



**SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

GMI – 06  
16 a 21 Outubro de 2005  
Curitiba - Paraná

**GRUPO XII  
GRUPO DE ESTUDO DE E ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO EM INSTALAÇÕES  
ELÉTRICAS - GMI**

**REDUÇÃO DE FALHAS NA MANUTENÇÃO, COM FOCO NA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - TPM**

**José M. Machado Picanço \* José Mário de Mendonça Jessé Assunção Jorge Segtovick**  
**ELETRONORTE CTCM ELETRONORTE CTCM ELETRONORTE CTCM ELETRONORTE CTCM**

**RESUMO**

A Eletronorte especificamente a Diretoria de Operação adotou em 1998, como ferramenta de gestão nos processos de produção e apoio, a Manutenção Produtiva Total – (TPM), que é aplicável em todas as áreas da empresa, quer sejam de produção ou administrativas. Baseado nesse conceito apresenta uma solução integrada, desenvolvida pelas equipes de manutenção e operação da usina para identificar todas as perdas dos processos com objetivo de reduzir o número de falhas dos equipamentos e garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender o processo de produção com segurança e preservação do meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE**

Manutenção, Falha, Controle, Confiabilidade.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Há 20 anos a Usina Hidroelétrica de Tucuruí – é uma Unidade de Produção e Comercialização da ELETRONORTE, Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A. A usina está localizada no rio Tocantins no município de Tucuruí, a 350 quilômetros ao sul de Belém-PA. A energia gerada em Tucuruí é responsável por 87% do abastecimento do Estado do Pará, 99% do Estado do Maranhão e 65% do Estado do Tocantins. Com a interligação do sistema Norte e Nordeste, a usina passou a assumir um papel importante no intercâmbio de energia elétrica com as regiões Norte, Sul e Sudeste do País, aumentando a confiabilidade do sistema elétrico brasileiro.

A primeira etapa da usina dispõe hoje de 12 hidrogeradores principais com capacidade de 330 MW e duas unidades auxiliares de 20 MW, sendo que na primeira etapa a capacidade de geração instalada era de 4.245 MW. Com a expansão das obras de duplicação da segunda etapa estão em operação seis unidades de 375 MW. As 11 novas turbinas representam um salto na capacidade de geração de energia elétrica de 4.245 MW para 8.370 MW em 2006.

Com as novas exigências do mercado e reestruturação do setor elétrico brasileiro a Eletronorte resolveu implantar a metodologia TPM que é um conjunto de atividades das quais todos os trabalhadores da empresa foram solicitados a participar, principalmente as atividades efetuadas ao nível de produção. É uma metodologia que busca a eliminação contínua das falhas/quebras obtendo como resultado a evolução da estrutura empresarial por meio do aperfeiçoamento das pessoas, produtos e serviços. Para adequar o conhecimento das pessoas às novas tecnologias de máquinas e processos e melhorar cada vez mais a qualidade do produto energia elétrica, foi necessário adotar ações de melhorias alinhadas com as diretrizes empresariais, visando garantir a confiabilidade

\*Rodovia BR 422 Km 13, Canteiro de Obras - CEP 68.464-000 - Tucuruí - PA - BRASIL  
Tel.: (094) 3787-7230 - Fax: (094) 3787-7126 - e-mail: picanco@eln.gov.br

operacional dos equipamentos reduzindo ao máximo às falhas nos processos produtivos tornando os equipamentos e áreas de trabalhos mais seguros, evitando perdas de geração por indisponibilidade de máquina tendo como foco principal o atendimento aos clientes.

Para desenvolver os objetivos propostos pela TPM – Manutenção Produtiva Total houve a participação de todos, da alta cúpula até os mantenedores.

Como estratégia a metodologia estabelece um programa de 12 etapas, sendo 05 para preparação, 01 para início, 05 para implantação e 01 para aplicação contínua; conforme Figura 1.

Na Etapa de implantação definiu-se a criação de 09 Pilares; que são: Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada, Melhoria Específica, Manutenção da Qualidade, Melhoria nos Processos Administrativos, Gestão antecipada, Educação e Treinamento, Segurança e Saúde e Meio ambiente.

A divisão em pilares facilita identificar e gerenciar de maneira organizada as perdas existentes em cada processo existente na organização.

