

Critérios práticos para aumentar a confiabilidade de um Sistema Produtor de Água

JANKEL LEBESCH FUKS (1)
WAGNER BELLINI (2)
JOSÉ CARLOS RAMOS (3)

1. INTRODUÇÃO

A confiabilidade de um Sistema Produtor de Água é definida como a probabilidade de que o Sistema tenha desempenho satisfatório, durante o período de tempo desejado e sob condições especificadas.

Nesta definição aparecem três aspectos importantes: a probabilidade, o desempenho e as condições de operação.

O cálculo de probabilidade é o tratamento matemático do problema. É um tratamento difícil e exige uma definição dos vários parâmetros e critérios de operação. Estes critérios devem ser transformados em parâmetros para depois serem equacionados.

O desempenho é medido pela taxa de perda de produção ou taxa de defeitos nos equipamentos e está diretamente vinculado à política de manutenção adotada.

As condições de operação refletem a política de Operação do Sistema e dos seus equipamentos.

O objetivo do presente trabalho é o de mostrar critérios práticos de atuar sobre o desempenho dos equipamentos e as condições de operação através de políticas de trabalho com as equipes de operação e manutenção. Serão analisados os programas desenvolvidos junto às equipes de operação e manutenção, cujo principal objetivo é o de preparar o elemento humano e dirigir todos os esforços para elevar e manter elevada a confiabilidade do Sistema.

2. POLÍTICA DE TRABALHO

Considerando-se que o Sistema Empresa é constituído de vários sub-sistemas, é necessário que o sub-sistema tenha a sua política de trabalho concordante com as diretrizes da Empresa.

O Sistema Cantareira de Água Bruta, é um dos sub-sistemas que compõe a SABESP, e como tal, tem o seu objetivo e sua política de trabalho baseados numa diretriz central.

A Empresa, como um todo, tem a seguinte diretriz: "Fornecer o melhor serviço possível de Saneamento Básico, para a população de São Paulo, com a maior confiabilidade possível, ao menor custo, e máxima segurança dos seus funcionários".

Nesta definição, estão envolvidos 3 parâmetros importantes:

a) Melhor serviço possível

Para a Empresa, isto significa um serviço voltado para o consumidor, ou seja, os serviços prestados devem ser de tal nível que o consumidor se sinta satisfeito, que ele sinta que o dinheiro que paga pelo serviço de saneamento, é um dinheiro bem pago.

b) Confiabilidade

Para a Empresa, confiabilidade significa garantia de fornecimento do serviço.

Naturalmente, a garantia de fornecimento tem o seu custo, conforme a curva da Fig. 1.

A curva de "custo da garantia" depende da complexidade do sub-sistema; cada sub-sistema possui a sua curva de "custo da garantia".

Além do aspecto de garantia de fornecimento, que é função da confiabilidade do sistema, existe ainda uma outra componente que é função desta variável: o custo da perda de produção, cuja variação está representada na Fig. 2.

No caso SABESP, esta curva de custo envolve ainda uma componente de "custo da perda de Imagem da Empresa". Esta curva também depende da importância do sistema em questão e seus reflexos em termos sociais e políticos.

(1) Engenheiro, Chefe da Divisão de Produção de Água Bruta do Sistema Cantareira, Diretoria de Operação da Região Metropolitana - SABESP.

(2) Encarregado de Operação da Estação Elevatória Santa Inês, do Sistema Cantareira - Diretoria de Operação da Região Metropolitana - SABESP.

(3) Encarregado Geral de Manutenção do Sistema Cantareira.

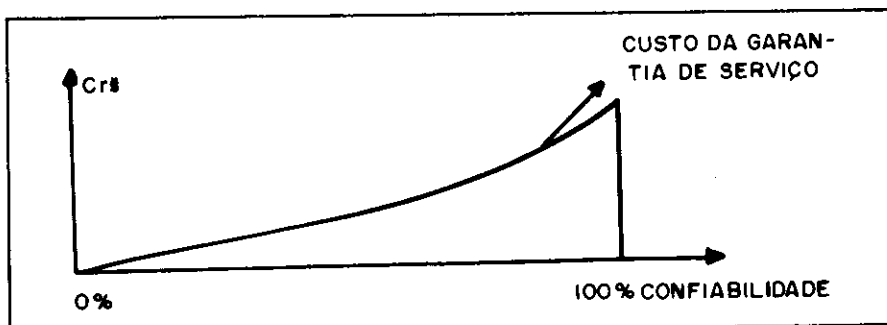


FIG. 1 – Curva de “Custo da Garantia”.

