

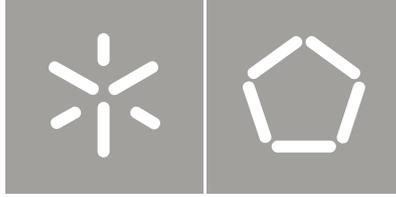


Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Danielle Lima de Figueiredo

Análise de falhas para gestão da manutenção:  
Desenvolvimento de software para uma  
empresa do ramo eletrónico





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Danielle Lima de Figueiredo

Análise de falhas para gestão da manutenção:  
Desenvolvimento de software para uma  
empresa do ramo eletrónico

Dissertação de Mestrado  
Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação da  
Professora Isabel da Silva Lopes

## Declaração

**Nome:** Danielle Lima de Figueiredo

**Endereço electrónico:** [danielle\\_lima@ig.com.br](mailto:danielle_lima@ig.com.br)

**Telefone:**+5592 81168423 / +5592 36458752

**Passaporte:** CZ488168

**Título dissertação de projeto:**

Análise das Falhas para Gestão da Manutenção: Desenvolvimento de Software para uma Empresa do Ramo Eletrónico

**Orientadora:** Isabel da Silva Lopes.

**Ano de conclusão:** 2014

**Mestrado em Engenharia Industrial**

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

**Universidade do Minho, 31/ 03 / 2014.**

**Assinatura:** Danielle Lima de Figueiredo

## **Agradecimentos**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por me conceder saúde e sabedoria pela oportunidade de estar aqui neste momento. Ao meu Pai Sr. Daniel que sempre acreditou no meu sucesso. À minha linda mãe Dona Madalena em que eu sempre me inspirei para estudar desde criança em que hoje se encontrar ao lado Deus. À minha noiva Luciane por sua paciência. Ao meu grande amigo Marcelo Oliveira sempre esteve ao meu lado. Não poderia deixar de agradecer também à minha orientadora Doutora Isabel Silva Lopes, pela paciência, dedicação e carinho e ao meu Coordenador do Curso de Mestrado Professor Doutor J. Dinis A. Carvalho dentre outros professores do departamento de Produção e Sistema da Universidade do Minho, representado na pessoa do Professor Dinis, que sempre soube nos encaminhar nos estudos. Por fim agradeço aos meus colegas pelo apoio e estímulos.

# ANÁLISE DE FALHAS PARA GESTÃO DA MANUTENÇÃO: DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA UMA EMPRESA DO RAMO ELETRÔNICO

## Resumo

Toda empresa ou organização possui uma grande quantidade de informação relativa às suas operações de manutenção. Para programar adequadamente a produção, os dados associados à manutenção precisam ser arquivados com cuidado e facilmente acedidos pelo pessoal da empresa quando necessário. Com o crescimento tecnológico, a informação passou a ser armazenada digitalmente com a ajuda de pacotes de software de gestão da manutenção (Software CMMS - Computerized Maintenance Management System). O sistema informatizado de gestão da manutenção pode ser baseado na Web (Redes de Alcance Mundial) ou LAN (*Local Area Network*). A capacidade em armazenar e analisar a informação possibilita a empresa reduzir o consumo de tempo e recursos no processo de tomada de decisão. Um *software* CMMS ajuda a empresa a planejar com sucesso as suas operações de manutenção. O planejamento da manutenção procura maximizar o tempo de funcionamento dos equipamentos, reduz a necessidade de reparações de emergência e os custos de produção e poupa tempo, ajudando no sentido de melhorar os processos produtivos, aumentando assim o lucro da empresa. Neste documento é utilizado um conjunto de conceitos e terminologias básicas, bem como apresentadas as principais técnicas, metodologias, modelos e estratégias no âmbito da manutenção. É apresentado o módulo *controller* de um *software* de manutenção que foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular de dissertação do curso de mestrado em engenharia industrial. O módulo desenvolvido é um componente de software que faz a gestão de todos os módulos do sistema e contempla principalmente a camada de comunicação com a *interface* do utilizador.

**Palavras-chave:** Gestão da Manutenção; MVC (*Model-View-Controller*); Web.

## ANALYSIS OF FAILURES TO MAINTENANCE MANAGEMENT: SOFTWARE DEVELOPMENT FOR ENTERPRISE BRANCH ELECTRONIC

### **Abstract**

Every company or organization has a lot of information concerning its maintenance. To properly schedule production, the data associated with maintenance must be carefully archived and easily accessed by company personnel when necessary. With the technological growth, the information came to be stored digitally with the help of packages of maintenance management software (CMMS Software - Computerized Maintenance Management System). The computerized maintenance management system can be Web-based networks (Worldwide Reach) or LAN (Local Area Network ). The ability to store and analyze information enables the company to reduce the consumption of time and resources in the decision-making process. A CMMS software helps the company to successfully plan their maintenance. The maintenance planning seeks to maximize the uptime of equipment, reduces the need for emergency repairs and production costs and saves time, helping to improve production processes, thereby increasing the company's profit. This document presents a set of basic concepts and terminology, as well as the main techniques, methodologies, models and strategies in the context of maintenance. The controller of a software maintenance module that was developed within the course of the thesis of master's degree in industrial engineering is exposed. The developed module is a software component that manages all system modules and mostly contemplates the layer of communication with the user interface

**Keywords:** Maintenance Management; MVC (Model-View-Controller); web

# Índice Geral

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE GERAL.....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE SIGLAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 ENQUADRAMENTO .....	1
1.2 OBJETIVOS .....	2
1.3 EMPRESA ONDE SE DESENVOLVEU O ESTUDO .....	5
1.4 ETAPAS DA PESQUISA .....	6
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	7
<b>2. A MANUTENÇÃO .....</b>	<b>8</b>
2.1 FALHAS .....	8
2.2 FIABILIDADE E MANUTENÇÃO.....	9
2.3 MANUTENÇÃO: DEFINIÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E CUSTO .....	12
2.4 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO .....	17
2.5 INDICADORES DE MANUTENÇÃO .....	18
2.5.1 <i>Indicadores de desempenho de máquinas.</i> .....	19
2.5.2 <i>Indicadores de desempenho de mão-de-obra.</i> .....	21
2.5.3 <i>Indicadores financeiros da manutenção</i> .....	22
2.6 SISTEMAS INFORMATIZADO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO.....	22
2.6.1 <i>Benefícios de executar um sistema informatizado.</i> .....	22
2.6.2 <i>Os softwares de manutenção.</i> .....	25
2.6.3 <i>Desenvolver um software de manutenção.</i> .....	26
2.7 METODOLOGIAS E FERRAMENTAS PARA ANÁLISE DE FALHAS.....	27
2.7.1 <i>O FMEA</i> .....	28

2.7.2	<i>Aplicação do FMEA</i> .....	29
2.7.3	<i>Avaliação dos riscos de falhas</i> .....	30
2.7.4	<i>O formulário FMEA</i> .....	33
2.8	DIAGRAMAS DE CAUSA-EFEITO .....	35
2.9	OS CINCO PORQUÊS .....	36
2.10	BRAINSTORMING.....	37
2.11	OITO D'S .....	38
2.12	ANÁLISES DE CAUSA-RAIZ.....	40
2.13	ÁRVORE DE FALHA.....	41
<b>3.</b>	<b>REDES DE ALCANCE MUNDIAL</b> .....	<b>43</b>
3.1	REDES DE ALCANCE MUNDIAL .....	43
3.2	SOFTWARES PARA DESKTOP.....	44
3.2.1	<i>Protocolos de comunicação</i> .....	44
3.2.2	<i>O Protocolo UDP</i> .....	46
3.3	SOFTWARE PARA WEB.....	46
3.3.1	<i>Cliente/Servidor tradicional</i> .....	47
3.3.2	<i>Aplicação em duas camadas</i> .....	48
3.3.3	<i>Aplicação em três camadas</i> .....	49
3.3.4	<i>Aplicação em quatro camadas</i> .....	51
3.4	PROJETOS DE SOFTWARE.....	51
3.4.1	<i>Utilização do design pattern</i> .....	52
3.4.2	<i>Modelo-view-controlador</i> .....	53
3.4.3	<i>Estrutura framework .net</i> .....	54
3.4.4	<i>Base de dados mysql</i> .....	56
3.5	A LINGUAGEM DE MODELAÇÃO.....	57
<b>4.</b>	<b>ANÁLISES E LEVANTAMENTO DOS REQUISITOS</b> .....	<b>63</b>
4.1	SITUAÇÃO ATUAL .....	63
4.2	REQUISITOS FUNCIONAIS.....	65

4.2.1 Registos no sistema .....	66
4.2.2 Consultas no sistema .....	67
4.2.3 Relatórios do sistema .....	68
4.3 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS .....	68
4.3.1 Requisitos de segurança .....	68
<b>5. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA .....</b>	<b>69</b>
5.1 DIAGRAMAS DE CASOS DE USO .....	69
5.1.1 CASOS DE USO - ADMINISTRADOR .....	70
5.1.1.1 Documentação do caso de uso login no sistema .....	70
5.1.1.2 Documentação do caso de uso registar funcionários .....	71
5.1.1.3 Documentação do caso de uso consultar funcionários .....	71
5.1.1.4 Documentação do caso de uso atualizar funcionário .....	72
5.1.1.5 Documentação do caso de uso excluir funcionário .....	73
5.1.2 CASOS DE USO - FUNCIONÁRIO .....	73
5.1.2.1 Documentação do caso de uso registar equipamento .....	75
5.1.2.2 Documentação do caso de uso registar ordem de serviço .....	75
5.1.2.3 Documentação do caso de uso emitir relatório de ordem de serviço .....	76
5.1.2.4 Documentação do caso de uso consultar ordem de serviço .....	77
5.1.2.5 Documentação do caso de uso registar falha .....	77
5.1.2.6 Documentação do caso de uso registar 8'Ds .....	78
5.2 DIAGRAMAS DE CLASSE .....	79
5.3 AQUISIÇÃO DE DADOS .....	80
5.4 ANÁLISES DOS DADOS A PARTIR DA ORDEM DE SERVIÇO .....	82
5.5 UTILIZANDO A METODOLOGIA FMEA E O MÉTODO 8D'S .....	83
5.5.1 Aplicando a metodologia FMEA .....	83
5.5.2 Aplicando o método 8D's .....	85
5.5.3 Plano de Ação .....	87
5.6 INTERFACES GRÁFICAS DO SISTEMA .....	87

<b>6. CONCLUSÕES E VISÃO DE TRABALHO FUTURO .....</b>	<b>89</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>92</b>

## Lista de Siglas

**8D's** - Relatório das Oito disciplinas

**ABRAMAN** - Associação Brasileira de Manutenção

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas

**API** - Interface de Programas de Aplicações

**BCL** - Base de dados da Biblioteca de Classes

**CLR** - *Common Language Runtime*

**CPU** - *Central Processing Unit*

**CMMS** - *Computerized Maintenance Management System*

**DNS** - Sistema de Nomes de Domínios

**DER** - Diagrama Entidade e Relacionamento

**FMEA** - Análise dos Modos de Falhas e Efeitos

**FOT** - *Forced Outage Time*

**FTA** - *Fault Tree Analysis*

**GNU** - *General Public License*

**GEPEQ** - Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade

**HTTP** - Protocolo de Transferência de Texto

**IP** - Protocolo de *Internet*

**JDBC** - *Java Database Connectivity*

**LAN's** - (*Local Area Network*) - Redes Locais

**MFOT** - Tempo Médio de Interrupção da Força

**MTBF** - Tempo Médio entre Falhas

**MTTR** - Tempo Médio de Reparação

**MVC** - *Model-View-Controller*

**MSIL** - *Microsoft Intermediate Language*

**NASA** - *National Aeronautics and Space Administration*

**NBR** - Denominação de Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas

**NPR** - Número de Prioridade de Risco

**ODBC** - *Open Data Base Connectivity*

**PIM** - Pólo Industrial de Manaus

**QMC** - Quantidade de intervenções de Manutenção Corretiva

**RCA** - *Root Cause Analysis*

**SGBD** - Sistema Gerenciador de Base de Dados

**SQL** - (*Structured Query Language*) Linguagem de Consulta Estruturada

**TCP** - Protocolo de Controle de Transmissão

**TR** - Tempo de Reparação

**TI** - Tecnologia da Informação

**UNICENTRO** - Universidade Estadual do Centro-Oeste

**UDP** - *User Datagram Protocol*

**UML** - Unified Modeling Language

**XML** - *Extensible Markup Language*

**WEB**- (*World Wide Web*) - Redes de Alcance Mundial

**WAN's** -(*Wide Area Network*) – Redes Geograficamente Distribuídas

## Lista de Figuras

- Figura 01 - Tipos de Software Utilizado
- Figura 02 - Classificação das Falhas
- Figura 03 - Curva da Banheira
- Figura 04 - Classificação da Manutenção
- Figura 05 - Custos Versus Nível de Manutenção
- Figura 06 - Lucro versus Disponibilidade
- Figura 07 - Índices mais Usados.
- Figura 08 - Esquema de um Software de Manutenção
- Figura 09 - Causa-efeito: Desempenho Desejado
- Figura 10 - Diagrama de Causa-efeito: Problema
- Figura 11 - 8 Disciplinas (8D's)
- Figura 12 - Base de Construção de *Fault Tree Analysis* (FTA)
- Figura 13 - Web na Internet Conectando ao Mundo
- Figura 14 - Modelo ISO/OSI
- Figura 15 - Modelo Inicial do TCP/IP Baseado em quatro Níveis
- Figura 16 - O Modelo Cliente/Servidor Tradicional
- Figura 17 - O Modelo de Desenvolvimento em Duas Camadas
- Figura 18 - O Modelo de Desenvolvimento em Três Camadas
- Figura 19 - O Modelo de Desenvolvimento em Quatro Camadas
- Figura 20 - Diagrama de Relacionamento entre o *Model, View e Controller*
- Figura 21 - Estrutura do *Framework .NET*
- Figura 22 - Resumo dos Elementos de Estrutura
- Figura 23 - Resumo dos Elementos do UML
- Figura 24 - Resumo dos tipos de Relações Standard
- Figura 25 - Exemplo de um Diagrama de Casos de Uso
- Figura 26 - Exemplo de um Diagrama de Classes
- Figura 27 - Folhas de Cálculos
- Figura 28 - Caso de uso – Registo dos funcionários
- Figura 29 - Caso de uso – Funcionários
- Figura 30 - Diagrama de classe do Sistema
- Figura 31 - Solicitação da Ordem de Serviço
- Figura 32 - Fechamento da Ordem de Serviço

- Figura 33 - Exmplo de Cálculo dos Indicadores
- Figura 34 - Interface Gráfica de Cálculos dos Indicadores
- Figura 35 - Análise dos Modos de Falha
- Figura 36 - Análise dos Modos de Falha – HTML (adaptado)
- Figura 37 - Exemplo de um Formulário 8D
- Figura 38 - Login do Sistema
- Figura 39 - Administrador do Sistema
- Figura 40 - Cadastro de Máquina
- Figura 41 - Acompanhamento da Ordem de Serviço
- Figura 42 - Dados da Ordem de Serviço
- Figura 43 - Encerramento da Ordem de Serviço
- Figura 44 - Indicadores de Manutenção
- Figura 45 - Indicadores de Manutenção
- Figura 46 - Formulário 8D (adaptado)
- Figura D.1 - *Login* do Sistema
- Figura D.2 - Tela do Administrador do Sistema
- Figura D.3 - Cadastro de Novos Utilizador
- Figura D.4 - Linha de Montagem
- Figura D.5 - Estágio da Linha
- Figura D.6 - Cadastro de Novos Fabricante/Fornecedor
- Figura D.7 - Modelo de Máquina
- Figura D.8 - Grupo de Máquinas
- Figura D.9 - Tipos de Maquinas.
- Figura D.10 - Cadastro de nova Máquina
- Figura D.11 - Modo de Falha
- Figura D.12 - Acompanhamento de Ordens de Serviço
- Figura D.13 - Indicadores de Manutenção
- Figura D.14 - Solicitação de Ordem de Serviço
- Figura D.15 - Fechamento da Ordem de Serviço
- Figura D.16 - Histórica de Ordens de Serviço

## Lista de Tabelas

Tabela: 01 - Doze elementos chaves do FMEA

Tabela: 02 - Sugestão de escala para avaliação dos efeitos dos modos de falha.

Tabela: 03 - Sugestão de escala para avaliação de ocorrência do modo de falha no processo.

Tabela: 04 - Sugestão de escala para avaliação da detecção.

Tabela: 05 - Exemplo de cálculo de falha NPR.

Tabela: 06 - Sugestões para o Formulário simples do FMEA

Tabela: 07 - Modelo híbrido com cinco camadas.

Tabela: 08 - Cabeçalho do Protocolo UDP.

Tabela: 09 - Registos de Máquinas

Tabela: 10 - Registo de Linha de Montagem

Tabela: 11 - Registo de Grupo de Máquinas

Tabela: 12 - Registo de Técnicos

Tabela: 13 - Registo do Supervisor

Tabela: 14 - Aberturas de Ordem de Serviço

Tabela: 15 - Fechamentos de Ordem de Serviço

Tabela: 16 - Consultas de Histórico da falha

Tabela: 17 - Consultas de informações técnicas das máquinas

Tabela: 18 - Consultas de Ordem de Serviço Abertas

Tabela: 19 - Consultas de Ordem de Serviço Fechadas

Tabela: 20 - Relatórios de MTBF

Tabela: 21 - Relatórios de MTTR por máquinas

Tabela: 22 - Relatórios de *Downtime* por máquina

Tabela: 23 - Controles de Acesso

Tabela: 24 - Registo de Máquina

Tabela: 25 - Registo de Técnicos

Tabela: 26 - Registo de Supervisor

Tabela: 27 - Registo de Grupo de Máquina

Tabela: 28 - Registo das Linhas

Tabela: 29 - Registo dos Setores da Linha

Tabela: 30 - Aberturas da Ordem de Serviço

Tabela: 31 - Encerramentos da Ordem de Serviço

Tabela: 32 - Documentação do caso de uso login no sistema

Tabela: 33 - Documentação do caso de uso registrar funcionários

Tabela: 34 - Documentação do caso de uso consultar funcionários

Tabela: 35 - Documentação do caso de uso atualizar funcionários

Tabela: 36 - Documentação do caso de uso excluir funcionários

Tabela: 37 - Documentação do caso de uso login no sistema

Tabela: 38 - Documentação do caso de uso registrar equipamentos

Tabela: 39 - Documentação do caso de uso informação dos equipamentos

Tabela: 40 - Resumo de plano de ações

# 1. Introdução

## 1.1 Enquadramento

No Pólo Industrial de Manaus/Brasil (PIM), os gestores de manutenção enfrentam muitas dificuldades devido à falta de informação e à ausência de recolha de dados para realizar uma gestão eficiente. Para que haja uma boa eficiência na gestão da informação relacionada com a manutenção, faz-se necessário customizar. O termo customizar significa adaptar algo de acordo com o desejo ou necessidade de alguém. A customização significa transformar a informação de entrada numa informação que seja adequada às necessidades de um indivíduo num determinado instante.

Para Pine (1994), Quintella e Costa (1997), a customização pode gerar grandes vantagens e competitividade, ocasionando flexibilidade e rapidez em gerar respostas a estímulos de mercados no plano produtivo. Em vez de mercados grandes e homogêneos, desenvolvem-se nichos de mercados heterogêneos. Sem diminuir a importância de operar com custos reduzidos, a personalização se contrapõe à padronização. A estrutura da rede na organização de customização em massa é um sistema de fluxos do material ou de informação entre unidades genéricas, flexíveis e modulares. É importante compreender que estas unidades podem ser pessoas, equipas componentes de "software" ou máquinas de manufatura, dependendo dos recursos críticos empregados pela empresa.

Atualmente a aplicação computacional é indispensável no controle da manutenção, seja por meio eletrónico e estatístico, e principalmente se as empresas desejam se tornar mais competitivas e alcançar uma manutenção de qualidade, de "Classe Mundial".

É possível notar na Figura 01, que hoje na região de Manaus as empresas utilizam folhas de cálculo como principais ferramentas de informática para registar e obter informação sobre a manutenção. É possível também notar uma predominância, ao nível nacional (Brasil), na utilização de software externo.