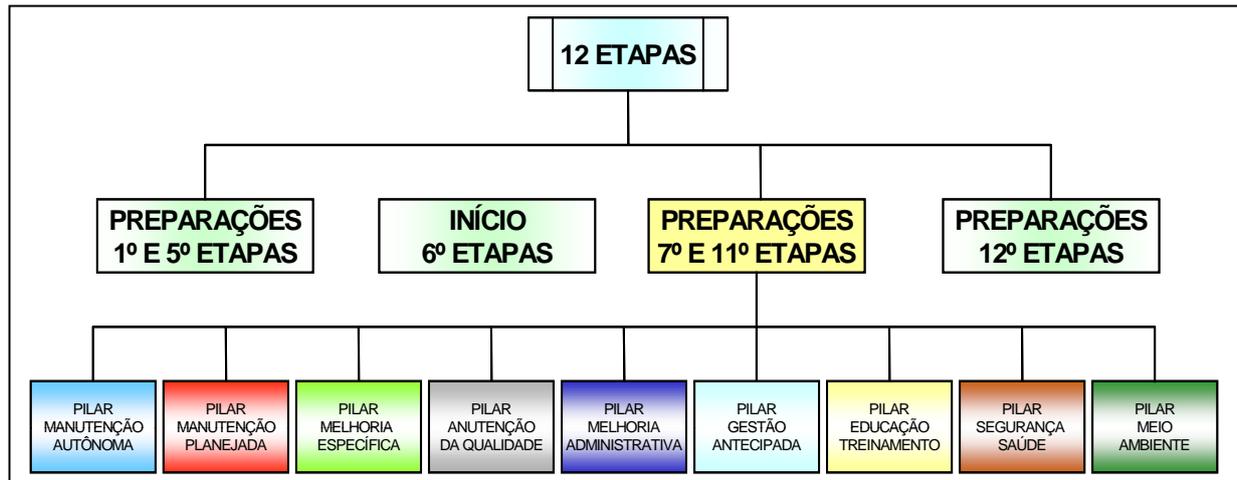


FIGURA 1- Estrutura das etapas de preparação e definição de pilares

## 2.0 - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PELOS PILARES

### 2.1- Manutenção Autônoma

Este pilar envolve e capacita os operadores a trabalhar em equipes multidisciplinar, conhecer e cuidar melhor dos equipamentos utilizando planos de inspeção e lubrificação.

Nas atividades de manutenção autônoma, os operadores assumiram responsabilidades sobre o equipamento com que trabalha, dentro do enfoque “Da minha máquina cuida eu” ou seja “Cada pessoa é responsável pela manutenção do equipamento que opera”. Para desempenhar com sucesso as atividades de manutenção autônoma os operadores foram capacitados para condução das novas habilidades exigidas pela função, com isso os operadores devem conseguir dominar tanto as operações quanto os procedimentos de manutenção dos equipamentos. Quanto mais automatizados forem os equipamentos ou operações, mais os operadores são exigidos em termos de capacidade para efetuar manutenção em equipamentos.

O requisito mais importante para um operador é desenvolver a capacidade de descobrir anomalias.

### 2.2- Manutenção Planejada

Tem como objetivo aumentar a eficiência dos equipamentos buscando a reduzir o número de falhas por meio de diversas técnicas que serão utilizadas pelos mantenedores como, por exemplo: Inspeção programada, manutenção preventiva e engenharia de manutenção.

Os técnicos treinam os operadores em atividades básicas de manutenção que antes eram desenvolvidas por eles, todo esse trabalho visa aumentar a confiabilidade dos equipamentos e reduzir os custos com a manutenção.

### 2.3- Melhoria Específica

Ajuda-nos a identificar as perdas mais influentes existente em cada área ou equipamento, possibilitando as equipes desenvolver e implantar melhorias para reduzi-las.

### 2.4- Manutenção da Qualidade

O objetivo deste pilar é reduzir até zerar o número de defeitos que afetam o consumidor. Essa redução é feita de duas maneiras, prevenindo e corrigindo os problemas. O grupo de trabalho analisa os defeitos e implanta um plano de ação para que os problemas não voltem a ocorrer. Para prevenir os defeitos o grupo faz o levantamento

dos pontos do equipamento que poderão gerar defeitos de qualidade, estes pontos são chamados de pontos "Q". Após os levantamentos destes pontos são implantados melhorias e controles para evitar novos defeitos.