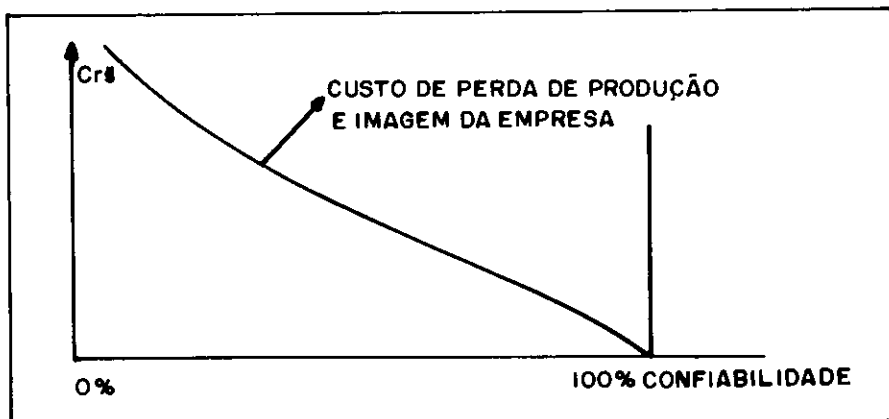


FIG. 2 – Curva de “Custo da Perda de Produção e Imagem da Empresa”.

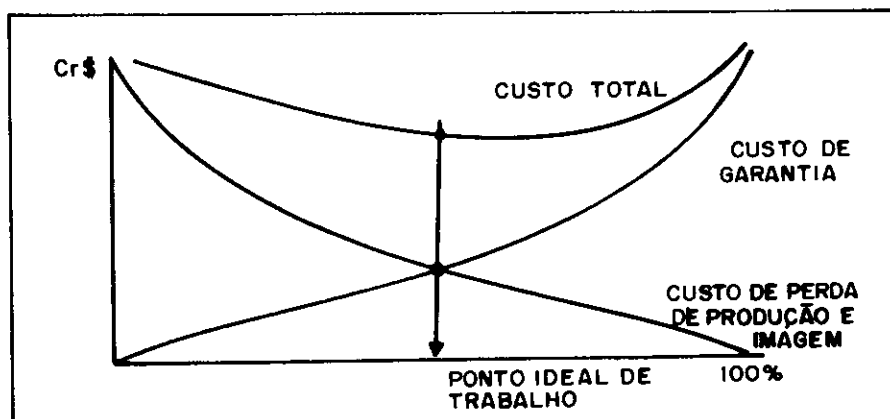


FIG. 3

Desta forma, a Empresa deve operar num ponto tal que o custo total seja mínimo (Fig. 3).

Para fins de raciocínio, vamos considerar o Sistema Cantareira com uma confiabilidade de 90%. Isto significa que em 365 dias do ano, só serão atendidos 90% de 365 ou seja, $0,90 \times 365 = 328,5$ dias.

A perda de produção será:

$$365 - 328,5 = 36,5 \text{ dias}$$

Tempo perdido:

$$36,5 \times 24 \times 3.600 = 3.153.600 \text{ seg.}$$

Volume perdido:

$$33 \text{ m}^3/\text{seg} \times 3.153.600 \text{ seg.} = 1,04 \times 10^8 \text{ m}^3$$

Recurso perdido:

$$1,04 \times 10^8 \text{ m}^3 \times \text{Cr\$ } 11,19/\text{m}^3 = \text{Cr\$ } 1,16 \times 10^9$$

Portanto, com 90% de confiabili-

dade no sistema, perder-se-á 1,16 bilhões de cruzeiros por ano.

c) Máxima segurança dos funcionários

Para a Empresa, máxima segurança significa um índice baixo de acidentes de trabalho e, portanto, um número reduzido de dias perdidos por acidente.

Outro aspecto de segurança dos funcionários é o aspecto emocional, onde a Empresa cria um ambiente em que os funcionários se sintam seguros, onde se evitem os jogos psicológicos que são um câncer na Empresa, desviando os esforços para brigas internas, rivalidades, etc.

Uma vez analisada a política básica da Empresa, cabe agora aos Sistemas transformarem esta política em uma realidade a nível operacional,

ou seja, uma vez estabelecida a filosofia, definir o que e como fazer.

