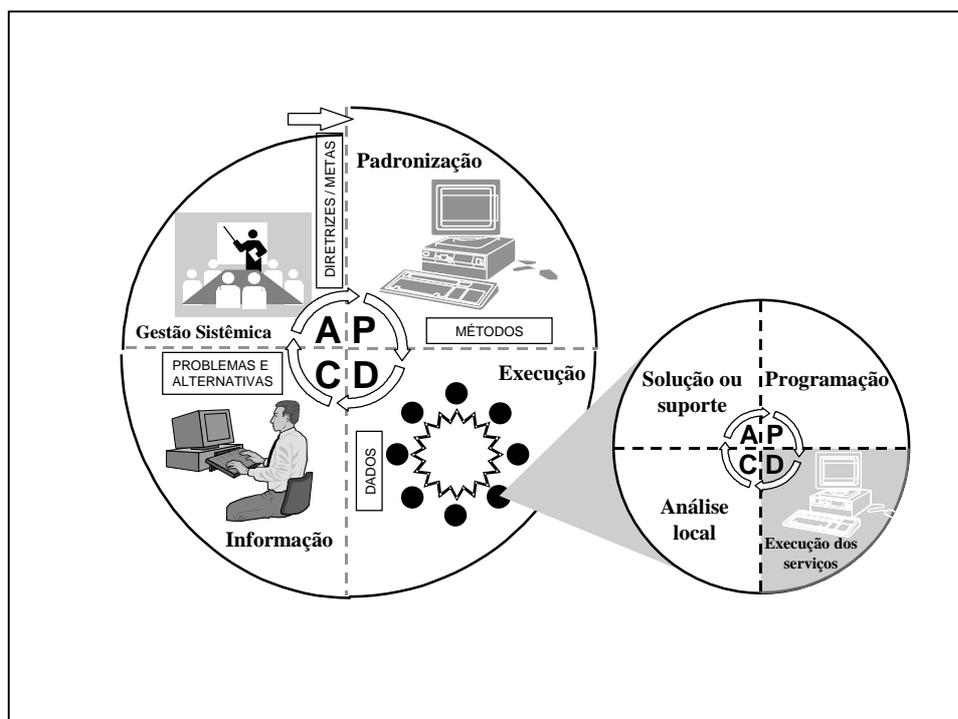


Figura 5 – Procedimentos do processo manutenção

O ciclo PDCA do processo manutenção se divide em:

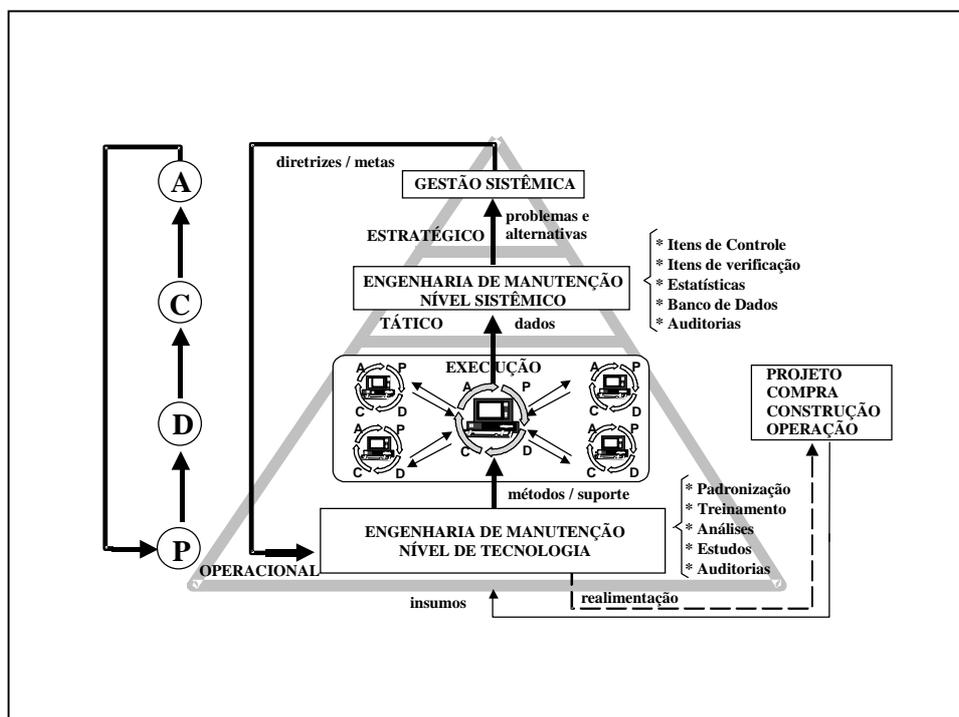
1. padronização: é nesta fase que se inicia todo o controle do processo. É de fundamental importância que todos os métodos, isto é, o que fazer e como fazer estejam eficientemente padronizados para garantir que todo o tratamento sistêmico e estatístico seja realizado sobre uma referência comum;
  2. execução: são as rotinas diárias, ou melhor, todas as atividades rotineiras e especializadas dos serviços de manutenção, que podem estar centralizadas, descentralizadas ou terceirizadas, dependendo da política de manutenção adotada. A padronização também tem que garantir a referência comum para qualquer política de manutenção vigente;
  3. informação: aqui são reunidos em um banco de dados central todos os dados obtidos nas diversas manutenções realizadas. A partir dessas informações são calculados sistematicamente os itens de controle estabelecidos, levantados os problemas, e propostas as alternativas sob o enfoque sistêmico da manutenção;
  4. gestão sistêmica: nessa fase há a participação das diversas áreas internas e externas à manutenção, as quais terão a oportunidade de participar dos debates e colocar seus pontos de vista. Além das alternativas propostas pela engenharia de manutenção, são também considerados os aspectos econômicos, gerenciais, políticos e estratégicos do problema. É a partir dessa análise conjunta com as diversas áreas envolvidas (manutenção, operação, construção, compras e projeto) e baseado em fatos e dados, oriundos principalmente da área de manutenção, que se tomará a decisão do que fazer para solucionar os problemas, dentre os quais e por exemplo, realizar melhorias ou substituições de equipamentos.
-

Na área dos procedimentos, portanto, está toda a atividade gerencial do processo manutenção em seus níveis operacionais, táticos e estratégicos.

#### 4.6 – Macroestrutura do Processo Manutenção

A representação organizacional típica mostrada na *Figura 6*, que abrange os níveis operacional, gerencial e estratégico de uma empresa, é análoga à representação anterior, da *Figura 5*, baseada em processos, ou seja:

1. o órgão de engenharia de manutenção em nível de tecnologia é responsável pelo processo de padronização e pelo suporte técnico aos órgãos de execução da manutenção;
2. os órgãos de execução são responsáveis, obviamente, pelo processo de execução;
3. o órgão de engenharia de manutenção sistêmica é responsável pelo processo de tratamento das informações;
4. os órgãos de gestão são os responsáveis pela tomada de decisão sistêmica, aqui chamada de gestão sistêmica, que é um processo conjunto de vários órgãos, cujos representantes têm poder de decisão.



*Figura 6 – Macroestrutura da função manutenção*

A *Figura 6* mostra a macroestrutura de uma área de manutenção típica e em um nível de abstração tal que seja comum a todas as empresas do setor elétrico, e transcenda detalhes organizacionais específicos de cada concessionária. Devido a essa transcendência a macroestrutura mostra-se muito aderente ao modelo aqui proposto, em nível brasileiro.

É interessante observar que a área de engenharia de manutenção é na realidade composta de duas áreas distintas, independentes e com perfis profissionais completamente diferentes.

Os profissionais da área de engenharia de manutenção em nível de tecnologia são engenheiros e/ou técnicos de manutenção especialistas em manutenção de equipamentos do sistema elétrico, normalmente com bastante experiência. Sua função é estudar a filosofia de operação dos equipamentos para, baseado em sua experiência e nos catálogos dos fabricantes, propor e/ou revisar os métodos padronizados de manutenção.

Os profissionais da área de engenharia de manutenção em nível sistêmico têm experiência em manutenção, informática, estatística e em controle de qualidade. Sua função é a análise dos itens de controle sistêmicos da manutenção, investigações estatísticas das causas de problemas no processo manutenção e a realização da garimpagem de dados no banco de dados da manutenção, com o intuito de descobrir relações entre os dados que possam ser convertidos em melhoria da qualidade e redução dos custos dos serviços de manutenção.

Até bem pouco tempo, quando o cenário era favorável, os órgãos de execução conseguiam desempenhar suas atividades satisfatoriamente, à revelia do suporte técnico dos órgãos de engenharia de manutenção em nível de tecnologia, porém sem

---

nenhum controle do processo. A gestão sistêmica da manutenção era ineficaz porque não era alimentada com os dados dos órgãos de execução da manutenção, necessários ao processo de tomada de decisão.

A partir da análise do conjunto de fatos e dados apresentados nos capítulos anteriores e de uma transformação desfavorável verificada no cenário atual do setor elétrico, constata-se que, seja em nível sistêmico ou de tecnologia, não faz sentido as áreas de engenharia de manutenção das empresas desempenharem suas atividades isoladamente, já que correm o sério risco de atuar de forma ineficaz ou até mesmo em vão.

#### **4.7 – Engenharia de Manutenção: Nível de Tecnologia e Nível Sistêmico**

Questões que se apresentam à engenharia de manutenção em nível de tecnologia face ao cenário atual: – Como não perder o domínio sobre a tecnologia de manutenção referente aos milhares de equipamentos existentes, mesmo com o grande número de desligamentos de especialistas? – Como enfrentar as dificuldades causadas pela escassez de mão-de-obra especializada e pela avalanche de informações técnicas trazidas por novas tecnologias altamente complexas? – Para que *reinventar a roda* se os equipamentos comuns a todas empresas já foram estudados por algumas delas e já possuem um método padronizado de manutenção?

Questões que se apresentam à engenharia de manutenção em nível sistêmico face ao cenário atual: – Como criar um banco de dados sistêmico da manutenção do setor elétrico consistente o suficiente para se obter o controle do processo de manutenção apresentado? – Como as empresas podem solucionar problemas comuns, como envelhecimento, obsolescência, desempenho de equipamentos, de forma única e sistêmica para todo o setor elétrico nacional, uma vez que esses equipamentos são os mesmos em todas essas empresas e as experiências podem ser compartilhadas?

---

A maneira mais organizada de esclarecer essas questões é responder por partes às seguintes perguntas: o que fazer?, por quê?, quem poderia fazer?, como?, quando?, onde? quanto custa?

Em uma primeira análise as respostas passam a existir se acontecer a união das forças das empresas, um verdadeiro *mutirão* para compartilhamento de dados e informações. O objetivo seria reunir, em um repositório de dados informatizado, os conhecimentos e experiências contidos nas *cabeças* e nos *bolsos* dos especialistas espalhados nas empresas do setor elétrico, e disponibilizar essas informações a todas as empresas, de forma única e consistente, conforme já comprovado no âmbito da CEMIG, com o seu Sistema RME. A viabilidade prática dessa proposta é possível tanto no cenário estatizado quanto no novo cenário privado e competitivo que começa a se definir. A diferença vai estar na forma como as informações vão estar disponibilizadas.

Como o sistema elétrico é todo interligado, as empresas estão em um *mesmo barco*. Seria interessante que cada uma delas oferecesse a melhor qualidade de manutenção possível às suas instalações, o que refletiria na melhor qualidade da manutenção do setor elétrico como um todo. A qualidade da manutenção nas empresas depende da solução das questões colocadas acima. E com o compartilhamento de dados e informações obter-se-á uma solução eficaz, padronizada e corporativa para esses graves problemas existentes nas engenharias de manutenção das empresas do setor elétrico brasileiro, tanto em nível de tecnologia quanto em nível sistêmico.

Os responsáveis pela implantação do modelo poderiam ser os próprios órgãos gestores do novo cenário do sistema elétrico interligado, que necessitam de mecanismos para avaliação dos serviços prestados pelas concessionárias de energia elétrica, principalmente após a abertura do mercado e as privatizações. A implementação de um projeto como este supriria a deficiência na área de manutenção e seria de atribuição da ELETROBRÁS, através do GCOI (ou órgão gerenciador que

---

o venha substituir) ou, por delegação, através do patrocínio de alguma concessionária de energia elétrica.

Aqui está a proposta deste trabalho de dissertação. Seria uma proposta inovadora, tecnologicamente atualizada e direcionada fundamentalmente ao controle e à melhoria da qualidade da manutenção de todo o setor elétrico brasileiro, a serem obtidos através de um modelo de gestão técnica de manutenção, similar ao utilizado pela CEMIG, que possui três objetivos principais.

O primeiro é disponibilizar um *formato único* para a padronização dos métodos de manutenção – o que fazer? e como fazer? – dos equipamentos do sistema elétrico, a fim de facilitar a difusão, o compartilhamento, o intercâmbio e até mesmo a comercialização destes métodos.

Um segundo objetivo é criar um *padrão único* de execução da manutenção no sistema elétrico brasileiro, de maneira a estabelecer uma referência comum e um diferencial de qualidade na prestação dos serviços de manutenção.

O terceiro objetivo é reunir os resultados de manutenção em uma *base de dados sistêmica* e, a partir daí, obter os itens de controle da manutenção.