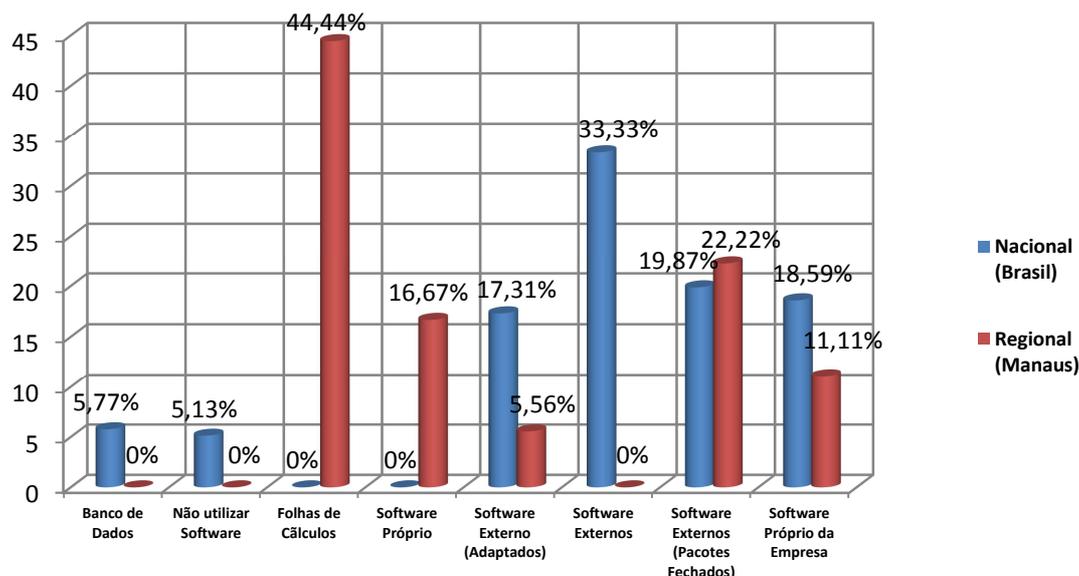


Figura 01 - Tipos de Software utilizados em Manaus  
 Fonte: Adaptado de Rodrigues, 2003.

Com a grande evolução da tecnologia, as grandes empresas sofreram grandes mudanças nos últimos anos. Este cenário da evolução tecnológica passou a exigir mais investimentos na informatização dos processos nas empresas. Assim, foi necessário que as organizações aprendessem que, mais do que qualidade nos produtos e bom atendimento, é preciso transmitir credibilidade. Informações referentes às falhas necessitam serem armazenadas por meio de um *software* de gestão da manutenção (CMMS - *Computerized Maintenance Management System*).

Contudo, podemos notar também o papel estratégico da comunicação interna no que tange ao fortalecimento das empresas. Dessa forma, as empresas estão procurando modelar cada vez mais os seus processos, produtos, serviços e estruturas organizacionais. Essas mudanças necessitam ser eficaz para suportar essa verdadeira revolução, provocando a necessidade de uma drástica mudança no papel da tecnologia da informação (TI) e dos consumidores que, passaram de coadjuvantes passivos a participantes ativos no processo evolutivo.

## 1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é apresentar uma solução tecnológica através de um módulo *controller* de um *software* de manutenção para gestão da informação

que atualmente se encontra arquivada em folhas de cálculo e em formulários suscetíveis às falhas humanas. A informação sobre os equipamentos, avarias, intervenções de manutenção e paragens de produção serão armazenadas numa base de dados para gestão da manutenção, que utilizará dados para produzir informações referentes às falhas que resultam em paragens do equipamento ou redução do desempenho dos equipamentos. O sistema informatizado (CMMS) produzirá informação em tempo real. A principal vantagem da utilização de um sistema informatizado para gestão da manutenção é auxiliar o gestor na recolha da informação, monitorização e mapeamento dos dados relativos ao processo de manutenção, para tomada de decisão. É possível encontrar no mercado atual, *softwares* que englobam funcionalidades para auxílio na gestão da manutenção de uma empresa. No entanto, muitos deles não se enquadram nas necessidades individuais de cada empresa, o que representa no PIM uma grande dificuldade para o gestor de manutenção.

O sucesso deste CMMS é a forma como ele se encaixa na necessidade de cada organização, que se adapte no orçamento e principalmente permita atingir as metas da manutenção. Um CMMS para a manutenção deve ser fácil e rápido de executar, deve permitir regista os equipamentos e imprimir as ordens de serviços devendo ser atualizado automaticamente e periodicamente para permanecer sempre atualizado com as novas tecnologias.

A ideia é apresentar um novo CMMS utilizando ferramentas de software livres para que o seu custo se torne mais viável para às empresas e organizações. Um dos grandes requisitos para o desenvolvimento de um novo CMMS é aproveitar a tecnologia web (redes de alcance mundial) e gerar informação sobre a área de manutenção referente às falhas, esses dados serão analisados e visto por todas as equipas de manutenção visando encontrar soluções no menor tempo possível para eliminar as falhas dos equipamentos.

Para garantir que o sistema seja flexível e adaptável às necessidades de cada empresa, será utilizado o padrão de projeto MVC (*Model-View-Controller*). “Padrões de projetos são ferramentas de projeto para facilitar a construção, execução e manutenção do código” (Christopher, 2006). No padrão MVC, o sistema é dividido em três grandes camadas: o *Model* – responsável pela gestão dos dados do sistema, a *View* – responsável pela interface do utilizador, e o

*Controller* – responsável pelo processamento dos dados transitados entre a *View* e o *Model*.

Através de uma análise dos dados das falhas, pode-se adotar um procedimento para a sua resolução, desenvolvendo sessões de formação para as equipas de manutenção visando um melhor desempenho. Neste caso, o objetivo fundamental da manutenção é analisar os dados e encontrara melhor maneira de resolver/eliminar as falhas dos equipamentos no menor tempo possível. O passo importante no sistema é a criação de uma base de dados com acesso à informação em tempo real para realizar uma análise crítica dos dados, identificar a causa raiz e por fim, propor atividades de manutenção com o objetivo de solucionar falhas indesejáveis e/ou minimizar a frequência de ocorrência das mesmas.

Fundamentado na ideia de oferecer um sistema com menor custo possível para atender às necessidades em questão, o sistema desenvolvido abordará alguns fundamentos da gestão da manutenção e seus principais indicadores ou índices. Com auxílio do sistema desenvolvido, o gestor poderá tomar decisões que produzem grandes efeitos, mediante a análise de resultados durante um determinado período. Além de poder determinar a frequência de cada tipo de falhas, a disponibilidade dos equipamentos e os custos, pretende-se que o sistema possibilite a obtenção de informação em tempo real. Utilizar-se-á algumas ferramentas para auxiliar na recolha e análise da informação tais como FMEA (Análise de Modos de Falha e Efeitos) e 8D's (Relatório das Oito Disciplinas). Para que isso se torne realidade é preciso armazenar os dados para serem utilizados pela área de manutenção.

Todos esses dados estarão disponíveis utilizando tecnologias em *software* livre. O termo *software* livre (em inglês, *free software*) pode gerar alguma confusão, pois a palavra *free* tanto pode ter o sentido de gratuidade quanto o sentido de liberdade. Contudo, *software* livre refere-se à liberdade dos utilizadores em executar, copiar, distribuir, estudar, modificar e melhorar o programa. Mais precisamente, este termo refere-se a quatro tipos de liberdade, para os utilizadores do *software* livre:

- Liberdade 0: a liberdade para executar o programa com qualquer propósito.

- Liberdade 1: a liberdade para estudar como o programa funciona e adaptá-lo às suas necessidades. O acesso ao código-fonte é um pré-requisito para que isso possa acontecer.
- Liberdade 2: a liberdade para redistribuir cópias do programa, para que se possa ajudar os amigos, conhecidos, parentes, etc.
- Liberdade 3: a liberdade para melhorar o programa, e distribuir as suas melhorias para o público em geral, de maneira a que toda a comunidade possa beneficiar-se. O acesso ao código-fonte é um pré-requisito para que isto aconteça, sendo esta uma maneira de diminuir os custos para as empresas do PIM.

O CMMS estabelecerá como principal meta a simplicidade na gestão da manutenção, envolvendo principalmente as equipas de manutenção, utilizando como base diversas ferramentas de manutenção disponíveis atualmente no mercado, fazendo um diferencial na manutenção visando cada vez mais à eficiência, pois, além de acumular informação útil para a equipa de manutenção, controla todas as solicitações de serviços a eles atribuídos. Um bom plano de manutenção e o uso de indicadores apropriados são pontos fundamentais para uma boa gestão da manutenção.

### **1.3 Empresa onde se desenvolveu o estudo**

A Zona Franca de Manaus (ZFM) é uma zona da cidade de Manaus criada em 1967 pelo governo federal para impulsionar o desenvolvimento económico da Amazônia Ocidental. Administrado pela Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA). O pólo industrial abriga atualmente cerca de 600 indústrias, especialmente concentradas nos setores de televisão, informática e motocicletas, empregando cerca de 110 mil trabalhadores. Nos últimos anos, o polo recebeu um novo impulso com os incentivos fiscais para a implantação da tecnologia de TV digital no Brasil.

Tendo em conta este contexto, muitas empresas do polo industrial de Manaus necessitam de sistemas informatizados que apoiem mais eficazmente a gestão da manutenção na tomada de decisão.

A empresa analisada faz parte do ramo eletrónico do PIM, e é especializada na produção de telémoveis e acessórios, faz parte de uma

corporação internacional finlandesa fundada em 1865 e possui aproximadamente 40% do mercado de telefonia do mundo. A empresa possui 14 fábricas em diversos países incluindo o Brasil, além de centros de localização e logística nos Estados Unidos. Conta com mais de 62.000 funcionários em todo o mundo e teve uma faturação no Brasil em 2011 em torno de 1,9 bilhão de euros.

A empresa foi escolhida para análise por necessitar de um estudo no setor de manutenção visando uma grande melhoria na área da manutenção e na organização em geral, pois até aquele momento não se conseguiu desenvolver um sistema informático para controlar e gerir a informação da área de manutenção e a informação é registada de forma manual utilizando apenas folhas de cálculo. Sendo assim, é desconhecida alguma informação referente à manutenção, nomeadamente indicadores de desempenho, que seriam úteis à administração.

Segundo Corrêa (2006), uma indústria tem como necessidade alguns recursos físicos, sejam eles máquinas, equipamentos ou instalação em geral, podendo ocorrer algumas falhas nestes recursos, resultando em grandes consequências financeiras, acidentes de trabalho e também o comprometimento do ecossistema.

#### **1.4 Etapas da pesquisa**

Segundo Harrel et al. (2002), depois de definidos os objetivos e os problemas a que se referem a pesquisa, será preciso obedecer a uma estrutura para tratar o problema em estudo, e isso deve envolver análise de bibliografia e de documentos (Vergara, 2005).

As etapas para pesquisa foram:

- Realizar entrevistas aos envolvidos na manutenção da fábrica;
- Consultar os fornecedores dos principais equipamentos;
- Analisar o processo produtivo da empresa;
- Obter todos os dados do setor da manutenção;
- Desenvolver uma análise crítica e registar todas as informações adquiridas;
- Definir os requisitos para o software
- Desenvolver o software para manutenção.

## **1.5 Estrutura da dissertação**

Este documento está estruturado em seis capítulos. No primeiro capítulo é apresentado o problema real tratado neste documento, assim como os objetivos a cumprir. No segundo capítulo é realizada uma revisão bibliográfica relativa à: fiabilidade e manutenção; indicadores de manutenção; sistema informatizado de gestão da manutenção; metodologias e ferramentas de análise na manutenção e suas principais características. No terceiro capítulo são exibidas as redes de alcance mundial; os softwares para desktop e web; os projetos de software e por fim a linguagem de modelação. No quarto capítulo é realizada uma análise ao sistema, procurando identificar os principais problemas da manutenção e os requisitos para o sistema a desenvolver. No quinto capítulo são utilizados diagramas de caso de uso e diagrama de classe para o desenvolvimento da aplicação. O sexto capítulo apresenta a conclusão e visão de trabalho futuro.

## 2. A manutenção

Neste capítulo são expostos alguns conceitos sobre falhas, manutenção e sobre as suas principais características. Este capítulo incide ainda sobre a utilização de indicadores de manutenção, os *softwares* de gestão da manutenção e as metodologias de análise de falhas.

### 2.1 Falhas

Segundo a norma NBR 5462-1994, a “Falha é o término da capacidade de um item para desempenhar a função requerida. É uma situação em que o sistema deixa de cumprir a sua total desempenho, ou seja, não atende às funções para o qual foi projetado. Mesmo assim o sistema pode continuar em funcionamento, porém, não na sua capacidade total, comprometendo em geral a sua funcionalidade.” Podemos dizer que é a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período de tempo, quando o item deverá ser reparado ou substituído. Dessa forma a falha pode comprometer o desempenho de um sistema gerando perda total.

Prevenir falhas é um dos principais objetivos da gestão de manutenção. Para isso é necessário conhecer as formas como os sistemas falham. Assim podemos classificar as falhas conforme mostramos na Figura 02 (Siqueira, 2009).

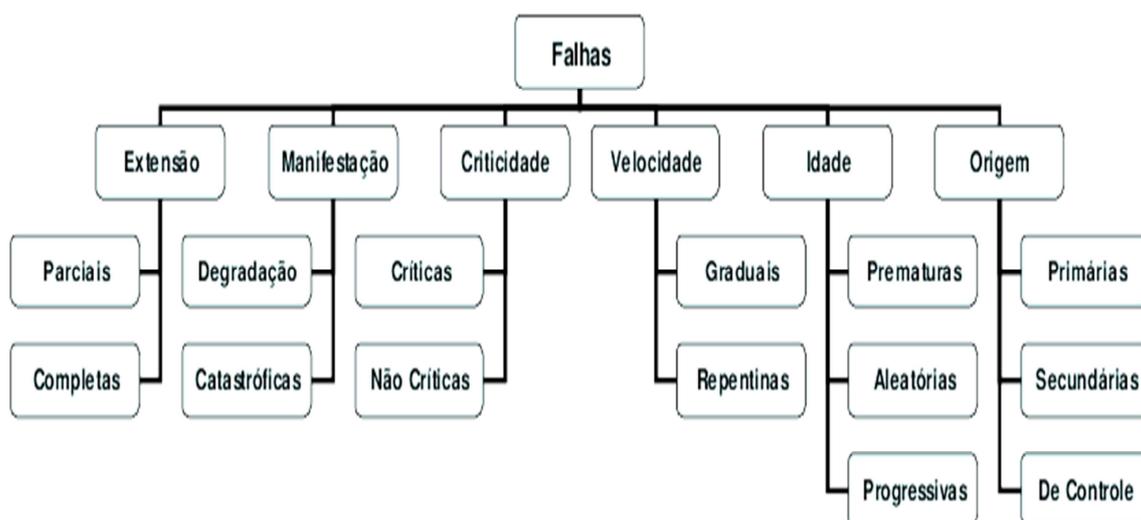


Figura 02 - Classificação das Falhas  
Fonte: adaptado de Siqueira, 2009.

Quanto à extensão: de acordo com sua extensão as falhas podem ser parciais, quando resultam do desvio de alguma característica funcional do item, além dos limites especificados, mas sem perda de sua funcionalidade, ou completas quando provocam a perda total da função requerida do item.

Quanto à manifestação: pode ocorrer por degradação, quando ela ocorre simultaneamente de forma gradual ou parcial, podendo tornar-se completa ao longo do tempo, ao contrário das falhas catastróficas, que ocorrem simultaneamente de forma repentina e completa. Existem ainda as falhas intermitentes, que persistem por tempo limitado, após o qual o item aparentemente se recupera sem qualquer ação externa.

Quanto à criticidade: as falhas críticas são aquelas que produzem condições perigosas ou inseguras para quem usa, mantém ou depende do item, podem causar grandes danos materiais ou ambientais. Em caso contrário, as falhas serão classificadas como não críticas.

Quanto à velocidade: as falhas podem ser graduais, sendo percebidas ou previstas por uma inspeção antes que ocorram; ou falhas repentinas, em caso contrário.

Quanto à idade: podem ser prematuras, quando ocorrem durante o período inicial de vida do equipamento; ou aleatórias, quando ocorrem de maneira imprevisível, durante todo o período de vida útil do equipamento e podem ainda ser progressivas, ocorrendo durante o período de vida útil, como resultado de desgaste, deterioração e envelhecimento do item.

Quanto à origem: as falhas podem ter origem primária, quando decorrem de deficiências próprias de um componente, dentro dos limites normais de operação; de origem secundária, quando derivam de operação fora dos limites normais, tais como descarga atmosférica, sobrecargas, etc; ou falhas de controle que são originadas por ordens errôneas do operador ou uso inadequado do utilizador (SIQUEIRA, 2009).

## **2.2 Fiabilidade e manutenção**

Com o advento da globalização aumentou a procura de produtos a baixo custo, originando no mercado uma competitividade maior. Em consequência disto, houve um aumento da probabilidade de falhas dos produtos, tendo implicações no custo do próprio produto final.

A fiabilidade está associada a operações bem sucedidas de um produto ou sistema, na ausência de falhas. Segundo Leemis (1995) e Floglinatto (2009), a fiabilidade de um item corresponde à sua probabilidade de desempenhar adequadamente o seu propósito específico por um determinado período de tempo e sob condições de operação predeterminadas.

Pode-se caracterizar a fiabilidade através de uma probabilidade. Isso quer dizer que o valor da fiabilidade encontra-se entre 0 e 1 e que os axiomas de probabilidade podem ser aplicados no seu cálculo. Para Sales (2008), que define a fiabilidade como a medida da capacidade de uma peça ou equipamento operar sem falhas quando colocado em serviço. Evidentemente, as intervenções de manutenção devem ser feitas mediante garantia da qualidade das peças de reposição e por mão de obra qualificada, a fim de manter o sistema reparado tão bom quanto um novo (“as good as new”).

Billinton (1983) destaca que um dos fatores fundamentais para manutenção é o fator humano, pois ele tem um papel fundamental que garante os níveis de fiabilidade dos produtos reparáveis.

Reys (1995) contextualiza muito bem esses fatores variáveis, construindo critérios que auxiliam na escolha de metodologias de manutenção e utilizando a fiabilidade como um eixo de referência. O autor afirma ainda que a associação do conceito de fiabilidade ao de manutenção requer a execução de procedimentos normalizados de aquisição e arquivo de dados relativos à atividade de manutenção.

Para Kardec & Nascif (2001) a fiabilidade é a probabilidade que um item possa desempenhar sua função requerida, por um intervalo de tempo, sob condições definidas de uso. Martins & Leitão (2009) descrevem que a fiabilidade de sistemas reparáveis pode ser expressa quantitativamente pela taxa de avaria.  $\lambda(t)$ .

A taxa de falha (avaria) pode ser calculada como:

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{\text{Número total de horas de operação da unidade}}$$

Ou

$$\lambda = \frac{1}{\text{MTBF}}$$

A variação da taxa de avarias em função do tempo é representada por uma curva característica, típica da vida de um produto, equipamento ou sistema. É conhecida como curva da banheira pelo seu formato, Figura 03. É válido para uma série de componentes elétricos, mecânicos e sistemas, sendo determinado a partir de estudos estatísticos (Kardec & Nascif, 2001).

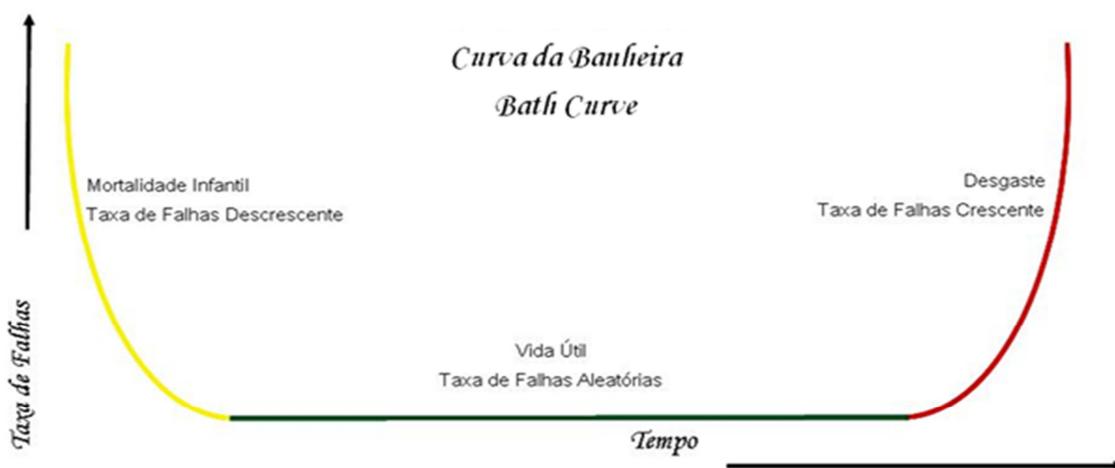


Figura 03 – Curva da Banheira  
Fonte: Moubray, 2000. Adaptado por: Oliveira, M. A.

