

CAUÊ FONSECA E CENSI

**SISTEMA INFORMATIZADO DE MEDIÇÃO DE TEMPOS DE  
MANUTENÇÃO – ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA  
PETROQUÍMICA**

São Paulo  
2009

CAUÊ FONSECA E CENSI

**SISTEMA INFORMATIZADO DE MEDIÇÃO DE TEMPOS DE  
MANUTENÇÃO – ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA  
PETROQUÍMICA**

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo para obtenção do certificado de  
Especialista em Engenharia e Gestão  
de Manufatura e Manutenção. MBA-  
USP

Orientador:  
Prof. Dr. Gilberto F. M. de Souza

São Paulo  
2009

MBA/GOMSI  
C3325

DEDALUS - Acervo - EPMN



31600014195

**FICHA CATALOGRÁFICA**

1821393

**Censi, Cauê Fonseca e**  
**Sistema informatizado de medição de tempos de manuten -**  
**ção / C.F. e Censi. -- São Paulo, 2009.**  
**58 p.**

**Monografia (MBA em Engenharia e Gestão de Manufatura e**  
**Manutenção) -- Escola Politécnica da Universidade de São**  
**Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.**

**1. Manutenção produtiva total 2. Controle da qualidade**  
**I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de**  
**Educação Continuada em Engenharia II. t.**

## DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à empresa estudada, aos amigos e colegas de trabalho. À família e à Luara Spinola pela dedicação e apoio. Ao Dr. Gilberto F.M. de Souza pela orientação deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que nos deu a possibilidade de viver, bem como a capacidade de nos desenvolver.

À minha namorada Luara Spinola que me apoiou e auxiliou em diversos momentos durante a realização deste trabalho e sempre esteve ao meu lado.

Aos meus pais Evaristo Censi e Maria de Lourdes da Fonseca e Censi, pela formação, instrução e por me motivar a alcançar meus objetivos e sonhos.

Aos meus colegas de trabalho Lucio Mario dos Santos, Ricardo Marques, Antônio Carlos Hupsel, José Roberto Gomes, Anderson Nunes e Alex Pereira, que contribuíram para o desenvolvimento deste projeto.

Ao amigo Prof. Dr. Gilberto F. M. de Souza, pelo incentivo e orientação.

## RESUMO

Em um mercado globalizado e cada vez mais competitivo o setor de manutenção das organizações deve trabalhar visando aprimorar seus processos de forma gradativa e contínua para obter melhorias no desempenho em relação à disponibilidade operacional, aumento da produtividade dos recursos humanos e da relação entre custo-benefício dos investimentos. A gestão de manutenção moderna exige que os profissionais conheçam bem os ativos a serem mantidos, seus modos e efeitos de falhas e os recursos necessários para prevenir ou corrigir estas falhas. Este conhecimento proporciona condições para que seja realizado um planejamento adequado das atividades de manutenção otimizando os recursos e minimizando ou eliminando os desperdícios.

Este trabalho objetiva estudar as alternativas de implantação de um sistema de medição de tempos de manutenção (TMEF: Tempo médio entre falhas e TMPR: Tempo médio para reparar) através de um estudo de caso realizado em uma indústria do ramo petroquímico onde se implantou um sistema de coleta e análise de dados através da tecnologia de *RFID (Radio Frequency Identification)*. O objetivo deste sistema é armazenar e tratar os dados coletados durante as atividades de manutenção fornecendo informações confiáveis para auxiliar os gestores desta área a tomar decisões que visam principalmente a redução de custos com trabalhos realizados em horários extraordinários e o aumento da disponibilidade operacional. Utilizando o ciclo da qualidade para melhoria contínua PDCA (Plan, Do, Check, Act), seja aumentando o TMEF ou diminuindo o TMPR. Foram analisadas as vantagens e desvantagens do método adotado e se os resultados obtidos atingiram o objetivo esperado, deste modo foi possível concluir que com a implantação do sistema proposto é possível atingir os resultados desejados.

Palavras-chave: Gerenciamento da Manutenção. Medição de Tempos de Manutenção. Melhoria Contínua.

## ABSTRACT

In a market each day more competitive the maintenance departament of the organizations must work aiming at to improve its processes by gradual and continues way aiming at to improve the performance in relation to the operational availability, material increase of the human and resources productivity and the relation between cost-benefit of the investments. The modern management of maintenance demands that the people who act in this area know the assets well to be kept, the fails modes and effect and the resources that are necessary to prevent or to correct these fails. This knowledge provides conditions to do an adequate planning of the activities of maintenance are carried through optimizing the resources and minimizing or eliminating the wastefulness.

This work aims at to study the implantation of a system of measurement of times of maintenance (MTBF: Mean time between failure and MTTR: Mean time to repair) alternatives through a study of case carried through in an industry of the petrochemical branch where were implanted a collection and transmission of data through the technology of RFID and smart cards system and a manage of the information software were elaborated exclusively for these application. This system objective is to store and to process the data collected during the maintenance activities supplying trustworthy information to assist the managers of this company to take decisions aiming at the maintenance reduction of costs with works realized through in overtime and improve the operational availability.

Using the cycle of the quality of continues improvement PDCA, either increasing the MTBF or diminishing the MTTR. The advantages and disadvantages of the adopted method had been verified and if the gotten results had reached the objective, in this way were possible to conclude that it is possible to reach the results desired through the implantation of the considered system.

**Keywords:** Maintenance Management. Times Measurement. Improvement Continues.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Integração da manutenção com as outras áreas.....	12
Figura 2 – Histórico da Manutenção.....	16
Figura 3 – Objetivos da Manutenção.....	16
Figura 4 – <i>Palmtop</i> .....	17
Figura 5 – Bastão controlador.....	18
Figura 6 – <i>Smart card</i> .....	19
Figura 7 – Ciclo <i>PDCA</i> .....	20
Figura 8 – Unidades da Companhia .....	24
Figura 9 – Vista aérea da unidade de Cubatão .....	25
Figura 10 – Organograma da Manutenção .....	25
Figura 11 – Fluxo Lógico .....	31
Figura 12 – Fluxo Operacional.....	31
Figura 13 – Ciclo Administrativo.....	32
Figura 14 – Cronograma de implantação do sistema de manutenção.....	41
Figura 15 – Tela de Cadastros.....	45
Figura 16 – Relatório de Equipamentos.....	46
Figura 17 – Relatório de TMEF.....	46
Figura 18 – Tempo de Liberação de OS.....	47
Figura 19 – Produtividade da atividade.....	48
Figura 20 – Conjunto dos equipamentos e dispositivos.....	55
Figura 21 – Cartão <i>smart card</i> .....	55
Figura 22 – Leitora de cartão <i>smart card</i> .....	56
Figura 23 – Bastão controlador.....	56
Figura 24 – Etiqueta de <i>RFID</i> instalada no painel de proteção.....	57
Figura 25 – Cartela numérica para inserção de códigos dos eventos e operações..	57



## LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

Gráfico 1 – Disponibilidade Operacional.....	49
Gráfico 2 – Horas Extras x Horas Normais .....	50
Gráfico 3 – Retorno sobre o investimento.....	52
Tabela 1 - TMEF dos Micropulverizadores .....	27
Tabela 2 - Evolução Percentual de Horas Extras .....	51
Tabela 3 - Retorno sobre o investimento .....	52
Tabela 4 – Fluxo de caixa.....	52
Tabela 5 – Códigos que representam os eventos.....	58

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FMEA	<i>Failure Mode Effect Analysis</i> (Análise dos Modos e Efeitos de Falha)
USB	<i>Universal Serial Bus</i> (Barramento Serial Universal)
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> (Identificação de Frequência de Rádio)
TMEF	Tempo Médio Entre Falhas
TMPR	Tempo Médio Para Reparo
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i> , (Planeje, Faça, Verifique, Aja)
PMBOK	Project Management Body of Knowledge (Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos)
ROI	<i>Return on investment</i> (Retorno sobre o investimento)

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	OBJETIVO .....	13
1.3	METODOLOGIA.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
2.1	HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO.....	15
2.2	DEFINIÇÕES .....	16
2.3	PRÁTICAS BÁSICAS DE MANUTENÇÃO .....	21
3	APRESENTAÇÃO E HISTÓRICO DA EMPRESA .....	24
3.1	APRESENTAÇÃO .....	24
3.2	HISTÓRICO.....	26
4	APRESENTAÇÃO DO SISTEMA.....	28
4.1	APRESENTAÇÃO .....	28
4.2	ESCOPO DO PROJETO .....	29
4.3	NATUREZA DOS EQUIPAMENTOS.....	29
4.4	DESCRIÇÃO GERAL DA FUNCIONALIDADE.....	29
4.5	INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	32
4.6	TREINAMENTO E MANUAIS DO SISTEMA .....	32
5	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	34
5.1	TEMPO .....	34
5.2	CUSTO .....	42
5.2.1	DESPESAS.....	42
5.2.2	RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO .....	42
5.3	QUALIDADE .....	43
6	RESULTADOS .....	45
6.1	O SISTEMA .....	45
6.2	INDICADORES .....	49
6.3	RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO .....	51
7	CONCLUSÕES.....	53
	REFERÊNCIAS .....	54
	ANEXO .....	55

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A alta competitividade entre as organizações fez com que a área de manutenção dos ativos das empresas evoluísse ao longo do tempo e passasse a ter um papel fundamental na obtenção de bons resultados. Os objetivos e responsabilidades da manutenção modificaram-se ao longo do tempo adequando-se ao contexto sócio-econômico e tecnológico de cada época. Atualmente a manutenção precisa de um ótimo planejamento e controle para que seja possível manter a disponibilidade e a confiabilidade operacional em níveis cada vez melhores. Para a organização manter-se competitiva nos tempos atuais é necessário que todas as áreas acompanhem a evolução de maneira sincronizada (Figura 1), pensando em sua capacidade produtiva, qualidade de seus produtos e serviços, otimização de seus processos, suprimentos operacionais, facilidade em manter seus ativos etc. O setor de manutenção não pode ser considerado como um setor isolado na organização, pelo contrário, tem de participar do planejamento estratégico e ser levado em consideração nas decisões globais da empresa.

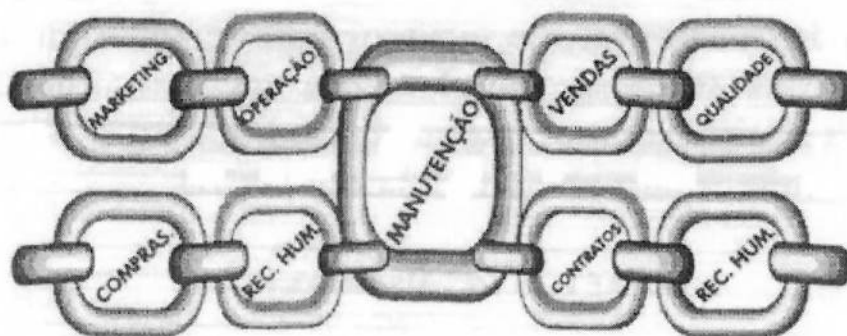


Figura 1 – Integração da manutenção com as outras áreas. (TAVARES, 1999)

Os indicadores de manutenção mais utilizados mundialmente para analisar o desempenho das atividades de manutenção e nortear a tomada de decisão dos gestores são: TMEF (tempo médio entre falhas), TMPR (tempo médio para reparo) e disponibilidade. Através da análise destes indicadores é possível tomar decisões estratégicas visando obter vantagens competitivas.

Tavares (1999, p. 82) define:

TMEF como a relação entre o produto de número de itens por seus tempos de operação e o número total de falhas detectadas nesses itens no período observado.

$$TMEF = \frac{NOIT.HROP}{NTMC}$$

E TMPR como a relação entre o tempo total de intervenção corretiva em um conjunto de itens com falha e o número total de falhas detectadas nesses itens no período observado.

$$TMPR = \frac{HTMC}{NTMC}$$

Pinto e Xavier (2007, p. 102), definem que disponibilidade é a relação entre o tempo em que o equipamento ou instalação ficou disponível para produzir em relação ao tempo total. É dada pela seguinte equação:

$$Disponibilidade = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$$

Através da análise destes indicadores ao longo do tempo é possível identificar se as ações de manutenção estão adequadas para o aumento da vida útil dos equipamentos e o melhor aproveitamento dos recursos humanos e de materiais, e consequentemente o crescimento da capacidade produtiva e diminuição dos custos operacionais.