A implementação prática da proposta desta dissertação se daria através de um projeto de uma Rede de Manutenção Especializada do Sistema Elétrico Brasileiro, chamado aqui de projeto RME-SEB, para compartilhamento e difusão de informações técnicas de manutenção entre as empresas do setor elétrico, utilizando-se da *Web/Internet*.

Assim, informações técnicas de manutenção de grande valor, acumuladas ao longo dos anos pelas empresas, seriam disponibilizadas às outras, a fim de se compartilhar os seus benefícios, principalmente o da padronização e da execução de serviços redundantes. Com a utilização da *Internet*, seriam quebradas as barreiras da distância.

---

A Figura 7 ilustra esta alternativa.

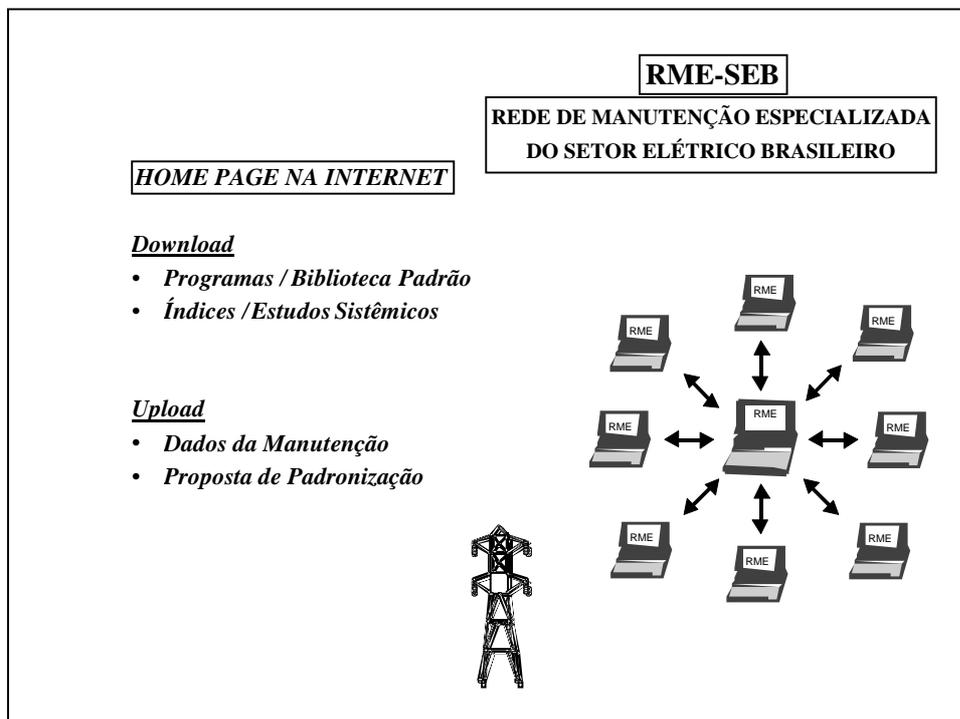


Figura 7 – Rede de manutenção especializada do sistema elétrico brasileiro

Considerando que as empresas já têm seus gastos próprios para treinamento e capacitação de pessoal nas atividades de manutenção, os custos basicamente advêm da criação de um *site* na *Internet* e de sua equipe de suporte técnico, o que torna esta alternativa de baixo custo e não exige grandes investimentos financeiros, sendo coerente com as dificuldades econômicas do cenário atual.



## **CAPÍTULO 5**

“A realidade do outro não está naquilo que ele revela a você, mas naquilo que ele não lhe pode revelar; portanto, se você quiser compreendê-lo, escute não o que ele diz, mas o que ele não diz.”

Khalil Gibran

## 5 – ESTUDO SUCINTO DOS ITENS DE CONTROLE SISTÊMICOS DA MANUTENÇÃO

### 5.1 – Análise Estatística e Análise de Sintomas

Conforme abordado no capítulo 2, “estudos relativos à confiabilidade vêm recebendo, nos últimos anos, a atenção de especialistas em diversos ramos de empresas particularmente ligados à área de manutenção. Muitos são os trabalhos desenvolvidos e em desenvolvimento, visando à aplicação da chamada manutenção preditiva ou controle preditivo de manutenção, tendo por objetivo executar a manutenção preventiva em equipamentos, no momento ideal, antes que haja interferência na confiabilidade do sistema.

Entende-se por controle preditivo de manutenção a determinação do ponto ótimo para executar a manutenção preventiva num equipamento, ou seja, o ponto a partir do qual a probabilidade de falha do equipamento assume valores indesejáveis. A determinação desse ponto traz como resultado índices ideais de prevenção de falhas, tanto sob o aspecto técnico quanto econômico, uma vez que a intervenção no equipamento não é feita durante o período em que ele ainda está em condições de prestar serviço, nem em que suas características operativas estão comprometidas.

Os estudos de determinação desse ponto, chamados de ponto preditivo, podem ser feitos sob duas formas, em função das características dos equipamentos: análise estatística e análise de sintomas” [24].

“A análise estatística é aplicada quando nas instalações existe uma quantidade apreciável de equipamentos ou componentes com as mesmas características, podendo ser considerados como um universo para o desenvolvimento dos cálculos de probabilidades. A análise estatística é muito apropriada à visão sistêmica do modelo proposto para o controle da qualidade da manutenção do setor elétrico como

---

um todo, pois é grande a quantidade de equipamentos analisados. Permite abordagens que vão da simples estatística descritiva (que trata da descrição dos dados numéricos), passando pela estatística inferencial (tomada de decisão baseada unicamente na observação da amostragem), até a estatística *bayesiana* (que incorpora à estatística inferencial o juízo de especialista, bem como coloca ênfase especial em possíveis perdas ou ganhos econômicos associados com decisões alternativas).

A análise de sintomas é aplicada quando é necessário o desenvolvimento de estudos, visando à determinação do ponto preditivo em equipamentos com características ímpares em relação aos demais instalados” [24].

Em ambos os casos e de acordo com o Princípio de *Pareto*, é recomendável que esse trabalho seja desenvolvido para equipamentos prioritários das instalações, a fim de melhorar a relação custo/benefício desses dois processos de análise [22].

Tanto a análise estatística quanto a análise de sintomas são realizadas sobre os resultados obtidos durante a execução dos serviços de manutenção. Esses resultados são registrados basicamente por dois tipos de dados: numéricos e texto [25] a [29].

Os dados numéricos são os resultados de medições e ensaios realizados de forma padronizada pelo sistema de manutenção informatizado e outros dados informativos da manutenção –como o tempo gasto e o número de pessoas executantes do serviço.

Os dados do tipo texto são as observações descritas pelos executantes, retratando os problemas encontrados durante a execução dos serviços de manutenção.

A partir desses dados brutos é que são calculados os itens de controle estabelecidos. Os dados brutos, normalmente cadastrados pelas equipes de execução, são transformados em informações pela área de engenharia de manutenção.

---

Um erro muito comum existente nas áreas de engenharia de manutenção é sobrecarregar as equipes de execução com cadastramento de dados que não vêm contribuir com suas tarefas. Conseqüentemente, quando acontece de os dados serem cadastrados, isso é feito com displicência, gerando dados inconsistentes.

## **5.2 – Itens de Controle**

Com os itens de controle sistematicamente calculados e disponíveis obtém-se o controle sobre o processo através do monitoramento nas proximidades do ponto preditivo da manutenção [22,23].

A qualquer desvio ou melhoria desejada nos itens de controle sistêmicos, aplica-se o Método de Análise e Solução de Problemas – MASP, de acordo com o Diagrama de Causa e Efeito do processo manutenção, a fim de investigar suas causas.

Nesse processo de investigação utilizam-se os mais modernos métodos e/ou recursos tecnológicos disponíveis, como as técnicas de *data mining* descritas no capítulo 3. Não se entrará nos detalhes desses métodos por fugirem ao escopo do trabalho e se comporem de técnicas diversificadas.

Os métodos e/ou recursos tecnológicos, utilizados na transformação dos dados brutos em informações ao modelo proposto não importam, pois eles não influenciam no processo de transformação. O importante é que os dados brutos estejam armazenados, consistentes e disponíveis para determinação dos itens de controle.

## **5.3 – Análise dos Itens de Controle**

Conforme estabelecido no capítulo 4, analisa-se a seguir cada item de controle quanto às dimensões, qualidade, custo e atendimento.

---

### 5.3.1 – Medições Significativas (%)

Medições e ensaios são sempre executados durante manutenções preventivas, corretivas ou recepção. Inicialmente esses ensaios e medições são realizados para verificar o estado em que se encontram os equipamentos e os resultados obtidos nessa fase. São dados do tipo numérico, chamados de valores encontrados (VE).

Depois de terminados os serviços de manutenção e antes da colocação do equipamento em atividade são realizados os ensaios e medições finais, a fim de se assegurar o perfeito funcionamento do equipamento após a intervenção da equipe de manutenção e registrar o estado em que o mesmo foi deixado. Aos resultados obtidos nesse momento é dado o nome de valores deixados (VD).

Se VE for igual ao VD significa que não houve necessidade de realização do ensaio de manutenção. Foi feita apenas uma aferição, isto é, apenas foram conferidos os valores encontrados (VE).

Ao contrário, se VE for diferente de VD, significa que o executante atuou no equipamento para tentar corrigir um problema existente. Foi feita uma intervenção no equipamento, que pode ser uma calibração, restauração, recuperação, substituição etc.

O item de controle Medições Significativas (%) é a relação entre o número de medições com valores encontrados (VE) diferentes dos valores deixados (VD) e o número total de medições realizadas nos serviços de manutenção. A *Figura 8* apresenta a fórmula de cálculo utilizada. Esse item de controle expressa:

1. o grau de proximidade entre a data de execução dos serviços de manutenção e o ponto ótimo para a realização dos ensaios e medições;
  2. o grau de validade da repetição de determinados ensaios e medições;
-

3. a relação de dependência entre os ensaios e medições e o intervalo de tempo entre manutenções.

*Fórmula de Cálculo:*

$$\text{Medições Significativas (\%)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Medições com VE} \neq \text{VD}}{\text{N}^{\circ} \text{ de Medições Realizadas}}$$

VE = Valor encontrado      VD = Valor deixado

Figura 8 – Item de controle Medições Significativas

Numa apresentação mais minuciosa do comportamento desse item de controle pode-se fazer uso de várias ferramentas da estatística, como a distribuição de frequência.

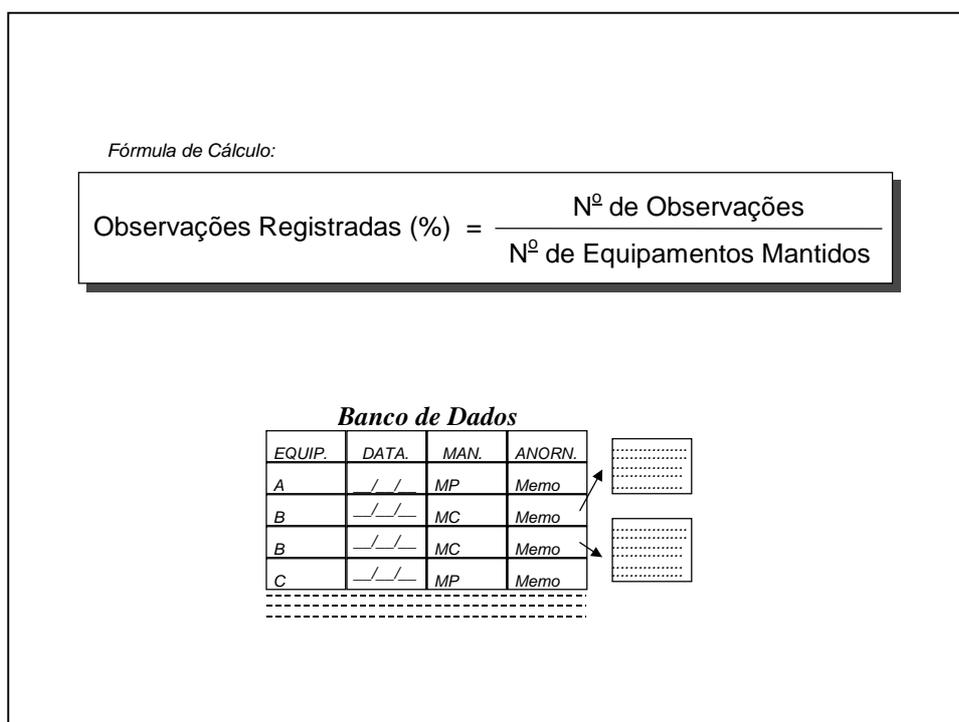
### 5.3.2 – Observações Registradas (%)

O item de controle Observações Registradas (%) é a relação entre o número de equipamentos com observações registradas e o número de equipamentos submetidos à manutenção.

Observações é um campo do banco de dados que contém um texto descritivo com todas as anormalidades, dificuldades e comentários observados pelo executante durante a realização dos serviços de manutenção nos equipamentos.

Através da tabulação dessas informações, prioriza-se o Princípio de *Pareto*, tendo como referência o Diagrama de Causa e Efeito. É importante salientar que essas observações contêm informações não só a respeito dos equipamentos, como também sobre as demais áreas do Diagrama de Causa e Efeito como, por exemplo, recursos, procedimentos e o componente humano (dificuldades pessoais).

A *Figura 9* apresenta a fórmula de cálculo utilizada.