A curva representa as fases da vida características de um sistema. A mortalidade infantil representa um período com grande incidência de falhas causadas por componentes com defeito de fabricação ou deficiências de projecto. A vida útil apresenta uma taxa de avarias que é sensivelmente menor e relativamente constante ao longo do tempo. Na fase de envelhecimento a ocorrência das falhas decorre de factores menos controláveis, como fadiga ou corrosão acelerada. Nessa fase há um aumento na taxa de avarias por desgaste natural (Kardec & Nascif, 2001).

Sales (2008) sustenta que a fiabilidade, em geral, está preocupada com todos os três períodos da curva. Entretanto, a complexidade dos equipamentos leva-nos a ter que avaliar consideráveis mudanças na natureza das falhas.

Siqueira (2005) diz que sistemas industriais evoluem na curva da banheira segundo várias características.

Lafraia (2001) ressalta que pode não existir alguma fase, passando-se, por exemplo, da mortalidade infantil para a senil, diretamente.

Como se vê na figura, a probabilidade condicional de falhas é traçada contra o tempo de operação, para uma grande variedade de componentes mecânicos e elétricos.

### **2.3 Manutenção: definição, classificação e custo**

A manutenção é uma atividade essencial no ciclo de vida dos equipamentos, que combina ações de gestão, técnicas e econômicas, no sentido de obter elevada disponibilidade a baixo custo (Acires, 2003). Segundo Pereira (2009), a manutenção é definida pela norma NFX60-010, como sendo uma combinação de atividades para a conservação ou reposição de um sistema num estado, de modo a que o sistema possa exercer a função requerida. A manutenção, como função estratégica das organizações, é responsável direta pela disponibilidade dos ativos e tem um papel importante nos resultados da empresa. Os resultados serão tanto melhores quanto mais eficiente for a gestão da manutenção. Neste sentido, a manutenção é um dos fatores primordiais para promover condições de competitividade dentro das organizações face à sua importância no processo produtivo. A estratégia de manutenção seguida determina principalmente a redução dos custos dentro de uma fábrica, bem como a garantia de qualidade dos serviços prestados, aumentando a disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos.

Tradicionalmente, as atividades de manutenção têm sido classificadas de acordo com a forma de programação e o objetivo das tarefas executadas, conforme mostra a Figura 04 (Siqueira, 2009).

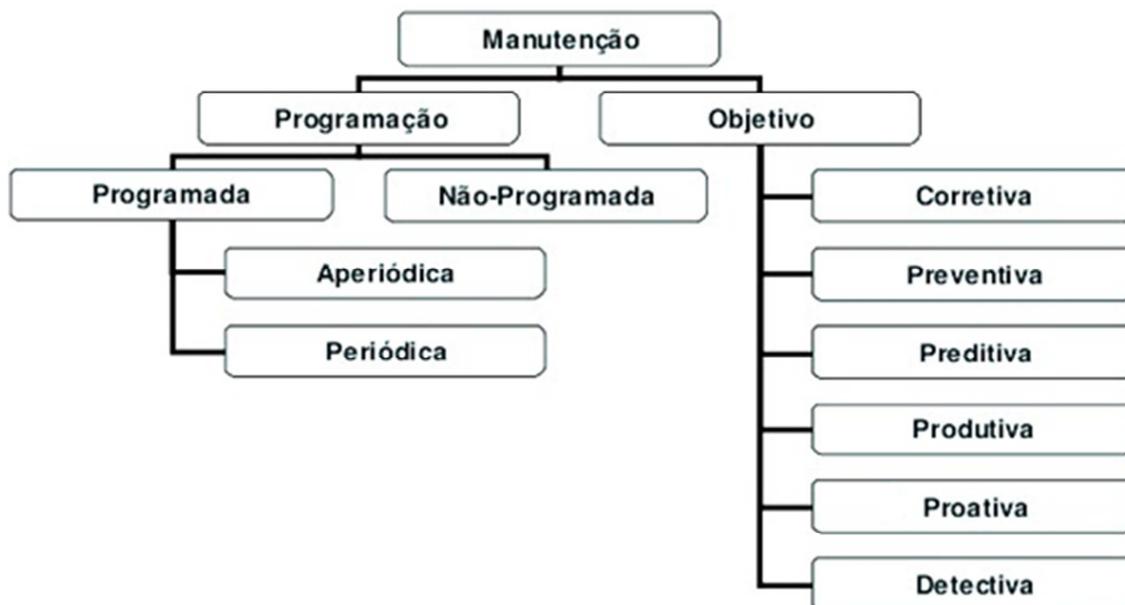


Figura 04 - Classificação da Manutenção  
Fonte: adaptado de Siqueira, 2009.

Sales (2008) e Siqueira (2009) classificam as atividades de manutenção em duas categorias: manutenção programada e manutenção não programada. Na manutenção programada, as atividades são executadas obedecendo a critérios de tempo e condições pré-definidas e podem ser periódicas, quando são realizadas em intervalos fixos de tempo e não periódicas ou irregulares, quando realizadas em intervalos variáveis ou dependendo de oportunidades.

Na manutenção não programada, as atividades são executadas em função da necessidade.

A manutenção pode também ser classificada de acordo com a atitude dos utilizadores em relação às falhas. Existem seis categoriais na classificação baseada no objetivo (Siqueira, 2009):

**Manutenção Corretiva ou Reativa:** onde se deseja corrigir falhas que já tenham ocorrido.

**Manutenção Preventiva:** tem o propósito de prevenir e evitar a ocorrência das falhas.

**Manutenção Preditiva:** que busca a prevenção ou antecipação da falha medindo parâmetros que indiquem a eminência da ocorrência de uma falha a tempo de ser corrigida.

**Manutenção Detetiva:** procura identificar falhas que já tenham ocorrido, mas que não foram percebidas.

Manutenção Produtiva: procura garantir melhor utilização e maior produtividade dos equipamentos.

Manutenção Pró-ativa: a experiência é utilizada para aperfeiçoar o processo e o projeto de novos equipamentos, numa atitude pró-ativa de melhoria contínua.

O termo “manutenção”, segundo a literatura especializada, tem origem no vocabulário militar, tendo o sentido de manter, nas unidades de combate, o efetivo e o material num nível constante. O termo “manter” na definição anterior significa dar continuidade a algo, ou ainda reter no estado atual. Como se vê, o termo manutenção sugere preservar algo. A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, na norma NBR-5462 revista em 1994, define a manutenção como: “A combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo técnicas de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item num estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Sendo que item é qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente”.

Dessa maneira, o termo manutenção engloba os conceitos de prevenção (manter) e correção (restabelecer). Entretanto, percebe-se que na maioria das definições há uma lacuna. Não se faz referências ao aspeto econômico envolvido na realização de uma manutenção eficiente (Unicentro - Revista Eletrônica Lato Sensu, 2010).

Segundo Pinto (1994), para efeitos de controle e planeamento num departamento de manutenção, os custos podem ser divididos em três grandes famílias:

- Custos diretos de manutenção: incorridos para manter em funcionamento os equipamentos e máquinas da produção. Por exemplo: custo de inspeções regulares, custo de manutenções sistemáticas, custos de reparações das avarias, custos de ajustes das máquinas.
- Custos indiretos da manutenção: são custos relacionados com a estrutura de gestão e de apoio administrativo tais como: custos de engenharia de manutenção como estudos e análises de melhorias, de supervisão, entre outros.

- Custos de perda de produção: são os custos oriundos da perda de produção, causados pela falha do equipamento principal, devido à quebra ou baixo desempenho.

Para Mirshawa & Olmedo, (1993) os custos gerados pela função manutenção são apenas a ponta de um *iceberg*. Essa ponta visível corresponde aos custos com mão de obra, ferramentas e instrumentos, material aplicado nas reparações, custo com subcontratação e outros referentes à instalação ocupada pela equipa de manutenção. Abaixo dessa parte visível do *iceberg*, estão os maiores custos, invisíveis, que são os decorrentes da indisponibilidade do equipamento.

O custo da indisponibilidade concentra-se naqueles decorrentes da perda de produção, da não qualidade dos produtos, da recomposição da produção e das penalidades comerciais, com possíveis consequências na imagem da empresa. (Mirshawa & Olmedo, 1993). Esses aspectos também foram tratados por Cattini (1992), quando aponta os custos ligados à indisponibilidade e deterioração dos equipamentos como consequência da falta de manutenção. Essa relação entre custo de manutenção, custo da indisponibilidade e produtividade foi estudada num modelo matemático apresentado por Chiu & Huang (1996), cuja conclusão aponta para uma melhor relação custo-benefício quando a manutenção é tratada de forma preventiva, em vez de situações de descontrolo do processo produtivo pela falta de manutenção. Tomando a manutenção como premissa para a redução dos custos da produção, deve-se definir a melhor política a ser adotada para melhorar os custos. Essa análise pode ser observada no gráfico da Figura 05, que ilustra a relação entre o custo com manutenção preventiva e o custo de falhas. Entre os custos decorrentes da falha estão, basicamente, as peças e a mão de obra necessária à reparação e, principalmente, o custo da indisponibilidade do equipamento.

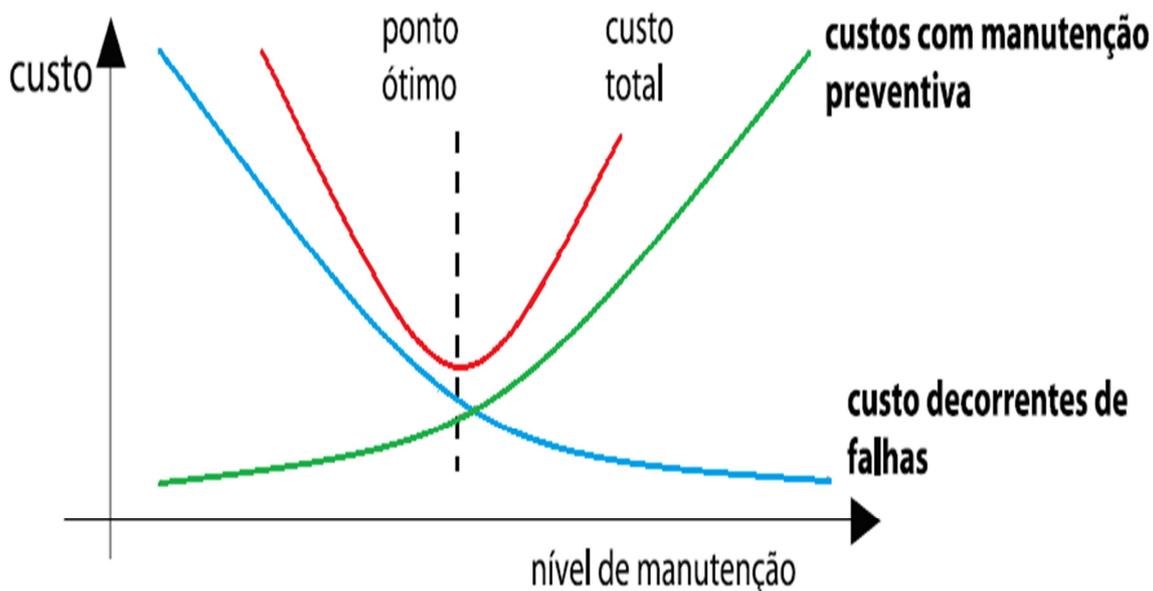


Figura 05 - Custos versus nível de manutenção  
Fonte: Mirshawa & Olmedo, 1993.

O gráfico da Figura 05 mostra que investimentos crescentes em manutenção preventiva reduzem os custos decorrentes das falhas e, em consequência, diminuem o custo total da manutenção, que corresponde à soma dos custos de manutenção preventiva com os custos de falha. O gráfico mostra também que, a partir do ponto ótimo, investimentos em manutenção preventiva trazem poucos benefícios para a redução dos custos da falha e acabam elevando o custo total. Murty & Naikan (1995) apresentam um modelo para o cálculo do ponto ótimo da disponibilidade em função do lucro e do custo da manutenção, como é mostrado no gráfico da Figura 06.

O gráfico da Figura 06 mostra que a busca por falha zero, (100% de disponibilidade) requer gastos cada vez maiores em manutenção, esses gastos podem diminuir o lucro nas operações. Encontrar o ponto ótimo de disponibilidade, em que o custo da manutenção proporciona um nível de disponibilidade capaz de gerar máximo lucro à operação, é o grande desafio na gestão da manutenção, como afirma Cabrito (2002). Para ele, a manutenção deve garantir a produtividade e o lucro dos negócios da empresa com o menor custo possível.

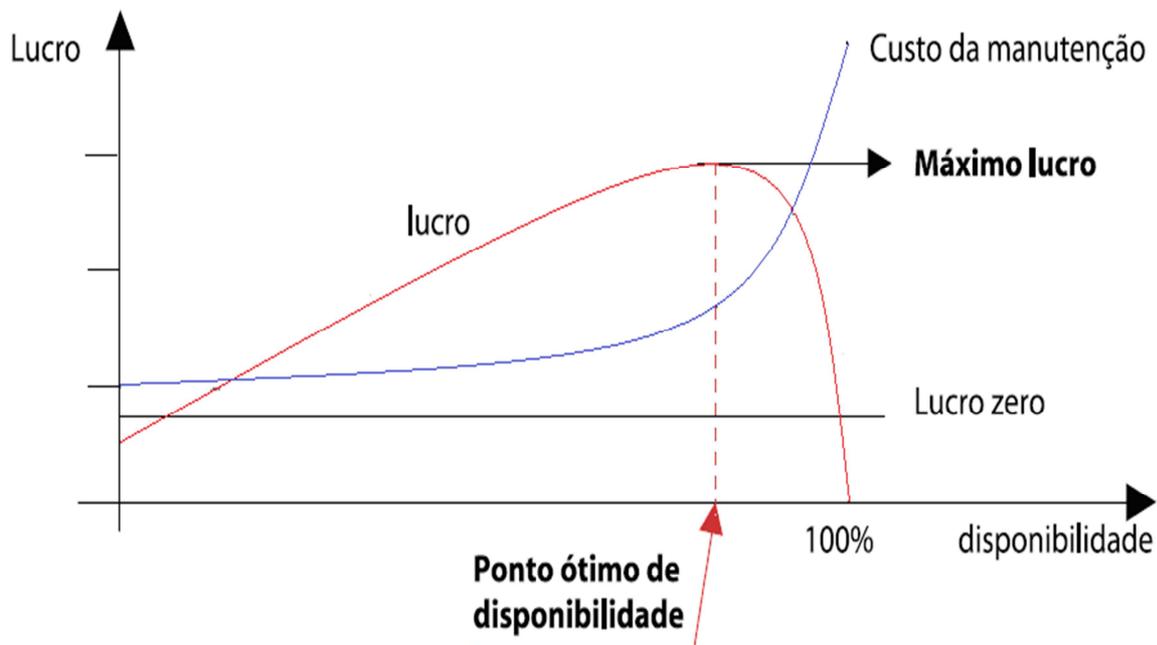


Figura 06: Lucro versus Disponibilidade  
Fonte: Murty & Naikan, 1995.

Faz-se necessário notar que, na busca do ponto ótimo, a política de manutenção a ser adotada deve levar em consideração aspectos como a importância do equipamento para o processo, o custo do equipamento e da sua reposição, as consequências da falha do equipamento no processo, o ritmo de produção e outros fatores que indicam que a política de manutenção não pode ser a mesma para todos os equipamentos, mas deve ser diferenciada para cada um deles, na busca do ponto ótimo entre disponibilidade e custo. Pode-se afirmar que uma política inadequada de manutenção traz custos adicionais associados com a falta de produtividade desde as horas extras necessárias para cumprir a produção até perdas de contrato, todas mensuráveis, além de outras perdas não mensuráveis, como o desgaste da imagem da empresa.

## 2.4 Engenharia de manutenção

No passado, a engenharia de manutenção era considerada totalmente reativa, isto é, acontecia a reparação somente após uma avaria mecânica ou elétrica. Ao longo do tempo foram surgindo novas técnicas preventivas. Hoje, existem sistemas de monitorização preditivos que permitem monitorizar quando uma falha irá acontecer.

Com a grande evolução das máquinas surgiu uma grande necessidade de mão de obra qualificada para atender às necessidades de serviços e assistência técnica. Sendo assim, os setores de manutenção passaram a ser mais solicitados em termos de organização e eficiência.

Dessa forma a manutenção precisou desenvolver novas técnicas de gestão. Visando esse tipo de necessidade foi necessário traçar novas metas e estratégias para que a manutenção fosse mais competitiva (Pereira, 2009).

Para Viana (2002), o principal objetivo da engenharia de manutenção é promover o progresso tecnológico da manutenção, resolvendo os problemas encontrados nos processos e equipamentos com o auxílio de conhecimento empírico e científico. A engenharia de manutenção deverá contar com pessoas e metas de alto nível, com engenheiros e técnicos que possuam domínio das ciências na sua formação.

Zen (2004) complementa dizendo que estes colaboradores devem possuir profundos conhecimentos em programação e controle de manutenção, além de bons conhecimentos em informática, processos administrativos e financeiros.

Dentre as atribuições da engenharia de manutenção, está a busca por melhorias, o apoio técnico à manutenção, a normalização de procedimentos e especificações, o desenvolvimento e qualificação de fornecedores (serviços, peças, materiais entre outros) (Viana, 2002; Zen, 2004).

## **2.5 Indicadores de manutenção**

Um dos assuntos mais discutidos na manutenção é saber quais os indicadores que um profissional de manutenção deve utilizar para melhorar a eficiência da manutenção e conseqüentemente a sua empresa. Existem muitas fontes literárias disponíveis na área de manutenção que apontam vários indicadores. A seleção dos indicadores deve ter em consideração os objetivos da manutenção. A escolha incorreta dos indicadores pode prejudicar o trabalho final da área de manutenção. Os indicadores podem ser dados essenciais ou chaves tanto para a gestão conjunta de negócio como para a gestão da manutenção, referindo-se a máquinas, custos, mão de obra, material, saúde, segurança e meio ambiente. Os indicadores devem estar adaptados à estratégia organizacional e devem integrar um conjunto balanceado de indicadores amigáveis e fáceis de serem compreendidos e utilizados. Segundo Branco Filho

(2006), os indicadores devem ser desenvolvidos para monitorizar o que se está a fazer e, se o que se faz, se enquadra dentro da estratégia organizacional da empresa. Na Figura 07 apresenta-se um gráfico com os indicadores mais usados no Brasil, conforme consta no documento nacional. Segundo a Abramam (Associação Brasileira de Manutenção), o documento nacional nasceu no Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP), no Rio de Janeiro, na década de 80, foi criado para descrever, sob a forma de índices, a situação da manutenção no Brasil. Naquela época, essa entidade, buscando atender às necessidades da comunidade de manutenção, iniciou uma pesquisa junto de vários segmentos da indústria nacional, através da então existente comissão de manutenção e, em 1983, apresentou o “documento nacional”, por ocasião do terceiro congresso Ibero–Americano de Manutenção, realizado no Rio de Janeiro.