Assim sendo, o Sistema Cantareira de Água Bruta estabeleceu a seguinte meta: Operar, manter e conservar o Sistema Cantareira de Água Bruta, a plena carga, $33 \text{ m}^3/\text{s}$, com confiabilidade de 99,9%, ao menor custo e máxima segurança.

Para se atingir tal meta, baseou-se na seguinte filosofia (Teoria Y, de MacGregor): “Toda a equipe quer atingir os objetivos propostos. Os funcionários são capazes de fazê-lo, tem capacidade para tal. Todos os elementos da equipe devem ser tratados, acima de tudo, como gente, que tem necessidades, e que gosta de estruturar o seu tempo, na Empresa, em atividades produtivas”.

Acreditamos que o difícil não é estabelecer a filosofia de trabalho, mas o difícil é se comportar da forma adequada com a filosofia.

Deve-se deixar de lado a parte emocional, ou sempre que se sentir emoções (raiva, ressentimento, frustração, etc) analisá-las e verificar o por que de tal emoção; note-se que tais emoções podem facilmente comprometer toda a filosofia implantada: diz-se que todo mundo é honesto e a chefia comporta-se como se todo mundo fosse desonesto.

Podemos afirmar que os resultados da filosofia implantada, foram ótimos nos seguintes aspectos:

- maior espírito de equipe;
- maior cooperação entre as equipes;
- maior desejo de melhorar o nível dos trabalhos, o nível intelectual (90% dos funcionários voltaram a estudar novamente);
- melhor facilidade de relacionamento em todos os níveis;
- melhor compreensão dos problemas da Empresa.

3. PROGRAMAS DE TRABALHO

Para se aplicar esta filosofia, na prática, foram realizados os seguintes trabalhos:

- Programa Apolo
Descrição da função e do cargo das chefias ligadas à Divisão. Os cargos foram exaustivamente discutidos com todas as chefias e encarregados, simultaneamente.
- Reuniões interdisciplinares
Cada elemento estuda um assunto de sua área e o expõe aos demais.
- Reuniões de integração
Trimestralmente cada elemento faz um balanço de suas atividades para o grupo todo.
- Reuniões de avaliação
A chefia da área apresenta uma ava-

liação de desempenho dos elementos e discute a "saúde" da Divisão.

- **Visitas técnicas**
Várias visitas a outras Empresas, em busca de novos métodos de trabalho.
- **Reuniões Diagnóstico**
Estas reuniões são feitas quando ocorre alguma falha (acidente, erro de manobra, quebra de equipamento, etc) com o objetivo de corrigir a falha, e não castigar o erro. Os resultados práticos desta forma de trabalho foram:
 - a confiabilidade atingiu 98%;
 - em 1980 ocorreu um único acidente de trabalho;
 - em 99 ligamentos das moto-bombas principais (11 m³/seg) ocorreram 5 falhas nos primeiros 6 meses de 1981.

4. OPERAÇÃO

4.1. FILOSOFIA DE TRABALHO

A função da equipe de operação é operar o Sistema a nível de projeto, isto é, dentro das normas básicas para qual o Sistema foi projetado; é fundamental que haja um perfeito entrosamento entre os homens da Operação e os equipamentos que eles operam, para que o sistema seja operado com alta confiabilidade. Para tanto devem ter conhecimento profundo para poderem decidir em qualquer situação no Sistema.

A filosofia de operação que se implantou é que o operador não é um mero "Apertador de Botões", porém um homem integrado dentro de uma estrutura de operação que visa o seu perfeito relacionamento com os equipamentos que operará. Para atender os objetivos do Sistema e da Empresa com um grau máximo de confiabilidade.

Notamos que estes objetivos estão sendo atingidos através de um vasto programa que foi implantado em 1978 e que vem sendo aprimorado dia a dia; esse programa pode ser agrupado em dois grupos que são: atividades de desenvolvimento e atividades de treinamento. Tudo isso dividido em três etapas, ou seja: a primeira etapa de apresentação do Sistema ao funcionário, a qual podemos usar como analogia um carro, onde o motorista primeiro é instruído como conduzi-lo, isto é, só se fornece as informações estritamente necessárias para que eles possam operar o Sistema, e mantê-lo na estrada.

A segunda etapa é a de conhecimento do Sistema, onde o funcionário começa a se integrar no Sistema,

isto é, começa a receber as informações sobre os equipamentos do Sistema, para conhecê-lo mais a fundo, isto é, seu princípio de funcionamento, seus componentes, e sua função no Sistema.