*Figura 9* – Item de controle Observações Registradas

### 5.3.3 – Tempo Médio de Execução - TE (h)

O item de controle Tempo Médio de Execução - TE (h) é a média dos tempos gastos exclusivamente na execução dos serviços de manutenção em cada equipamento.

Esse tempo é uma das diversas parcelas que compõem o tempo total de indisponibilidade e é o mais importante por ser intrínseco aos equipamentos, colocando-os sob uma referência comum, independente dos tempos de acionamento, programação, preparação, viagem etc.

A Figura 10 ilustra o tempo médio de execução

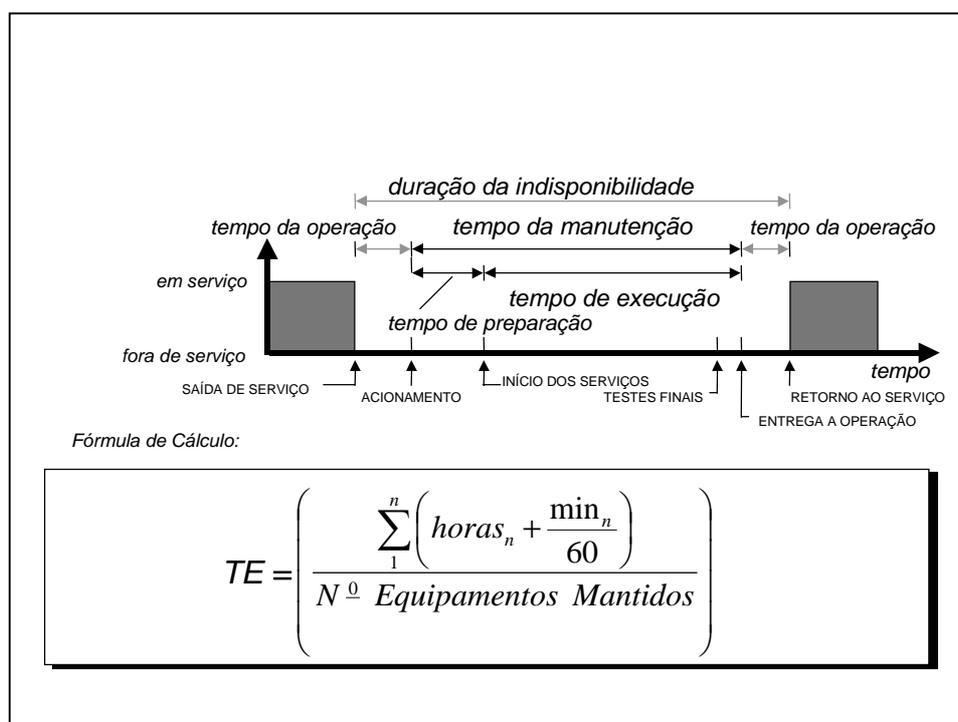


Figura 10 – Item de controle Tempo Médio de Execução - TE

A partir desse tempo pode-se obter, por exemplo, uma de suas parcelas, que é o tempo médio para reparo (TMPR), realizando-se apenas uma estratificação (filtragem) dos tempos gastos nas manutenções corretivas.

### 5.3.4 – Frequência de Manutenção - FM (%)

O item de controle Frequência de Manutenção - FM (%) é a relação entre o número de manutenções realizadas e o número de equipamentos instalados, em um determinado período.

Do item de controle Tempo Médio de Execução, anteriormente apresentado, pode se obter, por exemplo, uma das parcelas da frequência de manutenção, que é a taxa de falhas (TF). A Figura 11 ilustra a frequência de manutenção.

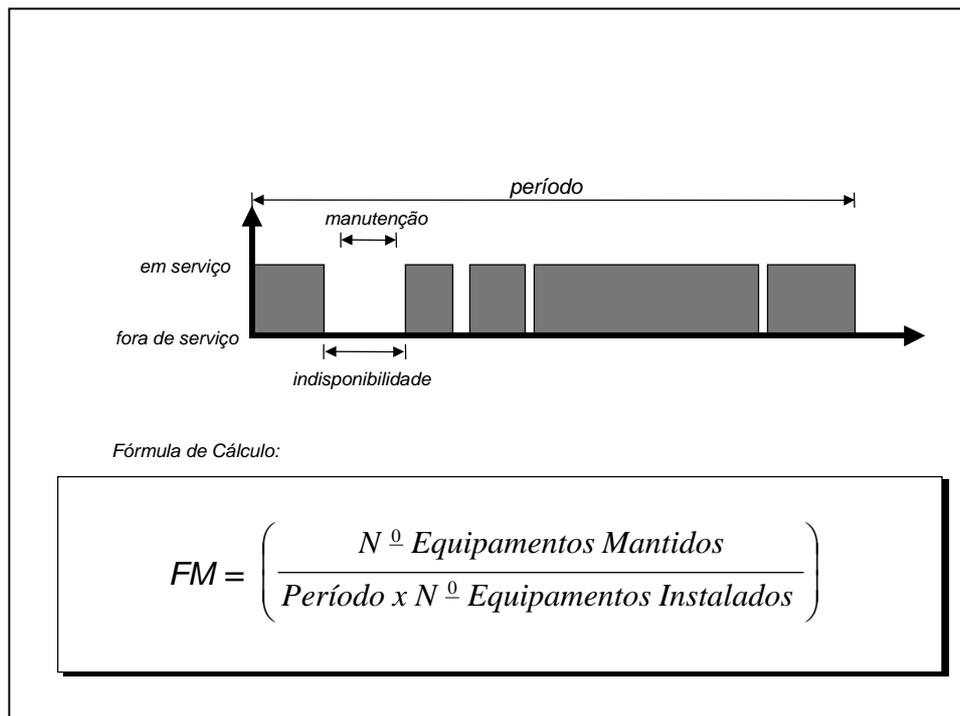


Figura 11 – Item de controle Frequência de Manutenção - FM

Chega-se à fórmula clássica de TF realizando-se uma estratificação (filtragem) das manutenções corretivas, porque a corretiva é que implica em falha no equipamento. Conseqüentemente, invertendo-se a TF obtém-se também o Tempo Médio Entre Falhas (TMEF).

### 5.3.5 – Mão-de-Obra Gasta (Hxh)

O item de controle Mão-de-Obra Gasta (Hxh) é o somatório de todos os produtos dos tempos gastos na execução pelo número de homens executantes dos serviços.

Ele não é o valor real efetivamente gasto, pois é computado apenas o tempo exigido na execução dos serviços. Mas é uma estimativa adequada da mão-de-obra e do custo total dos serviços de manutenção e uma referência comum entre as empresas, pois independe da burocracia e das distâncias regionais das instalações. A Figura 12 ilustra a fórmula utilizada para o cálculo da mão-de-obra gasta e a média.

*Fórmula de Cálculo:*

$$Hxh \text{ gasto} = \sum_1^n \left( H_n x \left( horas_n + \frac{\min_n}{60} \right) \right)$$

*Fórmula de Cálculo:*

$$Hxh \text{ médio} = \frac{H x h \text{ gasto}}{N^{\circ} \text{ Equipamentos}}$$

Figura 12 – Item de controle Mão-de-Obra Gasta e Mão-de-Obra Média

### 5.3.6 – Mão-de-Obra Média (Hxh)

O item de controle Mão-de-Obra Média (Hxh) é o resultado da divisão da mão-de-obra gasta pelo número de equipamentos submetidos à manutenção.

## **CAPÍTULO 6**

“Pressentimento e intuição são essenciais para se iniciar um trabalho,  
mas é somente através da qualidade dos números que,  
afinal de contas, a verdade pode ser revelada.”

Lewis Thomas

## 6 – EXEMPLOS REAIS DOS ITENS DE CONTROLE PROPOSTOS

### 6.1 – Números da Base de Dados

O estudo de caso a seguir visa a mostrar na prática todos os itens de controle conceituados no capítulo anterior.

Neste estudo foi utilizada a base de dados informatizada de resultados de medições e ensaios das manutenções do sistema de proteção da CEMIG, com valores reais obtidos no período de 92/97, devido a sua disponibilidade e facilidade de uso.

Essa base de dados permite várias formas de estratificação e uma das possibilidades é a seguinte:

1. nível 0: todo o sistema de proteção da CEMIG;
2. nível 1: órgãos responsáveis por manutenções;
3. nível 2: instalações (usinas e subestações);
4. nível 3: equipamentos por tecnologia;
5. nível 4: fabricantes de equipamentos de proteção;
6. nível 5: famílias de equipamentos de proteção;
7. nível 6: tipos de equipamentos de proteção;
8. nível 7: modelos de equipamentos de proteção.

Como o objetivo aqui é apresentar uma aplicação prática dos itens de controle sistêmicos, procurou-se ater ao nível zero de estratificação. Os demais níveis são utilizados quando da aplicação do método de análise e solução de problemas, que consiste fundamentalmente na utilização do Diagrama de *Pareto* para estratificações mais detalhadas e para priorização de problemas, que nada mais são do que itens de

---

controle indesejáveis. Esse método de análise e solução de problemas foge ao escopo deste trabalho, mas pode ser encontrado na referência bibliográfica [22,23].

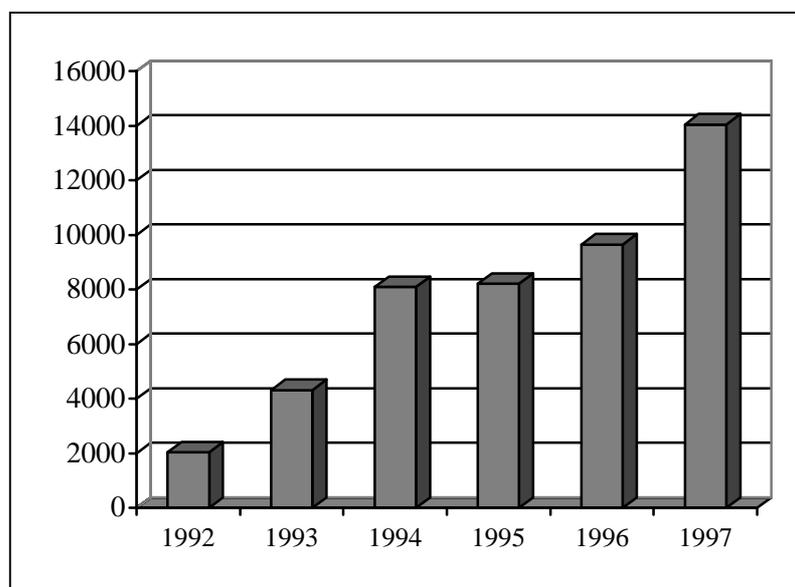
A base de dados é, em termos estatísticos, uma amostragem do conjunto total de equipamentos do sistema elétrico CEMIG. Só não representa o universo da população porque ainda não foram padronizados e cadastrados todos os equipamentos da área de proteção existentes nas suas subestações e usinas.

A *Figura 13* mostra a evolução anual da quantidade de equipamentos padronizados / cadastrados, e sob controle do Sistema RME.

*Tabela 4* – Quantidade de equipamentos controlados

Ano	Quantidade
1992	2040
1993	4323
1994	8094
1995	8209
1996	9644
1997	14038

Fonte: RME/1998



*Figura 13* – Quantidade de equipamentos controlados

Como se pode observar, os tamanhos das amostras são bastante representativos, principalmente no ano de 1997, onde se estima que mais de 90% dos equipamentos de proteção do Sistema Elétrico CEMIG estão contemplados e controlados.

A Figura 14 mostra o número de equipamentos submetidos à manutenção preventiva (MP), manutenção corretiva (MC) ou recepção (RC) em cada ano analisado. O tamanho da amostragem dos dados de manutenção é também bastante representativo e a qualidade da amostra é muito boa, porque foi obtida de todos os órgãos regionais responsáveis pela execução de manutenção, realizada de forma padronizada em todas as regiões do Estado de Minas Gérias.

Tabela 5 – Quantidade de equipamentos submetidos às manutenções

Tipos de Manutenção	Anos consultados					
	1992	1993	1994	1995	1996	1997
MP	1246	2112	3936	4326	4379	2629
MC	1	83	28	128	202	219
RC	96	58	439	144	220	107

Fonte: RME/1998

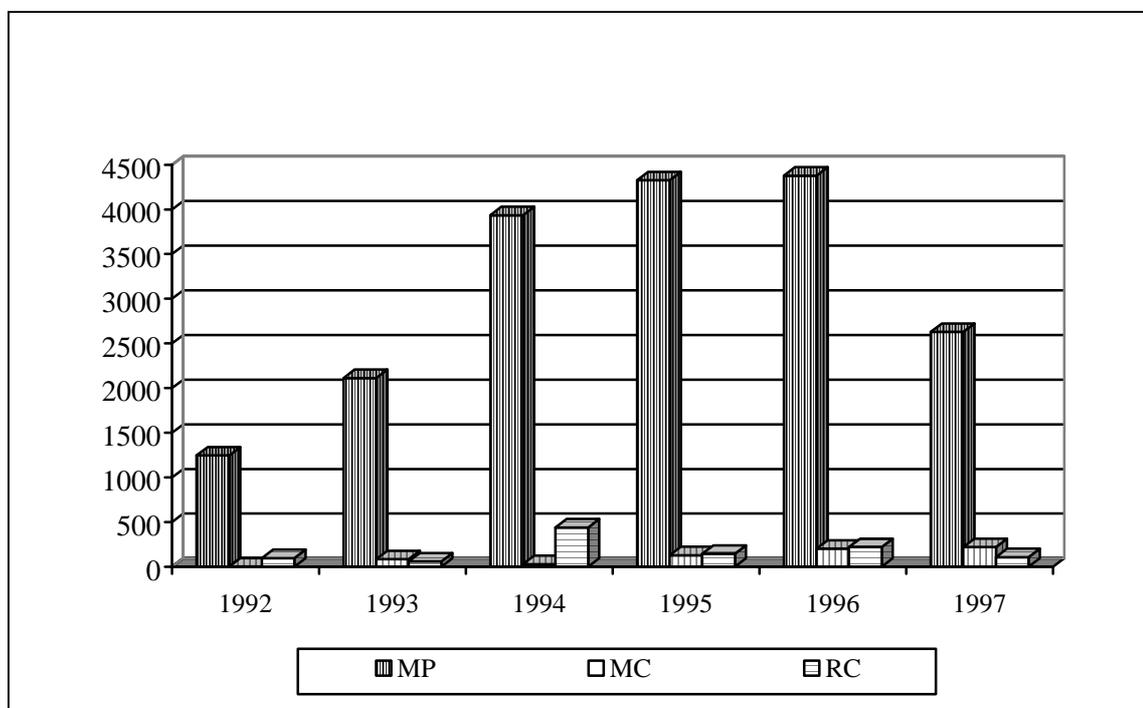


Figura 14 – Quantidade de equipamentos submetidos às manutenções

A frequência de amostragem é de 100%, uma vez que todas as manutenções realizadas recebem registro e cadastro nessa base de dados de proteção.