## 1.2 OBJETIVO

A coleta de informações para cálculo destes indicadores e análise de seus resultados não é nenhuma novidade para as pessoas que atuam nesta área. A proposta deste trabalho é estudar a implantação de um modelo de sistema de medição de tempos que seja capaz de segregar do tempo total de um serviço quanto tempo foi utilizado em cada etapa da atividade. Possibilitando separar os tempos produtivos dos não produtivos fornecendo assim informações eficazes para a tomada de decisão. Os resultados esperados com a implantação deste projeto são:

- Diminuição dos custos de manutenção e melhor aproveitamento dos recursos.
- Menor necessidade de trabalho em horário extraordinário.
- Determinação do tempo médio para reparar e do tempo médio entre falhas dos equipamentos.
- Melhoria na definição dos métodos de manutenção através da análise histórica das atividades de reparo.
- Melhoria no planejamento de manutenção.

### 1.3 METODOLOGIA

O instrumento de pesquisa escolhido para a elaboração desse trabalho científico é a metodologia da análise do estudo de caso, em que se estudou a implantação de um projeto de medição de tempos e os resultados obtidos, para nortear as tomadas de decisão que possibilitarão a melhoria do processo de planejamento e controle da manutenção. Para fins de preservação da identidade da empresa estudada e garantia de sua privacidade, utilizou-se o nome *Companhia*, em substituição à sua razão social, não comprometendo o entendimento e avanço do estudo de caso proposto. Também se faz necessário utilizar fatores multiplicativos para que os números reais da empresa estudada sejam preservados, mantendo a devida proporcionalidade.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

A manutenção pode ser dividida em três gerações, a primeira inicia-se no ano de 1940. Nesta geração a manutenção era basicamente corretiva, a produtividade não era importante e os ativos a serem mantidos eram de pouca complexidade. Eram realizados apenas serviços de lubrificação, limpeza e reparo após a falha. O objetivo básico era efetuar reparos em máquinas operatrizes no menor tempo possível.

A segunda geração constitui o intervalo entre os anos de 1940 e 1970, em função da segunda guerra mundial houve uma necessidade do aumento da velocidade de produção, para isso foi necessário o aumento da mecanização e complexidade das instalações industriais. Nesta geração iniciou-se a preocupação não apenas em corrigir as falhas, mas também em evitar que elas ocorressem resultando no conceito de manutenção preventiva. As intervenções eram realizadas em intervalos fixos objetivando o aumento da disponibilidade e confiabilidade. Iniciou-se também a execução de planejamento e controle da manutenção que era feito de forma manual. A partir dos anos 1970 iniciou-se a terceira geração com a aceleração do processo de mudança das empresas devido às necessidades de produzir produtos com exigências de qualidade cada vez maiores, redução dos estoques e custos em geral. Além do atendimento a normas cada vez mais rígidas de segurança, preservação do meio ambiente e aumento da complexidade das instalações e equipamentos dos processos produtivos, houve o aumento da competitividade entre as empresas e o desenvolvimento dos microcomputadores, então os departamentos de manutenção passaram a utilizar sistemas de informática no auxílio à otimização do planejamento e controle da manutenção visando o aumento da produtividade. Estas mudanças nas práticas básicas e nos objetivos de manutenção ao longo do tempo são ilustradas nas Figuras 2 e 3.

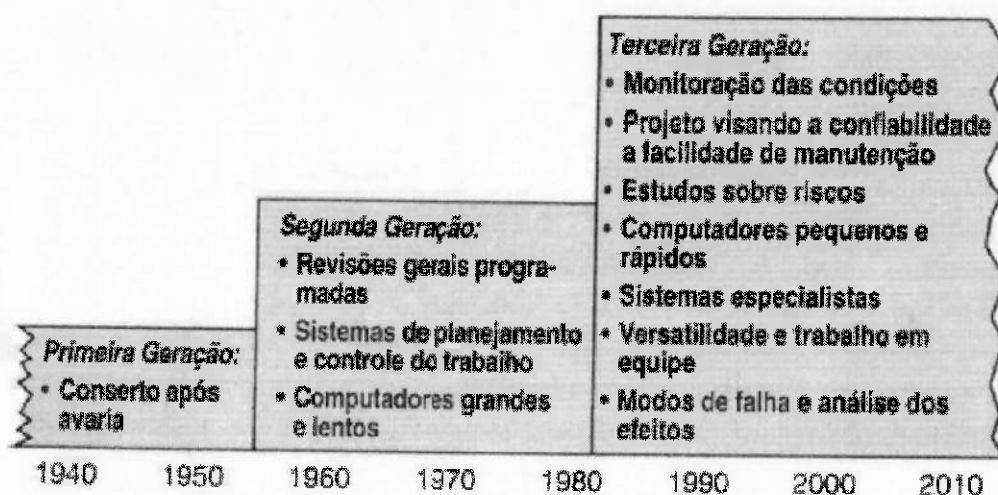


Figura 2 – Histórico da Manutenção, (MOUBRAY, 2000)

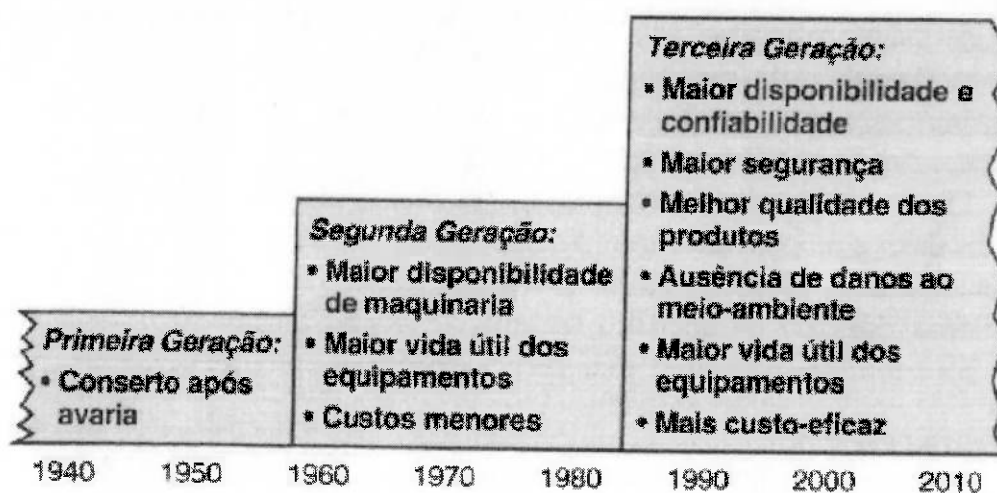


Figura 3 – Objetivos da Manutenção. (MOUBRAY, 2000)

## 2.2 DEFINIÇÕES

*Falha:* Ocorrência nos itens que impedem seu funcionamento. Tavares (1999, P.37). Completando a definição de Tavares, ocorrência nos itens que impedem seu funcionamento com condições mínimas para o atendimento de suas funções desejadas.



**Peça:** Todo e qualquer elemento físico não divisível de um mecanismo. É a parte do equipamento onde, de uma maneira geral, serão desenvolvidas as trocas e os reparos. Tavares (1999, P.36).

**Equipamento:** Conjunto de componentes interligados com que se realiza materialmente uma atividade de uma instalação. Tavares (1999, P.37).

**Família de equipamentos:** Equipamentos com as mesmas características construtivas e funções. Tavares (1999, P.37)

**Defeito:** Ocorrências em itens que não impedem seu funcionamento conforme desempenho aceitável, porém se não for solucionado pode em algum tempo ocasionar sua indisponibilidade. Há perda de desempenho, porém esta perda é tolerável. Tavares (1999, P.37)

**Palmtop:** Computador de mão: um computador de dimensões reduzidas, dotado de grande capacidade computacional, cumprindo as funções de agenda e sistema informático de escritório elementar, com possibilidade de interconexão com um computador pessoal e uma rede informática sem fios para acesso a correio eletrônico e internet. (WIKIPEDIA, 2009). Conforme ilustrado na Figura 4.



Figura 4 – Palmtop (PALMLAND, 2009)

**Bastão controlador:** O bastão controlador é um sistema dotado de capacidade de processamento e base de dados interna. É um equipamento altamente resistente e durável e com seu funcionamento baseado na

tecnologia de memória de contato, através das conhecidas etiquetas de *RFID*. Este dispositivo é muito utilizado na área de segurança para medir tempos em que o vigilante passou em cada ponto de uma determinada rota. A idéia básica do funcionamento deste sistema consiste em fixar as etiquetas de *RFID* nos diferentes locais que o vigilante deve percorrer, os pontos de ronda. O vigilante, munido do bastão, estabelece o contato entre este e as etiquetas. Neste momento ele registra o nome da etiqueta lida, a data e hora da leitura. Posteriormente as informações armazenadas podem ser descarregadas em um computador através do qual se gera relatórios completos e de fácil compreensão. Possibilita a geração de relatórios contendo as informações de data e hora que o vigilante visitou cada ponto de verificação, sequência de pontos visitados e acompanhamento completo das atividades do vigilante. Conforme ilustrado na Figura 5.



Figura 5 – Bastão controlador (CONTRONICS, 2009)

***RFID:*** “*Radio Frequency Identification*” (Identificação de Rádio Frequência) possui um tempo muito baixo de resposta e pode capturar informações sobre os produtos mesmo com eles em movimento. Os *RFID* são etiquetas compostas por um microchip e uma resistência de metal (ou carbono) que funciona como antena. Esse microchip é rastreado por ondas de radiofrequência e para a transmissão de dados, elas respondem a sinais de rádio de um transmissor e reenvia as informações de sua localização e identificação para esse transmissor.

**SMART CARD:** É um cartão de identificação inteligente. Refere-se à tecnologia de criptografia de chave público-privada que inclui um chip integrado que pode ser, ou um micro controlador com memória interna, ou um chip de memória unicamente. O cartão se conecta a um leitor com contato físico direto ou com interfase eletromagnética remota sem contato. Com um micro controlador, os cartões inteligentes têm a habilidade única de armazenar grandes quantidades de dados, executar suas próprias funções no cartão (por exemplo, criptografia e assinaturas digitais) e interagir inteligentemente com o leitor de cartão inteligente. A Figura 6 ilustra um modelo de cartão *smart card*.



Figura 6 – *Smart Card* (CARDLOGIX, 2009)

**USB:** “*Universal Serial Bus*” (Barramento Serial Universal). Definição Comercial: *USB* é um protocolo de comunicação de periféricos, desenvolvido por líderes de indústrias de telecomunicações que proporciona conexão real a alta velocidade, baixo custo e fácil uso.

**Kaizen:** Palavra de origem japonesa, *kai* = modificações, *zen* = para melhorar. Significa melhoramento na vida pessoal, na vida doméstica, na vida social e na vida profissional. Quando aplicada ao ambiente corporativo, significa melhoramentos contínuos que envolvem todas as pessoas administradores e trabalhadores igualmente. (COSTA, 2007).

**PDCA:** São as siglas de *Plan, Do, Check e Act* (Planeje, Faça, Verifique e Aja). O ciclo PDCA popularizado por William E. Deming é utilizado em diversas áreas nos planos para melhoramento contínuo em operações.

Após a identificação de um problema ou definição de um ponto a ser melhorado o ciclo a seguir é seguido sequencialmente e continuamente:

- **Planeje:** Nesta etapa o processo ou situação é estudado, identificando os problemas e as formas de resolvê-lo.
- **Faça:** Agora o plano deve ser implementado e os resultados devem ser medidos e registrados comparando-se os resultados de antes da implementação do plano com os obtidos depois.
- **Verifique:** Nesta etapa o plano executado deve ser avaliado de acordo com os resultados obtidos.
- **Aja:** Nesta fase o plano corrigido com as atualizações propostas na fase de verificação é implementado e passa a fazer parte dos processos normais da operação. Assim reinicia-se o ciclo considerando os melhoramentos já obtidos e este é realizado de forma contínua.