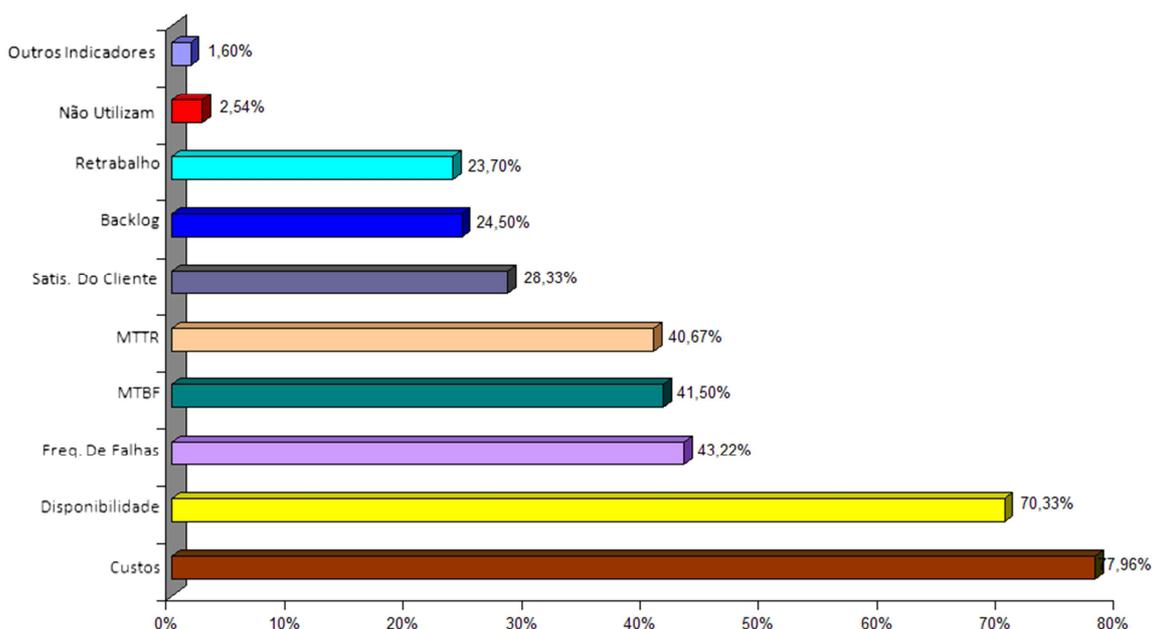


Figura 07 - Índices mais Usados.  
Fonte: Branco, 2006, pg. 06.

A seguir encontrar-se alguns indicadores mais utilizados na manutenção:

### 2.5.1 Indicadores de desempenho de máquinas.

A gestão de máquinas é uma das primeiras necessidades da manutenção da fábrica, e a mais fácil de ser justificada. A manutenção industrial existe para as máquinas da fábrica, porque as máquinas devem ser mantidas em bom funcionamento. Muitos dos problemas de manutenção envolvem variáveis probabilísticas. Assim é necessário compreender os princípios básicos da

estatística da falha: a aplicação de técnicas à descrição e à análise dos padrões de falha dos equipamentos e seus componentes nas instalações (Branco 2006 p. 61).

Apresentam-se a seguir alguns indicadores mais importantes:

### **Indicador MTBF**

O MTBF (*Mean Time Between Failures*) ou período médio entre falhas é um valor atribuído a um determinado dispositivo ou aparelho para descrever a sua fiabilidade. Este valor atribuído fornece informação sobre quando poderá ocorrer uma falha no aparelho em questão. Quanto maior for este índice, maior será a fiabilidade do equipamento (Martins & Leitão, 2009).

Este valor é geralmente fornecido pelo fabricante do equipamento nas suas especificações técnicas, e indica de acordo com o procedimento de testes usado, qual o tempo médio entre falhas daquele produto ocorrido nos laboratórios do fabricante. Este tempo é em muitos casos fornecido em horas, o MTBF pode ser calculado através da equação:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Total de horas em bom funcionamento}}{\text{Número de avarias}}$$

O total de horas em bom funcionamento corresponde ao total de horas sem avarias e sem os tempos gastos em *setup*.

A equação só é válida se o sistema se encontrar na zona de vida útil da curva da banheira, apresentado no capítulo dois.

### **Indicador MTTR**

O indicador associado à manutibilidade MTTR (*Mean Time To Repair*) tempo médio para reparação é a média aritmética dos tempos de reparação de um sistema, equipamento ou item, ou seja, refere-se à média dos tempos que a equipa de manutenção leva para repor a máquina em condições de operar, desde a falha até a reparação ser dada como concluída e a máquina ser considerada em condições de operar (Branco Filho, 2006).

Sendo TR o tempo de reparação e QMC o número de intervenções, o MTTR pode ser calculado através das equações:

$$MTTR = \sum TR / \sum QMC$$

ou

$$MTTR = \frac{\text{Total de horas gasta em reparação}}{\text{Número de avarias}}$$

A manutibilidade pode ser definida em termos probabilísticos como sendo a probabilidade de restabelecer o sistema em condições de funcionamento específicas, em limites de tempos desejados.

### **Indicador *downtime***

O *Downtime*, também conhecido como FOT (*Forced Outage Time*), é o tempo total de uma paragem devido a uma falha, ou seja, é o período entre a deteção de uma falha e o reinício da operação do equipamento em questão.

### **2.5.2 Indicadores de desempenho de mãodeobra.**

Os indicadores relativos à mão de obra visam avaliar o desempenho da mão de obra de manutenção e permitem comparar o desempenho de diferentes equipas de trabalho. A comparação só será válida se for garantido que as condições de trabalho são iguais, ou seja, que foi fornecida a mesma formação, as mesmas ferramentas e sobressalente, e que as equipas têm igual proximidade dos fornecedores, entre vários outros fatores que afetam o rendimento de uma equipa de manutenção (Braco Filho, 2006, p. 89).

Apresentam-se a seguir alguns indicadores relativos à mão de obra.

#### **Turnover em manutenção**

O Turnover (Rotatividade da mãodeobra) consiste na quantidade de mãodeobra que entrou ou saiu do departamento ou seção da manutenção, seja por ser dispensada ou recomendada no período, transferida para a manutenção ou transferida da manutenção para outro setor interno ou externo.

Na medição deste indicador em manutenção deve ser considerada a movimentação interna, isto é na empresa, e externa, ou seja, saída e entradas na empresa, apenas na área da manutenção. Na determinação do Turnover não deve ser considerado o aumento ou redução definitiva de quadro de pessoal. Se uma empresa possui e mantém, por exemplo, 100 empregados, mas durante o

ano dispensou e readmitiu 10 empregados, a rotatividade ou Turnover é de 10% ao ano.

### **Backlog**

O Backlog consiste no tempo que a equipa de manutenção deverá trabalhar para executar os serviços pendentes, supondo que não cheguem novos pedidos ou ordens de serviços durante a execução destes serviços.

#### **2.5.3 Indicadores financeiros da manutenção**

Segundo Branco Filho (2006), os indicadores financeiros visam informar o administrador onde está sendo despendido o capital. Ele explica também que a boa manutenção é responsável pelos grandes gastos que efetua. Assim se for uma equipa perdulário, os custos da manutenção poderão ser altos, podendo ocasionar problemas de paradas frequentes devido à má qualidade de sobressalentes ou deficiência de mão de obra, em qualidade. No entanto, deve ser dada atenção ao facto de que ainda que a manutenção esteja bem dirigida, se os operadores não dispensam cuidados importantes para as máquinas, o custo será sempre maior que o indispensável. A solução neste caso será treinar e conscientizar o pessoal, não só da operação como também da manutenção que é bem notório na filosofia japonesa.

Apesar da imensa quantidade de indicadores que podem ser calculados, sabe-se que nenhuma empresa irá usar todos. Na realidade, a escolha de indicadores deve apoiar-se na estratégia de gestão, de forma a mostrarem uma direção a seguir, face às metas de sua organização.

### **2.6 Sistemas informatizado de gestão da manutenção**

Para completar o entendimento sobre sistema informatizado de gestão da manutenção é preciso conhecer seus benefícios de sua utilização na manutenção.

#### **2.6.1 Benefícios de executar um sistema informatizado**

Segundo Rosine (2003) a informática hoje é considerada uma ferramenta imprescindível para a realização de grande parte das funções administrativas e de gestão de uma empresa. Na verdade, a capacidade de processar grande

volume de informação, executando procedimentos repetitivos de uma forma extremamente rápida e fiável, confere à Informática potencialidades que não podem ser ignoradas no momento em que empresas fazem um esforço sério para aumentar a sua competitividade no mercado agressivo em que se inserem. Importa, no entanto, fazer uma reflexão sobre as implicações da informatização da manutenção e, bem assim, determinar que pressupostos essa informatização implica em termos de organização, desoftware e de hardware, antes de se enveredar por uma das múltiplas soluções atualmente possíveis. É essa a finalidade do presente documento embora seja necessário salientar que porventura não haverá soluções perfeitas pelo que cada empresa, cada serviço (de manutenção) deverá procurar chegar a uma solução de compromisso entre o que seria desejável e o que lhe é possível ou mais conveniente. Será certamente essa a melhor solução para a empresa.

Para Cabral (2006) um *software* de gestão da manutenção é, antes de mais, uma ferramenta para ajudar o gestor da manutenção a gerir melhor, pois um software não poderá substituir um técnico de manutenção. Libertam-os apenas de algumas tarefas essenciais pesadas consumidoras de tempos disponibilizando-os para se concentrarem em tarefas mais importantes, e mais produtivas. Segundo o próprio autor, o patrimônio mais importante que se adquire com um sistema informatizado de gestão da manutenção é a informação de manutenção que se acumula no sistema e não propriamente o software.

A informática tem tido uma evolução constante ao longo dos tempos, trazendo um grande benefício tecnológico a todos os segmentos da sociedade. Essa tecnologia vem substituindo hoje com grande rapidez muitos outros equipamentos de comunicação, visando assim o bem estar da sociedade.

Podemos notar que muitas empresas ainda não possuem um *software* (CMMS) específico para a gestão de suas atividades de manutenção. Este fator está relacionado com os custos muito elevados com sistemas corporativos dentro de suas organizações, partilhando módulos dentre os quais está o de manutenção e serviços, originando assim um custo muito elevado para a gestão da manutenção (Pereira, 2009, pg. 163).

Os computadores podem ter múltiplas aplicações direta ou indiretamente relacionadas com a manutenção. Algumas delas, no entanto, não serão aquiconsideradas por serem do domínio da atividade industrial, outras

aplicações, embora respeitante diretamente à manutenção, são exclusivamente de carácter técnico. O objetivo desta secção é retratar o uso dos computadores em funções relacionadas com a gestão da manutenção. A utilização de computadores na gestão da manutenção apresenta os seguintes benefícios potenciais (Pinto, 1994):

- a) Maior produtividade da manutenção, devido a uma melhor utilização de todos os recursos (mão de obra, materiais, equipamentos, ferramentas, instalações).
- b) Redução dos custos de manutenção, porque há conhecimento mais rápido e rigoroso de todos os fatores de custo permitindo tomar decisões corretas em tempo útil.
- c) Redução dos tempos de imobilização não programada dos equipamentos, porque é possível utiliza forma mais extensa a manutenção preventiva.
- d) Aumento do tempo de vida dos equipamentos, por beneficiarem de mais e melhor manutenção.
- e) Redução de todos os tempos de espera, devido a uma melhor organização do trabalho e melhor informação sobre as localizações dos materiais, ferramentas, equipamentos, documentação técnica, etc.
- f) Menor tempo de imobilização por avaria, porque há um acesso rápido e seletivo à história da máquina e seus modos de avaria característicos, permitindo uma detecção mais eficaz.
- g) Menor perturbação do ritmo de produção, por ser mais fácil articular o plano de manutenção com o plano de produção.
- h) Maior eficácia da gestão, porque pode apoiar as suas decisões de carácter técnico ou económico em informações atualizadas e fidedignas e é alertada para desvios relevantes logo que eles ocorram.
- i) Melhor organização da manutenção, porque a análise que precede a especialização de um sistema de gestão informatizada da manutenção revela, geralmente, insuficiências, desajustes ou redundâncias que devem ser corrigidos.

Segundo Faro (2005) a gestão da informação na manutenção pode permitir a execução de outras tarefas como a integração da informação no controle dos equipamentos, permite a análise do consumo da energia e, principalmente manter e avaliar o histórico dos equipamentos, possibilitando ainda a interligação ativa com a gestão da produção. É preciso ficar atento às necessidades da gestão da manutenção, pois ela pode variar de empresa para empresa e uma solução que facilmente pode atender a uma empresa poderá não atender a outra. Devido a esta e a outras situações aque há uma variedade de soluções informática para apoio à gestão da manutenção.

Entretanto não é demais dar ênfase ao facto de que qualquer solução informática de apoio à manutenção só é eficaz se for baseada e fizer parte integrante de um sistema organizado de gestão da manutenção e só nessa situação pode permitir simplificar a gestão e auxiliar com meios de análise que permitam tornar a manutenção mais eficaz.

### **2.6.2 Os softwares de manutenção**

Na década de 60, a área de manutenção passou a utilizar *software*, para planejar e controlar a manutenção, fazendo com isso a redução de encargos burocráticos dos executantes de manutenção. A engenharia passou a ter duas equipas de manutenção, uma voltada para estudos de ocorrências crônicas e a outra para o planeamento e controle da manutenção, tendo a última como finalidade desenvolver e analisar os resultados dos sistemas automatizados de manutenção (Tavares, 1999).

A Figura 08 mostra um esquema de um software de manutenção. A partir do registro dos equipamentos, das suas políticas de manutenção preventiva e das ocorrências durante certo período, o computador emite vários tipos de relatórios, inclusive de indicadores, entre os quais podemos incluir o indicador OEE (Martins, 2005).

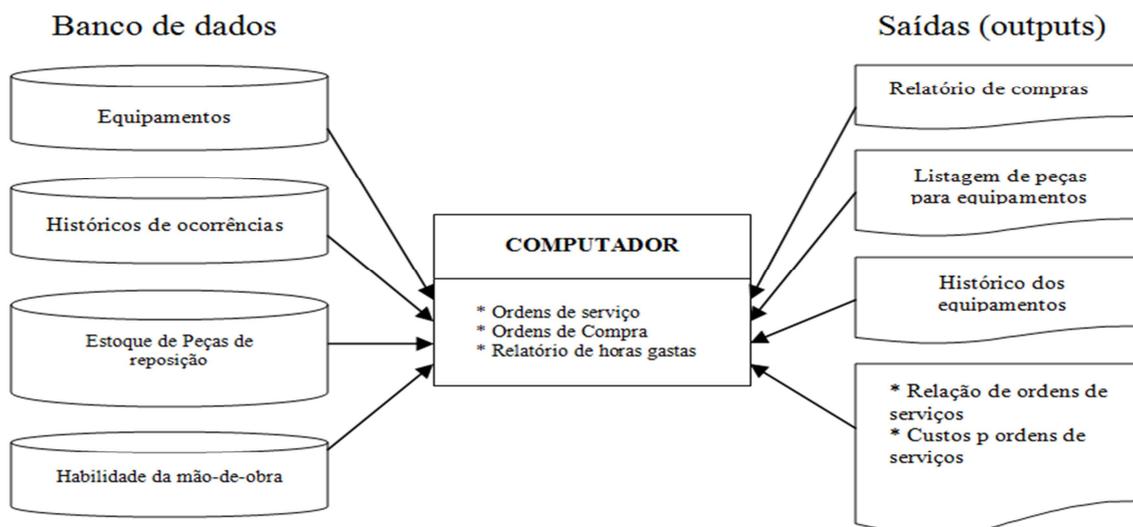


Figura 08: Esquema de um Software de Manutenção  
Fonte: Martins, 2005, pg. 472.

Segundo Tavares (1999), nos meados dos anos 1980, com o advento dos microcomputadores os órgãos de manutenção passaram a desenvolver e processar os seus próprios programas, deixando de estar nas mãos de analistas de sistemas que nem sempre estão familiarizados com a área de manutenção. Na década de 90, com as exigências de aumento da qualidade dos produtos e serviços, a manutenção passou a ser um elemento importante no desempenho dos equipamentos, uma vez que passou a ser uma função estratégica nas organizações pela necessidade de se manter um nível operacional de excelência que garanta os níveis de produtividade e competitividade da empresa.

### 2.6.3 Desenvolver um software de manutenção

Para Drucker, Peter F; Palom Izquierdo; Francisco Javier (1992), os objetivos de uma empresa são eliminar as grandes lutas entre departamentos, tornando a comunicação entre gestores e técnicos mais acessível, eliminando assim as suas diferenças. Para isso, faz-se necessário a obtenção de dados que gerem relatórios concretos, tornando o trabalho entre esses departamentos mais integrados em colaboração com a área de manutenção. É facto que muitos gerentes e supervisores acreditam que a tecnologia da informação é uma panacéia<sup>1</sup> e que só terão possibilidade de desenvolvimento futuro aquelas empresas baseadas em tecnologias mais modernas. No entanto, muitas vezes

<sup>1</sup> Na mitologia grega Panaceia (ou Panacea em latim) era a deusa da cura. O termo Panaceia também é muito utilizado com o significado de remédio para todos os males.

as mudanças no desenvolvimento dos processos de gestão não dependem da existência de tecnologia.

A garantia de bons resultados da administração “profissional” da manutenção, seja na maioria por empresas terceirizadas ou próprias, envolve tanto os gerentes da contratante como da contratada, e fica evidenciado não só nos resultados qualitativos como quantitativos dos serviços.

Neste caso é importante o desenvolvimento de uma consciência de gestão baseada no entendimento e na responsabilidade de todos, para conciliar custos com capacitação e aperfeiçoamento, além do suporte de um sistema adequado a gestão de manutenção. Para que se consiga manter uma boa manutenção é preciso que gestores executem uma missão da manutenção de acordo com o planejamento estratégico da empresa, visando a colaboração de todos os integrantes envolvidos com a manutenção.

Na verdade pode-se destacar que nem sempre os gerentes têm uma visão clara do que deve ser feito, em alguns casos acreditam que executar um processo de gestão informatizado de manutenção trata-se de expressar ou mostrar que a empresa é informatizada. É possível avaliar os aspectos de integração operação/manutenção; os recursos humanos e materiais disponíveis e necessários, incluindo espaço no servidor para sistemas em rede, disponibilidade do gerenciador de base de dados; o convencimento e comprometimento dos níveis superiores de gestão. É fundamental entender que os recursos necessários à implementação de *softwares* quando não estão bem dimensionados podem gerar grandes atrasos ou até inviabilizar os seus resultados. No caso de serviços de terceiros, o sucesso alcançado é do interesse mútuo da empresa contratante e contratada porque geram economia para ambas as partes.

## **2.7 Metodologias e ferramentas para análise de falhas**

É importante entender que em todo o processo de fabricação podem ocorrer problemas. Muitas vezes esses problemas podem ser diagnosticados internamente, outras vezes, infelizmente, são detetados pelo cliente.

Na gestão moderna de desenvolvimento de produtos, processos, equipamentos e sistemas são utilizadas metodologias para tentar diminuir os problemas associados aos processos de fabricação. Algumas ferramentas

podem ajudar a solucionar esses problemas, e são por vezes designadas de ferramentas de resolução participativa tal como o diagrama de causa-efeitos, os cinco porquês, o *brainstorming*. O problema é que, quando utilizadas, tendem a ser aplicado de forma avulsa e sem ligação entre si, o que limita o âmbito e a eficácia dos resultados.

Nos tópicos seguintes serão apresentados alguns aspetos do FMEA.

### **2.7.1 O FMEA**

A FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* ou Análise dos Modos e Efeitos de Falha) é uma técnica de fiabilidade que tem como objetivos: (i) reconhecer e avaliar as falhas potenciais que podem surgir num produto ou processo, (ii) identificar ações que possam eliminar ou reduzir a probabilidade de ocorrência dessas falhas, e (iii) documentar o estudo, criando um referencial técnico que possa auxiliar nas revisões e nos desenvolvimentos futuros do projeto ou processo.

Segundo Stamatis (2003), existem três tipos principais de FMEA: a) FMEA de sistema; b) FMEA de produto; e c) FMEA de processo. O FMEA de sistema (ou conceito) é utilizado para avaliar as falhas em sistemas nos estágios iniciais de conceituação e projeto. Esta ferramenta centra-se nas falhas do sistema em relação às suas funcionalidades e no atendimento das expectativas dos clientes, ou seja, está diretamente ligado à percepção do cliente em relação ao sistema. O FMEA de produto é utilizado para avaliar possíveis falhas no projeto do produto antes da sua liberação para a manufatura. Esta ferramenta centra-se nas falhas do projeto em relação ao cumprimento dos objetivos definidos para cada uma de suas características e está diretamente ligado à capacidade do projeto em atender aos objetivos pré-definidos. O FMEA de produto define necessidades de alteração no projeto do produto, estabelece prioridades para as ações de melhoria, auxilia na definição de testes e validação do produto, na identificação de características críticas e na avaliação dos requisitos e alternativas do projeto. O FMEA de processo é utilizado para avaliar as falhas em processos antes da sua liberação para o cliente. Enfoca as falhas do processo em relação ao cumprimento dos seus objetivos pré-definidos e está diretamente ligado à capacidade do processo em cumprir esses objetivos. FMEA

de processo define necessidades de alterações no processo, estabelece prioridades para as ações de melhoria, auxilia na execução do plano de controle do processo e na análise dos processos de manufatura e montagem.