## 6.2 – Exemplo Real de Cálculo dos Itens de Controle

Devido à facilidade de acesso, foi usada a base de dados da CEMIG para exemplificar os itens de controle estabelecidos. É realizada uma análise do comportamento de cada item de controle relativo à manutenção preventiva, corretiva e recepção.

### 6.2.1 – Medições Significativas (%)

Da fórmula apresentada no item 5.3.1, foram levantados os dados apresentados na *Figura 15*.

*Tabela 6 – Item de controle Medições Significativas (%)*

Tipos de Manutenção	Anos consultados					
	1992	1993	1994	1995	1996	1997
MP	18,18	18,00	14,60	14,69	11,24	11,88
MC	0,00	6,89	7,09	21,87	19,37	42,95
RC	21,12	13,11	3,58	8,14	13,01	22,74

Fonte: RME/1998

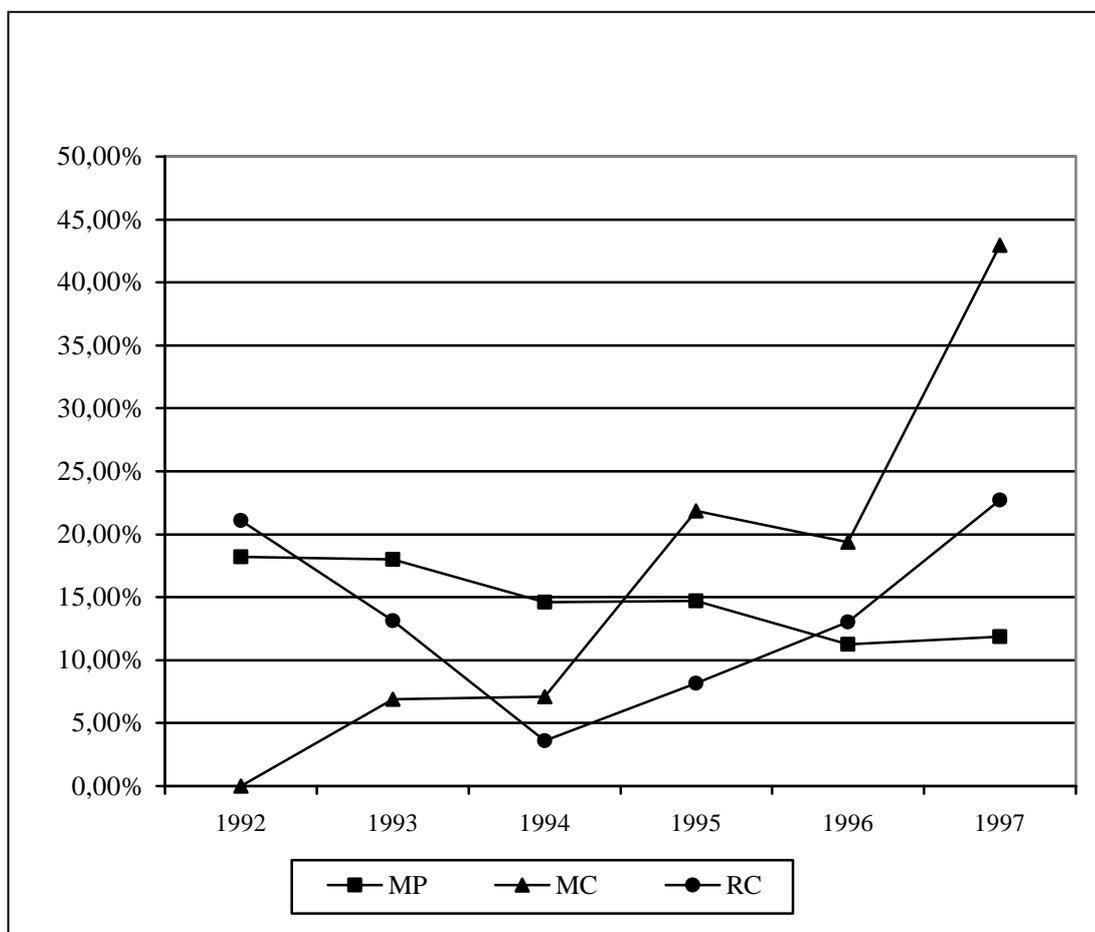


Figura 15 – Item de controle Medições Significativas (%)

Análise do comportamento do item de controle quanto a:

Manutenção Preventiva: observa-se uma discreta redução nas medições significativas, isto é, o valor encontrado (VE) diferente do valor deixado (VD), sugerindo que os equipamentos de proteção, de maneira geral, estão descalibrando menos a cada manutenção realizada.

Manutenção Corretiva: observa-se uma alta taxa de crescimento amortecida das medições significativas em equipamentos submetidos à manutenção corretiva.

Manutenção de Recepção: até 1994 havia um decréscimo das medições significativas. A partir de 1995 a situação inverteu-se, com o crescimento dessas medições significativas.

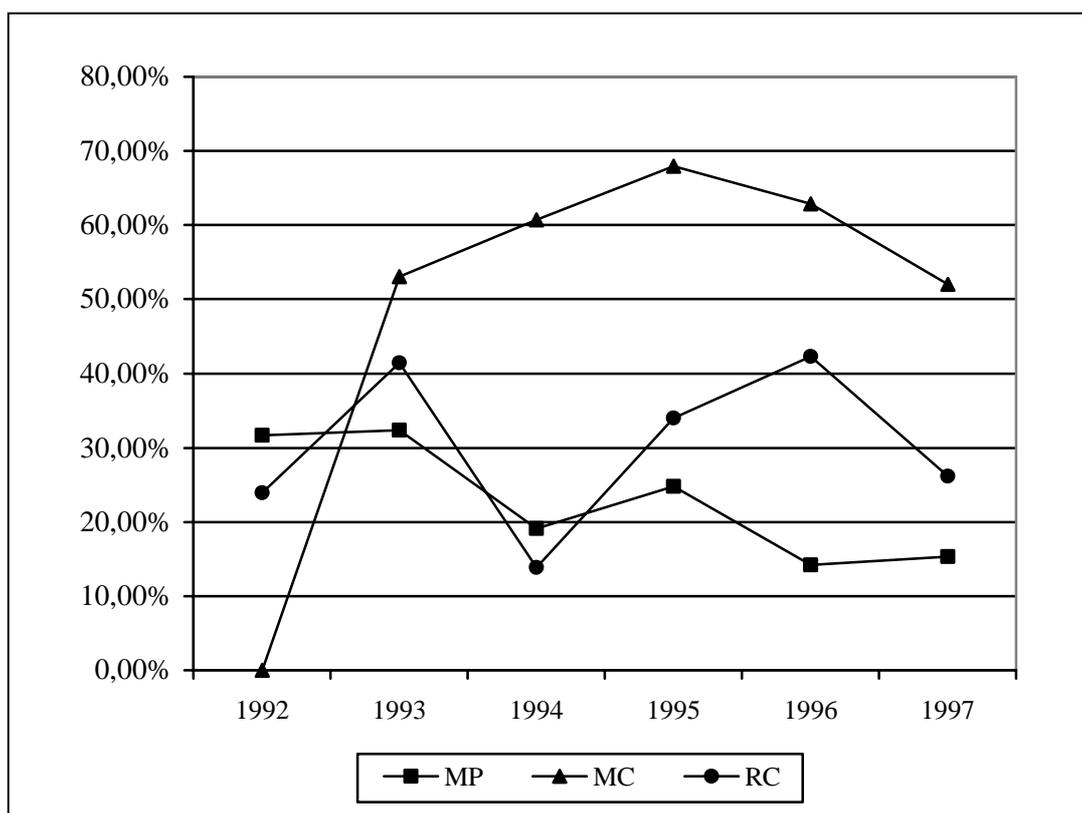
### 6.2.2 – Observações Registradas (%)

Os dados apresentados na *Figura 16* foram obtidos da fórmula apresentada no item 5.3.2.

*Tabela 7 – Item de controle Observações Registradas (%)*

Tipos de Manutenção	Anos consultados					
	1992	1993	1994	1995	1996	1997
MP	31,7	32,34	19,16	24,83	14,20	15,33
MC	0,00	53,01	60,71	67,97	62,87	52,05
RC	23,96	41,38	13,90	34,03	42,27	26,17

Fonte: RME/1998



*Figura 16 – Item de controle Observações Registradas (%)*

Análise do comportamento do item de controle quanto a:

Manutenção Preventiva: observa-se um decréscimo das dificuldades e/ou problemas encontrados nas manutenções preventivas.

Manutenção Corretiva: houve uma elevação desse índice, seguida de um retorno ao patamar anterior.

Manutenção de Recepção: nota-se que a partir de 1994 as dificuldades e/ou problemas voltaram a crescer.

### 6.2.3 – Tempo Médio de Execução - TE (h)

Os dados da *Figura 17* foram obtidos da fórmula apresentada no item 5.3.3.

Tabela 8 – Item de controle Tempo Médio de Execução - TE (h)

Tipos de Manutenção	Anos consultados					
	1992	1993	1994	1995	1996	1997
MP	1,57	1,28	1,07	1,09	0,84	0,44
MC	4,00	6,29	7,20	7,46	7,46	5,71
RC	1,57	2,28	2,00	2,31	1,39	1,38

Fonte: RME/1998

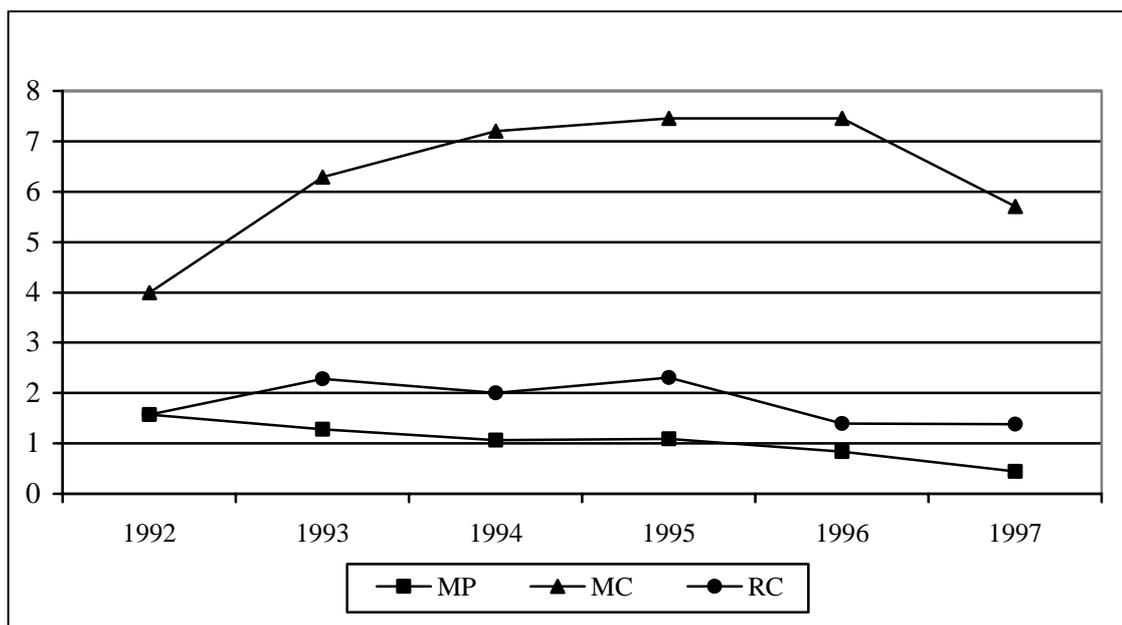


Figura 17 – Item de controle Tempo Médio de Execução - TE (h)

Análise do comportamento do item de controle quanto a:

Manutenção Preventiva: observa-se uma redução significativa no tempo médio de execução das manutenções preventivas.