A Figura 7 demonstra o funcionamento do ciclo PDCA.

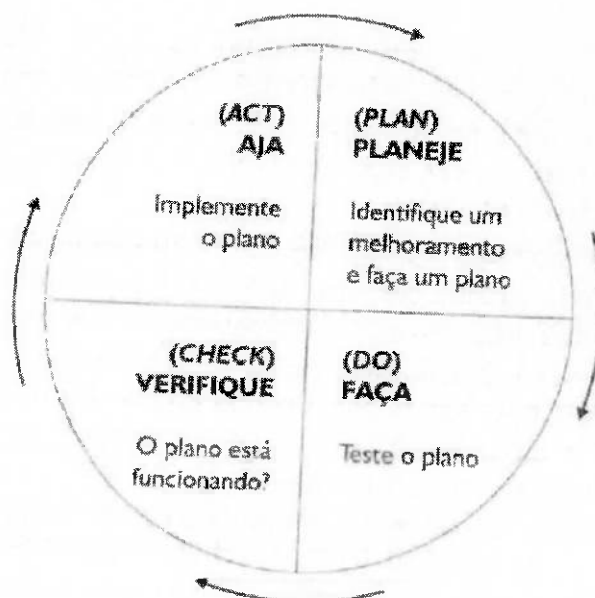


Figura 7 - Ciclo PDCA

## 2.3 PRÁTICAS BÁSICAS DE MANUTENÇÃO

As práticas básicas de manutenção são: Corretiva, Preventiva e Preditiva. O mais primitivo entre eles é a corretiva e o mais moderno a preditiva, porém a preditiva não é o melhor método, aliás, não existe um melhor para cada caso é preciso identificar o método mais adequado. De acordo com a natureza, a criticidade do equipamento para a produção, dos efeitos de uma falha para segurança e meio-ambiente e da evolução da probabilidade de falha ao longo da vida útil do equipamento. A melhor manutenção será a combinação mais adequada para a situação sempre levando em consideração a relação entre os custos de manutenção, os custos das perdas causadas pelas falhas e a característica produtiva da organização. Por exemplo, em um automóvel pode-se executar uma combinação dos três métodos: Corretiva, nas palhetas do pára-brisa quando não removerem mais a água do vidro. Preventiva: na substituição das correias, óleos e filtros com uma quilometragem previamente estabelecida. E preditiva analisando o desgaste dos pneus e substituindo-os no momento oportuno.

As ferramentas mais utilizadas para identificar os efeitos das falhas dos equipamentos e os métodos de manutenção mais aplicados são *FMEA* (Análise dos Modos e Efeitos das Falhas) e *RCM* (Manutenção Centrada em Confiabilidade). Xenos (2004, p.27-28).

Manutenção Corretiva:

Pinto e Xavier (2007, p.36) definem:

“Manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado”.

Manutenção corretiva significa intervir no equipamento quando ele apresenta um defeito ou um desempenho diferente do que é esperado. Existem dois tipos:

- Manutenção corretiva não planejada: Ocorre quando não há tempo para preparação do serviço, o equipamento deve ter seu desempenho esperado restabelecido o mais breve possível, pois já atingiu uma condição inferior à aceitável.



- Manutenção corretiva planejada: Ocorre quando um equipamento já apresenta um defeito, porém este é tolerável possibilitando que o serviço de manutenção seja planejado para a ocasião mais oportuna.

Um trabalho planejado é sempre mais barato, mais rápido e mais seguro do que um trabalho não planejado. Possibilitando sincronizar a necessidade de intervenção com os objetivos da produção, além de proporcionar maior segurança e a garantia prévia de que os recursos necessários para a realização da atividade estão disponíveis.

#### Manutenção Preventiva:

Pinto e Xavier (2007, p.39) definem:

“Manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo”.

Diferente da manutenção corretiva, a preventiva visa prevenir a ocorrência de falha ou perda de desempenho definindo-se intervalos de tempos padrões para que as intervenções sejam realizadas. Deve-se tomar cuidado na definição da periodicidade e com o que deve ser executado em cada intervenção, pois, tanto podem ocorrer falhas antes do período definido para a realização da intervenção como também pode ocorrer a parada do equipamento para substituição de peças de forma prematura aumentando os custos e diminuindo a disponibilidade. A vantagem deste método é que proporciona boas condições para o planejamento e gerenciamento das atividades além de previsibilidade no consumo de materiais e custos envolvidos.

#### Manutenção preditiva:

Pinto e Xavier (2007, p.39) definem:

“Manutenção preditiva é a atuação realizada com base em modificações de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.”

O objetivo é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível, o termo associado a preventiva significa

predizer quando a condição do equipamento atingirá o tempo ótimo para que seja efetuado o serviço adequado. Com a utilização desta prática é possível prever qual será o serviço a ser executado, quais serão os recursos utilizados e até qual o prazo máximo para que a intervenção seja executada evitando que sejam realizadas atividades desnecessárias e aproveitando momentos oportunos como a parada de equipamentos para controle de estoques. Porém deve ser aplicado onde realmente se justifique tendo em vista a relação de custo-benefício e criticidade dos equipamentos, pois é necessário alto investimento com instrumentos, mão-de-obra especializada etc.

### 3 APRESENTAÇÃO E HISTÓRICO DA EMPRESA

#### 3.1 APRESENTAÇÃO

A Empresa estudada é uma multinacional com sede em Atlanta no estado de Geórgia nos Estados Unidos que atua no ramo Petroquímico. Iniciou suas atividades em 1921 e no Brasil em 1955 com a inauguração de uma planta na cidade de Cubatão no estado de São Paulo. Possui fábricas nos seguintes países: Canadá, Estados Unidos, Brasil, Inglaterra, Alemanha, Hungria, Itália, Espanha, Coreia do Sul e Filipinas. Possui também três centros de tecnologias com as seguintes localizações: Brasil, Estados Unidos e Inglaterra.

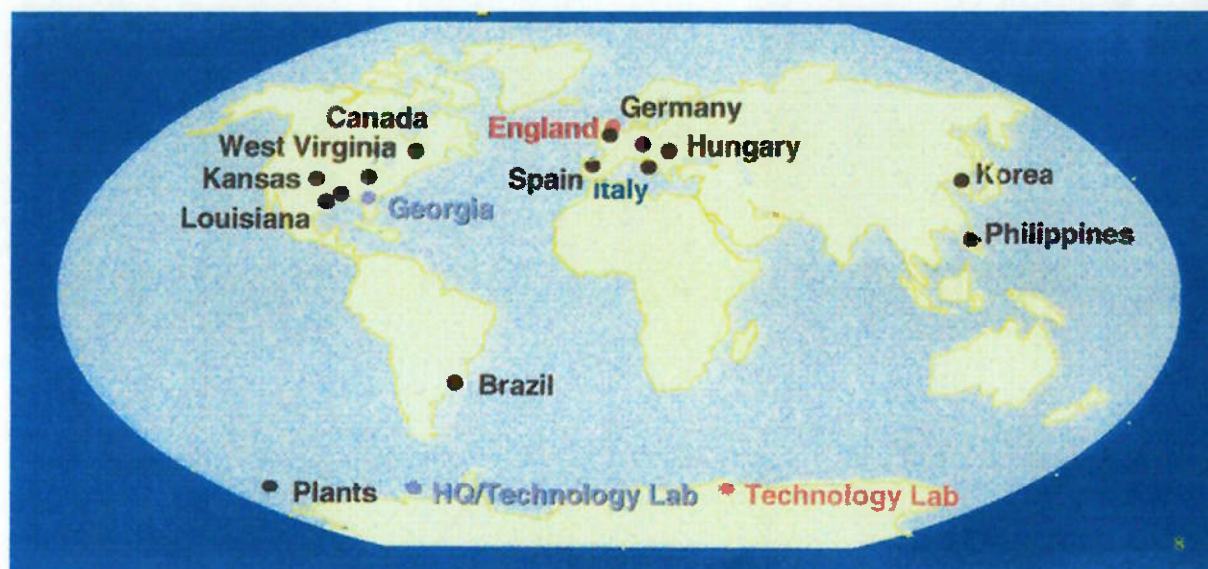


Figura 8 – Unidades da Companhia

Legenda: ● Plants (Plantas, Fábricas) ● Technology Lab (Laboratório de Tecnologia)  
● HQ / Technology Lab (Escritório central / Laboratório de Tecnologia)

Desde o início de suas operações a empresa liderou o mercado brasileiro de negro de fumo e no ano de 2007 inaugurou uma planta na cidade de Camaçari no estado da Bahia. Em 2008 as duas plantas juntas foram responsáveis por mais de cinquenta por cento da produção nacional. A unidade onde foi realizado o estudo de caso é a da cidade de Cubatão que é a segunda maior planta mundial no seu segmento em relação à capacidade produtiva. A Figura 9 ilustra as instalações da planta que possui seis unidades que operam de forma independente.





Figura 9 - Vista aérea da unidade de Cubatão

Ao longo dos anos o organograma da manutenção sofreu algumas mudanças adequando-se às condições econômicas e tecnológicas de cada época, a Figura 10 demonstra o organograma do setor de manutenção no ano de 2008. O projeto analisado neste trabalho foi desenvolvido pelo setor de manutenção mecânica do qual fiz parte atuando como Eng<sup>o</sup> assistente de manutenção mecânica.

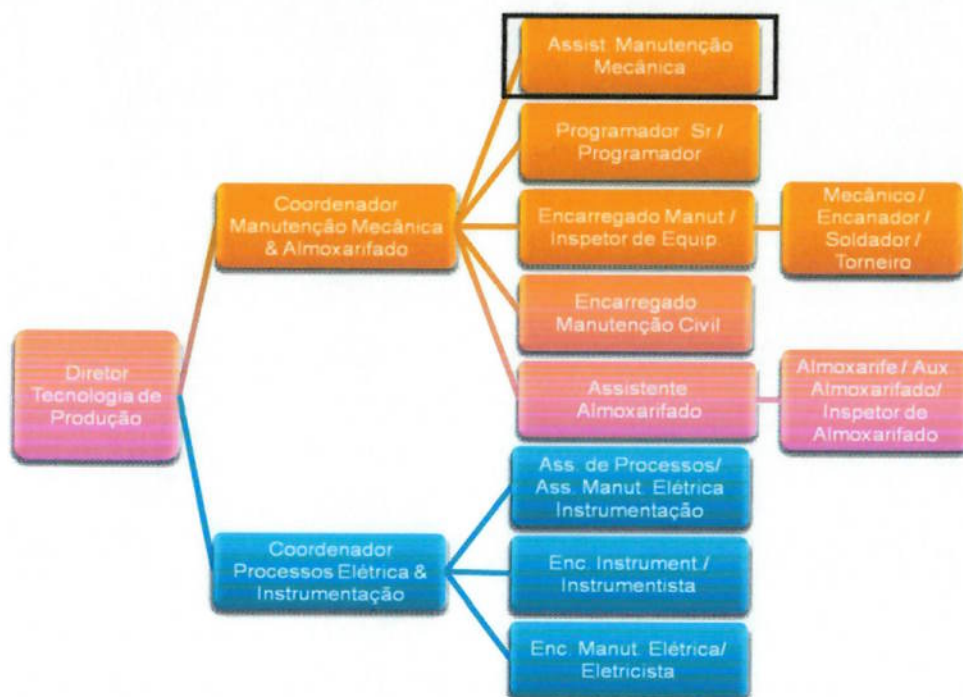


Figura 10 – Organograma da manutenção

Legenda: ■ Setor de manutenção mecânica (setor que desenvolveu o projeto)  
■ Setor de manutenção elétrica e instrumentação

### 3.2 HISTÓRICO

A atividade de medir tempos de manutenção iniciou-se na empresa em 1998, registrando de forma manual os TMPR's dos serviços mais frequentes da manutenção mecânica, medidos por um estagiário utilizando um cronômetro. Os tempos eram registrados em uma planilha eletrônica e era calculada a média dos tempos para cada tipo de serviço. Este sistema foi útil para iniciar um banco de dados e ter condições de realizar um planejamento mais adequado utilizando informações reais do tempo necessário para executar cada atividade, porém só era possível medir um serviço de cada vez e neste método não eram medidos os tempos de preparação para o serviço, liberações de segurança, fornecimento de material, coleta de materiais e o tempo gasto com as instruções do encarregado para os executantes. Desta forma não era possível identificar quais eram as atividades de cada serviço que poderiam ter sua duração reduzida.