### 2.7.2 Aplicação do FMEA

As falhas potenciais são geralmente identificadas pelos engenheiros, no entanto também podem ser identificadas por pessoas não técnicas bem como por empregados de todos os níveis. Um processo FMEA deve ser parte de um compreensivo sistema de qualidade (Sales, 2008).

A definição de sistemas de gestão da qualidade pode ser encontrada no *Malcom Baldrige National Quality Award*, na ISO 9000<sup>2</sup> e diretrizes ISO TS 16949<sup>3</sup>, e em vários livros e artigos sobre o tópico. Sales (2008) propõe doze elementos chave no processo FMEA (Tabela 01) e indica o papel que cada um tem no processo.

Tabela: 01 - Doze elementos chaves do FMEA.

Planeamento estratégico de qualidade	Usa os resultados dos FMEAs para ajudar no direcionamento das atividades futuras.
Medidas do processo e do negócio	Mede e monitoriza os resultados dos FMEAs em termos de qualidade do produto e resultados.
Uso efetivo de dados e informações	Fornecer factos e dados para confirmar a análise do FMEA e medir os resultados do processo
Controle do processo e fornecedores	Assegura um processo estável e produto no início de um FMEA e monitoriza estatisticamente as melhorias feitas através do processo FMEA.
Recursos humanos	Suporta a equipa FMEA com formação adequada em ferramentas e técnicas de melhorias de qualidade.
Formação	Fornecer as necessárias habilidades básicas para trabalhar numa equipa FMEA, identifica problemas potenciais, e determine soluções.
Um plano de qualidade documentado	Identifica FMEAs como parte de uma estratégia total de qualidade da empresa. Define quando e onde os FMEAs poderiam ser usados e documenta o processo FMEA que as equipas FMEA pode usar.
Procedimentos Documentados	Assegura que métodos consistentes de operação estão sendo usados reduzindo assim a variação desnecessária no processo e produto.
Controle do projeto	Assegure consistência no processo de

<sup>2</sup> A expressão ISO 9000 designa um grupo de normas técnicas que estabelecem um modelo de gestão da qualidade para organizações em geral, qualquer que seja o seu tipo ou dimensão.

<sup>3</sup> A ISO/TS 16949 é uma especificação técnica ISO que alinha as normas dos sistemas de qualidade automóvel existente - brasileira, americana, alemã, francesa e italiana - dentro da indústria automóvel global.

	projeto
Foco no cliente	Fornece às equipas as informações sobre o que é importante para o cliente e informação que pode ser incorporada no processo FMEA.
Um sistema de <i>Feedback</i> ao Cliente	Fornece à equipa FMEA dados adicionais para considerar durante o processo.

Fonte: SALES, 2008, pg. 152 - Confiabilidade, a Análise e o Tratamento de Falha.

O objetivo de uma análise FMEA é procurar, exaustivamente, como um processo ou produto pode falhar. A falha de um produto ocorre quando o mesmo não funciona como deveria ou quando funciona mal. Mesmo o produto mais simples tem muitas oportunidades para falhar. Os tipos de falhas a regista no FMEA não estão apenas limitados aos problemas com o produto. Também podem ser originados pela má utilização. Esse tipo de falha também pode ser incluído no FMEA. A maneira pela qual um produto ou um processo pode falhar é chamada de modos de falhas. Cada modo de falha tem um risco associado.

### 2.7.3 Avaliação dos riscos de falhas

O NPR (Número de Prioridade de Risco) é calculado para priorizar as ações que serão executadas para diminuir ou eliminar o risco da manifestação de um modo de falha e, por consequência, atuar na melhoria do projeto e processos. No cálculo do risco leva-se em conta a severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D). A fórmula em geral empregada para a avaliação do risco é a multiplicação simples desses três fatores, conforme se segue:

$$\text{NPR} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D}$$

#### Severidade (S)

Neste item é feita uma avaliação qualitativa da severidade do efeito. Segundo *Fogliatto* (2009) e *Ribeiro* (2009), a severidade é definida em termos do impacto que o efeito do modo potencial de falha tem sobre a operação do sistema e, por conseguinte, sobre a satisfação do cliente.

A severidade é geralmente medida numa escala de 1 a 10, onde 1 significa efeito pouco severo e 10 significa efeito muito severo. A severidade aplica-se exclusivamente ao efeito. A equipa de FMEA deve chegar a um consenso a

respeito do critério a ser utilizado e, então, usá-lo consistentemente. Foglinatto (2009) sugere-se o uso dos critérios apresentados na Tabela 02.

Tabela: 02 – Sugestão de escala para avaliação dos efeitos dos modos de falha.

Severidade		
Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorre.
2 3	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente.
4 5 6	Moderada	Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente.
7 8	Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente.
9 10	Muito Alta	Idem ao anterior, porém afeta a segurança.

### Ocorrência (O)

A ocorrência relaciona-se com a probabilidade que um determinado modo de falha venha a ocorrer. Em geral, para reduzir a probabilidade de ocorrência do modo de falha, é necessário que se façam alterações no projeto.

A avaliação da ocorrência também é geralmente feita usando-se uma escala de 1 a 10. O critério usado na definição da escala deve ser consistente, para assegurar continuidade nos estudos. A Tabela 03 (Palady, 2007) apresenta o exemplo de uma escala para avaliação da ocorrência. No caso do FMEA de processo, o índice de capacidade do processo  $Cpk^4$  pode ser utilizado para definir o valor a atribuir a este fator.

Tabela: 03 – Sugestão de escala para avaliação de ocorrência do modo de falha no processo.

Ocorrência			
Índice	Ocorrência	Proporção	Cpk
1	Remota	1:1.000.000	$Cpk > 1,67$
2 3	Pequena	1:20.000 1:4.000	$Cpk > 1,00$
4 5 6	Moderada	1:1000 1:400 1:80	$Cpk < 1,00$
7 8	Alta	1:40 1:20	
9 10	Muito Alta	1:8 1:2	

Para Fogliatto (2009) e Ribeiro (2009) existem dois tipos de dados quantitativos disponíveis: dados de campo ou resultados de uma análise de

<sup>4</sup>Índices de capacidade da máquina, (Cpk)

engenharia numérica/experimental. A fórmula seguinte reproduz aproximadamente os valores de ocorrência (expresso na escala 0 a 10) a partir da taxa de falhas estimada:

$$\text{Ocorrência} = (\text{Taxa de Falha} / 0,000001)^{0,20} .$$

No caso em que os tipos de dados quantitativos não estejam disponíveis, a equipa deve avaliar qualitativamente a ocorrência. Para fazer essa avaliação, Fogliatto (2009) sugere as seguintes questões:

- Trata-se de um componente radicalmente diferente ou completamente novo?
- Qual a experiência de campo com componentes ou subsistemas similares?
- Quão pronunciadas são as alterações nestes componentes ou subsistemas comparativamente com a versão anterior?

Caso as respostas sejam positivas para algumas dessas questões, significa que há uma dúvida envolvida e, portanto, a equipa deve atribuir maiores valores para a possibilidade de ocorrência do modo de falha.

### **Deteção (D)**

A deteção refere-se a uma estimativa da habilidade dos controles atuais detetarem os modos potenciais de falha antes do sistema, subsistema ou componente ser liberado para a produção ou para o cliente. A Tabela 04 apresenta uma escala de 1 a 10, onde 1 representa uma situação favorável (o modo de falha será detetado) e 10 representa uma situação desfavorável (modo de falha, caso exista, não será detetado) (Fogliatto, 2009, pg. 182).

Tabela: 04 – Sugestão de escala para avaliação da deteção.

<b>Deteção</b>		
Índice	Deteção	Critério
1	Muito Grande	Certamente será detetado.
2 3	Grande	Grande probabilidade de ser detetado.
4 5 6	Moderada	Provavelmente será detetado.
7 8	Pequena	Provavelmente não será detetado.
9 10	Muito Pequena	Certamente não será detetado.

Quando a equipa FMEA estiver a avaliar um determinado índice, os demais não podem ser levados em conta, ou seja, a avaliação de cada índice é independente. Por exemplo, quando se avalia o índice de severidade de uma determinada causa cujo efeito é significativo, não se deve atribuir um valor mais baixo a este índice somente porque a probabilidade de detecção é alta.

Para exemplificar, apresenta-se a Tabela 05 onde se encontram três modos de falha A, B e C, identificados numa análise FMEA com os respectivos valores de severidade, ocorrência, detecção e número de prioridade risco (Palady, 2007, pg. 129):

Tabela: 05 – Exemplo de cálculo de falha NPR.

Modos de Falha	Severidade (1 – 10)	Ocorrência (1 – 10)	Deteção (1 – 10)	NPR
A	4	5	10	200
B	4	8	2	64
C	9	2	1	18

Fonte: Palady, 2007.

Os valores obtidos para o NPR (número de prioridade de risco) aconselham que a equipa investigue primeiro o modo de falha A, que é o modo de falha com maior NPR, e aloque a maioria dos recursos em prol da redução do respetivo NPR. Porém, não se pode deixar de verificar que o grau de ocorrência do modo de falha B e o grau de severidade do modo de falha C são elevados e, por esse facto, devem ser considerados antes do modo de falha A. Os modos de falhas B e C provavelmente gerarão grandes problemas para a área de manutenção se não forem corrigidos.

#### 2.7.4 O formulário FMEA

Segundo Palady (2007), existem várias versões do formulário FMEA. Deve-se escolher o formulário que melhor se adapta à organização. A Tabela 06 apresenta um formulário e suas características. A descrição dos vários campos desse formulário é apresentada a seguir.

Tabela: 06 –Sugestão para o formulário simples do FMEA

Cod_pec: Nome da Peça: Data: Folha n°. ____ de ____						<b>Cabeçalho</b>				<input type="checkbox"/> FMEA de Processo <input type="checkbox"/> FMEA de Produto							
Descrição do Produto/ Processo	Função (ões) do Produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações de Melhorias							
						S	O	D	R	Ações Recomendadas	Responsável	Prazo	Medidas Implantadas	Índices Atuais			
														S	O	D	R
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	
FLUXOGRAMA  Quem está sendo analisado?	Quais funções ou características devem ser atendidas?	Como a função ou característica pode não ser cumprida?	Que efeitos tem este tipo de falha?	Quais poderiam ser as causas?	Quais medidas de prevenção e descoberta poderiam ser tomadas?	S	O	D	R	Quais os riscos prioritários?			Quais medidas podem ser tomadas para atenuar os riscos?				

S = Severidade O = Ocorrência D = Detecção R = Riscos

Fonte: Palady, 2007.

**Cabeçalho:** O cabeçalho do FMEA apresenta todas as informações necessárias para que as equipes de manutenção e os leitores possam identificar o âmbito da análise FMEA.

**Descrição do Produto:** O objetivo é analisar e identificar todas as funções que o projeto, processo, produto ou serviço deve desempenhar.

**Funções do Produto:** Identificar as características ou funções que podem ser atendidas.

**Tipo de Falha Potencial:** Define como o projeto, processo, produto ou serviço pode deixar de desempenhar essas funções.

**Efeitos da Falha Potencial:** Apresenta as consequências do tipo de falha sobre o sistema e sobre o cliente.

**Causas da Falha Potencial:** Representa as condições que podem ser responsáveis pelo tipo de falha.

**Controles Atuais:** Definem medidas preventivas de detecção que já tenham sido tomadas e/ou são regularmente utilizadas nos produtos/processos das empresas.

**Severidade:** Este ponto responde à pergunta: qual é a gravidade das consequências anteriores que resultam dos modos de falhas?

**Ocorrência:** responde à pergunta: Com que frequência o modo de falha ou causa tende a ocorrer?

**Deteção:** É a capacidade de detectar a falha antes que ela chegue ao usuário.

**Riscos:** Podemos caracterizar como sendo a gravidade (em termos de efeito) da falha.

**Ações Recomendadas:** Procedimentos adotados para diminuição dos riscos.

**Responsáveis e prazos:** Procedimento adotado para cumprir os prazos.

## 2.8 Diagramas de Causa-efeito

O diagrama de Causa-efeito é a representação gráfica das causas de um fenómeno. É um instrumento muito usado para estudar:

1. Os fatores que determinam resultados que desejamos obter (processo, desempenho, oportunidade);
2. As causas de problemas que é necessário eliminar (defeitos, falhas, variabilidade).

Os dois exemplos a seguir ilustram os tipos de diagramas de causa-efeito (Figura 9 e 10).

O primeiro diagrama (Causa-efeito: desempenho desejado) refere-se a algo que desejamos, isto é, um bom restaurante. Os fatores que determinam um bom restaurante são: instalações, comida, localização e atendimento. Para que a comida seja boa, é necessário uma boa higiene, bom paladar e variedade. A higiene, por sua vez, depende dos ingredientes (saudáveis, bem conservados) e da preparação (receita, cuidado, etc.). O diagrama é detalhado colocando as causas do efeito desejado, depois adicionando as causas destas e assim por diante até que fique bem claro como obter o objetivo visado.

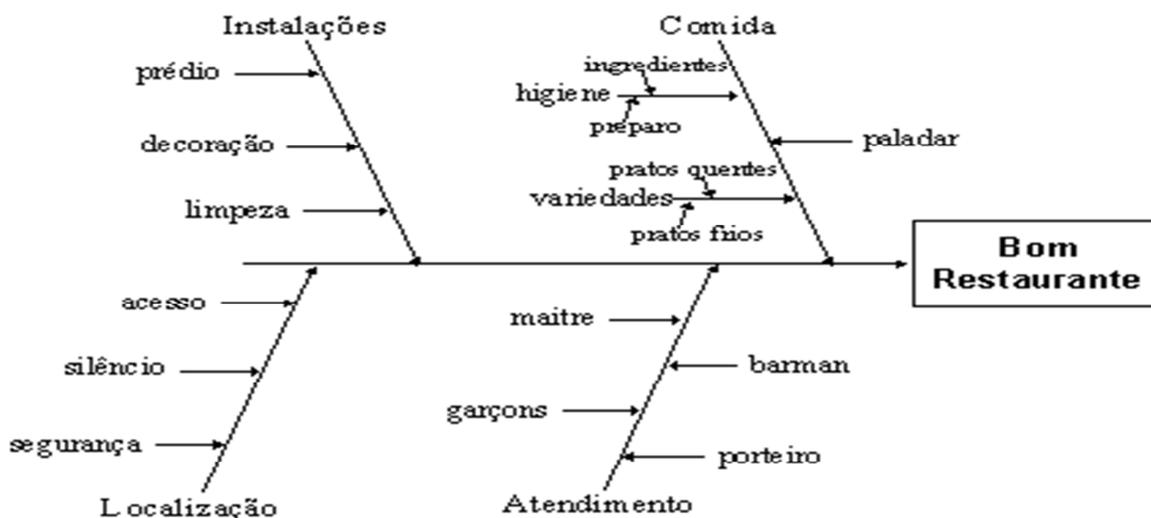


Figura 09 – Causa-efeito: Desempenho Desejado  
 Fonte: www.dcce.lbilce.unesp.br

O segundo diagrama (Diagrama Causa-efeito: Problema) refere-se a um efeito indesejado, o consumo excessivo de combustível por um automóvel.

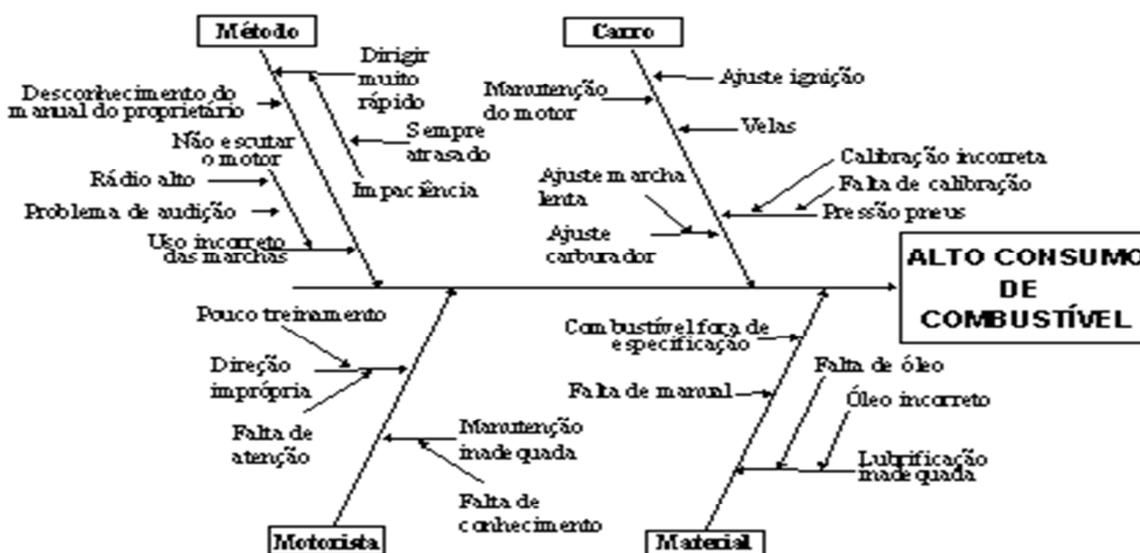


Figura 10 – Diagrama de Causa-efeito: Problema  
 Fonte: www.dcce.lbilce.unesp.br

## 2.9 Os cinco porquês

Os “Cinco Porquês” é uma técnica para encontrar a causa raiz de um defeito ou problema. Esta ferramenta é muito usada na área da qualidade, mas na prática aplica-se em qualquer área.

Em face de um determinado problema, a técnica consiste em perguntar sucessivamente: Porquê?

Apresenta-se a seguir um exemplo: (Tararhuch, 2009).

**Problema:** Os clientes reclamam com frequência devido aos atrasos nas entregas.

**Porque há atrasos?** Porque o produto nunca sai da fábrica no momento que deveria.

**Porque o produto não sai quando deveria?** Porque as ordens de produção estão atrasadas.

**Porque estas ordens estão atrasadas?** Porque as horas de produção calculadas são inferiores à realidade.

**Porque o cálculo das horas está errado?** Porque se está a utilizar um software ultrapassado.

**Porque se está a utilizar esse software?** Porque o engenheiro responsável ainda não recebeu formação relativa ao software mais atual.

Pelo exemplo, podemos ver que a causa raiz das reclamações dos clientes é a falta de formação do engenheiro em softwares de produção mais atuais. Na realidade, não é necessário que sejam exatamente cinco perguntas. Podem ser menos ou mais, desde que se chegue à real causa do problema. No exemplo, ainda poderia haver mais um porque, e descobrir-se-ia que o engenheiro não recebeu formação devido à sua forte carga de trabalho. O importante é que esta ferramenta sirva para exercitar as ideias e tire a pessoa de sua zona de conforto.

Também é importante entender que esta é uma ferramenta limitada. Fazer cinco perguntas não substitui uma análise de qualidade detalhada. Uma das principais críticas à ferramenta, é que pessoas diferentes provavelmente chegarão a causas raiz diferentes com estas perguntas. Por isso o ideal é que as perguntas sejam feitas com participação de uma equipa, para que se gere um debate em torno das causas verdadeiras.

Além disso, frequentemente um problema tem mais do que uma causa. Se for utilizada somente esta ferramenta, pode estar-se a deixar de lado outros fatores importantes para a melhoria dos processos.

## 2.10 Brainstorming

Um *brainstorming* ou tempestade de ideias é uma reunião destinada a incentivar a total libertação da atividade mental, sem restrições. Embora se possam fazer *brainstormings* individuais, o resultado é normalmente mais fraco,

visto que um indivíduo por si só facilmente se limita. Esta técnica funciona tão bem porque, entre outros motivos, as “ideias puxam ideias”. As ideias dos outros são por vezes pontos de partida para as nossas melhores ideias; é a concordância de ideias de um grupo de pessoas, onde se dispensa o processo de votação, de modo que cada participante apoie a decisão escolhida (Sales, 2008).