#### 2.5- Melhorias Administrativas

É aplicação do TPM nos escritórios e começa com o 5S. Depois do ambiente limpo e organizado é necessário que em equipe, comecemos a estudar os processos, identificar seus problemas analisar as perdas e implantar melhorias e padronizar procedimentos com o objetivo de agilizar a velocidade das informações que subsidiam os processos de manutenção e apoio.

#### 2.6- Gestão Antecipada

Garante a melhor performance do equipamento adquirido, atuando na fase de especificação e projeto com o objetivo de torná-lo fácil de operar e com o mínimo de manutenção.

#### 2.7- Educação e Treinamento

Todo o trabalho de implantação de novas tecnologias exige mudança nas pessoas. Esta mudança depende de muito treinamento e educação básica. O pilar procura estruturar as ações de T&D para possibilitar o aumento do conhecimento e o desenvolvimento das habilidades dos colaboradores

#### 2.8- Segurança e Saúde

Trabalha principalmente a prevenção e conscientização das pessoas buscando alcançar o índice de acidente zero, são desenvolvidos campanhas e treinamentos, melhoria da gestão visual nas áreas de produção e administração com objetivo de se evitar acidentes. A empresa se preocupa também com a nossa saúde.

#### 2.9- Meio ambiente

A Eletronorte atua em todas as áreas em que ela opera, de acordo com a legislação ambiental, realiza melhorias contínuas para prevenção do meio ambiente por meio dos processos de gestão de resíduos, gestão ambiental e educação ambiental.

### 3.0 - ESTRUTURA DO PILAR E SISTEMA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA

A Divisão de Manutenção e Operação, composta de uma força de trabalho de 70 colaboradores, desses 09 foram indicados para compor uma equipe com objetivo de estudar a metodologia para disseminar aos integrantes os conceitos pertinentes ao Pilar de Manutenção Planejada para que todos juntos busquem a eliminação das falhas no processo produtivo. o planejamento constou as seguintes atividades desenvolvidas pelas equipes:

Reuniões semanais para direcionamento de ações

- Estudo da Metodologia TPM
- Disseminação da Metodologia TPM
- Definir nível de Falhas
- Classificar equipamentos A,B e C;
- Levantamento da situação atual;
- Aplicar e desenvolver as 06 medidas para zerar as falhas

O programa de manutenção planejada combina tão racionalmente quanto seja possível, a manutenção baseada no tempo (TBM), como a manutenção baseada na condição (CBM) e a manutenção de avarias (BM). A UHE Tucuruí utiliza atualmente os regimes de manutenção apresentados na Figura 2 abaixo.