Além disso, era necessário que uma pessoa trabalhasse exclusivamente nesta atividade coletando e cadastrando os dados, este trabalho foi finalizado em 1999.

Em 2002 a Companhia iniciou a implantação de um sistema de medição de tempo médio entre falhas customizando um módulo dentro do *software* corporativo da empresa. Neste sistema era possível inserir em cada ordem de serviço a causa, efeito e ação tomada para correção de cada falha permitindo que o histórico das falhas dos equipamentos fosse mantido auxiliando na tomada de decisões para estudos de melhorias e modificações visando o aumento da vida útil dos ativos. Ao encerrar a ordem de serviço o encarregado da área alimentava o programa com as informações necessárias (causa, efeito e ação) e o sistema automaticamente calculava o último tempo entre falha, o tempo médio entre todas as falhas cadastradas e o tempo em que o equipamento estava em operação desde a última falha. A unidade de medida utilizada era meses e era possível emitir um relatório com os tempos de cada equipamento dentro de sua família e comparar com o TMEF geral da sua família. Por exemplo a família dos micropulverizadores que no programa tinha um TMEF geral de 5,8 meses e o prazo de manutenção preventiva era de 6,0 meses. A Tabela 1 ilustra como as informações eram apresentadas no programa.

Tabela 1 – TMEF dos micropulverizadores

Equipamento	Tempo Médio Entre Falhas	Tempo Entre Falha	Mêses em Produção
51-1011	5,4	5,8	3,2
52-1011	6,2	6	5,4
53-1011	4,9	5,3	4,2
54-1011	6,5	6,2	1,5
55-1011	5,9	6,3	0,6
63-1011	6,1	5,9	6,2

Uma desvantagem deste sistema era que a inserção de dados demandava um alto tempo de dedicação do encarregado de manutenção, por isso decidiu-se medir e analisar os dados apenas das duas famílias de equipamentos mais críticas em relação ao custo da ocorrência de uma falha, as dos micropulverizadores e das bombas. Este sistema não apresentava confiabilidade nas informações transmitidas devido a customizações feitas em outros módulos do programa, deste modo não era coerente tomar decisões para alterar os prazos de manutenção preventiva sem ter certeza de que os valores apresentados no programa eram reais.

Como não foi possível recuperá-lo a Companhia iniciou a busca por um novo sistema de medição em janeiro de 2007, o sistema procurado deveria ser capaz de calcular tanto o TMEF como o TMPR.

## 4 APRESENTAÇÃO DO SISTEMA

### 4.1 APRESENTAÇÃO

Iniciou-se a procura por fornecedores que teriam condições de oferecer um sistema, com as seguintes premissas:

- Fornecer informações eficazes capazes de auxiliar a tomada de decisões estratégicas.
- Sistemas e dispositivos simples de serem operados e manuseados.
- Interferências mínimas nas atividades dos executantes dos serviços.
- Dispositivos robustos para suportar ambiente industrial agressivo.
- Preço adequado com a expectativa da empresa.
- Elaboração de um projeto piloto para testes antes de fechar o negócio.

Após pesquisa realizada em aproximadamente trinta dias identificou-se que os dois sistemas que atendiam melhor as necessidades da empresa eram: utilização de *palmtop* e leitores de *RFID*. O sistema escolhido foi o de leitores de *RFID* devido às seguintes vantagens:

- Maior simplicidade da utilização de seus dispositivos e programas.
- Maior robustez dos equipamentos
- Maior flexibilidade do programa, pois este seria desenvolvido de acordo com as necessidades da empresa.

O fornecedor que apresentou a melhor proposta atua na área de serviços de consultoria em tecnologia da informação e automatização auxiliando seus clientes na obtenção de melhores resultados de seus negócios. É localizada na cidade de São Paulo, a pequena distância foi considerado mais um fator positivo.

## 4.2 ESCOPO DO PROJETO

O escopo definido pela Companhia era composto pelos seguintes itens:

- Fornecimento do sistema de medição de tempos, *hardware* e *software*.
- Fornecimento dos equipamentos necessários.
- Implementação do sistema em conjunto com as equipes da Companhia.
- Treinamento e fornecimento de manuais de sistema.
- Suporte continuado durante a partida e nos primeiros meses de operação.
- A empresa contratante foi responsável por fornecer os microcomputadores, servidores e sistema de base de dados.
- Todas as atividades foram acompanhadas por técnicos da Companhia, visando cumprir o objetivo de aumento de conhecimento sobre o sistema. Foi desenvolvido um plano de trabalho, para permitir a gestão da implementação do projeto.

## 4.3 NATUREZA DOS EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados neste projeto têm características de uso industrial, que lhes garantiram alta durabilidade e resistência a intempéries e impactos. São equipamentos facilmente encontrados no mercado nacional, o que permitiu a redução de custos de manutenção.

Foram fornecidos pelo fornecedor leitores *RFID* tipo bastão, leitores indoor para *smart cards*, *smart cards* e *tags RFID* nas quantidades especificadas para início do projeto, bem como diversos acessórios necessários.

## 4.4 DESCRIÇÃO GERAL DA FUNCIONALIDADE

Os usuários do sistema (executantes de manutenção, seguranças, encarregado e operadores da produção) utilizam um cartão dotado de uma etiqueta de *RFID*. Este cartão é utilizado para identificar o usuário durante as medições de tempo nas atividades, bem como o tempo de traslado entre a oficina, o almoxarifado e a área

industrial, permitindo levantar todos os tempos do processo. Toda medição é realizada aproximando e afastando o bastão coletor do cartão de identificação, das etiquetas de *RFID* e de uma cartela numérica para inserção dos códigos dos eventos.

O sistema, por requisito, não gera relatórios baseados em nomes e sim em tipo de cartão por especialidade (mecânico, segurança, supervisor) para que os funcionários não pensassem que o objetivo seja medir e punir as pessoas que apresentem um desempenho abaixo do esperado. As fotos dos equipamentos e dispositivos utilizados estão no Anexo deste trabalho.

#### Etapa 1 - Abertura da Ordem de Serviço e definição dos profissionais executantes:

Os executantes encaminham-se à sala de controle da produção para o início de uma tarefa, este é o único momento que é digitado alguns dados (número da ordem de serviço e o equipamento onde a intervenção será realizada). Neste momento os profissionais são associados com a ordem de serviço registrando os cartões na leitora da sala de controle.

#### Etapa 2 - Liberação do serviço:

Dependendo dos riscos envolvidos na tarefa é necessário que a liberação do serviço seja realizada pelo operador da produção, executante e encarregado da manutenção e pelo técnico de segurança, outras menos críticas apenas pelo operador e executantes. Utilizando o bastão e a cartela de eventos cada profissional cadastra o horário do início e fim de sua atividade.

#### Etapa 3 – Medição das atividades executadas:

Durante a execução do serviço o executante utiliza o bastão e a cartela de eventos para indicar as operações realizadas, os atrasos e as pausas ocorridas em cada atividade.

#### Etapa 4 – Banco de dados:

Ao final do serviço o bastão deve retornar à sala de controle para descarregar as informações registradas através da aproximação do mesmo no leitor de dados, carregando o banco de dados do sistema.



### Etapa 5 – Cálculo dos tempos:

A noite, os dados alimentados durante o dia são automaticamente processados e os relatórios poderão ser extraídos a partir do dia seguinte. As Figuras 11, 12 e 13 indicam o ciclo de funcionamento do sistema de medição de tempos.



Figura 11 - Fluxo lógico

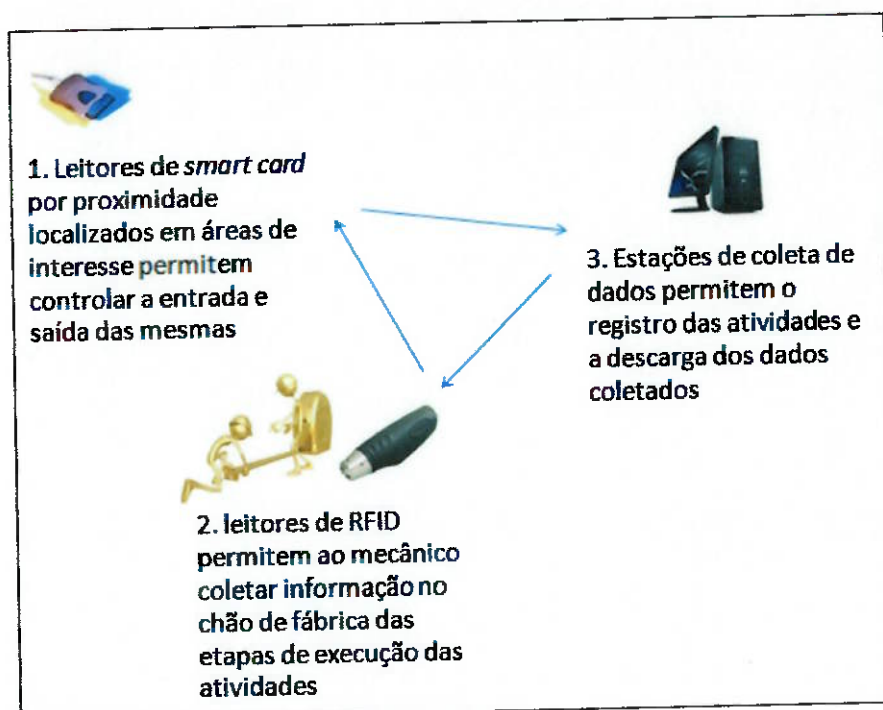


Figura 12 - Fluxo operacional

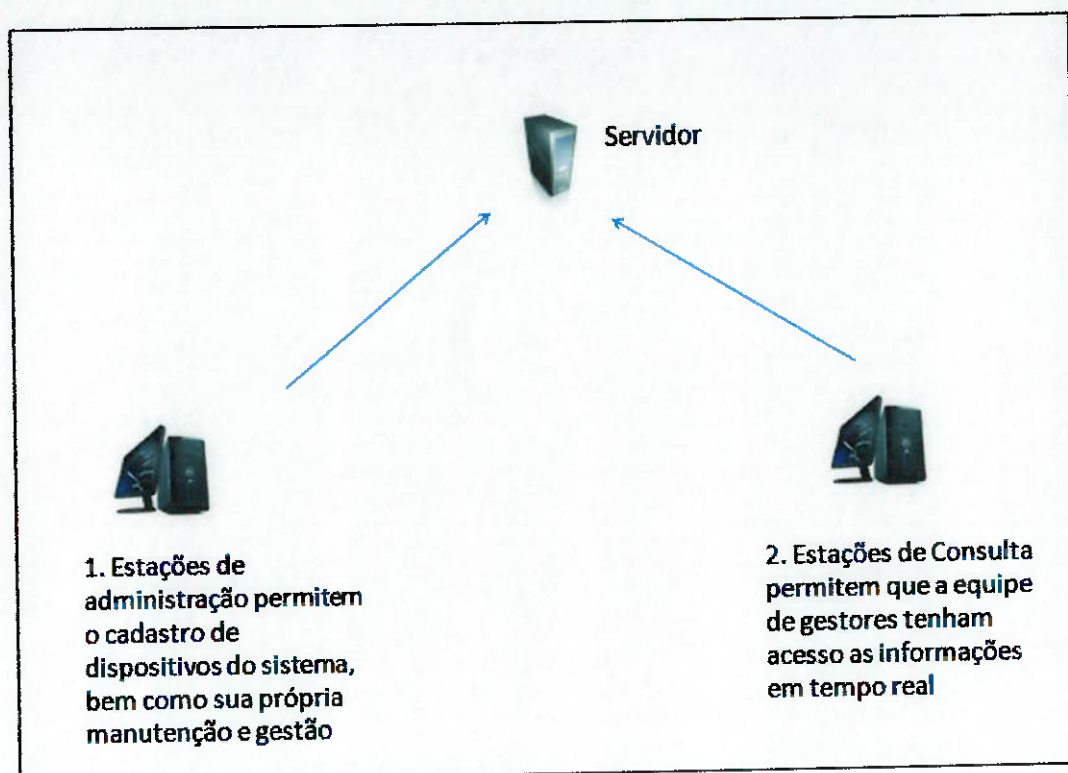


Figura 13 - Ciclo administrativo

## 4.5 INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Os equipamentos fornecidos foram instalados pelas equipes da Companhia nos locais desejados e os *tag's* de *RFID* foram acondicionados em painéis de proteção e divididos em setores dos equipamentos.