Manutenção Corretiva: houve crescimento amortecido do tempo médio de execução e, a partir de 1996, houve um decréscimo desse item de controle.

Manutenção de Recepção: o tempo médio de execução de ensaios dos equipamentos teve picos em 1993 e 1995, atingindo os menores valores nos anos de 1996 e 1997.

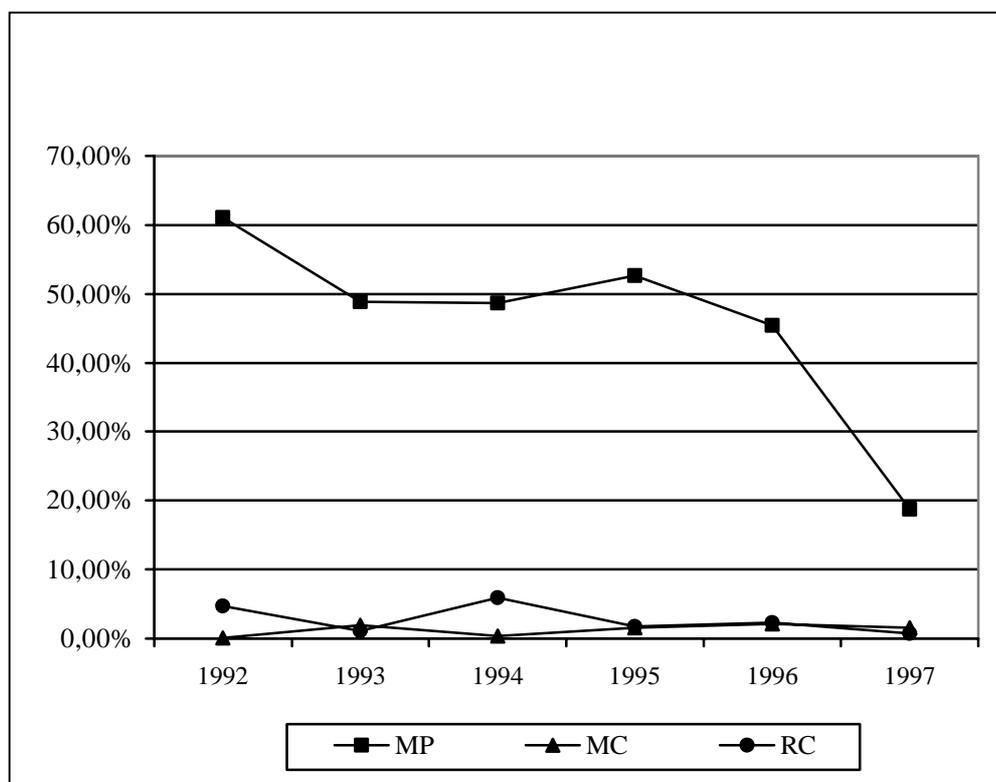
### 6.2.4 – Frequência de Manutenção - FM (%)

Os dados apresentados na *Figura 18* foram obtidos da fórmula apresentada no item 5.3.4.

*Tabela 9* – Item de controle Frequência de Manutenção - FM (%)

Tipos de Manutenção	Anos consultados					
	1992	1993	1994	1995	1996	1997
MP	61,08	48,86	48,63	52,70	45,41	18,72
MC	0,05	1,93	0,38	1,60	2,09	1,56
RC	4,71	1,14	5,94	1,73	2,28	0,76

Fonte: RME/1998



*Figura 18* – Item de controle Frequência de Manutenção - FM (%)

Análise do comportamento do item de controle quanto a:

Manutenção Preventiva: observa-se uma drástica redução na frequência de manutenção no ano de 1997. O valor de 18% significa uma periodicidade de 5,5 anos (1/0,18). Nos anos anteriores, manteve-se um valor médio de 50% dos equipamentos submetidos à manutenção preventiva por ano, o que significa uma periodicidade de manutenção preventiva média de 2 anos ou bianual. Essa brusca variação de 2 para 5,5 anos na periodicidade de manutenção preventiva vigente poderá apresentar conseqüências indesejáveis.

Manutenção Corretiva: observou-se um pico máximo de 2,09% no ano de 1996 na frequência de manutenção corretiva, a qual corresponde a uma taxa de falha de igual valor sob o ponto de vista da manutenção. A partir de 1994, essa taxa de falha mostra-se em ascensão.

Manutenção de Recepção: verificou-se o pico de 5,94% em 1994 devido à entrada em serviço de novas instalações. O número de equipamentos em recepção por ano depende do plano de obras de novas instalações da empresa, uma vez que recepção nada mais é que a primeira manutenção preventiva do equipamento, porém com uma quantidade maior de ensaios.

### 6.2.5 – Mão-de-Obra Gasta (Hxh)

Os dados apresentados na *Figura 19* foram obtidos da fórmula apresentada no item 5.3.5.

*Tabela 10* – Item de controle Mão-de-Obra Gasta (Hxh)

Tipos de Manutenção	Anos consultados					
	1992	1993	1994	1995	1996	1997
MP	4233,77	6122,92	8706,87	8950,90	7010,00	4554,18
MC	8,00	757,25	375,00	1091,83	1657,77	1446,13
RC	175,25	183,17	1567,50	658,33	515,45	256,83

Fonte: RME/1998

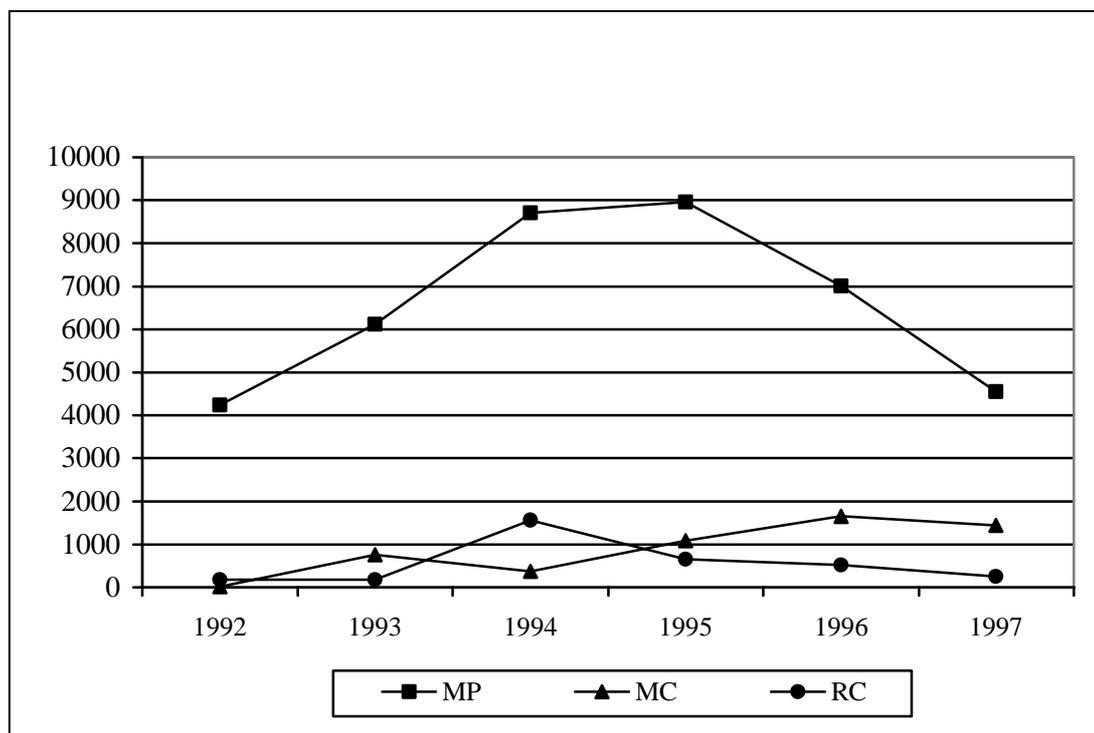


Figura 19 – Item de controle Mão-de-Obra Gasta (Hxh)

Análise do comportamento do item de controle quanto a:

Manutenção Preventiva: os valores absolutos da mão-de-obra gasta foram crescentes até o ano de 1995 devido à fase inicial de implantação do sistema especialista de manutenção, onde havia o crescimento de usuários e de instalações cadastradas. Em 1995 atingiu-se o ápice. A partir daí ocorreu um fenômeno interessante: um decréscimo da mão-de-obra gasta sem nenhuma ação gerencial que a provocasse. Isso deveu-se à evasão e conseqüente escassez de pessoal, o que impossibilitou manter a periodicidade da manutenção preventiva adotada.

Manutenção Corretiva: em contrapartida à redução da mão-de-obra preventiva, houve um crescimento da mão-de-obra da manutenção corretiva.

Manutenção de Recepção: coerentemente com a frequência de manutenção, registrou-se um pico máximo em 1994, devido ao plano de obras.

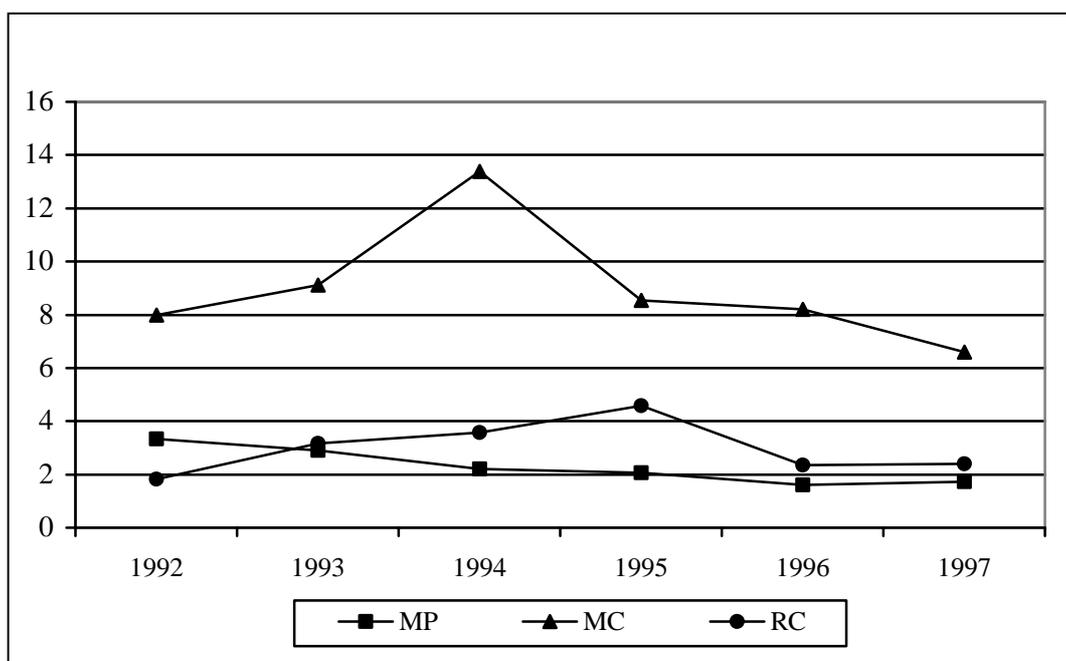
### 6.2.6 – Mão-de-Obra Média (Hxh)

Os dados apresentados na *Figura 20* foram obtidos da fórmula apresentada no item 5.3.6.

*Tabela 11* – Item de controle Mão-de-Obra Média (Hxh)

Tipos de Manutenção	Anos consultados					
	1992	1993	1994	1995	1996	1997
MP	3,34	2,90	2,21	2,07	1,60	1,73
MC	8,00	9,12	13,39	8,53	8,21	6,60
RC	1,83	3,16	3,57	4,47	2,34	2,40

Fonte: RME/1998



*Figura 20* – Item de controle Mão-de-Obra Média (Hxh)

Análise do comportamento do item de controle quanto a:

Manutenção Preventiva, Corretiva e Recepção: a mão-de-obra média tem-se reduzido a cada ano nos três tipos de manutenção, o que vem indicar a eficiência da metodologia de manutenção adotada, principalmente na capacitação de pessoal, a despeito das dificuldades trazidas pela nova tecnologia. A mão-de-obra média menor

significa que os serviços de manutenção foram simplificados e estão sendo executados com maior rapidez.

### **6.3 – Análise das Tendências e Recomendações**

Uma análise dos itens de controle encontrados irá indicar a melhoria ou não da qualidade da execução da manutenção.

#### **6.3.1 – Análise das Tendências**

Uma tendência decrescente do item de controle indica uma melhoria na qualidade total da manutenção, enquanto uma tendência crescente indica um problema cujas causas precisam ser identificadas, pois podem fornecer os seguintes alertas:

1. medições significativas crescente: indica que está precisando intervir cada vez mais nos equipamentos. A manutenção está sendo cada vez mais necessária;
  2. observações registradas crescente: indica que está havendo cada vez mais anormalidades nos equipamentos;
  3. tempo médio de execução crescente: significa que os executantes estão tendo um maior grau de dificuldade para colocar os equipamentos em condições normais de operação;
  4. frequência de manutenção crescente: significa que está havendo necessidade de ir mais vezes ao equipamento, ou que a periodicidade de manutenção precisa ser diminuída, a fim de manter os equipamentos em estado satisfatório de operação;
  5. mão-de-obra gasta crescente: indica um custo maior com os serviços de manutenção;
  6. mão-de-obra média crescente: indica que está se gastando mais com a manutenção por equipamento, devido a um tempo médio de execução maior ou a um maior número de executantes.
-

A Tabela 12, a seguir, resume as tendências do comportamento dos itens de controle em cada tipo de manutenção, conforme observado nos gráficos anteriores.