Segundo Oliveira (2011) os *brainstormings* têm por objetivo a reunião/citação do maior número possível de ideias, focalizando determinado assunto e dentro de um curto período de tempo. O ponto forte desta técnica é que ela estimula o raciocínio e a criatividade. Aqui, todas as contribuições são importantes, não se restringindo quantidade ou qualidade.

A técnica possui três fases, a saber:

- Preparação;
- Geração de Ideias;
- Avaliação.

Na fase de preparação, são convidadas aquelas pessoas que possuem alguma ligação com o problema para participarem do estudo. Neste momento definem o assunto a ser abordado e as informações necessárias são organizadas.

Em seguida, vem o momento da geração de ideias, que é a fase principal da técnica. Cada membro disponibiliza a sua ideia, até que o processo se esgote, ou seja, que nenhuma nova ideia seja sugerida pelos membros.

A avaliação das ideias é a última etapa, e tem por objetivo priorizar as ideias por grau de importância. Além de critérios que possam ser mandatórios (requisitos de clientes ou legislação), uma forma de priorizar determinado grupo de ideias pode abranger os aspetos de custo e qualidade.

## **2.11 Oito D's**

O método oito D ou das oito disciplinas, do inglês oito D (Eight Disciplines), é uma das metodologias mais completa e eficaz para todo o processo de fabricação, pois atende aos problemas de fabricação e procura meios de assegurar o fluxo de produtos, ao mesmo tempo em que proporciona ações de proteção ao cliente (Tararthuch, 2009).

Segundo Rambaud (2006), o método 8D pode ser utilizado para identificar, corrigir e eliminar a repetição de problemas com o objetivo de melhorar os produtos e os processos. A metodologia foi descrita pela primeira vez na norma militar americana número 1520 (sistema de ação corretiva e disposição de materiais não conformes). Foi posteriormente documentada pela *Ford Motor Company* em 1987, por isso muitas vezes esta metodologia também é chamada de *Ford 8D*. Esta metodologia, apresentada na Figura 11, foi definida com o intuito de diminuir a quantidade de problemas reincidentes nas linhas de montagem.

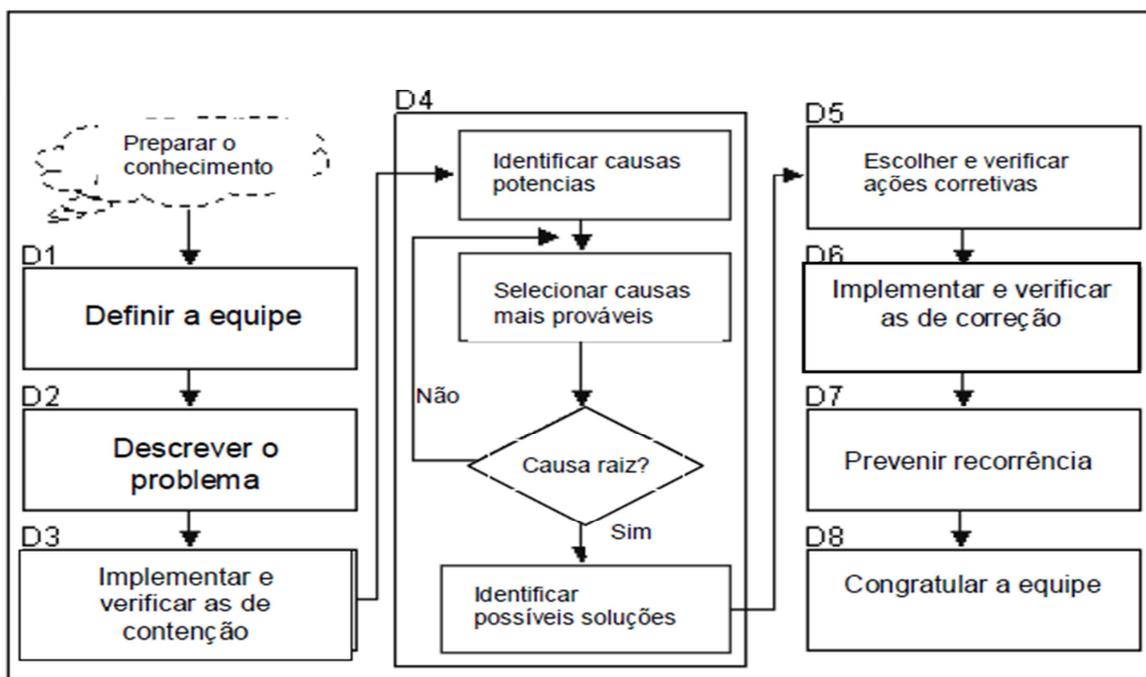


Figura: 11 – 8 Disciplinas (8D's)  
Fonte: Adaptado de Rambaud, 2006.

A oito disciplinas, de acordo com *Rambaud* (2006), são:

- D1: Criar uma equipe: deve-se criar uma equipe multifuncional com um líder que tenha conhecimento, tempo, autoridade e habilidade para solucionar o problema e efetuar as ações corretivas. Deve-se também neste ponto definir as metas.
- D2: Descrever o problema: deve-se definir o problema em termos mensuráveis, i.e., deve-se especificar o problema descrevendo-o em termos específicos e quantificáveis: quem, o quê, quando, por que, como, quando (5W1H).

- D3: Verificar as ações internas de contenção do problema: deve-se definir e implementar ações de contenção provisórias até que se execute as ações definitivas. As eficácias das ações de contenção devem ser verificadas com dados.
- D5: Identificar e verificar a causa raiz: devem-se identificar todas as causas potenciais que podem explicar porque ocorreu o problema, e posteriormente confrontar cada causa com o efeito e identificar as ações corretivas. Neste ponto deve-se separar a causa raiz que gerou o problema e a causa raiz da não detecção do problema.
- D5: Eleger e verificar as ações corretivas: deve-se confirmar que as ações selecionadas resolveram o problema e não causaram efeitos secundários indesejados.
- D6: Aplicar e validar as ações corretivas permanentes em execução: devem-se definir os controles para se assegurar que se eliminaram as causas raiz. Uma vez em produção, devem-se supervisionar os efeitos de longo prazo colocando-se os controles e ações de contenção necessárias.
- D7: Prevenir a repetição do problema: deve-se identificar e determinar os passos que necessitam ser tomados para prevenir que o mesmo, ou similar, não se repita no futuro.
- D8: Congratular a equipa: nesta etapa deve-se reconhecer o esforço e resultado do trabalho e divulgar o conhecimento adquirido para toda a organização.

Os pontos fortes deste método, segundo *Rimbaud* (2006), é que ele apresenta uma proposta eficaz para encontrar a causa raiz, determinar as ações corretivas necessárias. Dessa maneira ajuda a explorar o sistema de controle que não impediu o problema de ocorrer.

## **2.12 Análises de causa-raiz**

A resolução de problemas torna-se difícil quando se desconhece a causa-raiz. A realização de potenciais soluções poderá não ter os efeitos esperados se essas soluções não eliminarem a causa raiz. Sendo assim, é fundamental identificá-la.

Na manutenção, os principais objetivos são prevenir e corrigir falhas. Para reduzir a ocorrência de falhas é preciso entender como um determinado sistema falha. É assim necessário estudar. É preciso utilizar uma metodologia de análise que estabeleça uma lógica e permita que todos compreendam os eventos, de modo a identificar todas as causas ao nível físico, humano e primário e, por fim, definir ações corretivas para evitar a recorrência da falha (Oliveira, 2007).

O RCA (*Root Cause Analysis*, ou Análise de Causa Raiz) é outra metodologia que investiga um processo com o objetivo de identificar a verdadeira causa de um problema e as ações necessárias para eliminar ou mitigar o problema. O fator desencadeador de uma RCA pode ser um acidente ou incidente de grandes proporções ou um programa de aperfeiçoamento geral nas áreas de segurança, qualidade ou produção/manutenção.

### **2.13 Árvore de falha**

O FTA - *Fault Tree Analysis* (Análise por Árvore de Falhas) é uma ferramenta gráfica de análise da fiabilidade, onde a combinação das faltas é descrita por uma ocorrência em série ou paralelo de eventos, e irá resultar na ocorrência do evento indesejado pré-definido. Os eventos e faltas podem ser do tipo falha do equipamento, erro humano, erro de *software*, ou qualquer outro evento pertinente que pode conduzir ao evento indesejado.

O FTA permite mostrar o encadeamento de diferentes eventos associados a uma determinada falha ou “evento de topo”, o qual, segundo Helman e Andery (1995), consiste num estado do sistema considerado anormal. Este é desdobrado numa árvore lógica, mostrando as causas de eventos subsequentes através do uso de portas lógicas e “ramificações”, resultando na árvore de falhas. Scapin (1999) afirma que algumas dessas causas e eventos somente conseguem ser identificados através do FTA. Com a análise da árvore é possível identificar os itens que necessitam ter um elevado nível de fiabilidade e as causas possíveis de falhas antes mesmo que elas ocorram, conseguindo assim atuar de forma preventiva (Ferreira, 2006).

No FTA, a análise de falhas pode ser do tipo qualitativo ou quantitativo. Na análise qualitativa, o objetivo reside na determinação das causas básicas que levaram um evento qualquer a falhar. Na análise quantitativa, o objetivo é

determinar a probabilidade de ocorrência do evento de topo estudado. Segundo Luís (2005), as principais vantagens do uso de FTA são:

- Fácil visualização do problema, possibilitando um conhecimento aprofundado do sistema e da sua fiabilidade;
- Excelente ferramenta para o conhecimento sistêmico de processos complexos e permite determinar os mecanismos que levam à falha;
- Identifica itens que necessitam ter um elevado nível de fiabilidade;
- Possibilita uma análise qualitativa ou quantitativa visando a fiabilidade de um sistema;
- Possibilita introduzir reduções de custo no equipamento ou produto sem prejudicar o atual desempenho;
- Possibilita formular planos de manutenção centrados na fiabilidade;
- Permite identificar procedimentos de manutenção com o enfoque de diminuir a probabilidade de quebra.

Na Figura 12 é demonstrado a base da estrutura de um FTA.

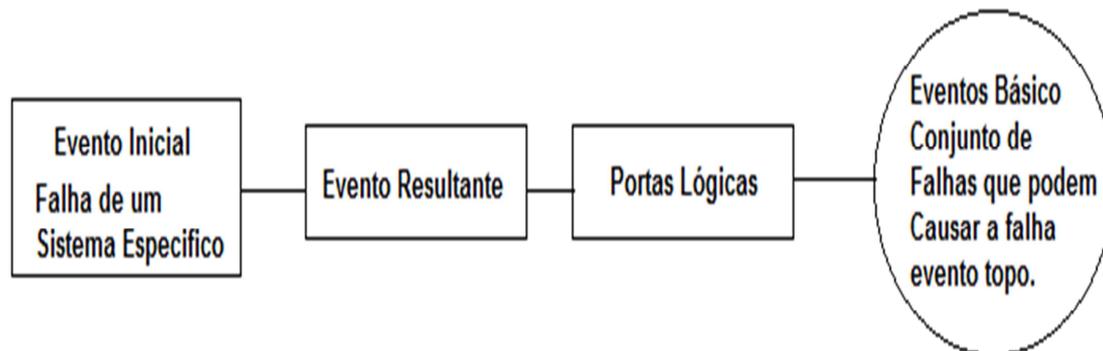


Figura 12: Base de construção de FTA  
 Fonte: <http://pt.scribd.com/doc/20386197/Artigo-FTA> – 2005.

A Figura 12 apresenta a definição de um evento inicial (falha funcional de um item específico). O evento inicial é interligado às falhas básicas, isto é, conjunto de falhas que originam a ocorrência do evento inicial de topo (falha de um sistema).

### 3. Redes de alcance mundial

Neste capítulo abordaremos a grade rede mundial e suas características de comunicação, os tipos de camadas cliente/servidor bem como a utilização de uma base de dados para o desenvolvimento do sistema e a criação de suas *interfaces* gráficas.

#### 3.1 Redes de alcance mundial

Para que possamos obter maior resultado com as informações faz-se necessário um meio de comunicação. A *World Wide Web* – Rede de alcance mundial, em português (“WWW” ou simplesmente “WEB”) é um meio de comunicação global no qual os utilizadores podem ler e escrever através de computadores conectados à internet. A Figura 13 representa a *Web* e a internet permitindo uma conectividade de praticamente qualquer lugar na terra, no mar e no espaço obtendo assim informações simultâneas em tempo real. O termo *web* é usado erroneamente como sinônimo da própria internet, sendo a *web* apenas um serviço que utiliza a internet, assim como as mensagens de *e-mail*. A história da internet antecede bastante a da rede de alcance mundial (Wikipedia, 2011). A seguir serão demonstradas algumas características de protocolos de comunicação, as aplicações de camadas cliente servidor e a utilização de uma de base de dados.

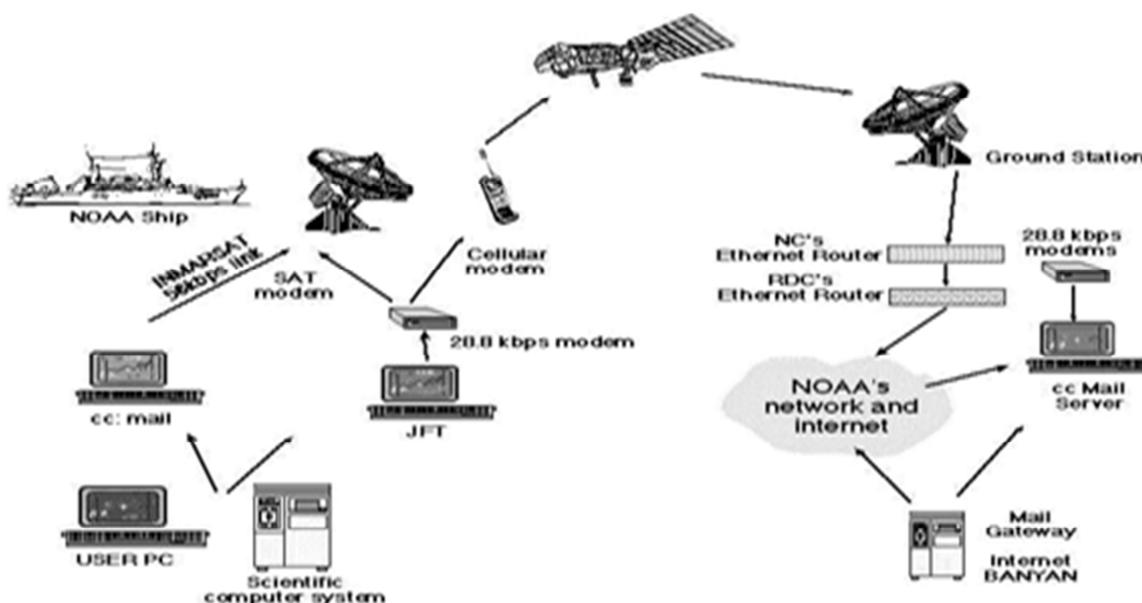


Figura 13: Web na Internet Conectando ao Mundo  
Fonte: Wikipédia, a enciclopédia livre – 2011.

## 3.2 Softwares para *desktop*

Os sistemas voltados para um ambiente *desktop* são sistemas que interagem de forma natural com os sistemas operacionais facilitando o acesso mais rápido aos seus periféricos (porta serial, portas usb, etc.) através de *drives* do próprio sistema. O *software* desenvolvido para *desktop* obtém recursos da rede utilizando a *interface* de programação de aplicações (API -*Application Programming Interface*) que é um conjunto de rotinas e padrões estabelecidos por um *software* para a utilização das suas funcionalidades por programas aplicativos que não querem envolver-se em detalhes da implementação do *software*, mas apenas usar seus serviços através do protocolo TCP/IP, UDP, etc.

### 3.2.1 Protocolos de comunicação

O modelo OSI (*Open Systems Interconnection*) foi criado em 1977 pela ISO (*International Organization for Standardization*) para conectividade entre computadores locais e remotos. O modelo OSI é dividido em sete níveis, sendo que cada um deles possui uma função distinta no processo de comunicação entre dois sistemas abertos. A Figura 14 mostra os sete níveis do modelo OSI, que devido à sua complexidade não será analisado, pois se compreende que este não é alvo de nosso estudo. Como podemos ver na figura, o modelo inicia-se pelo nível físico e termina no nível mais próximo do utilizador. Pode-se ver através da Figura 14, que cada nível possui um ou mais protocolos que realizam as funções específicas daquele nível, e esses protocolos são compatíveis entre as máquinas que estão em comunicação (*host A* e *host B*) (James, 2006).

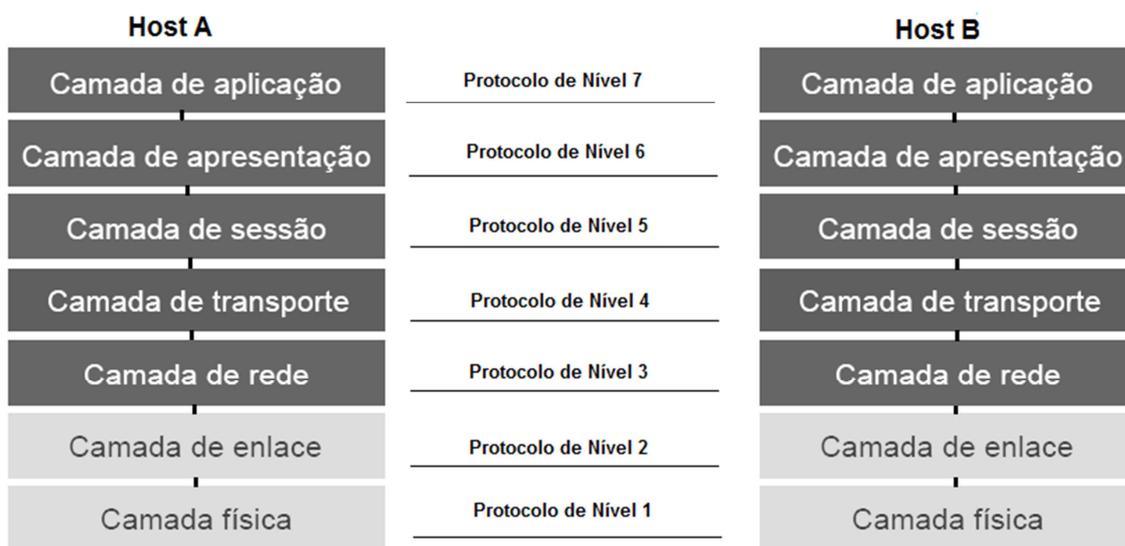


Figura 14: Modelo ISO/OSI

Os protocolos para a internet formam o grupo de protocolos de comunicação que executa a pilha de protocolos sobre a qual a *internet* e a maioria das redes comerciais funcionam. Eles são, algumas vezes, chamados de “protocolos TCP/IP”, já que os dois protocolos: o protocolo TCP - *Transmission Control Protocol* e o IP - *Internet Protocol* foram os primeiros a serem definidos. O modelo inicial do TCP/IP Figura 15 é baseado em quatro níveis: *host/rede*; Inter-rede; Transporte; e Aplicação.