Os leitores de *smart cards* foram instalados próximos aos locais de entrada e saída do trajeto envolvido. Os leitores de *smart cards* foram instalados próximos a computadores que permaneceram ligados o tempo todo para permitir a leitura dos *smart cards*. Estes computadores podem ser utilizados para outras funções, mas devem estar conectados em rede. Tanto a montagem dos painéis como a instalação física dos equipamentos foram realizadas pelas equipes da Companhia. O fornecedor fez a instalação lógica e testes dos softwares destes equipamentos.

## 4.6 TREINAMENTO E MANUAIS DO SISTEMA

Os manuais de administração e operação foram entregues em meio eletrônico.



O treinamento compreende:

- Treinamento de um multiplicador para a utilização dos bastões e procedimentos. Cabe ao multiplicador reproduzir o treinamento para as equipes usuárias do sistema. O multiplicador também foi treinado nas operações realizadas nos centros de operação e pode multiplicar este conhecimento. A duração deste treinamento foi de oito horas.
- Treinamento de utilização do sistema de relatórios: realizado em uma turma, com duração de meio dia, onde aprendem como navegar no sistema e emitir relatórios.
- Treinamento de configuração: ministrado para uma turma e com duração de um dia, onde incluiu a configuração do sistema e geração de novos desenhos de relatórios.
- Treinamento de manutenção: uma turma, de um dia, visando fornecer ao pessoal de informática os subsídios básicos para o suporte de primeiro nível ao sistema.

Todos os treinamentos foram realizados com exemplos reais e simulados nas próprias estações de trabalho.

## 5 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Para gerenciar o projeto o mesmo foi dividido em três áreas, sendo elas: Tempo, Recursos Financeiros e Qualidade. Na área do gerenciamento do Tempo elaborou-se um cronograma contendo o sequenciamento das atividades, as principais entregas e o prazo planejado para a execução de cada tarefa considerando os recursos que serão utilizados. Em gerenciamento dos Recursos Financeiros definiu-se as despesas para a realização do projeto, qual a forma de pagamento entre as empresas contratada e contratante e calculou-se o retorno financeiro esperado. No gerenciamento da Qualidade definiram-se no escopo do projeto quais eram as premissas básicas a serem atendidas bem como as necessidades adicionais da empresa contratante, e estes itens foram aceitos pela empresa contratada no ato da assinatura do contrato.

### 5.1 TEMPO

Realizou-se uma relação das atividades com o prazo para a realização das mesmas, considerando-se os recursos humanos e de materiais disponíveis. Elaborou-se também um cronograma tomando como base os prazos descritos do orçamento da empresa contratada sequenciando as atividades e este foi utilizado durante a implantação para controle do projeto. Descrição das atividades:

#### Atividade 1- Elaboração do sistema piloto:

O sistema piloto consiste em um sistema elaborado para teste simulando o sistema definitivo, porém com menos recursos e mais simples.

Recursos materiais: dois microcomputadores da empresa contratada.

Recursos humanos: um programador e um diretor da empresa contratada.

Prazo estimado: trinta dias.

Prazo realizado: trinta dias.

### Atividade 2 - Testes do sistema piloto:

Realização de testes que simulam o sistema definitivo para conhecimento maior do sistema e verificação da eficácia do sistema. Realizaram-se os testes em um computador que não estava conectado à rede de computadores da Companhia. O programa utilizado para este teste não tinha todos os recursos que estavam descritos no escopo.

Recursos materiais: um computador, um dispositivo para carregar e descarregar bastão, um bastão, um leitor de cartão, dois cartões do tipo smartcard, uma cartela de eventos, um *RFID*.

Recursos humanos: um programador e um diretor da empresa contratada, um engenheiro assistente, um programador de manutenção sênior e um mecânico de manutenção.

Prazo estimado: quinze dias.

Prazo realizado: quinze dias.

### Atividade 3 - Análise dos resultados do sistema piloto:

Nesta etapa foram analisados os resultados do piloto, os custos e benefícios envolvidos e em reunião decidiu-se aprovar o projeto.

Recursos humanos: Diretor de tecnologia da produção, coordenador de manutenção e almoxarifado, engenheiro assistente de manutenção e programador sênior de manutenção.

Prazo Estimado: dez dias.

Prazo realizado: vinte dias. Houve um atraso devido a necessidade de aprovação da matriz da Companhia nos Estados Unidos para o investimento.

### Atividade 4 - Entrega de manual com descrição do sistema detalhado:

O fornecedor elaborou um manual descrevendo como funcionaria o sistema, quais informações deveriam ser cadastradas, quais relatórios poderiam ser emitidos, quais cálculos de tempos seriam realizados.

Recursos materiais: manual de detalhamento

Recursos humanos: um programador e um diretor da empresa contratada.

Prazo estimado: dez dias.

Prazo realizado: dez dias.

#### Atividade 5 - Aceite do manual pelas áreas de manutenção, tecnologia da informação e assinatura do contrato:

O manual foi analisado em relação ao conteúdo do sistema pela manutenção e em relação à parte técnica pela tecnologia da informação e aprovados por ambos. Após aprovação o setor de suprimentos assinou o contrato.

Recursos humanos: coordenador de manutenção e almoxarifado, engenheiro assistente de manutenção, programador sênior, coordenador de tecnologia da informação, analista de tecnologia da informação e coordenador de suprimento.

Prazo estimado: cinco dias.

Prazo realizado: quinze dias. Houve um atraso, pois o setor de tecnologia de informação precisou tirar algumas dúvidas técnicas antes de aprovar.

#### Atividade 6 - Entrega dos materiais correspondes aos componentes de RFID e smartcards:

Entrega dos materiais e dispositivos sendo: cinco conjuntos de bastão com RFID com dispositivo para carregar e descarregar bastões e estojos de náilon, nove cartelas de eventos, cento e trinta botões de RFID (para equipamentos), cinquenta botões de RFID (para cartões smartcard), cinquenta cartões smartcards e dez leitoras de smartcards.

Prazo estimado: quarenta e cinco dias.

Prazo realizado: cinquenta dias. Houve um atraso na entrega dos cartões smartcards.

#### Atividade 7 - Preparação e instalação de placas com RFID cartões smartcard:

A Companhia fabricou e instalou trinta e cinco placas com botões de RFID na área industrial sendo que cada uma delas representa um grupo de equipamentos. Seria inviável a instalação de um *tag* para cada equipamento devido a grande quantidade, são mais de dois mil equipamentos cadastrados. Também foram fixados os *tags* nos cartões smartcards.

Recursos materiais: máquina de solda, eletrodos, lixadeira, disco de corte, tinta.

Recursos humanos: um mecânico de manutenção, um soldador, um pintor e um programador de manutenção.

Prazo estimado: vinte dias.

Prazo realizado: vinte dias.

#### Atividade 8 - Entrega e instalação do sistema:

O fornecedor desenvolveu e entregou o sistema em discos compactos e instalou-os nos computadores das quatro salas de controle de produção, do almoxarifado, da oficina de manutenção, do programador sênior e do assistente de manutenção.

Recursos materiais: CD de instalação e computadores.

Recursos humanos: programador do fornecedor e analista de tecnologia da informação da Companhia.

Prazo estimado: quarenta e cinco dias.

Prazo realizado: sessenta dias. Atraso devido à incompatibilidade dos sistemas com os dispositivos de segurança da rede de computadores da Companhia.

### Atividade 9 - Configurações iniciais e testes:

Cadastro dos usuários e suas respectivas senhas. Definiram-se três perfis: Operadores: eram os funcionários da produção, apenas com acesso para abrir ordens de serviço e cadastrá-las no bastão. Administradores: assistente de manutenção e programador sênior, com permissão total para cadastros, relatórios, modificações de tabelas e inserção de dados. Relatórios: Diretor e coordenador de manutenção, apenas para visualização de relatórios. Supervisor: Supervisores de manutenção, acesso na área de encerramento de ordens de serviço.

Cadastro equipamentos: composto por número e descrição resumida do equipamento.

Cadastro das tabelas de causa, efeito das falhas e ação tomada: Cadastraram-se os tipos de causa, efeitos de falha e ação que a empresa já utilizava no sistema anterior.

Cadastro de cartões smartcards: Cadastro dos colaboradores por função: segurança, operador, executante e supervisor.

Recursos materiais: dois microcomputadores.

Recursos humanos: programador sênior de manutenção e engenheiro assistente.

Prazo estimado: dez dias.

Prazo realizado: quinze dias. Atraso devido à incompatibilidade para importar dados de planilhas eletrônicas, o problema foi solucionado.

### Atividade 10 - Treinamentos:

Os treinamentos foram divididos em quatro tipos de acordo com a utilização do usuário sendo:

- Treinamento para utilização dos bastões e procedimentos para carregar e descarregar ordens de serviço e realizar as medições de tempo durante as atividades: destinado aos operadores da produção que são responsáveis por abrir a

ordem de serviço no sistema e para os executantes que eram responsáveis por realizar as medições de acordo com os procedimentos. Duração: oito horas

- Treinamento para utilização do sistema de relatórios: Destinado aos coordenadores e diretores que teriam acesso somente às telas de geração de relatórios para análise. Duração: quatro horas.
- Treinamento para configuração e administração: Destinado aos administradores do sistema que eram o programador sênior e o engenheiro assistente. Neste treinamento ensinaram-se as operações de configurações, cadastros e edição do sistema. Duração: oito horas.
- Treinamento de manutenção do sistema: Destinado aos profissionais da área de tecnologia da informação para que estivessem capacitados a realizar manutenções e suportes básicos. Duração: oito horas.

Recursos materiais: um microcomputador, um dispositivo para carregar e descarregar bastão, um bastão, um leitor de cartão, dois cartões do tipo smartcard, uma cartela de eventos, um *RFID*.

Recursos humanos: programador e diretor da empresa contratada, diretor de tecnologia da produção, coordenador da manutenção, engenheiro assistente, programador de manutenção sênior, quatro mecânicos de manutenção, quatro operadores da produção, coordenador de tecnologia da informação e analista de tecnologia da informação.

Prazo estimado: cinco dias.

Prazo realizado: cinco dias.

#### Atividade 11 - Entrega oficial para utilização:

Nesta etapa o diretor e o programador acompanharam os primeiros quinze dias de operação do sistema para tirar as eventuais dúvidas e fazer os ajustes que a empresa contratante julgasse necessário, neste período os colaboradores da Companhia faziam anotações das atividades que estavam medindo e os tempos para depois comparar com as informações do sistema. O sistema não operou conforme planejado devido a algumas falhas como:

- Tempos de atividades divergentes com os medidos na realidade.
- Atividades que apareciam duplicadas.
- Não era possível acessar o sistema de algumas salas de controle.