Acreditamos que no Sistema Cantareira essas duas etapas já foram vencidas, estamos partindo para a terceira etapa, onde além dos conhecimentos de operação dos equipamentos, e de seus componentes, vamos preparar os operadores para pequenas manutenções; essa fase para ser melhor compreendida, pode-se fazer uma analogia com os paramédicos, cuja função básica é manter o doente vivo até a chegada do médico; no nosso caso a equipe de operação, em situações de emergência deverá estar preparada para manter a produção até a chegada da equipe de manutenção, que fará o reparo definitivo. Ou terá todo o diagnóstico para reparar os danos.

4.2. ATIVIDADE DE DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do pessoal operacional foi planejado de modo que a Empresa participa com o desenvolvimento técnico profissional é os operadores com o desenvolvimento básico cultural, que é a complementação dos estudos escolares, de primeiro e segundo graus.

Em 1978 quando iniciamos o nosso plano de desenvolvimento apenas 7% da equipe de operação possuía o 2º grau e os outros 93% da equipe possuía 1º grau incompleto, e hoje após 3 anos de atividades 19,5% do pessoal já possui o 2º grau completo e 46,5% está cursando o 2º grau e 25% está cursando o 1º grau, sendo que apenas 9% da equipe não voltou a estudar.

Com essa participação conjunta fo-

ram desenvolvidas várias atividades, como por exemplo:

- **Simulação de defeitos:** nesta fase foram cadastrados 124 defeitos, os quais foram codificados e analisados um a um para o levantamento das causas prováveis e das medidas corretivas a serem adotadas. Isto tem facilitado o reestabelecimento do Sistema, pois quando ocorre um defeito pensou-se antes na solução.
- **Manuais de operação** foram elaborados numa linguagem acessível ao operador, com o máximo de informações e alto grau de detalhamento. Outro ponto importante é que dividimos o Sistema em vários sub-sistemas ficando assim mais fácil a assimilação por parte do pessoal da operação.
- **Análise de Sistema:** esse trabalho teve grande importância, pois quando as equipes fazem as análises, eles descrevem todo o sistema e todo os equipamentos do sistema, esclarecem todas as dúvidas, e sugerem modificações aprimorando o Sistema.

4.3. ATIVIDADES DE TREINAMENTO

Na dinâmica de treinamento adotada treinamos os supervisores das equipes, e estes treinam os seus subordinados, isso facilita o treinamento e afirma a posição do supervisor como Líder.

Os cursos foram preparados em módulos, cada módulo com carga horária de 15 horas, em 5 reuniões de 3 horas cada; isto facilitou o treinamento, pois não foi necessário alterar o horário das equipes para participarem do treinamento.

No Sistema Cantareira, foi desenvolvido programa de treinamento para os operadores da Elevatória Santa Inês, conforme indica o Quadro 1.

	CURSO	PERÍODO	Nº de turmas	Carga horária	Nº Treinamentos
01	Formação de instrutores	12/07 à 16/07/78	01	15	08
02	Operação de subestação	29/01 à 30/03/79	04	30	31
03	Sistemas Hidráulicos Auxiliares	27/08 à 26/10/79	04	30	34
04	Eletricidade Básica	12/11 à 11/03/80	04	60	40
05	Geradores e Motores	11/02 à 25/04/80	05	15	38
06	Circuito de Comando	24/03 à 11/06/80	05	15	33
07	Hidrologia	05/05 à 11/07/80	05	20	27
08	Operação de Moto Bombas	14/07 à 05/09/80	04	30	29
09	Instrumentação da ESI	22/09 à 19/12/80	05	45	29
10	Operação de Comportas	26/01 à 20/02/81	04	15	40
11	Operação de Barragem de Terra	09/03 à 15/05/81	04	30	29
12	Operação do Sistema Fixo de CO2	18/05 à 27/06/81	04	15	40
13	Operação de Subestação (reciclagem)	05/01 à 16/01/81	01	30	10

QUADRO 1

Com essa filosofia, programamos os seguintes cursos para o 2º grau semestre de 1981.

- Princípios de Eletrônica (semi-condutores);
- Interpretação de Desenho Mecânico;
- Excitatriz Estática e Retificadores;
- Bombas (componentes e princípio de funcionamento);
- Sincronizador Automático do Motor de 20.000 HP;
- Lubrificantes;
- Regulador Automático do Fator de Potência.