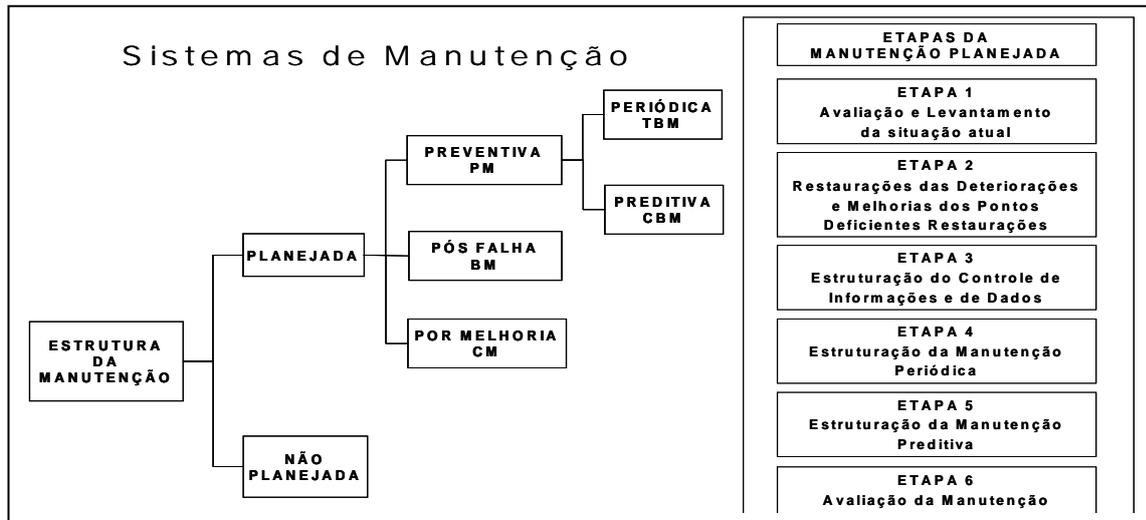


FIGURA 2 – Tipos de Manutenção

#### 4.0 - ETAPAS PRELIMINARES PARA REDUÇÃO DE FALHAS

##### 4.1 - Classificação dos Níveis de Falhas

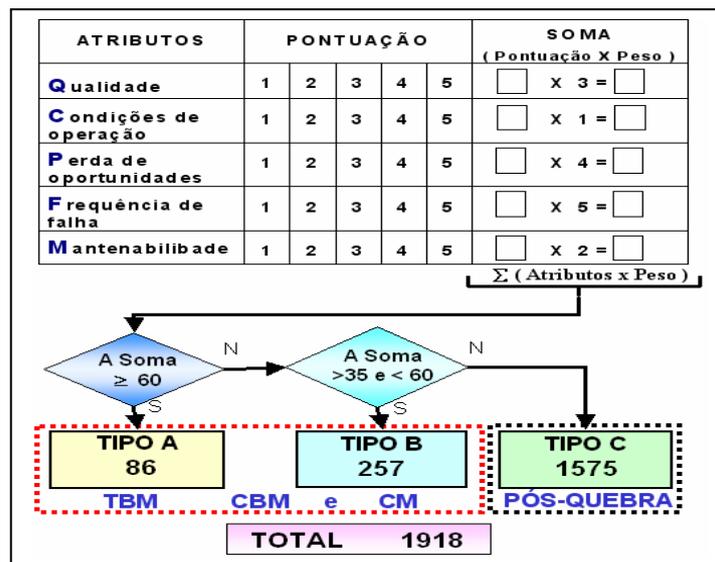
Quando falamos de falha entendemos como a parada total ou redução de função do equipamento. Para conseguir mais agilidade no processo de eliminação de falha tivemos de classificar por diferentes níveis como mostra a Tabela 1, sendo que a prioridade é dada a todas as falhas classificadas como grave, independente do tipo de equipamento conforme a classificação do item 4.2.

TABELA 1- Classificação dos níveis de falhas

<b>NÍVEIS DE FALHAS</b>	
<b>FALHAS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
GRAVE	Provoca indisponibilidade do equipamento ou sistema
MÉDIA	Provoca a limitação ou restrição do equipamento ou sistema
LEVE	Não afeta o funcionamento do equipamento ou sistema

##### 4.2 - Classificação dos Equipamentos A, B, e C.

Estabelecemos para classificação dos equipamentos os critérios de pontuação para avaliação esta definida em 05 atributos, contabilizando um total de 1918 equipamentos classificados em tipos A, B e C; conforme demonstra a Figura 3.



## 5.0 - ASPECTOS RELEVANTES PARA REDUÇÃO DE FALHAS

Para atingirmos nossos objetivos em reduzir 83% do número de falhas em 1998, classificamos os equipamentos em três tipos: A, B e C.

Definimos como prioridade os equipamentos tipo "A", e posteriormente os equipamentos tipo "B", com isso esperamos zerar as falhas recorrentes / semelhantes e potenciais, garantindo em 100% a execução do plano de manutenção, como também efetuarmos maior número de manutenção sem desligamento proporcionando aos mantenedores realizar inspeções ao nível de componentes para alcançarmos 100% da disponibilidade operacional a baixo custo até 2004, com o desenvolvimento das 06 medidas contra falhas descritas a seguir:

Estruturação das condições básicas;

Cumprimento das condições de utilização;

Restauração das Deteriorações;

Eliminação do ambiente dos elementos que provocam a deterioração forçada;

Aperfeiçoamento dos pontos fracos dos equipamentos;

Aperfeiçoamento do nível de capacitação da manutenção e da operação.

### 5.1- Estruturação das condições básicas

O Progresso das tecnologias tornou os equipamentos mais sofisticados e complexos, estimulando os operadores a desempenhar algumas atividades de manutenção de equipamentos. Para obter tais habilidades houve necessidade de um aprendizado das condições básicas de funcionamento junto com a manutenção e também na realização de pequenas tarefas como exemplo: Lubrificação, limpeza e inspeções que pode muitas vezes evitar ocorrência de problemas que levariam a falha.