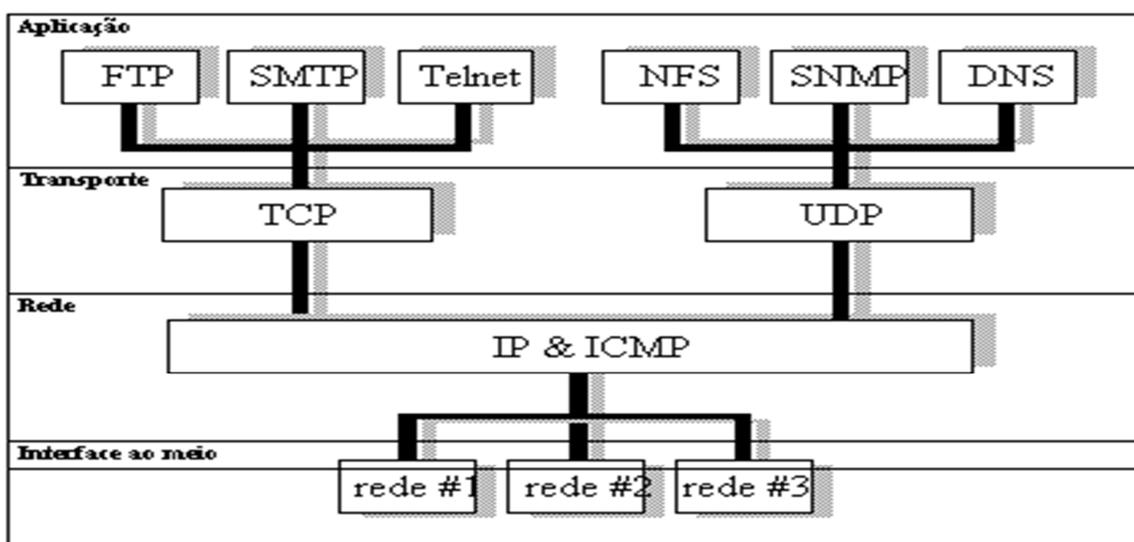


Figura 15: Modelo inicial do TCP/IP baseado em quatro níveis  
Fonte: <http://abcinformatica.wordpress.com>, 2011.

Surgiu, posteriormente, um modelo híbrido, (Tabela 07) com cinco camadas, que retira o excesso do modelo OSI, e melhora o modelo TCP/IP: Física; Enlace; Rede; Transporte; e Aplicação. (Soares, 1995, pg. 142).

Tabela: 07 - Modelo híbrido com cinco camadas.

Camada	Exemplo
5 – Aplicação (camada OSI 5 até 7)	<b>HTTP, FTP, DNS, Socket</b> (protocolos de routing como BGP e RIP, que, pro uma variedade de razões, são executados sobre TCP e UDP respectivamente, podem também ser considerados da camada de rede).
4 – Transporte (camada OSI 4 e 5)	<b>TCP, UDP, RTP, SCTP</b> (protocolos como OSPF, que é executado sobre IP, pode também ser considerado parte da camada de rede).
3 – Internet ou Inter – Rede (camada) OSI 3)	<b>Para TCP/IP o protocolo é IP, MPLS</b> (protocolos requeridos como ICMP e IGMP são executados sobre IP, mas podem ainda ser considerada parte da camada de rede, ARP não roda sobre IP)
2 – Interfaces de rede	<b>ARP</b>
1 – Interface com a Rede (camada OSI 1)	Ethernet, Wi-fi, Modem, etc.

Fonte: <http://abcinformatica.wordpress.com>, 2011.

Devido a estas características, geralmente os *softwares* para a indústria, onde é necessária a comunicação com muitos dispositivos externos, são desenvolvidos neste modelo. Porém quando se fala de sistemas integrados, onde muitos utilizadores interagem através do sistema, há um esforço muito grande para o desenvolvimento da camada de rede, sendo necessário criar pelo menos dois *softwares* distintos, o *software* para servidor e o *software* para cliente.

### 3.2.2 O Protocolo UDP

O protocolo UDP (*User Datagram Protocol*) é um protocolo não orientado à conexão da camada de transporte do modelo TCP/IP. O seu cabeçalho é ilustrado na Tabela 08.

Tabela: 08 - Cabeçalho do Protocolo UDP.

Porta Fonte (16 bits)	Porta Destino (16 bits)
Comprimento (16 bits)	Soma de Controlo (16 bits)
Dados (comprimento variável)	

Fonte: <http://pt.kioskea.net/contents/internet/udp.php3>, 2011.

**Porta Fonte:** trata-se do número de portas que correspondem à aplicação emissora do segmento UDP.

**Porta Destino:** Este campo contém a porta que corresponde à aplicação da máquina destinatária à qual nos dirigimos.

**Comprimento:** Este campo precisa do comprimento total do segmento que inclui o cabeçalho. O cabeçalho tem um comprimento de 4 x 16 bits (são 8 x 8 bits), então o campo comprimento é necessariamente superior ou igual a 8 *bytes*.

**Soma de Controle:** Este aspeto trata da interinidade do segmento. (TANENBAUM, 1944, pg. 617).

### 3.3 *Software para web*

Os sistemas desenvolvidos para a *web* desfrutam das funcionalidades oferecidas pelo navegador para utilizar os recursos da rede. Os navegadores são aplicações para *desktop* que utilizam as funcionalidades do sistema operacional para comunicar com um servidor *web* através do protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*). Logo, os sistemas para *web* não precisam conter camadas de rede em sua estrutura, o que resulta num ganho considerável de tempo no desenvolvimento de aplicações deste tipo. Devido a esta característica, as aplicações *web* são cada vez mais comuns no cotidiano, principalmente em sistemas integrados.

Com o aumento das grandes redes de computadores baseadas em computadores portáteis (PCs), houve uma tendência bastante acentuada a favor do desenvolvimento de aplicações que seguem o modelo *web*. Esse tipo de aplicação é normalmente acessado por um *browser*. Expõe-se a seguir o modelo cliente/servidor tradicional.

### 3.3.1 Cliente/Servidor tradicional

No início da era dos computadores a centralização era feita através de supercomputadores chamados *Mainframe*. Esses supercomputadores processavam todas as funções do sistema, incluindo os programas de aplicação e a *interface* com os utilizadores, bem como todas as funcionalidades. Esta tecnologia, com o passar dos tempos foi substituída por modelos cliente/servidor conforme indicado pela Figura 16. Esses novos modelos de computadores conectados em redes atuam como servidores, disponibilizando recursos para as demais máquinas, denominadas clientes (Elmasri, 2004, pg. 28 e 595).



Figura 16: O Modelo Cliente/Servidor Tradicional  
Fonte: <http://www.juliobattisti.com.br/artigos/ti/ncamadas.asp>, 2011.

A Figura 16 apresenta um modelo cliente/servidor tradicional constituído por um servidor de arquivos, base de dados e outras funções que hoje são comuns em grandes empresas, utilizando aplicações, tais como: servidores *web*, servidores de impressão, servidores DNS, servidores de *internet*, etc. Estes tipos de servidores, normalmente, são conectados a uma rede local ou *LANs* e muitas vezes estas redes estão conectadas a outras redes denominadas *WAN* ou redes geograficamente distribuídas. São servidores com maior poder de processamento e armazenamento muito superior ao cliente, os quais, na maioria dos casos, são PCs ligados em rede (Kurose, 2006, pg. 347).

### 3.3.2 Aplicação em duas camadas

Segundo Elmasri (2004), a arquitetura cliente/servidor está cada vez mais incorporada aos pacotes comerciais de sistemas gestores de bases de dados (SGBD). Muitos SGBD relacionais começaram como sistemas centralizados. Os componentes de sistemas que primeiro foram transferidos para o lado do cliente foram à *interface* como os utilizadores e os programas de aplicação. Desta forma, criou-se um ponto de divisão lógica entre o cliente e o servidor. No modelo de duas camadas, toda a lógica do negócio fica no cliente. Quando o programa cliente é instalado, são instaladas todas as regras de acesso à base de dados, conforme ilustrado a Figura 17:

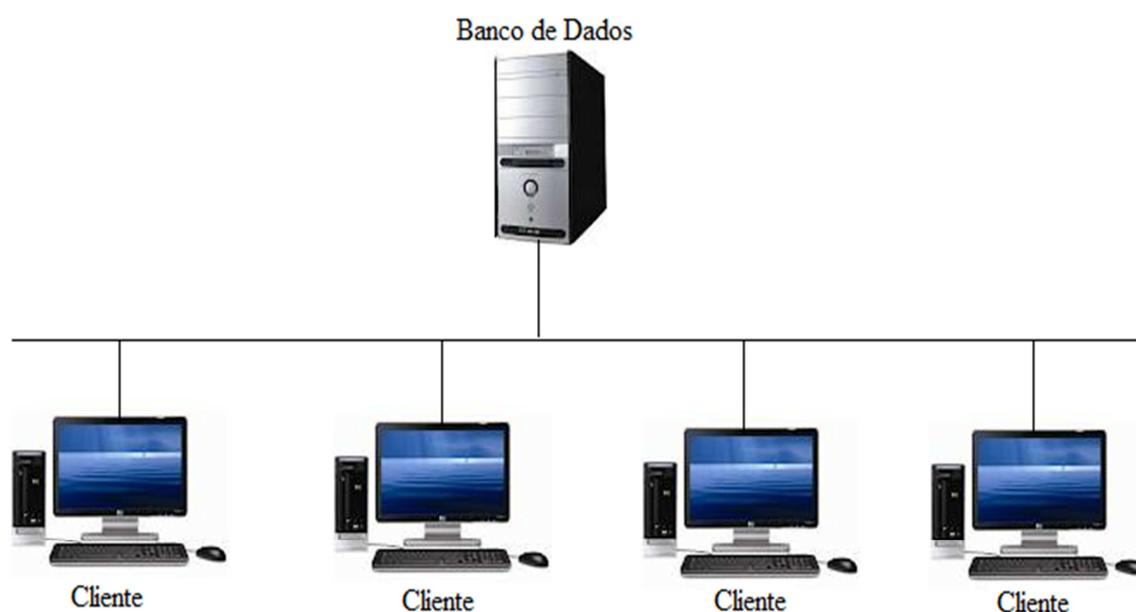


Figura 17: O Modelo de Desenvolvimento em duas Camadas.  
Fonte: <http://www.julioabattisti.com.br/artigos/ti/ncamadas.asp>, 2011.

Como foi mencionado anteriormente, no modelo em duas camadas tem-se um programa que é instalado no cliente fazendo a comunicação com a base de dados residente num serviço de base de dados. Neste tipo de modelo de duas camadas, a aplicação cliente é responsável pelas seguintes funções:

**Apresentação:** todos os formulários estão presentes no código de aplicação do cliente, implicando que, caso a aplicação sofra uma alteração na sua interface é necessário uma nova versão para substituir a anterior. Ao fazer essas alterações começam a surgir problemas na utilização deste modelo de duas camadas, sendo que para fazer uma simples alteração é necessário fazer uma atualização em todos os computadores dos clientes, originando assim um grande esforço desnecessário.

**Lógica do Negócio:** As regras que definem a maneira como os dados são acedidos e processados, são conhecidas como "Lógica do Negócio". Fazem parte das regras da lógica do negócio, desde funções simples a funções mais complexas.

### **3.3.3 Aplicação em três camadas**

Hoje em dia, é mais comum utilizar uma arquitetura três camadas, em particular em aplicações *Web*. Como se pode observar na Figura 18, neste novo modelo de três camadas, um dos fatores principais é a retirada da regra de negócio que antes estava no cliente para centralizá-la num novo ponto chamado de servidor de aplicação. Desta forma pode-se centralizar a regra de negócio tornando a sua atualização muito mais rápida sem perda de tempo com os clientes. No modelo de duas camadas teria que se reprogramarem todos os clientes para atender às necessidades do programa. No modelo em três camadas, toda a lógica do negócio fica no servidor de aplicações. Com isso, a atualização das regras de negócio fica mais fácil.



Figura 18: O Modelo de Desenvolvimento em Três Camadas.  
Fonte: <http://sistcorp.vilabol.uol.com.br/fundamentos.htm>, 2011.

As três camadas existentes no modelo são a seguir descritas.

**Camada de Apresentação:** Provê a interface e interage com o utilizador. Os programas nessa camada apresentam *interface* ou formulários *Web* para o cliente a fim de interagir com a aplicação. Pode-se dizer que esta camada lida com a entrada e saída de dados, normalmente na forma de página *Web* estática ou dinâmica. Essa última é utilizada quando a interação envolver acesso a base de dados. Quando isso acontece a *interface Web* é utilizada. Essa camada, geralmente, comunica-se com a camada de aplicação pelo protocolo HTTP.

**Camada de Aplicação:** Esta camada programa a Lógica da Aplicação. É feita uma consulta por meio de formulários com base na entrada e saída do cliente, ou os resultados de consultas podem ser formatados e enviados ao cliente para apresentação. Esta camada de aplicação pode interagir com uma ou mais bases de dados ou fontes de dados, conforme seja necessário, por meio de uma conexão à base de dados utilizando ODBC, JDBC, SQL/CLI ou outras técnicas de acesso à base de dados.

**Camada de Base de dados:** Para manipular as solicitações de consultas e de atualização na camada de aplicação, faz-se necessário que esta camada processe as solicitações e envie os resultados. Para fazer este acesso na maioria das vezes utiliza-se a linguagem SQL. Esses resultados podem ser formatados em XML quando forem transmitidos entre o servidor de aplicação e o servidor de base de dados (Elmasri, 2004, pg. 596).

### 3.3.4 Aplicação em quatro camadas

Com a evolução do modelo em três camadas, deu-se início a um quarto modelo, que consiste na retirada da camada de apresentação do cliente, centralizando-a num determinado ponto, o qual na maioria dos casos é um servidor *web*. Assim, não é necessário instalar programas na parte do cliente. O cliente só precisa de um navegador para ter acesso à aplicação tal como *Internet Explorer* Mozilla ou mesmo o *Netscape*. Esse modelo pode ser visto na Figura 19.



Figura 19: O Modelo de Desenvolvimento em Quatro Camadas.  
Fonte: <http://sistcorp.vilabol.uol.com.br/fundamentos.htm>, 2011.

Os modelos com três ou mais camadas apresentados anteriormente trazem uma nova tendência tecnológica para as empresas. Com esta nova tecnologia as empresas conseguiram desenvolver novas aplicações robustas seguras para os seus clientes internos e externos em tempo real, fáceis de instalar e manter atualizados. Porém, não se pode esquecer que existem centenas de sistemas baseados em modelos mais antigos como o *mainframe* ou o modelo cliente/servidor tradicional.

### 3.4 Projetos de *software*

Designa-se projeto qualquer padrão de arquitetura que resulta num produto de desenvolvimento de código, rotinas ou programas de computador. Por exemplo: software de inventário, portal corporativos, etc. Para projetar ou realizar software é preciso que se entendam três tipos de padrões:

1 - Padrão de Arquitetura (*Architectural Pattern*) do software: representa um esquema de organização estrutural dos sistemas. Fornece um conjunto de subsistemas pré-definidos, especifica as suas responsabilidades e inclui regras para organizar os relacionamentos entre eles. O padrão de arquitetura preocupa-se com o sistema como um todo, o seu componente macro e as suas propriedades globais. As suas implicações afetam a estrutura e a organização de todo o sistema.

2 - Padrão de Projeto (*Design Pattern*) provê um esquema de refinamento dos subsistemas e componentes do *software* e dos relacionamentos entre eles. O padrão de projeto descreve situações que se repetem, mas interfere na estrutura global do sistema. No desenvolvimento de softwares de grande dimensão, em que muitos dados são apresentados aos utilizadores, recorre-se a arquiteturas que facilitam o trabalho, auxiliam na organização do projeto, na divisão de responsabilidades e facilitam as possíveis modificações que poderão ser efetuadas ao longo de sua execução. (Freeman & Freeman, 2007).

3 - Idioma (*Idiom*): é um padrão de baixo nível, específico a uma linguagem de programação. Um idioma efetuar aspectos dos componentes e das relações entre si, utilizando uma determinada linguagem de programação.

### **3.4.1 Utilização do *design pattern***

O *Design Pattern* é utilizado para a elaboração de projetos orientados a objeto. O *Design Pattern* tem como objetivo solucionar problemas que ocorrem várias vezes num determinado projeto, ele procura elaborar uma solução reutilizável, de modo que o problema não volte a acontecer nas novas implementações (Gamma, 1995). Para Jacobson (1997), o padrão *Design Pattern*, representa todas as informações guardadas no passado, que serão utilizadas para resolver problemas no futuro.

James Coplien (1996) define com base nas definições originais de Alexander (1979), que um *Pattern* “é uma peça da literatura que descreve um problema de desenho e uma solução geral para o problema num contexto particular”. Alexander explica que cada *pattern* é uma regra com três partes que expressa a relação entre certo contexto, um problema e uma solução. Em resumo, um *pattern* é ao mesmo tempo uma coisa que acontece no mundo e a

regra que diz como criar esta coisa, e quando deve ser criada. Ele é tanto o processo como a coisa; tanto a descrição de uma coisa que está viva, e a descrição do processo que gera esta coisa (COPLIEN, Cap. 79, pg. 247).

Segundo Christopher G. Lasater (2006), “padrões de projetos são ferramentas de projeto para facilitar a construção, execução e manutenção do código”.

### 3.4.2 Modelo-view-controlador

O padrão modelo-view-controlador (MVC) é um padrão de arquitetura de software. O princípio central do padrão MVC é a separação da lógica de controle da apresentação dos dados. A “vista” é responsável apenas por apresentar a interface do utilizador. Ao fazer esta separação, a interface do utilizador (UI) pode permanecer igual mesmo quando a lógica e o acesso aos dados mudam dentro da aplicação. A Figura 20 apresenta um diagrama simples deste trio MVC.

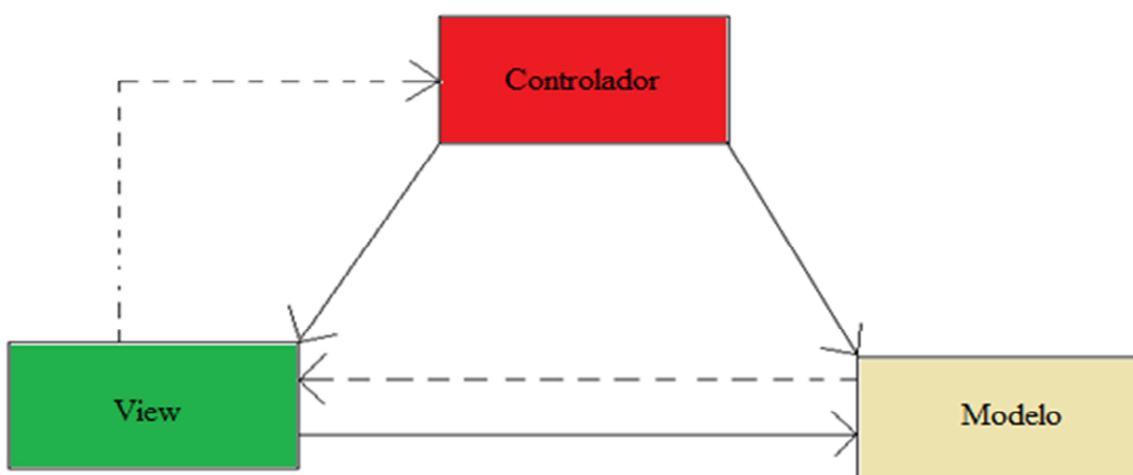


Figura 20: Diagrama de relacionamento entre o Modelo, a View e o Controlador.  
Fonte: Livro ASP. NET MVC EM AÇÃO. 2010 – com permissão da Wikipédia.

Como foi apresentado anteriormente, existem três participantes principais:

**Modelo:** representa os dados da aplicação e a lógica funcional.

**Vista:** Fornece uma ou mais representações dos dados da aplicação.

**Controlador:** Esta camada processa os eventos dirigidos pelos utilizadores que podem resultar de alterações nos dados ou manipulação da própria vista.

Pode-se perceber que o controlador possui uma relação direta com a vista e o modelo, mas o modelo não precisa saber nada a respeito do controlador ou da vista. A requisição *web* é realizada pelo controlador, e este decide quais os objetos-modelo a utilizar e quais os objetos-vista a transmitir (PALERMO, 2010).

### 3.4.3 Estrutura *framework .net*

Segundo Lotar (2007), o *Framework. NET* é um componente de *software* que suporta a execução e o desenvolvimento de uma nova geração de aplicações XML *web services*. Já *Cembranelli*, (2003), diz que o *framework .NET* é um conjunto de ferramentas para criar, construir e testar aplicações .NET e é composto por dois componentes principais: *Common Language Runtime* (CLR) e as bibliotecas de classe, *Base Class Library* (BCL).

A BCL oferece recursos para uma série de necessidades de desenvolvimento, como entrada e saída de arquivo, base de dados, XML, etc. A CLR é um ambiente de tempo de execução (*runtime*) que realiza tarefas, tais como: memória, recolha de lixo, segurança, tratamento de erro, controle de versão e suporte de instalação. A principal tarefa da CLR é realizar a *interface* entre aplicações .NET e o sistema operacional. De acordo com a Figura 21, o *framework .NET* pode ser dividido em 5 (cinco) camadas.