5. MANUTENÇÃO

5.1. FILOSOFIA DE TRABALHO

A atribuição básica da manutenção é manter os equipamentos em condições operacionais e a nível de projeto, dentro dos padrões de confiabilidade estabelecidos pelo sistema. Para que estes objetivos sejam atingidos, a manutenção necessita ser eficaz em prevenir que os equipamentos sofram avarias, porém, se avariados sejam o mais rápido possível recolocados à disposição da operação.

Na prevenção contra avarias é de fundamental importância a existência de um plano de manutenção preventiva, que abranja todos os equipamentos que possam afetar de modo direto ou indireto a produção ou que representem risco às demais instalações.

Para minimizar as perdas com paralizações por avarias, são necessárias entre outras coisas:

- a) equipe treinada para situações de emergência (técnica e psicologicamente);
- b) peças sobressalentes para reposição;
- c) ferramentas e equipamentos de manutenção adequados;
- d) documentação técnica atualizada e acessível, etc.

Em se tratando de manutenção, é praticamente impossível estabelecer-se comportamentos padrões a serem seguidos pela equipe, tendo em vista que as situações criadas podem ser as mais diversas possíveis, diferente do que ocorre por exemplo em um sistema de produção em série onde até os movimentos manuais podem ser previstos e padronizados. Isto nos leva a considerar que a qualidade da manutenção depende muito mais do elemento humano do que dos recursos tecnológicos que estão à sua disposição. De nada adianta entregar a uma equipe de manutenção ferramentas sofisticadas e equipamentos modernos e tecnologicamente avançados, se esta equipe não estiver preparada para tal. O que aconteceria, sem dúvida é que a defasagem entre o desenvolvimento tecnológico das máquinas e da mão de obra, faria com que a confiabilidade do sistema decrescesse como consequência de sua degradação sistemática e contínua, situação que pode ser facilmente caracterizada ao verificarmos, por exemplo, se os equipamentos estão ou não operando dentro das condições previstas em projeto.

Diante disto, temos orientado nossas atividades para o desenvolvimento da qualidade da mão de obra da equipe de manutenção, através de providências que proporcionem um ambiente catalizador de criatividade, que abranja toda a equipe, do ajudante ao técnico, dando a todos condições de contribuir intelectualmente na solução dos mais variados problemas e na geração de idéias que uma vez adotadas e implantadas possam aumentar a confiabilidade do sistema.

5.2. ATIVIDADES DE DESENVOLVIMENTO

Não podemos pensar em desenvolvimento da qualidade de mão de obra sem antes pensarmos no desenvolvimento da qualidade de vida profissional do funcionário. Entendemos como qualidade de vida profissional, a adequação entre o ambiente físico-social e a condição de "seres humanos" dos membros de uma equipe; é a partir desta adequação que as potencialidades profissionais, individuais e grupais, encontrarão os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento.

No sistema Produtor Cantareira, temos implantado programas de desenvolvimento norteados por esta filosofia e os resultados obtidos confirmam que estamos na direção certa.

Os principais programas implantados são os seguintes:

a) Programa "Bem Estar"

De duração permanente, tem como meta principal diagnosticar as agressividades do meio ambiente e implantar soluções que o adaptem ao homem. Dentre os problemas diagnosticados e solucionados podemos citar, à título de exemplo.

- Problema: Temperatura ambiente excessivamente alta nas oficinas.
- Causa: Teto e paredes construídos com materiais de boa condutibilidade térmica.

- Solução adotada: Instalação de sistema de irrigação no teto.

b) Programa de Avaliação

Objetiva através da avaliação do desempenho da equipe, medir o seu grau de desenvolvimento. São avaliados os seguintes parâmetros.

- Capacidade de colaboração.
- Capacidade técnica.
- Decisão.
- Delegação de atribuições.
- Capacidade administrativa.
- Determinação e direção.
- Diagnóstico de situações.
- Eficácia.
- Eficiência.

Estas avaliações são efetuadas trimestralmente, e sua grande vantagem é a de permitir a sistematização na forma de abordar os aspectos decorrentes do relacionamento profissional entre chefia e subordinados.

5.3. TREINAMENTO

Além de participarem dos cursos do programa de treinamento integrado desenvolvido pela "Operação", estamos elaborando o programa de treinamento específico que deverá constar de cursos técnicos de especialização. Uma outra modalidade de treinamento que estamos desenvolvendo com resultados satisfatórios, é a realização de reuniões periódicas com participação de toda equipe de uma determinada especialidade, com o objetivo de estudar em grupo, um determinado sistema e/ou equipamento: estas reuniões obedecem ao seguinte roteiro.