Recursos materiais: seis microcomputadores, cinco dispositivos para carregar e descarregar bastão, cinco bastões, cinco leitores de cartão, dez cartões do tipo *smartcard*, cinco cartelas de eventos, quarenta *RFID*.

Recursos humanos: programador e diretor da empresa contratada, engenheiro assistente, programador de manutenção sênior, dois mecânicos de manutenção, quatro operadores da produção.

Prazo estimado: quinze dias

Prazo realizado: cento e oitenta dias. Houve um atraso devido a incompatibilidade do sistema de medição de tempos com os sistemas de segurança e sistema de *backup* da rede de computadores da Companhia. Esta incompatibilidade interferia nas informações coletadas distorcendo os resultados reais. O problema foi solucionado pelo fornecedor.

#### Atividade 12 - Assistência técnica:

Após acertar todas as falhas do sistema iniciou-se o período de assistência técnica, realizando reuniões mensais e propondo algumas melhorias e pequenas modificações no sistema. Após este período, caso houvesse necessidade de realizar mais algum ajuste no sistema, este seria cobrado à parte.

Recursos humanos: diretor da empresa fornecedora, engenheiro assistente e programador de manutenção sênior da Companhia.

Prazo estimado: cento e cinquenta dias.

Prazo realizado: cento e cinquenta dias.

Com base nestes dados elaborou-se um cronograma para acompanhamento e gerenciamento das atividades ilustrado na Figura 14.



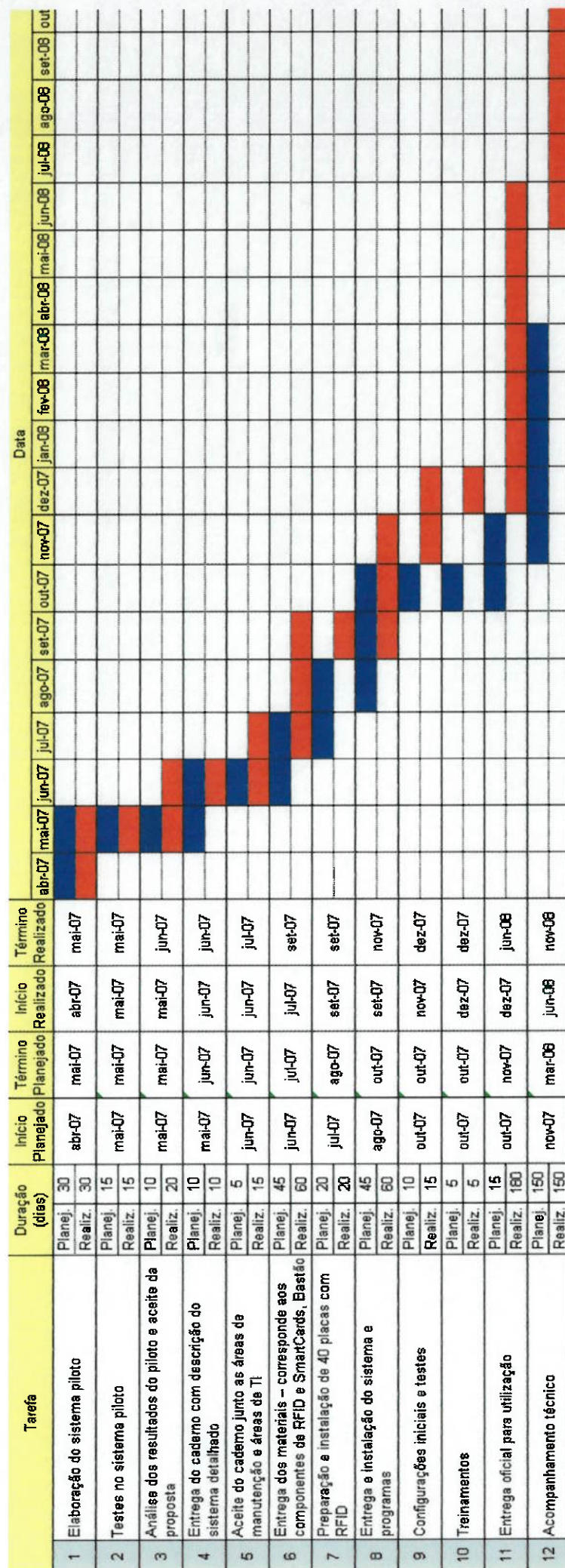


Figura 14 - Cronograma de implantação do sistema de medição de tempos

## 5.2 CUSTO

### 5.2.1 DESPESAS

Os custos mais expressivos do projeto foram o da aquisição dos materiais e equipamentos para operação do sistema e do serviço de elaboração do programa de gestão das informações e do banco de dados, que foram orçados em R\$ 90.000,00, sendo R\$ 60.000,00 para os materiais e R\$ 30.000,00 para o serviço de programação. Estes valores foram pagos da seguinte maneira: os valores referentes aos materiais no ato da entrega de todos os materiais acordados e os do serviço de programação após a entrega dos programas em mídia eletrônica, instalação em todos os computadores conforme acordado na proposta, testes práticos para verificação da confiabilidade dos sistemas e aceite da Companhia. Outros custos menos elevados: preparação e instalação das placas com os *RFID* R\$ 1.500,00 considerando material e mão-de-obra, mão-de-obra para cadastros, testes e acompanhamento de um programador de manutenção sênior e um engenheiro assistente: R\$ 5.000,00. Totalizando: R\$ 96.500,00.

### 5.2.2 RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

Considerou-se para cálculo de retorno sobre o investimento uma redução de trinta por cento das horas extras realizadas por mês. A média de horas extras realizadas durante o ano de 2007 que foi 13,8% por mês em relação às horas normais de trabalho, totalizando seiscentas horas extras por mês

Cálculo do custo das horas extras por mês:

O custo por hora extra é de R\$ 44,20 (considerando adição de 70% ao valor da hora normal). Para efeito de cálculo não estão consideradas despesas extras com transporte e refeição.

Custo da hora extra por mês = 600 horas \* R\$ 44,20 = R\$ 26.520,00.

Redução de 30% por mês = 30% \* R\$ 26.520,00 = 7.956,00.

Portanto para ter retorno sobre o investimento seriam necessários 12

$$\text{meses: } \left( \frac{\text{Despesa}}{\text{Economia / mês}} \right) = \left( \frac{96.500}{7.956} \right) = \text{aprox. 12 meses}$$

### 5.3 QUALIDADE

O Project Management Institute, PMBOK (2004)<sup>1</sup> utiliza a seguinte definição de qualidade:

"as características de um processo, produto ou serviço que se traduzem em sua habilidade de satisfazer a necessidades implícitas e explícitas". (ASQ, 1999).

Como este projeto tratava-se de um desenvolvimento de um sistema pioneiro, pois se elaboraram programas de computadores para tratar informações obtidas através de um sistema que apenas armazenava informações de tempos e rotas, o risco do não atendimento dos requisitos de qualidade da Companhia era elevado. Outro fator importante era que este era o primeiro serviço que a empresa prestava à Companhia. Neste caso podemos dividir esta questão da qualidade em três itens:

- Atendimento ao escopo do projeto: Atendeu-se este item totalmente, pois como o sistema foi elaborado de acordo com as necessidades da Companhia, não houve limitações de flexibilidade que um sistema já elaborado e apenas adaptado teria.
- Custo: Este item também foi bem atendido considerando que o custo para o desenvolvimento do sistema ficou dentro do planejado e que o prazo para retorno do investimento era consideravelmente pequeno.
- Prazo: Este item não foi bem atendido, pois durante as reuniões de discussão de escopo e planejamento levou-se em consideração apenas fatores relativos às necessidades da área de manutenção para melhorar sua gestão deixando de

<sup>1</sup> American Society for Quality (ASQ) 1999.

lado fatores técnicos da área de informática como compatibilidade do sistema com a rede de computadores da Companhia, sistemas de segurança e sistemas de *backup*. Isto fez com que o prazo planejado não pudesse ser cumprido, estas questões só foram percebidas depois que o sistema já estava praticamente pronto, o que dificultou ainda mais os ajustes e adequações.

Outro fator importante em relação à qualidade é que não adianta nada ter os melhores sistemas de medição se os colaboradores não coletarem os dados de forma adequada, por isso durante o treinamento explicou-se a todos os colaboradores que utilizariam este sistema a importância da coleta adequada e que todos se beneficiariam com os resultados conquistados com melhores condições de trabalho, diminuição das intervenções em emergência, melhoria no planejamento das atividades etc.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 O SISTEMA

O sistema atendeu as necessidades da Companhia em relação à facilidade de uso dos programas e operação para coleta de dados, apresentando pouca interferência nas atividades dos executantes. Após intervenções e correções o sistema passou a fornecer dados e informações confiáveis e coerentes com as coletas e cadastros realizados.

Os dispositivos resistiram a agressividade do ambiente industrial e intempéries, não sendo danificados nem quando sofreram pequenas quedas.

O programa apresentou boa flexibilidade permitindo a qualquer momento efetuar cadastros de novas informações sem que os dados armazenados sejam perdidos ou modificados. Por exemplo, ao se cadastrar um novo equipamento ele não interfere no cálculo do tempo médio de sua família de equipamentos, apenas após a ocorrência de uma falha e cadastro da mesma, esse equipamento novo será considerado para efeito de cálculo. Outro fator importante é que com os dados coletados as decisões não são feitas por sentimento ou experiências individuais, mas sim com informações concretas que demonstram a realidade da Companhia. Deste modo foi possível definir ações para melhorar os resultados da organização baseados em informações incontestáveis. As Figuras 15 a 19 ilustram os resultados das principais telas de sistema.

Inicial > Relatórios > Apresentação de Dados Gerais

Família de Equipamentos	Tipo de Smart Card	Complementos	Cadastro de Eventos
Descrição	Descrição	Complemento Descrição	Ord. Evento Descrição
AGLOMERADOR	Elétrico	ABRA ABRACADEIRA	18 Aguardar Instrução
BAG COLLECTOR DE CARGA	Encargado	ACOP ACOPLAMENTO	28 Aguardar Instrução - Saída
BAG COLLECTOR DE PURGE	Excatante	AGLO AGLOMERADOR	60 Aguardar Liberação
BALANÇAS	Mecânicas	ANEL ANEL	70 Aguardar Liberação saída
BANCO DE CAPACITORES	Operação	BASE BASE	11 Almox/Café/Banheiro
BOMBAS	Segurança	BATE BATENTE	21 Almox/Café/Banheiro - Saída
BOMBAS DE ÓLEO	Exportar para Excel	BOVI BOCA DE VISITA	17 Carga Térmica
BRECHING		BOMB BOMBA	27 Carga Térmica - Saída
CALDEIRA		BOQU BOQUILHA	906 Cartão
CENTRÍFUGA		BUCH BUCHA	917 Cartão esquecido - finalizar automaticamente
COMPRESSOR		CABO CABO	915 Chegada ao Equipamento
CORREIA TRANSPORTADORA		CAMI CAIXA DE MICROPULSAR	10 Condições Ambientais
ELEVADOR		CALC CALÇO	20 Condições Ambientais
ENSACADERA		CAMI CAMISA	43 Elétrica Liberou
FECHO DE AR DO BAG		CANE CANEAS	53 Elétrica Não Liberou
FORNALHA		CARC CARCAÇA	33 Elétrica chegou
FORNO		CARR CARRETEL	14 Emergência
MICROPULSAR		CAVA CAVALETE	24 Emergência - Saída
MICROPULSAR DE CARGA		CENT CENTRÍFUGA	909 Encerramento das medições
MICROPULVERIZADOR		CHAP CHAPA	
OUTROS NÃO ESPECIFICADOS		CHAR CHAPARRA	
		CHAV CHAVETA	

Figura 15 – Tela de Cadastros



Na tela de cadastros (Figura 15) é possível de maneira rápida e fácil cadastrar itens nas tabelas como família de equipamentos, tipos de usuários dos cartões *smart card*, complemento para inserção de informação da ação realizada no serviço e cadastro de eventos para a cartela de eventos.