Tabela 12 – Tendências do comportamento dos itens de controle

Itens de Controle	Tipos de Manutenção		
	Preventiva	Corretiva	Recepção
Medições Significativas	decrecente	crescente	crescente
Observações Registradas	decrecente	decrecente	decrecente
Tempo Médio de Execução	decrecente	decrecente	decrecente
Frequência de Manutenção	decrecente	crescente	decrecente
Mão-de-Obra Gasta	decrecente	crescente	decrecente
Mão-de-Obra Média	decrecente	decrecente	decrecente

Fonte: RME/1998

### 6.3.2 – Recomendações

Manutenção Preventiva: todos os itens de controle relativos à manutenção preventiva mostraram-se com uma tendência decrescente. A redução da frequência de manutenção pode ter sido provocada pela escassez de pessoal e não por uma ação gerencial controlada, como deveria ser. Apesar disso, não causou nenhum efeito significativo na qualidade da manutenção, monitorada pelos itens de controle Medições Significativas e Observações Registradas. Isso sugere que a periodicidade das manutenções preventivas está muito conservadora e muito aquém do ponto preditivo (ponto ótimo de manutenção).

Recomendação: é recomendável um estudo detalhado sobre a periodicidade dessas manutenções preventivas, com o objetivo de rever a política adotada para esse tipo de manutenção, uma vez que pode estar existindo um elevado custo para a obtenção de um baixo benefício.

Manutenção Corretiva: o quadro dos itens de controle da manutenção corretiva está mostrando que a situação está se agravando. O aumento da Frequência de Manutenção mostra que é cada vez maior o número de equipamentos que falham, provavelmente devido ao seu envelhecimento. O aumento das Medições Significativas indicam que a gravidade das falhas está aumentando também, assim como os gastos com a mão-de-obra, o que confirma os indícios anteriores.

Recomendação: o estudo sobre a periodicidade das manutenções preventivas, recomendado anteriormente, deve ser feito de forma estratificada, a fim de se obter uma periodicidade diferenciada por equipamento, modelo, tipo, fabricante, função, tecnologia etc. A periodicidade de manutenção diferenciada poderá aumentar a eficiência das manutenções preventivas e, conseqüentemente, reduzir a ocorrência das manutenções corretivas – além de possibilitar um mapeamento dos equipamentos problemáticos do sistema elétrico, a partir do qual será possível redobrar os cuidados de manutenção, até que se implemente um projeto de melhoria e/ou substituição desses equipamentos.

Manutenção de Recepção: como já foi mencionado, a frequência da manutenção de recepção não depende da política de manutenção adotada, mas sim do plano de obras da empresa. Esse tipo de manutenção é realizado principalmente em equipamentos de nova tecnologia, os quais estão integrando um número cada vez maior de funções de proteção. Há equipamentos com mais de mil ajustes digitais, implementados via teclado, e mais de 400 medições realizadas nos ensaios de manutenção. Essa é a origem de dois tipos de erros freqüentemente encontrados: erro de cálculo e de digitação dos ajustes. Isso está caracterizado pela tendência crescente no item de controle Medições Significativas. Um fato importante a ser observado é que apesar das dificuldades advindas com as novas tecnologias, os demais itens de controle se mostraram com uma tendência decrescente, o que pode ser considerado um indicador dos benefícios obtidos pelo processo de automação dos ensaios.

---

Recomendação: dar continuidade ao processo de automação dos ensaios de manutenção, implementando-o tanto para os equipamentos de novas tecnologias quanto para os equipamentos convencionais. Acredita-se que essa alternativa seja eficiente para enfrentar as dificuldades trazidas pela novas tecnologias e pela escassez de mão-de-obra especializada na área de manutenção.

---

## **CAPÍTULO 7**

“Quando se busca a perfeição, descobre-se que ela é um alvo móvel.”

George Fisher

## 7 – CONCLUSÕES

Nesta dissertação foi apresentado inicialmente o cenário do setor elétrico brasileiro, enfatizando as dificuldades econômicas atuais, as recentes alterações do modelo vigente, a entrada do capital privado, o envelhecimento dos equipamentos e as aposentadorias dos especialistas.

Uma realidade adversa, onde é missão das áreas de manutenção sustentar o sistema elétrico dentro dos limites aceitáveis de confiabilidade e de continuidade no fornecimento de energia elétrica. Entretanto, através de um questionário respondido pelas maiores concessionárias de energia elétrica do país, foi constatado que, de um modo geral, as áreas de manutenção das concessionárias têm dificuldades e necessitam de recursos para desempenhar suas responsabilidades.

Paralelamente, dando ênfase ao conteúdo e ao saber compartilhado, foram abordados os avanços da tecnologia da informação como *Internet*, *data warehouse* e *data mining* – ferramentas poderosas, disponíveis atualmente e fundamentais para a viabilização do modelo proposto.

Além disso, foi relatada a experiência do sistema especialista em manutenção da CEMIG, que pode ser considerada precursora do modelo aqui proposto, ainda que tenha muito a avançar.

Através da montagem das peças desse quebra-cabeça de informações, e com base nos conceitos de qualidade total, esta dissertação propõe e defende a viabilidade da implementação prática de um modelo para o controle dinâmico e sistêmico da qualidade da manutenção do sistema elétrico brasileiro.

O modelo está centrado na união das empresas concessionárias de energia elétrica, nos níveis operacionais e estratégicos do processo de manutenção, para minimizar os problemas citados. Isso é possível graças aos recursos tecnológicos atuais,

---

principalmente a *Internet*. Através da *Internet* pode-se interligar também a gerência técnica da manutenção entre as empresas do sistema elétrico – que já é fisicamente interligado.

A alternativa para enfrentar a complexidade cada vez maior dos equipamentos de novas tecnologias que compõem os sistemas elétricos, e a escassez de mão-de-obra especializada nas empresas, é seguir os passos da evolução da tecnologia da informação, que direciona para o saber compartilhado através de *data warehouse* na *Internet*.

Assim, no nível operacional da manutenção, o modelo propõe a utilização de um sistema dedicado comum a todas as empresas, de forma a se obter um formato padrão de informações técnicas de manutenção. A utilização de um sistema dedicado comum permitiria armazenar o conhecimento técnico adquirido pelos especialistas que atuam nas empresas e um possível intercâmbio dessas informações.

Como as empresas enfrentam escassez de mão-de-obra especializada e os equipamentos estão cada vez mais complexos, esta dissertação defende a proposta de que é fundamental estabelecer um padrão único de manutenção. Isso só é possível através da *Internet*, onde um *site* concentraria o recebimento das informações técnicas geradas pelos especialistas das empresas, garantiria um padrão único dos métodos de manutenção e os difundiria. Assim, a comunidade de manutenção obteria informações precisas de como fazer e o que fazer, sem a necessidade de estudar e desenvolver métodos já utilizados por outras empresas. O resultado seria uma importante redução dos custos de manutenção e a racionalização de mão-de-obra especializada nas empresas de um modo geral.

Havendo um padrão único de manutenção nas empresas do setor elétrico, os resultados obtidos nas diversas manutenções estariam sob um referencial comum. Isso somado à facilidade de transmissão de dados trazida pela *Internet*, viabiliza a montagem de um banco de dados sistêmico da manutenção do setor elétrico, dando

---

origem à gestão técnica da manutenção em um nível estratégico nacional. Ao mesmo tempo, o órgão fiscalizador do novo ambiente do setor elétrico passaria a contar com uma ferramenta adequada para a realização de auditoria nas áreas de manutenção das empresas.

Esse banco de dados sistêmico da manutenção do setor elétrico, atualizado dinamicamente pelos diversos sistemas especialistas distribuídos nas empresas, seria também a base para qualquer estudo de engenharia de manutenção e eliminaria, de uma vez por todas, a velha fase de levantamento de dados, onde terminavam a maioria dos trabalhos da engenharia de manutenção.

A partir da disponibilidade de um banco de dados sistêmico para o setor elétrico, o modelo aqui proposto estabelece uns poucos itens de controles sistêmicos, simples e objetivos, capazes de permitir em uma primeira análise o controle dos processos de manutenção do sistema elétrico interligado. Apenas a título de exemplo e sem nenhuma conotação determinística, no capítulo 6 foram apresentados dados práticos obtidos a partir da base de dados de manutenção sistêmica da CEMIG. O cálculo dos itens de controle em nível do setor elétrico, por empresas, estabeleceria o ranking nacional, onde as empresas poderiam se balizar pelas demais e tomar decisões com o objetivo de melhorar sua colocação neste ranking. Aqui, mais uma vez, é através da *Internet* que seriam disponibilizadas essas informações para as empresas.

Além dos itens de controle acima, outros estudos como periodicidade de manutenção, obsolescência de equipamentos, vida útil, logística de reserva etc., podem ser elaborados utilizando-se técnicas de *data mining* e disponibilizados em *data warehouse* na *Internet*. O limite é a imaginação dos especialistas das áreas de engenharia de manutenção do setor elétrico.

De posse dessas informações, as áreas de manutenção estarão aptas a realimentar as áreas de planejamento, projeto, compra, construção e operação do sistema elétrico, com objetivos de aprimoramento da qualidade da energia elétrica fornecida, segundo

---

os aspectos econômicos e de confiabilidade dos equipamentos instalados no sistema elétrico interligado.

Após a apresentação dessa síntese do controle dinâmico da qualidade da manutenção dos equipamentos do sistema elétrico brasileiro, é conveniente salientar os possíveis benefícios oferecidos por esta solução:

1. maior qualidade nos serviços de manutenção com a conseqüente melhoria na confiabilidade e na disponibilidade operativa dos equipamentos;
  2. redução dos custos de manutenção, como conseqüência da redução do tempo gasto na execução dos serviços rotineiros, obtida com a padronização dos equipamentos e com a automação desses serviços nas empresas do setor elétrico brasileiro;
  3. garantia do domínio tecnológico face a possíveis terceirizações da execução dos serviços de manutenção, ou mesmo quando do desligamento dos especialistas das empresas;
  4. eliminação do trabalho redundante de engenharia de manutenção na padronização técnica, dentro das empresas e entre essas, uma vez que poderá existir o compartilhamento das informações armazenadas no sistema;
  5. utilização da mão-de-obra especializada apenas em atividades mais complexas, já que os serviços rotineiros padronizados podem ser realizados por pessoal menos qualificado;
  6. formação de banco de dados sistêmico da manutenção, que poderá viabilizar os estudos de engenharia sobre as manutenções nos equipamentos, tais como periodicidade, tempo gasto médio, custos, desempenho, obsolescência, vida útil etc.;
-

7. controle da qualidade da manutenção através da padronização dos processos e dos itens de controle obtidos do banco de dados sistêmico da manutenção.

Considerando que ...

“A importância da função manutenção como instrumento de eficácia na busca da excelência empresarial se traduz pela necessidade crescente de otimização da disponibilidade das instalações, equipamentos e sistemas, em um cenário com aspectos recessivos, em que os investimentos são cada vez menores”<sup>4</sup>,

... espero estar contribuindo, de fato, para a melhoria da qualidade da manutenção e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade da energia elétrica do setor elétrico brasileiro através da proposição desse modelo para o controle sistêmico da qualidade da manutenção dos equipamentos do sistema elétrico.

---

<sup>4</sup> PUC.MG - IEC/97 - Folder sobre o curso de especialização em “Engenharia de Manutenção”.

---

## **REFERÊNCIAS**

“Mestre não é quem sempre ensina, mas quem de repente aprende.”