- Descrição dos componentes do sistema e/ou equipamento.
- Discussão sobre o funcionamento dos componentes.
- Discussão sobre o funcionamento de todo sistema e/ou equipamento.
- Elaboração do manual de manutenção preventiva.
- Levantamento das necessidades de treinamento da equipe para o perfeito conhecimento do sistema e/ou equipamento estudado.
- Elaboração da lista de sobressalentes.
- Observação: Distribui-se aos participantes, com antecedência mínima de 15 dias, desenhos, manuais, etc, a fim de que eles possam se familiarizar com o assunto a ser discutido.

TRIMESTRE	TOTAL EM HOMEM X HORA		RELAÇÃO
	PREVENTIVA	CORRETIVA	
1º trimestre/80	1.319,32	1.461,78	1,1
2º trimestre/80	1.766,42	709,19	0,40
3º trimestre/80	2.633,32	369,37	0,14
4º trimestre/80	3.400,18	550,12	0,16
1º trimestre/81	3.559,89	344,81	0,09

QUADRO 2

5.4. RESULTADOS

Dentre os indicadores que quantificam a eficácia desta filosofia de trabalho, podemos citar:

- a) Relação entre o total de homens x hora utilizados com manutenção preventiva e corretiva (Quadro 2).

Como pode ser visto acima, no 1º trimestre/80 esta relação era 1,1, isto significa que para cada homem x hora utilizado em preventiva, eram utilizados 1,1 homem x hora em corretiva, e no 1º trimestre/81 esta relação caiu para 0,09.

- b) Índice de Ocupação de Mão de Obra (I)

Este índice foi estabelecido para medirmos a efetiva ocupação da mão de obra disponível, é calculado pela seguinte fórmula:

$$I_o = \frac{\sum \text{homens x horas trabalhadas}}{\sum \text{homens x horas disponíveis}} \times 100$$

Parte dos serviços de manutenção podem ser programados (preventiva), porém uma outra parte (corretiva)

foge a qualquer possibilidade de programação, visto ocorrerem aleatoriamente, podendo porém ser previstos em homens x horas através de acompanhamento estatístico; em decorrência disto se não equacionarmos a mão de obra disponível, à demanda de manutenção preventiva e corretiva, certamente a utilização desta mão de obra será improdutivo. Isto pode ser mais facilmente entendido se raciocinarmos da seguinte maneira: caso se programe para a equipe de manutenção, serviços de preventiva que absorva toda mão de obra disponível, certamente a preventiva será afetada, pois na ocorrência de corretivas a preventiva será interrompida; se por outro lado se programe manutenção preventiva, deixando-se folga excessiva de mão de obra para atendimento das corretivas, a diferença entre a folga deixada e a manutenção corretiva ocorrida será certamente transformada em Mão de Obra ociosa.

Atualmente o nosso "Índice de Ocupação de Mão de Obra" está em torno de 93,0%.

- c) Relação entre o quadro de pessoal da equipe de manutenção e vazão média (m³/s) de água bruta produzida pelo sistema.

Ano	Vazão Média (m ³ /s)
1974	1,943
1975	3,458
1976	5,528
1977	8,521
1978	10,865
1979	12,903
1980	14,574

QUADRO 3

O quadro atual de funcionários da manutenção é de 26 pessoas. Esta quantidade é a mesma, desde a inauguração do Sistema (Dez/73), porém a produção do sistema vem aumentando ano a ano como pode ser visto no Quadro 3.

É evidente que com o aumento da produção do sistema, a demanda de manutenção preventiva e corretiva também aumentou, porém, foi possível manter o mesmo quadro de pessoal ao longo destes anos.

Todos estes resultados foram obtidos como consequência do seguinte:

- Aumento da produtividade.
- Elevação do nível técnico da equipe.
- Melhora no ambiente de trabalho.
- Criação de clima propício ao desenvolvimento da criatividade individual e grupal.
- Melhora na qualidade de mão de obra.
- Ajustes eficazes no planejamento da manutenção preventiva.
- Com o aumento de nível dos operadores e da equipe de manutenção, muitos "sintomas" apresentados pelos equipamentos foram diagnosticados e corrigidos antes que o mesmo sofresse colapso.