Inicial > Relatórios > Relatório de Equipamentos

**Pesquisa**

Situação:

Área:

Família:

Nr. Equipamento:

Data da última Manutenção: Inicial  Final

Data de instalação: Inicial  Final

---

**Relatório**

1 / 14 100%

Equipamento	Família	Instalação
35-1101A Bomba Pneumatica Diafrag ma P/Fase Livre. Área A-35 Painel A-35 MTBF Última manutenção Estado Ativo Desde 01/01/2008 Observação	BOMBAS MTBF trimestre	01/01/2008 Meta
35-1101B Bomba Pneumatica Diafrag ma P/Fase Livre. Área A-35 Painel A-35 MTBF Última manutenção Estado Ativo Desde 01/01/2008 Observação	BOMBAS MTBF trimestre	01/01/2008 Meta

Figura 16 - Relatório de Equipamentos

A tela de relatório de equipamentos (Figura 16) serve para cadastrar equipamentos detalhando sua descrição, função, família, data de instalação, data da última intervenção e a qual tag de RFID refere-se.

Inicial > Relatórios > Relatório de Tempo Médio Entre Reparos (MTBF)

**Pesquisa**

Equipamento:

Família:

Equipamento	Data ultimo Reparo	Reparo Anterior	MTBF Trimestre	MTBF	MTBF Meta	Dias em produção
50-1112A	06/11/2008	04/11/2008	1	2		47
50-1133C	27/05/2008	27/05/2008	0	0		210
50-1134	26/11/2008	26/11/2008	0	0		27
50-1145	29/09/2008	29/09/2008	0	0		85
50-1152A	22/09/2008	22/09/2008	0	0		92
52-1102	21/11/2008	21/11/2008	0	0		32
63-1103A	21/10/2008	21/10/2008	0	0		63

Figura 17 - Relatório de TMEF

Na tela de relatório de TMEF (Figura 17) é possível ver os equipamentos de uma família com as informações detalhadas por equipamento, como: data do último e penúltimo reparo, TMEF atual e do trimestre anterior, tempo em que o equipamento está em operação desde o último reparo. Cadastra também um TMEF como meta de desempenho. No final da tela aparece o tempo médio entre falhas da família para que seja possível identificar qual equipamento está abaixo da média e realizar um estudo para melhorar o desempenho do mesmo.

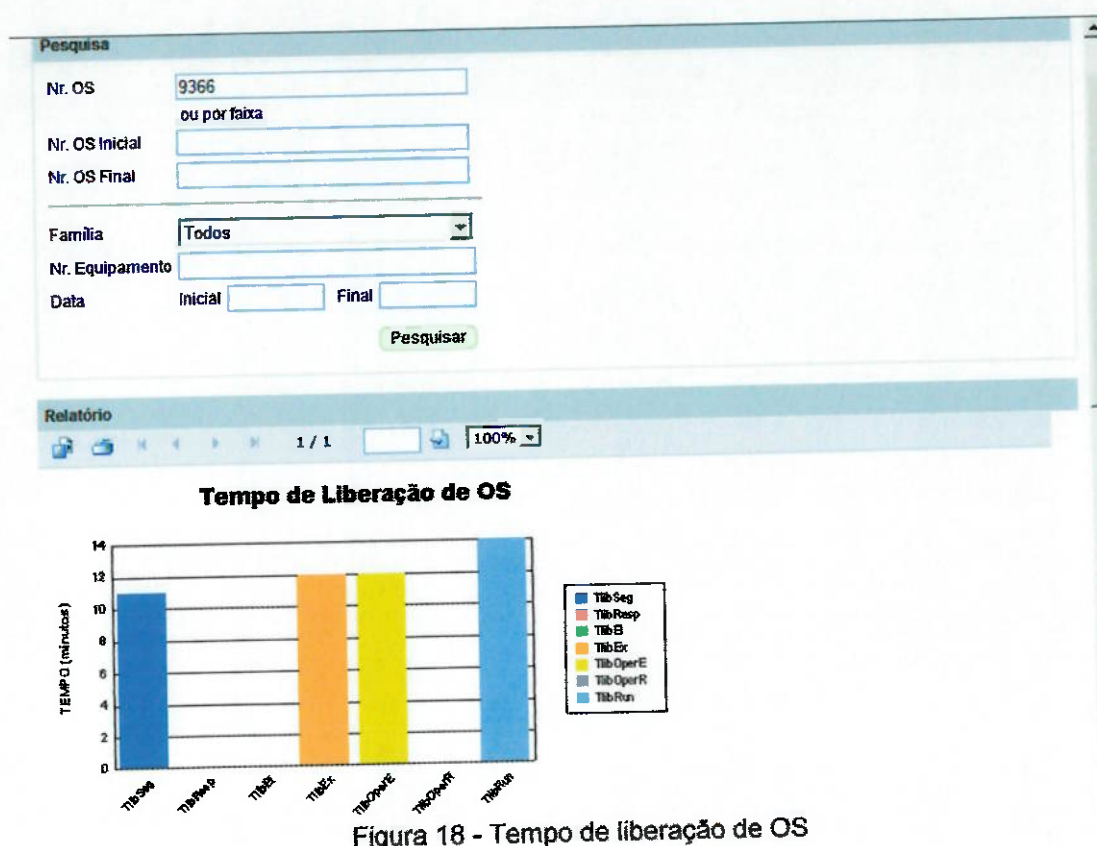


Figura 18 - Tempo de liberação de OS

Relatório de tempo de liberação (Figura 18) com este recurso é possível pesquisar uma ordem de serviço ou fazer um filtro por família ou por período e verificar entre as etapas de liberação para a execução de um serviço qual está impactando mais. Após análise deste item os setores de manutenção, produção e segurança tomaram algumas decisões para reduzir o tempo, como: priorização na liberação dos serviços mais críticos em relação ao tempo de execução e na ordem que serão realizados, pois acontecia que como a Companhia não dispõe de técnicos de segurança suficiente para liberar todos os serviços necessários ao mesmo tempo alguns serviços menos críticos antes que um mais crítico apenas porque chegou à sala de

controle primeiro. As vezes também era solicitada a liberação de um serviço no período da manhã sendo que a tarefa só seria executada no período da tarde. Esta falha no planejamento não era percebida e havia atritos, pois um setor colocava a culpa no outro e nada era resolvido.

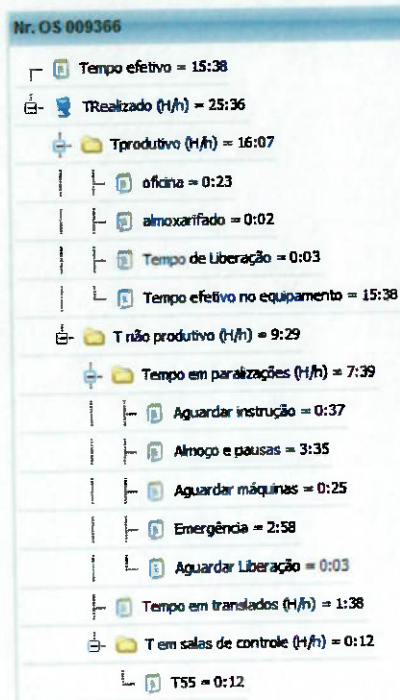


Figura 19 - Produtividade da atividade (Unidade de medidas: Horas)

Com o relatório de produtividade da atividade (Figura 19) verifica-se o tempo total da atividade e o detalhamento de tempos produtivos e improdutivos por ação. São consideradas ações produtivas aquelas que estão destinadas à execução do que foi planejado, como: instruções do trabalho na oficina, preparação de peças, coleta de ferramentas e materiais, liberação de segurança e execução da atividade no equipamento. E etapas improdutivas aquelas que interrompem ou interferem no andamento lógico da atividade fim, como: aguardo de instruções quando as instruções iniciais não foram suficientes ou o escopo do serviço foi alterado, como: almoço e pausas da equipe (café, banheiro, água, higiene, descanso), aguardo de máquinas de elevação e serviços de apoio (limpeza, remoção de isolamento térmico e drenagem do equipamento), atendimento a um serviço em emergência e aguardo para o início da atividade de liberação (tempo de espera para que a produção ou a segurança inicie a liberação).



## 6.2 INDICADORES

Desde o início das operações (junho 2008) todos os colaboradores compreenderam que o objetivo do sistema era melhorar os processos da Companhia e motivaram-se em medir e colaborar com os resultados, este foi um fator fundamental para os resultados obtidos.

Na fase de testes e início do uso do sistema ocorreram alguns erros de medição, porém estes foram facilmente percebidos pelo sistema e os colaboradores envolvidos foram instruídos a não cometê-lo novamente, após uma frequência maior de utilização os profissionais pegaram prática nas medições e não houve mais uma incidência de erros considerável.

Os resultados foram medidos através dos indicadores: disponibilidade operacional e porcentagem de horas extras x horas normais do período.

O Gráfico 1 demonstra a disponibilidade operacional entre o bimestre de janeiro-fevereiro de 2005 à maio-junho de 2009. As operações do sistema iniciaram no mês de junho de 2008.

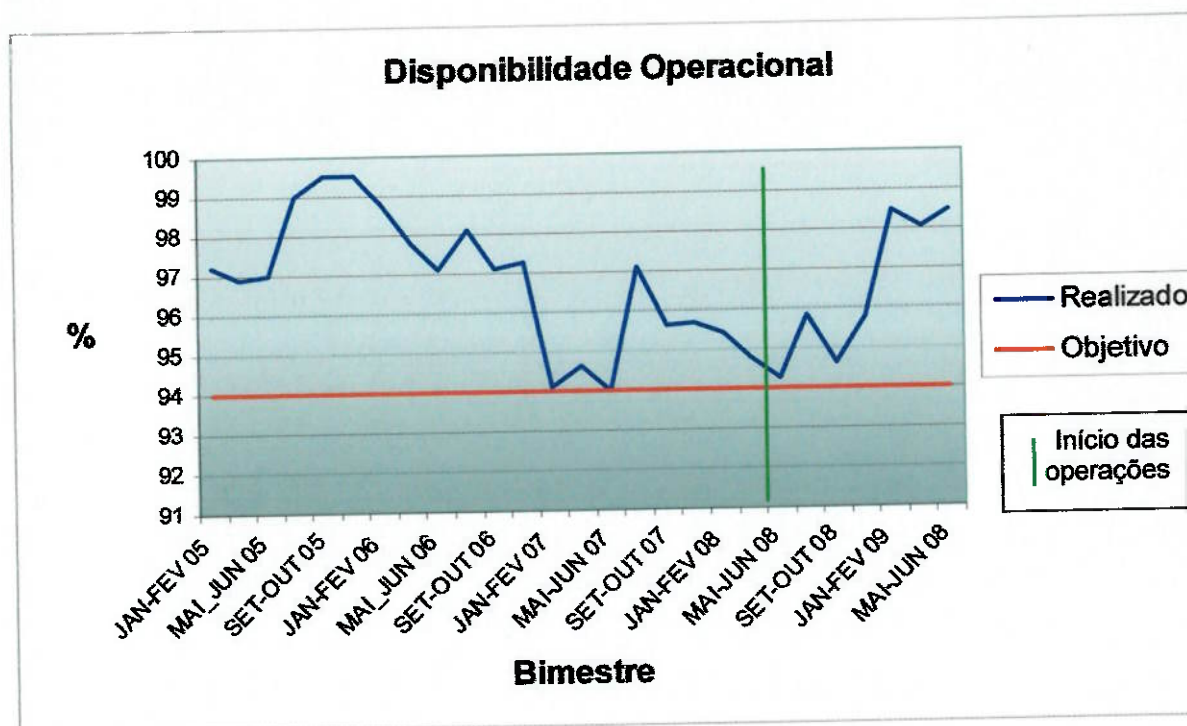


Gráfico 1 – Disponibilidade Operacional

A Companhia elabora um relatório de disponibilidade operacional a cada bimestre para identificar se as ações de manutenção estão apresentando um bom desempenho.