Elaborando um plano de ação tendo como prioridade para os equipamentos tipo A, onde as equipes conseguiram identificar de 1998 a 2001 59.852 anormalidades.

### 5.2 - Cumprimento das condições de utilização.

Diante das análises realizadas nos registros de nossas ocorrências, mostrou a necessidade de uma racionalização dos nossos processos de manutenção (PMP-Programa de Manutenção Planejada). Esta mudança de estratégia de manutenção provocou um processo único para toda empresa, já direcionando atividades tanto para manutenção como para operação sempre voltadas para evitar falhas no processo de manutenção e operação; ver Figura 4.

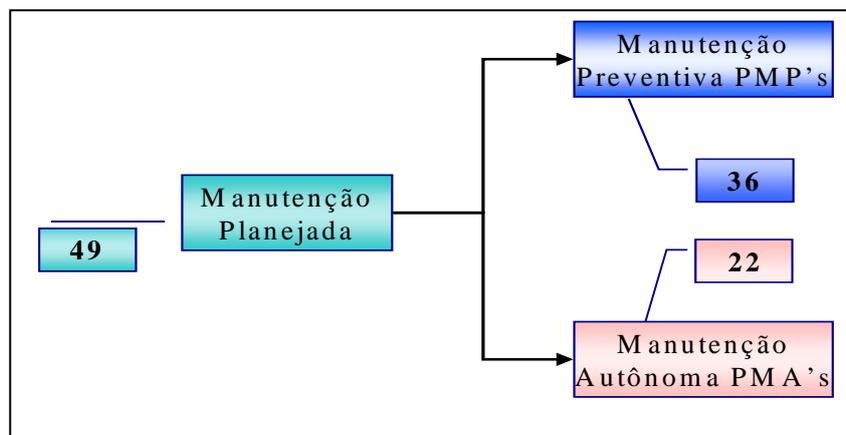


FIGURA 4 – Padronização dos planos de manutenção

### 5.3 - Restauração das deteriorações

Quanto à restauração das anormalidades são realizadas em duas partes:

- Atividades realizadas pela Operação
- Atividades realizadas pela Manutenção, ambas buscam o cumprimento das condições básicas, eliminação de difícil acesso, aplicação de melhorias para eliminação de pontos deficientes, prolongamento da vida útil e redução de falhas no processo, medidas contra reincidências de falhas graves e prevenção de problemas semelhantes. Das 91.458 anormalidades encontradas 90.785 foram solucionadas totalizando 99,26% até 2001

### 5.4 - Eliminação do ambiente dos elementos que provocam a deterioração forçada:

Nessa fase identificam-se os ambientes sujeitos a provocarem perdas de função do equipamento, bem como locais de difícil acesso para inspeção e manutenção dos equipamentos, fatores como fontes de sujeira, vazamentos de líquidos e gases interferem no funcionamento dos equipamentos interrompendo o processo, a

exemplo apresentamos uma das melhorias implantadas na eliminação de locais de difícil acesso. (Figuras 5 - Antes e Figura 6 -Depois)



FIGURA 5 - Antes



FIGURA 6 - Depois

#### 5.5 - Aperfeiçoamento dos pontos fracos dos equipamentos

O aperfeiçoamento dos pontos fracos nada mais é que melhorias relacionando tanto para equipamentos, para meio ambiente e segurança.

Essas melhorias visam reduzir falhas, risco de acidentes, proporcionando o funcionamento dos equipamentos com alto rendimento com prolongamento da vida útil dos seus componentes.

#### 5.6 - Aperfeiçoamento do nível de capacitação das Equipes de manutenção e Operação

Nesta fase os processos de manutenção e operação são avaliados sofrendo as devidas alterações nos seus itens de inspeção dos PMP e PMA, entre tanto os equipamentos sofrem um tratamento onde são fortalecidos os controles visuais, indicação de fluxo, faixa de ajuste dos instrumentos, indicação de abertura e fechamento de válvulas e as melhorias nos métodos de manutenção e análise de reincidência das falhas conforme rotina estabelecida pelo fluxograma da Figura 7.