João Guimarães Rosa

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NOVA MANUTENÇÃO Y QUALIDADE. *Setor elétrico – mais de 20 anos de investimentos postergados*, Novo Polo Publicações Ltda., ano 3, nº 19, out./nov., 1997, p.6-13.
  - [2] SANNEMANN, Gustavo D. R., FILHO, Paulo J. F. *Uso de un sistema como apoyo en la estructuración del histórico de datos de mantenimiento de equipos*, In: ERLAC – ENCONTRO REGIONAL LATINO-AMERICANO DA CIGRÉ, 7º, CD ROM, Puerto Iguazú, Argentina, 1995.
  - [3] HADDAD, Jamil, et al. *Desenvolvimento a nível didático de um sistema especialista para análise e diagnóstico em manutenção elétrica*, In: ERLAC – ENCONTRO REGIONAL LATINO-AMERICANO DA CIGRÉ, 7º, CD ROM, Puerto Iguazú, Argentina, 1995.
  - [4] CUNHA, Dilmar G. *Gestão de proteção e controle – manutenção x melhorias x substituição*, 1ª fase: banco de dados e índices de manutenção, Relatório final, GT34-01, CE34, Cigré Brasil, 1996.
  - [5] CORVO, Antônio M. *A manutenção dos sistemas elétricos de potência convivendo com a privatização*, In: SEMASE – SEMINÁRIO NACIONAL DE MANUTENÇÃO DO SETOR ELÉTRICO, 2º, CD ROM, Curitiba, Brasil, 1998.
  - [6] FERREIRA, Aurélio B. Holanda. *Novo dicionário da língua portuguesa*, Ed. Nova Fronteira, Versão 2.0.
  - [7] MIRSHAWKA, Victor, OLMEDO, Napoleão. *Manutenção – combate aos custos da não-eficácia – a vez do Brasil*, São Paulo, Ed. Makrom Books, 1993, 373p.
  - [8] NOVA MANUTENÇÃO Y QUALIDADE. *Aspectos gerais de manutenção de sistemas elétricos*, Novo Polo Publicações Ltda., ano 3, nº 19, out./nov., 1997, p.14-16.
  - [9] HARRISON, Thomas H. *Intranet data warehouse*, São Paulo: Berkeley Brasil, 1998.
  - [10] INFO EXAME. *Futuro da tecnologia da informação*, pág.88 – jun./98.
-

- [11] CUNHA, Dilmar G., GOMES, João L. O. *RME – sistema especialista em manutenção*, In: SNPTEE – SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 14<sup>o</sup>, CD ROM, Belém, Brasil, 1997.
- [12] CUNHA, Dilmar G. *RME – sistema especialista em manutenção*, In: STPC – SEMINÁRIO TÉCNICO DE PROTEÇÃO E CONTROLE, 6<sup>o</sup>, Curitiba, Brasil, 1995.
- [13] CUNHA, Dilmar G. *Sistema especialista em manutenção: metodologia informatizada e banco de dados central de nível sistêmico para os equipamentos de proteção, manobra, transformação, medição, geração e telecomunicações*, In: SEMASE – SEMINÁRIO NACIONAL DE MANUTENÇÃO DO SETOR ELÉTRICO, 1<sup>o</sup>, Foz do Iguaçu, Brasil, 1995.
- [14] CUNHA, Dilmar G. *Sistema especialista em manutenção preventiva de relés de proteção*, In: SOMSE – CIER – COMISSION DE INTEGRACION ELECTRICA REGIONAL, 17<sup>o</sup>, Montevideu, Uruguai, 1994.
- [15] CUNHA, Dilmar G. *Sistema especialista em manutenção*, In: ABRAMAN – ENCONTRO MINEIRO DE MANUTENÇÃO DA ABRAMAN/MG, 1<sup>o</sup>, Belo Horizonte, Brasil, 1993.
- [16] CUNHA, Dilmar G. *An expert system makes easier the maintenance of protective relays and increases its reliability*, Cigré, Symposium Berlin, Alemanha, 1993, n<sup>o</sup> 140-02.
- [17] CUNHA, Dilmar G. *Sistema informatizado para padronização e análise dos resultados de ensaios e medições realizadas durante as manutenções preventivas e corretivas*, In: GCOI – Grupo Coordenador para Operação Interligada, ENCONTRO TÉCNICO DE PROTEÇÃO DO GTMI, 13<sup>o</sup>, Rio de Janeiro, Brasil, 1992.
- [18] CUNHA, Dilmar G. *Informática na manutenção: sistema RME*, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO DA ABRAMAN, 6<sup>o</sup>, Rio de Janeiro, Brasil, 1991.
- [19] CUNHA, Dilmar G., COSTA, André L. M., GOMES, João L. O. *Cemig achieves automated maintenance*, In: T&D WORLD, Kansas, EUA, V. 50, n<sup>o</sup> 6, p.58-68, maio/1998.
- [20] CUNHA, Dilmar G. *Total automation of tests with the RME – maintenance expert system*, In: DOBLE CLIENT CONFERENCE, Boston, EUA, abril/1997.
-

- [21] KAWAMURA, T., Mori, S., Kawagoe, E., Kobayashi, S. *Humanware oriented operation and maintenance of substation in Japan*, Cigré, Session Papers 1994, n<sup>o</sup> 23-103.
- [22] CAMPOS, Vicente Falconi. 1940 – *TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês)* – Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992 (Rio de Janeiro: Bloch Ed.).
- [23] KUME, H. *Métodos estatísticos para melhoria da qualidade*, Tradução informal do livro *Statistical methods for quality improvement* (sem os capítulos 8 e 9), pub. AOTS – The Association for Overseas Technical Scholarship, Japão, 1988.
- [24] TAVARES, Lourival Augusto. *Excelência na manutenção – estratégias para otimização e gerenciamento*, Salvador, Bahia, Casa da Qualidade Editora Ltda., 1997.
- [25] NOVA MANUTENÇÃO Y QUALIDADE. *Índices de manutenção*, Novo Polo Publicações Ltda., ano 3, n<sup>o</sup> 19, out./nov., 1997, p. 26-29.
- [26] NOVA MANUTENÇÃO Y QUALIDADE. *Índices de manutenção*, Novo Polo Publicações Ltda., ano 4, n<sup>o</sup> 20, dez./jan., 1998, p. 8-11.
- [27] NOVA MANUTENÇÃO Y QUALIDADE. *Índices de manutenção*, Novo Polo Publicações Ltda., ano 4, n<sup>o</sup> 21, fev./mar., 1998.
- [28] NOVA MANUTENÇÃO Y QUALIDADE. *Índices de manutenção*, Novo Polo Publicações Ltda., ano 4, n<sup>o</sup> 22, abr./maio, 1998.
- [29] NOVA MANUTENÇÃO Y QUALIDADE. *Índices de manutenção*, Novo Polo Publicações Ltda., ano 4, n<sup>o</sup> 23, jun./jul., 1998, p. 6-9.
- [30] BOURGES, F. *Manutenção de relés: custos e alternativas*, In: SNPTEE – SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 11<sup>o</sup>, Rio de Janeiro, Brasil, 1991.
- [31] BRANCO FILHO, G. *Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade*, Rio de Janeiro: ABRAMAN, 1996, 122p.
- [32] FERRAZ, R.U.F. *Situação atual e tendências futuras da manutenção do sistema de proteção*, In: GCOI – Grupo Coordenador para Operação Interligada, 14<sup>o</sup>, ENCONTRO TÉCNICO DE PROTEÇÃO DO GTMI, Brasil, 1994.
- [33] FRANÇA, Júnia Lessa. *Manual para normalização de publicações técnico-científicas*, 2<sup>a</sup> ed., Belo Horizonte, Ed. UFMG, 1992.
-

- [34] FRANCO, R.B. *Periodicidade da manutenção do sistema de proteção das subestações de distribuição*, In: GCOI – Grupo Coordenador para Operação Interligada, 14<sup>o</sup> ENCONTRO TÉCNICO DE PROTEÇÃO DO GTMI, Brasil, 1994.
- [35] GOMES, João L. O., MOTTA, S. B. *Análise exploratória de uma base de dados de manutenções preventivas de relés de proteção*. In: SEMASE – SEMINÁRIO NACIONAL DE MANUTENÇÃO DO SETOR ELÉTRICO, 2<sup>o</sup>, CD ROM, Curitiba, Brasil, 1998.
- [36] JUNIOR, Nelson H. M. *SEEM – Substituição econômica de equipamentos pela manutenção*, In: SEMASE – SEMINÁRIO NACIONAL DE MANUTENÇÃO DO SETOR ELÉTRICO, 2<sup>o</sup>, CD ROM, Curitiba, Brasil, 1998.
- [37] KUMM, J.J., Weber, M.S., Hou, D., Schweitzer, E.O. *Predicting the optimum routine test interval for protective relays*, IEEE Trans., vol. PWRD-10, n<sup>o</sup> 2, apr./1995, pp 659-65.
- [38] LAYCOCK, W.J. *Maintenance and management of protection systems*, Cigré, Session Papers 1992, n<sup>o</sup> 34-109.
- [39] MOLKOV, A.N., Koch, G., Liebach, Th. *A refurbishment scheme for transmission line protection relays*, Cigré, Session Papers 1994, n<sup>o</sup> 34-105.
- [40] PESCE, José Juan O. *Un método para evaluar la confiabilidad y el mantenimiento preventivo de dispositivos de protección*, In: ERLAC – ENCONTRO REGIONAL LATINO-AMERICANO DA CIGRÉ, 6<sup>o</sup>, Foz do Iguaçu, Brasil, 1995.
- [41] SEVERINO, Antônio Joaquim. *Metodologia do trabalho científico*, 20<sup>a</sup> ed., São Paulo: Ed.Cortez, 1996, 272p.
- [42] SIQUEIRA, I.P. *Reability of protective apparatus and its impact on power system performance*, Cigré, Session Papers 1996, n<sup>o</sup> 34-201.
- [43] Working Group on Protective Relaying Performance Criteria of the Power System Relaying Committee. *Protective relaying performance reporting*, IEEE Trans., vol. PWRD-7, n<sup>o</sup> 4, oct./1992, pp1892-9.
-

## **GLOSSÁRIO**

“Feliz de quem atravessa a vida inteira tendo mil razões para viver.”

Dom Hélder Câmara

## GLOSSÁRIO

**Altair 8800** – Microcomputador lançado em 1974 pela Micro Instrumentation and Telemetry Systems. Usava um microprocessador 8080 e foi o primeiro microcomputador comercialmente bem-sucedido.

**Análise Estatística** – Uso da estatística para analisar e estudar fenômenos e eventos. A análise estatística é levada a efeito, em confiabilidade, para que se possa, baseado em fatos documentados e descritos, tentar prever o comportamento de uma máquina ou sistemas.

**Baysiana, Estatística ou Métodos Baysianos** – Em homenagem ao matemático inglês Thomas Bayes (1702-1761) – Métodos de inferência estatística baseados em uma avaliação das probabilidades das hipóteses, antes da observação de um evento aleatório.

**Benchmark** – Palavra de origem inglesa que indica o uso dos melhores resultados conhecidos para comparação com os parâmetros analisados. Na área da qualidade deve-se buscar como referência, como *Benchmark*, os melhores valores de desempenho de líderes reconhecidos como tais, que deverão ser alardeados como *comparados com os melhores do mundo*, pois não se deve contentar apenas em ser o melhor nacional. Deve-se pretender ser o melhor do mundo.

**Bloatware** – Programas que oferecem grande variedade de recursos e opções, mas que normalmente ultrapassam as necessidades e os conhecimentos do usuário comum, que acaba utilizando uma pequena fração dos itens incorporados a esses softwares.

---

**Bottom-up** – De baixo para cima.

**CD-ROM – (Compact Disc Read Only Memory)** – Formato de CD (disco compacto) usado para armazenar textos, imagens e som estéreo de alta fidelidade, utilizado nos computadores atuais.

**Cliente** – Destinatário de um produto provido pelo fornecedor. Em algumas situações o cliente é chamado de comprador. O cliente pode ser o consumidor final, o usuário, o beneficiário ou o comprador, e pode ser interno ou externo à organização. (NBR ISO 8402-1994).

**Clipper** – Sistema de desenvolvimento de aplicativo da Computer Associates International.

**Computer Associates International** – Maior empresa de desenvolvimento de software diversificado do mundo, oferecendo mais de 350 aplicativos para micros e computadores de grande porte, fundada em 1976.

**Comunicação Serial** – Método de comunicação de dados entre dispositivos, normalmente entre um computador e seus periféricos, através do envio de bits individuais em forma seqüencial.

**Confiabilidade** – Capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um intervalo de tempo. O termo é usado como uma medida de desempenho de confiabilidade (NBR 5462-1994 2.2.6). Seu símbolo é  $R(t)$  (de Reliability), de uso recomendado, apesar de que alguns autores usem  $P(t)$  (de Probabilidade de sobrevivência). Probabilidade de um item poder desempenhar uma função requerida, sob dadas condições, durante um intervalo de tempo  $(t_1, t_2)$ . Supõe-se que o item esteja em condições de desempenhar a função requerida no início do intervalo do tempo. Também é

---

chamada de **taxa de êxito**. (NBR 5462-19944 2.13.1) Nota: verifique se que na mesma norma existem duas definições diferentes.

**Custo** – Aqui analisado como um dos cinco componentes da qualidade total, conforme modelo publicado pela Fundação Christiano Ottoni. Quanto menor for o custo final da empresa, maior será a rentabilidade e as chances de ela sobreviver em um ambiente agressivo e competitivo. O custo da manutenção deve ser entendido do ponto de vista da empresa como um todo e a manutenção deverá estudar, em conjunto com o pessoal da operação, e determinar como algumas economias ou despesas influem na performance final do conjunto produtivo, para optar por quais despesas devem ser efetuadas e onde está se gastando sem retorno, se é que isso é possível. Ou melhor, gastar onde o retorno em performance é o maior possível.

**Data Mining** – Mineração de dados, garimpo de dados. Técnica ligada a conceito de data warehouse, que consiste em separar grandes quantidades de dados de forma a identificar relacionamentos entre eles; um ato de garimpagem pelo usuário que não sabe exatamente o que está pesquisando, mas procura identificar determinados padrões ou tendências. Também conhecido como data surfing.

**Data Warehouse** – Armazém de dados. Sistema que guarda e organiza todas as informações espalhadas pelos vários sistemas dentro de uma empresa. Termo genérico para um tipo de banco de dados que consiste num sistema de armazenamento, recuperação e gerenciamento de grandes quantidades de quaisquer tipos de dados. Os softwares da espécie freqüentemente incluem sofisticadas técnicas, inclusive de compactação, para buscas mais rápidas de dados, assim como filtros avançados.

**DBF** – Arquivos de banco de dados no padrão X-Base.

**DB** – Arquivos de banco de dados no padrão Paradox.

---

**Delphi 4** – Linguagem de programação, versão 4.0, da Inprise Co.

**Diagrama de Causa e Efeito** – Existem diversas formas de mostrar as causas e efeitos. Normalmente procuram-se as causas a partir de seus efeitos indesejados. Na área da qualidade usa-se, entre outros, o diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe. Na área da confiabilidade usa-se o FMEA e a Árvore da Falha (Fault Tree), entre outros. Trabalha-se inclusive com a taxa de falha do componente para saber quanto ele irá interferir na confiabilidade total (Fault Tree) e quais as conseqüências desta falha (FMEA).