Definiu-se com base nas características dos equipamentos e processos que o objetivo era manter a disponibilidade operacional acima de 94%. Foram coletados os indicadores de disponibilidade do bimestre de janeiro-fevereiro do ano de 2005 a janeiro-fevereiro do ano de 2009, dos quais se percebe que em alguns bimestres este objetivo proposto de 94% esteve próximo de não ser atingido.

Ainda é cedo para analisar os resultados da implantação do sistema neste indicador, pois o sistema entrou em operação em junho de 2008 e ainda não foi possível a obtenção de um banco de dados suficiente com valores de TMEF e TMPR, mas percebe-se que no ano de 2009 o resultado atingido foi muito bom ( $> 98,0\%$ ).

Doze meses é pouco tempo para obter um banco de dados completo, pois alguns equipamentos apresentam uma vida útil maior do que este período. Porém já foi possível perceber uma melhoria no valor do TMEF referente aos micropulverizadores, em que o TMEF de sua família aumentou de 5,8 para 6,1 meses. Este resultado foi obtido após a identificação do motivo de falha mais frequente, desgaste nos martelos do equipamento, para melhoria foi substituído o material das ponteiros dos martelos por um de maior dureza.

Com o sistema anterior eram medidos e analisados os resultados de apenas duas famílias de equipamentos e com este sistema atual é possível expandir estas medições para todas as outras famílias.

O Gráfico 2 demonstra a evolução das horas extras realizadas



Gráfico 2 – Horas Extras x Horas Normais

Tabela 2 – Evolução percentual de horas extras

EVOLUÇÃO PERCENTUAL DAS HORAS EXTRAS													
Período	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média
2009	5,0	4,5	7,0	3,0	2,1	2,5							4,0
2008	11,0	7,0	14,0	7,0	8,0	1,0	11,0	7,0	6,2	7,0	8,0	1,0	7,4
2007	13,0	6,0	6,5	14,0	12,0	16,0	18,0	30,0	14,0	17,0	10,0	9,0	13,8
2006	3,0	12,0	2,0	10,0	7,0	9,0	5,0	5,0	6,5	2,4	9,0	7,0	6,5

Analisando o Gráfico 2 de Horas Extras x Horas Normais e a Tabela 2 de Evolução percentual das horas extras percebe-se que após o mês de junho de 2008 houve uma redução na realização de horas extras comparando-se com o primeiro semestre do ano de 2008 e com o ano de 2007.

Uma das ações tomadas foi que após verificação dos motivos que estavam gerando trabalhos em horários extraordinários verificou-se que o motivo principal era que alguns trabalhos programados exigiam um tempo de execução maior do que as horas normais diárias (oito horas) e os colaboradores ficavam até mais tarde para a conclusão do serviço. Para melhorar este fator começou-se a planejar horários de entrada diferenciados para a realização deste tipo de trabalho, uma equipe entra mais tarde para finalizar os trabalhos que a equipe que atuou no serviço desde o início não conseguia executar dentro do horário normal de trabalho. Outras ações tomadas foram melhorias nas instalações e acesso aos equipamentos visando facilitar e agilizar a execução dos trabalhos.

### 6.3 RETORNO SOBRE OS INVESTIMENTOS

O retorno sobre o investimento pode ser facilmente apresentado comparando os valores gastos com a implantação do sistema e a economia de horas extras dos profissionais de manutenção da Companhia.

A Tabela 3 compara o retorno sobre o investimento planejado x realizado, em que o retorno sobre o investimento (ROI) foi dado após sete meses de operação.



Tabela 3 – Retorno sobre o investimento

Retorno sobre o investimento	Planejado	Realizado
Redução das horas extras mensais	30 %	60 %
Redução do custo mensal com h.extra	7.956,00	15.912,00
Prazo para retorno sobre o investimento	12 meses	7 meses

O Gráfico 3 ilustra o retorno sobre o investimento em relação ao tempo, considerando desde o início da implantação do sistema de medição de tempos, abril de 2007, até o mês de junho de 2009. Foi considerado como despesas os gastos referentes a aquisição dos equipamentos, serviços de programação do software, preparação e instalação das placas com tags de RFID e horas de mão-de-obra de profissionais da Companhia, totalizando R\$ 96.500,00. Os ganhos são os valores relacionados a redução de custos com horas extras da Companhia, gerando a economia de R\$ 210.764,00 (de junho de 2008 até junho de 2009). O resultado é a soma das despesas com os ganhos totalizando R\$ 114.264,00 em junho de 2009. O investimento foi pago no mês de dezembro de 2008.

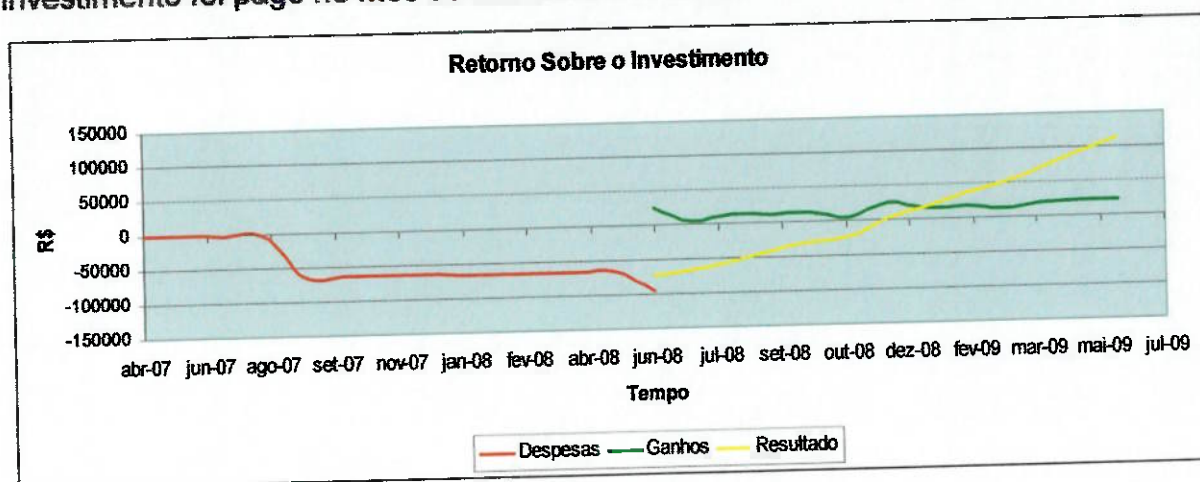


Gráfico 3 – Retorno sobre o investimento

Tabela 4 – Fluxo de caixa

	abr-07	mai-07	jun-07	jul-07	ago-07	set-07	out-07	nov-07	dez-07	jan-08	fev-08	mar-08	abr-08	mai-08
Despesas	-333	-666	-999	-1332	-1665	-63498	-63831	-64164	-64497	-64830	-65163	-65496	-65829	-66162
Ganhos														
Resultado	-333	-666	-999	-1332	-1665	-63498	-63831	-64164	-64497	-64830	-65163	-65496	-65829	-66162

	jun-08	jul-08	ago-08	set-08	out-08	nov-08	dez-08	jan-09	fev-09	mar-09	abr-09	mai-09	jun-09
Despesas	-96495												
Ganhos	24598	5380	13067	11915	13067	5381	24598	16911	17827	13067	20754	22484	21715
Resultado	-71897	-66517	-53450	-41535	-28468	-23087	1511	18422	36249	49316	70070	92554	114269

## 7 CONCLUSÕES

O processo de melhoria contínua dos indicadores da manutenção exige esforços a alinhamento de todos na organização, pois a falha em qualquer das etapas do ciclo *PDCA* prejudicará os resultados desejados. É necessário medir os tempos de cada atividade dos serviços de forma eficiente, pois estas informações servirão como base para planejar as ações de melhoria.

O sistema utilizado pela Companhia e analisado neste estudo de caso gerou resultados satisfatórios no que diz respeito à gestão da área de manutenção, redução de custos e aumento da disponibilidade operacional. Demonstrou também a importância da definição do escopo do projeto e seu planejamento em conjunto com todas as áreas da empresa, pois qualquer mudança ou atraso impactam no resultado esperado.

Não existe um sistema ótimo para todos os casos deve-se determinar qual o melhor sistema de medição levando-se em consideração as características operacionais da organização, os profissionais que utilizarão o sistema e as estratégias e objetivos que se deseja alcançar.

Como proposta para trabalhos futuros é interessante agregar ao sistema a ferramenta de estatística de confiabilidade, apresentando automaticamente as probabilidades dos equipamentos falharem dentro de um espaço de tempo definido, fornecendo ainda mais informações para o aprimoramento do planejamento. Outro ponto que pode ser implementado é a inserção da informação de quais recursos materiais foram utilizados e de qual fabricante no histórico da ordem de serviço para que seja evidenciado qual tipo de material ou fornecedor obtém melhor desempenho.

Este método de medição de tempos pode ser utilizado também em outras áreas e atividades das organizações como: Produção - Medição de tempos de ensacamento de produto; Logística – Tarefas de ensaque de produto e carregamento expedição do produto; Manutenção - Roteiros de lubrificação e inspeção.

## REFERÊNCIAS

CARDLOGIX CORPORATION. Irvine CA (USA). Tecnologia de cartões e leitoras. <http://www.cardlogix.com/products/cards/smart/>. Acesso em: 19 jan. 2009

CONTRONICS – PRODUTOS ELETRÔNICOS PARA CONTROLE DE RONDAS. Florianópolis. Disponível em: <<http://www.contronics.com.br>>. Acesso em: 15 fev. 2009.

MOUBRAY, John. **Manutenção centrada em confiabilidade II**. Lutterworth: Leicestershire, Reino Unido, 2000. 426 p. Edição brasileira.

PALMLAND - PORTAL DOS PORTÁTEIS. Porto Alegre. Equipamentos fabricados pela Palm. Disponível em: <<http://www.palmland.com.br/php/marcas.php?id=2/>>. Acesso em: 15 abr. 2009

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Aquino Nascif. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualifymark, 2007. 341 p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, PMI. **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamentos de Projetos: Guia PMBOK**. Terceira Edição. Pennsylvania: Four Campus Boulevard, 2004. 388p.

TAVARES, Lourival Augusto. **Administração Moderna da Manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 1999. 208 p.

XENOS, Harilaus Georgius d' Philippos. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços, 2004. 302 p.

WIKIPEDIA – A ENCICLOPÉDIA LIVRE. Pesquisa: *Palmtop*. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/palmtop>>. Acesso em: 12 mar. 2009



## ANEXO – FOTOS DOS EQUIPAMENTOS



Figura 20 – Conjunto dos equipamentos e dispositivos



Figura 21 - Cartão smart card



Figura 22 - Leitora de cartão smart card



Figura 23 - Bastão controlador





Figura 24 - Etiqueta de *RFID* instalada no painel de proteção



Figura 25 - Cartela numérica para inserção de códigos dos eventos e operações

A Tabela 4 de códigos dos eventos que fica fixada na parte superior da cartela. Através da aproximação do bastão nos botões da cartela, os eventos são cadastrados e os tempos são armazenados no bastão que depois são descarregados nas bases nas salas de controle e as informações ficam disponíveis no banco de dados para análise de cada ordem de serviço.

Tabela 5 - Códigos que representam os eventos

<b>Códigos Pessoais</b>	<b>Chegou</b>	<b>Liberou</b>	<b>Não Liberou</b>
Segurança	31	41	51
Responsável	32	42	52
Elétrica	33	43	53
Executante	34	44	54
Operação Entrega	35	45	55
Operação Recebe	36	46	56
<b>Códigos de Paralisações</b>	<b>COM Interrupção do Serviço</b>		<b>SEM Interrupção do Serviço</b>
Condições Ambientais	10		20
Almoço/Café/Banheiro	11		21
Máquinas	12		22
Material / Almoz	13		23
Emergência	14		24
Ecerrar mesmo dia	15		25
Passar p/ dia seguinte	16		26
Carga Térmica	17		27
Aguardar Instrução	18		28
Modificação Andaime	19		29
Aguardar Liberação	60		70