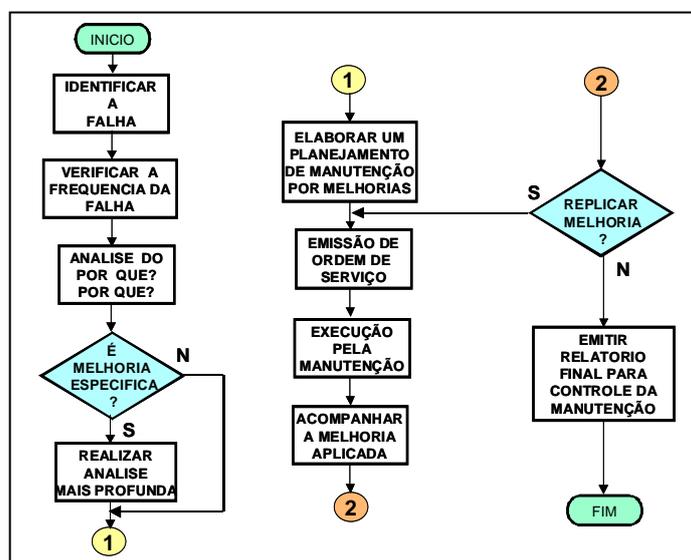


FIGURA 7- Rotina para análise de falhas

#### 6.0 - VALORIZAÇÃO DAS PESSOAS

A equipe foi formada por colaboradores das diversas áreas da manutenção; Mecânica, Elétrica e Auxiliar, pessoas essas que possuíam a cultura de somente executarem suas atividades. Com o desenvolvimento das pesquisas de levantamento das ocorrências por equipamentos, como essas ocorrências eram analisadas por todos e tinha que

obedecer a uma classificação, possibilitou a todos absorverem novos conhecimentos técnicos, de controle e de avaliação.

Durante o desenvolvimento dessas atividades houve necessidade aprimoramento de conhecimentos de informática, de gestão de processos, de ferramentas para análise, intercâmbios de informações, de padronizações e visitas técnicas, onde todos esses atributos foram de grande motivação para continuidade no processo de gestão da manutenção onde a redução do número de falhas é apenas um item do processo como um todo.

## 7.0 - APRENDIZADO

O processo de manutenção na CTC tinha como objetiva simplesmente a realização de tarefas sem acompanhamento específico devido ao grande número de inspeções e serviços para correção. Com a implementação da metodologia TPM a equipe começou a trabalhar com uma política mais clara de manutenção onde o objetivo básico é conseguir resultados excelentes, com isso a equipe cresceu pessoalmente e profissionalmente, tornando-se mais confiante para enfrentar novos desafios.

A visão da equipe evoluiu muito, antes ela se procurava apenas em corrigir as falhas, hoje ela se preocupa em identificar a verdadeira causa dos problemas para não haja reincidência, como também as causas potenciais fortalecendo o trabalho de prevenção.

Com as melhorias realizadas a equipe conseguiu novas condições de trabalho com a redução dos tempos e eliminação de atividades que não agregavam valores ao processo. É importante ressaltar, ainda, os ganhos intangíveis adquiridos com esta experiência, o clima e o envolvimento dos colaboradores foram crescendo à medida que avançávamos em nossos trabalhos.

## 8.0 - CONCLUSÃO

Nesse trabalho procuramos apresentar o modelo de mudança na gestão da manutenção proporcionada pela metodologia TPM.

A quebra de paradigmas estabelecidos pelo novo modelo levou a nossa equipes de manutenção e operação num esforço conjunto a encarar e superar os novos desafios apresentados principalmente com a reestruturação do setor Elétrico Brasileiro, Engenheiros, Técnicos Operadores e Gerentes participaram ativamente desse processo, contribuindo para melhoria e confiabilidade das nossas instalações. Com as melhorias implantadas garantimos maior confiabilidade e disponibilidade dos nossos equipamentos, reduzindo perdas com o custo operacional da Usina.

## 9.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Rogério Glaser Prado JIPM=IMC Nº 82– Curso de Multiplicadores de TPM – São Paulo –SP-1999.
- (2) Antonio José de Freitas Neto JIPM+IMC Nº 607 – Seminário de manutenção Planejada São Paulo 2000
- (3) Yassuo Imai – Instrutor JIPM Nº 40 – Workshop Árvore de perdas – Cuiabá – MS – 1999.
- (4) Book TPM In Process Industries – Edited by Tokutaro Suzuki - JIPM
- (5) Cartilhas TPM - Eletronorte.