**Diagrama Espinha de Peixe** – Ver diagrama de causa efeito.

**Diagrama de Ishikawa** – Ver diagrama de causa e efeito.

**DobleCol** – Protocolo de comunicação F2000 de propriedade da DOBLE (Doble Engineering Company).

**Downsizing** – Palavra de origem inglesa usada para exprimir a estratégia de redução de níveis hierárquicos em uma empresa e aproximar os níveis operacionais da alta administração, visando a aumentar os lucros e reduzir os custos.

**ENIAC** – (**Electronic Numerical Integrator And Calculator**) – O primeiro computador eletrônico digital operacional, desenvolvido para o exército americano, terminado em 1946.

**Engenharia de Manutenção** – Órgão consultivo, normalmente em nível de staff, que constitui o sistema de controle da gerência de manutenção para corrigir e melhorar a gestão. Sua missão é aperfeiçoar as técnicas de organização e os métodos e procedimentos do trabalho, favorecendo a implantação da Política de Manutenção mais adequada e o desenvolvimento de novas idéias, novos métodos de trabalhos e de controle.

---

**Estratificação** – É o processo de dividir um conjunto de informações em grupos ou subgrupos para análise, ou seja, para a busca ou origem de um problema, de sua causa, a partir da classificação e subdivisão das informações provenientes de seus efeitos.

**Feedback – (Retroalimentação)** – Sistema de informação de ocorrências, falhas, variações, ajustes e outros fatores que ocorrem durante o funcionamento ou o ciclo de vida de um item, permitindo que se busque melhorias no mesmo (modificações, rendimento, custos, correção etc.).

**Feeling** – Tato; sensibilidade; sentimento, impressão, intuição; pressentimento; opinião.

**FMEA – (Failure Mode and Effect Analysis)** – Modo de Falha e Análise de Efeitos – Procedimento usado para efetuar uma análise de como uma máquina ou sistema pode falhar, enumerando-se todas as possibilidades de falhas, todas as falhas possíveis, e todos os graus de reações adversas que podem resultar de tais falhas assim analisadas. É uma técnica para melhorar a confiabilidade de uma máquina ou sistema com a indicação de procedimentos para atenuar o efeito de uma falha.

**FTP – (File Transfer Protocol)** – É um protocolo para transferência de arquivos e permite o recebimento (download) e o envio de arquivos (upload) via Internet. É o método mais indicado para transferir arquivos grandes, por ser um serviço dedicado, especializado e otimizado, sem comprometer o link de comunicação.

**Full-duplex** – Capacidade de transmitir e receber informações simultaneamente.

**Gráfico de Pareto** – Espécie de gráfico de barras que ordena a frequência de ocorrências, da maior para a menor, de modo que a de maior frequência é a primeira a ser representada, colocando em hierarquia e permitindo uma

---

visualização do que existe em maior quantidade. É muito utilizado na área da qualidade para visualizar as causas dos problemas que precisam ser resolvidos.

**Groupware** – Ferramentas disponíveis no sistema.

**Hardware** – A parte física do sistema, composta de computadores que operam interagindo com os periféricos como impressoras, monitores, teclados, o drive de CD-ROM, o mouse etc. Trabalha em estreita colaboração com o Software, que é o programa.

**Hxh** – (**Homem-hora**) – Quantidade de empregados que estão trabalhando, multiplicado pelo tempo, medido em horas. Assim, com 10 empregados trabalhando um período de 5 horas temos 50 Hh.

**Humanware** – A parte da organização que é composta por pessoas. Os recursos humanos da empresa ou organização.

**Interface** – Dispositivo físico ou lógico que faz a adaptação entre dois sistemas. Interconexão entre dois equipamentos que possuem diferentes funções e não poderiam se conectar diretamente.

**Internet** – A melhor forma de entender a Internet é pensar nela como uma rede de redes. A Internet não tem um dono ou uma empresa encarregada de administrá-la. Cada rede individual conectada à Internet pode ser administrada por uma entidade governamental, uma empresa ou uma instituição educacional. Mas a Internet não tem um poder central. Esse caráter democrático permite que novas redes sejam constantemente conectadas à Internet, o que explica seu contínuo crescimento.

---

**Item** – Sistema, instalação, planta, fábrica, entidade, bem, máquina, equipamento, conjunto, componente ou peça que possa ser considerada individualmente, admitindo separadamente, testes de verificação de seu estado real.

**Item de Controle** – Item estabelecido para medir a qualidade do processo. Item de controle é a expressão numérica da meta. É a medida da qualidade do trabalho pronto. Este trabalho possui diversas causas que afetam a qualidade e estas causas são chamadas de item de verificação. Quando é subdividido para escalões inferiores são chamados de itens de verificação, embora para o escalão subordinado ele seja a meta dele ou o item de controle dele que irão afetar a meta ou o item de controle do trabalho pronto do escalão acima.

**Item de Verificação** – É um índice numérico, uma medida estabelecida sobre as causas que influem em determinado item de controle. Ver item de controle.

**Just-in-time** – Metodologia ou política implantada de suprimento de materiais. Tem o objetivo de redução de estoques. As peças para reposição são entregues no momento de sua utilização.

**Laptop** – Computador portátil pesando entre 3,5 e 4,5 quilos. Já estão ultrapassados, pois há computadores notebooks mais leves e plenos de recursos.

**Lay-out** – Plano, esquema, desenho.

**Linguagem C** – Linguagem de programação desenvolvida nos laboratórios Bell em 1972. Tem como principais características a confiabilidade, regularidade, simplicidade e facilidade de uso.

**Linguagem Hexadecimal** – Linguagem de programação baseada no sistema numérico hexadecimal, ou seja, com base 16, no qual os dígitos válidos são compreendidos entre 0 e F, onde F representa o dígito de mais alta ordem (15).

---

**Macro-substituição** – Interpretação de comandos em tempo de execução.

**Mainframe** – Computador de grande porte, capaz de armazenar grandes quantidades de informações.

**Manutenção** – Conjunto de atividades técnicas e administrativas cuja finalidade é conservar ou restaurar um item, a fim de que o mesmo cumpra a função dele exigida. Equivalente ao termo conservação.

**Manutenção Corretiva (MC)** – Manutenção efetivamente realizada em um item quando o defeito já foi identificado, restituindo-se a condição admissível. A manutenção corretiva pode ser planejada ou não.

**Manutenção Preditiva** – Baseada no conhecimento do estado/condição de um item, através de medições periódicas ou contínuas de um ou mais parâmetros significativos. A intervenção de manutenção preditiva busca a detecção precoce dos sintomas que precedem uma avaria. São denominações equivalentes: manutenção baseada na condição ou manutenção baseada no estado ou manutenção condicional.

**Manutenção Preventiva (MP)** – Consiste em realizar certos reparos ou trocas de componentes ou peças, inspeções, segundo intervalos de tempo, ou segundo determinados critérios prefixados para reduzir a probabilidade de avaria ou perda de rendimento ou qualidade de um item. Pode se subdividir em manutenção sistemática ou programada e preditiva.

**Manutenibilidade** – Facilidade com que se pode realizar uma intervenção de manutenção. Ainda pode ser expressa como a probabilidade de que um item avariado possa voltar ao seu estado operativo em um período de tempo dado, quando a manutenção se realiza em condições determinadas e com os meios e procedimentos estabelecidos.

---

**MASP – (Metodologia de Análise e Solução de Problemas)** – Basicamente possui oito etapas: 1) Identificação ou localização do problema. 2) Observação e investigação das causas. 3) Análise dos dados observados para descoberta das causas fundamentais. 4) Planejamento da ação para bloquear a causa fundamental. 5) Ação, isto é, cumprir o planejado para bloquear a ação. 6) Verificação (para ver se o bloqueio foi efetivo). 7) Padronização (documentação e procedimentos divulgados para evitar que o problema retorne). 8) Conclusão e recapitulação de todo o processo e planejamento das ações futuras.

**Notebook** – Computador portátil do tamanho de uma pasta pesando entre 2 e 3 quilos, aproximadamente. Pode realizar as mesmas funções que os computadores de mesa.

**Palmtop** – Computador suficientemente pequeno para ser segurado com uma das mãos e operado com a outra.

**Paradox** – Gerenciador de banco de dados para Windows.

**Pareto, Vilfredo** – Nascido em 1848, foi um economista que fez estudos sobre a distribuição desigual de riquezas e formulou modelos matemáticos para quantificar esta distribuição. Poucos com muitos e muitos com poucos. J. M. Juran usou, em seu trabalho na década de quarenta, o *Quality Process Handbook* para retratar e aplicar ao fenômeno de poucos vitais e muitos triviais, a expressão O princípio da distribuição desigual de Pareto sob algumas curvas cumulativas que desenhou. O diagrama cumulativo também foi usado antes por M. O. Lorenz, em 1904 e 1905.

**Peopleware** – Ver humanware.

**Processo** – Conjunto de recursos e atividades inter-relacionadas que transformam insumos (entradas) em produtos (saídas). (NBR ISSO 8402-1994). O processo

---

pode exigir uma seqüência de etapas, documentadas formalmente ou não, de procedimentos e requisitos, bem como a definição das etapas de medição e controle.

**Qualidade intrínseca** – Um dos cinco componentes da qualidade total. É a presença de atributos que façam ou tornem o produto agradável e desejável ao cliente. Em manutenção é a presença de diversos fatores como rotinas bem feitas, divulgadas e corretamente seguidas, com planejamento, qualidade de diálogo da equipe e supervisores, confiabilidade e disponibilidade alta dos equipamentos etc.

**Ranking** – Classificação, posição, graduação, avaliação.

**Recepção (RC)** – Testes que são realizados nos equipamentos para que possam entrar em operação pela primeira vez. Comissionamento, aceitação.

**RS-232** – Norma para transmissão serial entre computadores e dispositivos periféricos.

**Site** – Lugar. Um ou mais endereços na Internet nos quais um indivíduo ou organização disponibiliza informações para outros, muitas vezes incluindo ligações para outras localidades.

**Software** – É o programa que alimenta o Hardware, a parte visível do computador. É algo que não se pode pegar. Determina o comportamento e a função a ser executada.

**Taxa de Falhas – (Failure Rate)** – Número de avarias de um item, por unidade de tempo. É o inverso do Tempo Médio Entre Falhas – TMEF. Quando a amostra está dividida em intervalo de classe, a taxa de falhas indica a probabilidade de ocorrências de falhas por unidade de tempo dentro do intervalo de classe, considerando os equipamentos que ainda estão operando na data do início do

---

intervalo de classe. É calculada quando a amostra está dividida em intervalo de classes, dividindo-se a DFR desse intervalo por (1-FRA) do intervalo de classe anterior. A taxa de falhas multiplicada pela amplitude do intervalo de classe nos dá a probabilidade que a máquina falhe no intervalo de classe, supondo que não tenha falhado até então.

**Top-down** – De cima para baixo.

**TPM – (Manutenção Produtiva Total)** – Sistema de organização do trabalho em que parte da manutenção (limpeza, lubrificação, apertos, pequenos ajustes, trocas de ferramentas e peças de desgaste) é realizada pelo operador do equipamento ou máquina, ficando a cargo da organização de manutenção as inspeções, revisões e reparos de maior envergadura.

**TMPR – (Mean Time to Repair, MTTR)** – Média aritmética dos tempos gastos nos reparos de uma máquina, lote de máquinas ou instalação. É representado como TMPR.

**Verificação** – Confirmação, por exames e fornecimento de evidência objetiva, do atendimento aos requisitos especificados (NBR ISSO 8402-1994). Conformação por outras provas de que os resultados estão de acordo com os índices especificados e as especificações foram atendidas.

**Vida Útil – (Useful Life)** – Período de vida onde o equipamento produz bens a um custo razoável e pode ser mantido em operação. Nesse período são efetuadas manutenções preventivas e corretivas. Ao final do período de vida útil, independente do que se tenha feito até então, existe, normalmente, um aumento de quebras e falhas no equipamento que fazem com que os custos de manutenção aumentem, a disponibilidade diminua e pode ser, às vezes, mais barato descartar a máquina e substituí-la por uma outra de igual tecnologia ou de tecnologia mais recente. Em certas circunstâncias, o fim de vida útil confunde-se com o fim da

---

vida econômica, ou por causa de um custo operacional que não justifique manter a máquina em operação e, às vezes, devido ao aparecimento de novas tecnologias que tornam inviável manter a máquina em operação.

**VO – (Visual Objects)** – Linguagem de programação da Computer Associates International.

**Web** – É o serviço mais popular disponível na Internet. Embora a rede já exista há vários anos, a Web foi a responsável pela sua recente popularização e crescimento, a ponto de ser confundida com a própria Internet. Essa popularidade vem de sua interface gráfica, adequada para o intercâmbio de documentos multimídia, a facilidade com que esses documentos podem ser criados, a possibilidade de inserir hyperlinks – palavras-chave representativas do tema desenvolvido que, quando clicadas, abrem esse outro documento para o usuário.

**Win 32** – Barramento de comunicação entre a memória e a CPU em que o Windows trabalha.