Figura 21: Estrutura do Framework .NET  
Fonte: ClawHammer, 2006.

A primeira camada: é composta pelas linguagens de programação suportadas pela CLS (*Common Language Specification*).

A segunda camada: é composta pelas bibliotecas de classe utilizadas para desenvolver aplicativos .NET. As duas bibliotecas já disponibilizadas pelo *framework* são: *Windows Form* para aplicações *desktop* e a *Web Forms* para aplicações ASP.NET. É importante comentar que não é obrigatório o uso destas bibliotecas para o desenvolvimento de aplicações .NET. Podem ser utilizados outros *frameworks* auxiliares como, por exemplo: O *Microsoft MVC Framework*, *Castle Active Record*, *Castle MonoRail*, entre outros.

A terceira camada: é responsável pelo acesso às bases de dados, ou seja, são ferramentas disponibilizadas pelo *framework* para trabalhar com o acesso a base de dados, sejam estas, bancos de dados ou arquivos XML (*Extensible Markup Language*).

A quarta camada: contém a BCL com classes básicas para desenvolvimento de aplicações .NET. Esta biblioteca é necessária para o desenvolvimento de qualquer aplicação .NET, seja esta utilizada direta ou indiretamente. Todos os *frameworks* para desenvolvimento de aplicações .NET disponibilizados utilizam a BCL para execução de tarefas básicas de *interface* com o sistema operacional.

A quinta camada: é composta apenas pela CLR que é responsável pela interpretação das aplicações .NET e a realização da interface entre as aplicações e o sistema operacional.

Abaixo destas cinco camadas está o sistema operacional, que interage diretamente com a CLR para a execução de códigos nativos.

As características mais relevantes do *framework* .NET, segundo Turtchi, (2002), são:

Multilinguagem - Uma aplicação ASP.NET, pode ser desenvolvida em várias linguagens diferentes, desde que estas estejam dentro do padrão determinado pela CLS. Isto é possível, pois o *framework* .NET possui uma linguagem intermediária chamada MSIL (*Microsoft Intermediate Language*), que é gerada durante o processo de construção da aplicação;

Independência de Plataforma - a MSIL é independente de *hardware* e sistema operacional, possibilitando a geração de códigos de máquina para

várias plataformas nos mais variados tipos de arquiteturas, desde que exista um *framework* apropriado para a plataforma dotNET;

Possui memória automática de gestão - todo o código que é executado no CLR é chamado de código gerido, pois o mesmo controla toda a memória trazendo muitas vantagens, como a integração entre as linguagens e tratamento de exceções. Esta facilidade deve-se ao facto de que o dotNET, trata tudo como objeto. Sendo assim, a *Microsoft* mudou a forma de como a arquitetura trata os objetos carregados, passando a usar o conceito de *Garbage Collection* (coletor de lixo);

Suporte a Padrões Abertos - é compreensível que ocorra a abertura de padrões para que a tecnologia não fique isolada, permitindo assim que sua tecnologia seja incorporada por outras, podendo ser estendida além dos próprios domínios;

Segurança - a distribuição de aplicações baseadas em componentes exige segurança. A *Microsoft* mudou a maneira de controlar a segurança da aplicação como fazia anteriormente com os seus sistemas operacionais, com controles baseados nos utilizadores, e resolveu seguir a mesma metodologia utilizada no Java, onde o código que não é confiável é executado, mas sem acesso aos recursos críticos do sistema;

Desempenho e Escalabilidade - um grande ganho para o desenvolvimento é proporcionado com a separação do código, dados e apresentação visual para o utilizador. Isto garante um melhor desempenho da aplicação e gera uma escalabilidade muito maior (Turtschi, 2005). A CLS, segundo *Cembranelli* (2003), é uma especificação que estabelece as regras que um compilador deve seguir para que seu código compilado seja capaz de ser executado dentro da CLR. Dessa maneira, o código compilado de diferentes linguagens de programação pode ser executado em simultâneo.

#### **3.4.4 Base de dados mysql.**

Segundo Milani (2006), a globalização está cada vez mais presente, os processos cada vez mais automatizados e as barreiras da distância são cada vez mais eliminados devido ao aumento da popularização da *internet*. A necessidade de armazenamento de dados e de informação de cada mercado

torna-se o primeiro passo para a migração do negócio para a *internet*. É nessa etapa que entra o Mysql, visando suprir esta necessidade da melhor forma possível.

### 3.5 A Linguagem de modelação

O UML (Unified Modelling Language) é uma linguagem diagramática, utilizável para especificação, visualização e documentação de sistemas de software. O UML surge em 1997 na sequência de um esforço de unificação de três das principais linguagens de modelação orientadas por objetos (OMT - Object Modeling Language, Booch e OOSE (Object Oriented Software Engineering)). Seguidamente, adquiriu o estatuto de norma no âmbito da OMG (Object Management Group) e da ISO (International Organization for Standardization), tendo vindo a ser adotado progressivamente pela indústria e academia em todo o mundo. (Alberto Silva, 2001)

O UML apresenta, entre outras, as seguintes características principais: (1) é independente do domínio de aplicação (isto é, pode ser usada em projectos de diferentes características, tais como sistemas cliente/servidor tradicionais; sistemas baseados na Web; sistemas de informação geográficos; sistemas de tempo real); (2) é independente do processo ou metodologia de desenvolvimento; (3) é independente das ferramentas de modelação; (4) apresenta mecanismos potentes de extensão; (5) agrega um conjunto muito significativo de diferentes diagramas/técnicas dispersos por diferentes linguagens (por exemplp: diagramas de casos de utilização, de classes, de objetos, de colaboração, de atividades, de estados, de componentes, e de instalação). Abordados pricipalmente os diagramas casos de uso e diagrama de classes.

Tipos de Elementos Básicos:

Para Silva, (2001) a UML é uma linguagem de construção, especificação, visualização e documentação de artefactos de um sistema de software. A estrutura de conceitos do UML é razoavelmente abrangente consistindo num conjunto variado de notações, as quais podem ser aplicadas em diferentes domínios de problemas e a diferentes níveis de abstracção. A estrutura de conceitos do UML pode ser vista através das seguintes noções: (1) “coisas” ou

elementos básicos, com base nos quais se definem os modelos; (2) relações, que relacionam elementos; e (3) diagramas, que agrupam elementos.

Os elementos encontram-se organizado consoante a sua funcionalidade ou responsabilidade. Assim há elementos de estrutura, comportamento, agrupamento e de anotação.

A Figura 22 apresenta o conjunto dos principais elementos de estrutura: classes, classes ativas, *interfaces*, casos de utilização, atores, colaborações, componentes e nós.

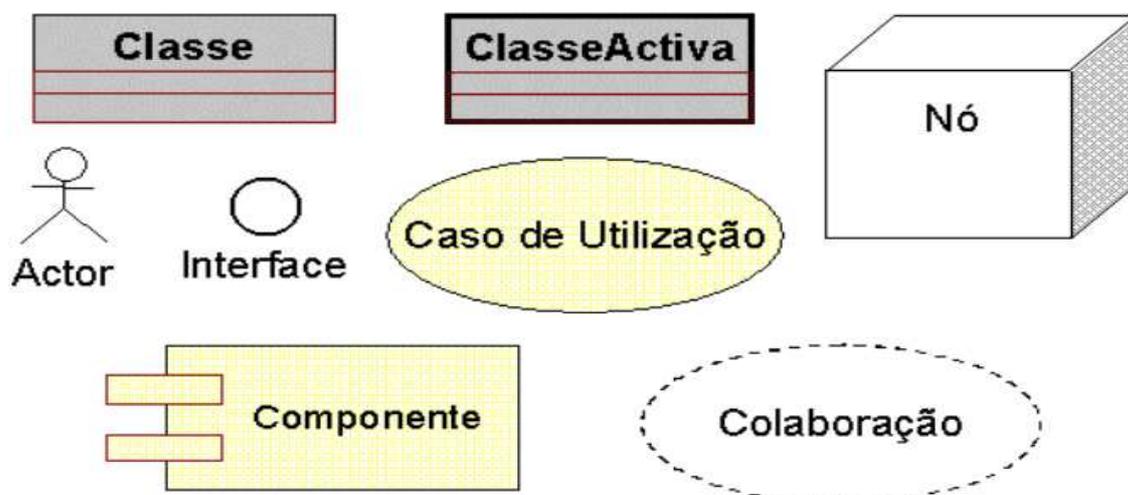


Figura 22: Resumo dos elementos de estrutura.  
Fonte: SILVA, 2001.

A Figura 23 exhibe outros elementos básicos do UML, elementos de comportamento (estados e mensagens), de agrupamento (pacotes) e de anotação (anotações ou notas).

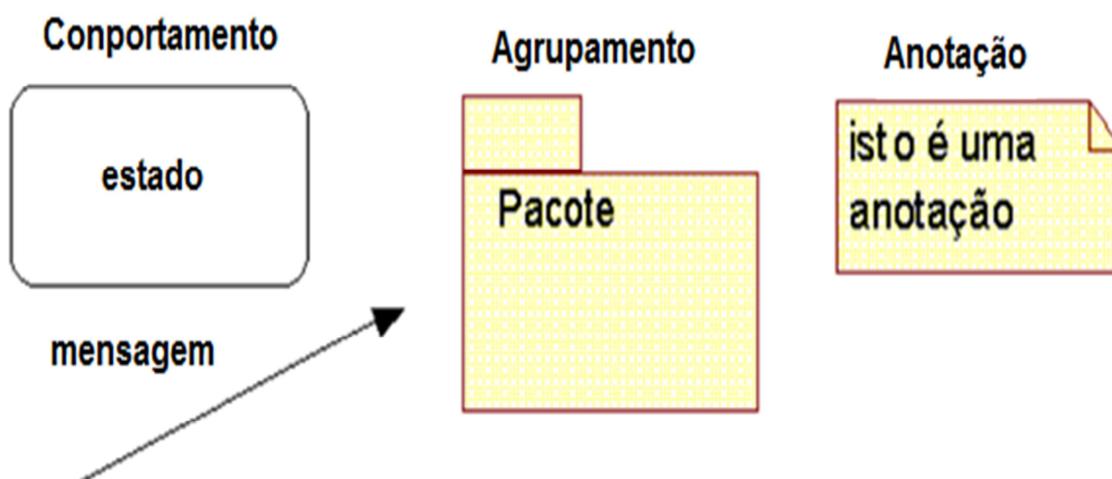


Figura 23: Resumo dos elementos básicos do UML.  
Fonte: SILVA, 2001.

### Tipos de Relações:

As relações são conceitos gerais que apresentam uma sintaxe (neste caso, uma notação) e uma semântica bem definida, e que permitem o estabelecimento de interdependências entre os elementos básicos acima introduzidos.

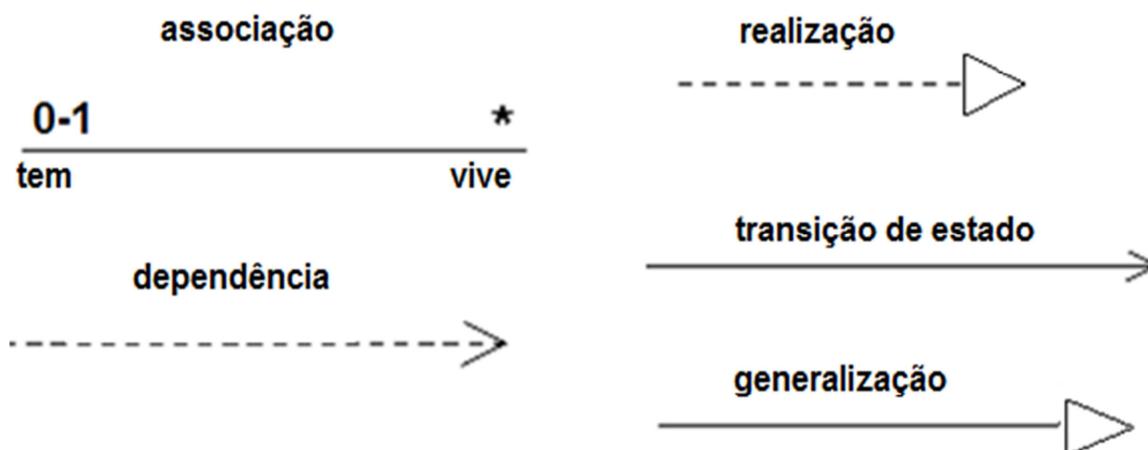


Figura. 24: Resumo dos tipos de relações standard  
Fonte: SILVA, 2001.

Na Figura 24 são apresentados os principais tipos de relações da UML, relações do tipo associação, realização, dependência, transição de estado e generalização. Na subsecção seguinte será descrito em detalhe os tipos de diagramas e a aplicação dos diferentes tipos de relações.

### Tipos de Diagramas:

Os diagramas são conceitos que traduzem a possibilidade de agrupar elementos básicos e suas relações de uma forma lógica ou de uma forma estrutural. Existem diferentes tipos de diagramas em UML. Em cada tipo de diagrama é usado um subconjunto dos elementos básicos acima descritos, com diferentes tipos de relações que faça sentido existirem. O UML define diferentes tipos de diagramas, cuja utilização e aplicação permitem dar visões complementares.

- Diagramas de casos de uso, que representam a visão do sistema na perspectiva do seu utilizador.
- Diagramas de classes que permitem especificar a estrutura estática de um sistema segundo a abordagem orientada por objetos.

- Diagramas de interação entre objetos (diagramas de sequência e diagramas de colaboração) e diagramas de transição de estados e diagramas de actividades, que permitem especificar a dinâmica ou o comportamento de um sistema segundo a abordagem orientada por objetos.
- Diagramas de componentes e diagramas de instalação, que dão visão da disposição dos componentes físicos (software e hardware) de um sistema.

#### Diagramas de Casos de Uso:

Um diagrama de casos de uso descreve a relação entre atores e casos de utilização de um dado sistema (ver exemplo da Figura 25). Este é um diagrama que permite dar uma visão global e de alto nível do sistema, sendo fundamental a definição correta da sua fronteira.

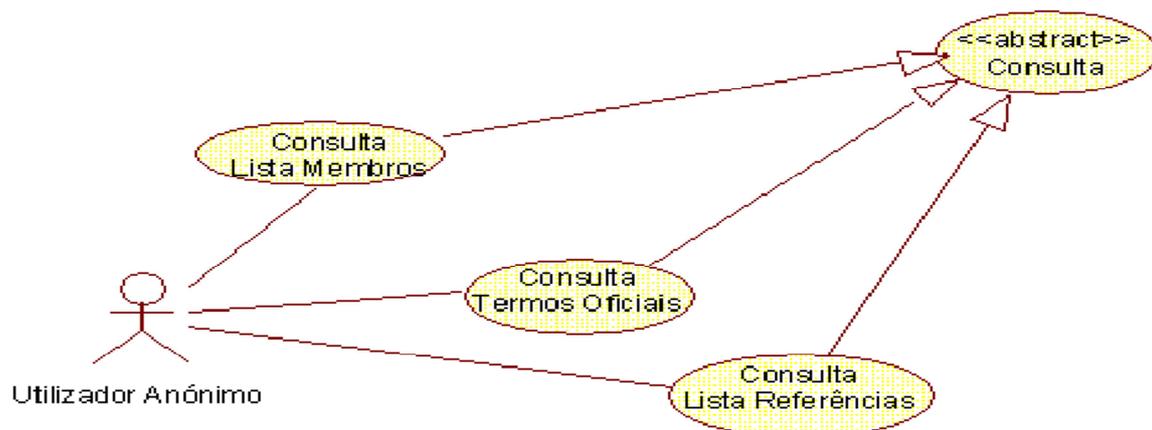


Figura 25: Exemplo de um diagrama de casos de uso.  
Fonte: GUEDES, 2004.

Este diagrama é utilizado preferencialmente na fase de levantamento de requisitos e na modelação de processos de negócio. Estes diagramas são equivalentes aos homólogos existentes no método OOSE (Object oriented Software Engineering) de Ivar Jacobson (Jacobson, 1992).

#### Diagramas de Classe:

O diagrama de classe do UML é uma integração de diferentes diagramas de classes existentes, nomeadamente no OMT (Object Modelling Language) (Rumbaugh 1991), Booch (Booch, 1994) e outros métodos OO (Orientado por objetos/baseado em objetos). Extensões específicas de determinados processos

(por exemplo: recorrendo a estereótipos e correspondentes ícones) podem ser definidos em vários diagramas para suportarem diferentes estilos de modelação.

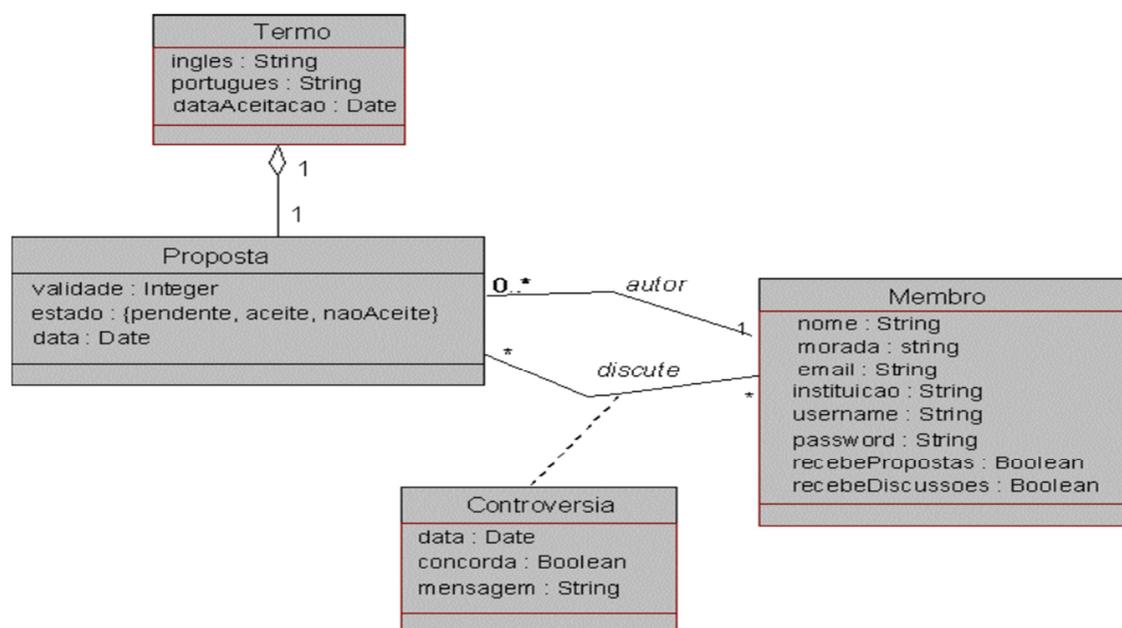


Figura 26: Exemplo de um diagrama de classes.  
Fonte: GUEDES, 2004.

Os diagramas de classes (ver exemplo da Figura 26 descreve a estrutura estática de um sistema, em particular as entidades existentes, as suas estruturas internas, e relações entre si). Um diagrama de objetos descreve um conjunto de instâncias compatíveis com determinado diagrama de classes. Permitem ilustrar os detalhes de um sistema em determinado momento ao providenciarem cenários de possíveis configurações (Guedes, 2004).

Não é possível trabalhar com grandes quantidades de informação se não houver um bom gestor de base de dados (SGBD) relacional, de licença dupla (sendo uma delas de *software* livre), projetado para trabalhar com aplicações de pequeno e médio porte, mas hoje pode ser considerado por algumas entidades com a base de dados *open source* com maior capacidade para concorrer com programas similares de código fechado, tais como *SQL Server* e *Oracle*, podendo ter todas as características de grande porte, com as vantagens dos seus concorrentes.

O *Mysql*, além de base de dados, contém todas as características de um SGBD (Sistema Gestor de Base de dados), que é o *Mysql Sever*. Além de armazenar os dados, a ferramenta provê todas as características de multi acesso a estes, entre outras funcionalidades de um SGDB, como, por exemplo,

gestão de acesso, integridade dos dados e relacionamentos, concorrência, transações, entre outros.

As principais vantagens do Mysql são:

- Maior velocidade no acesso aos dados em razão de vários fatores no seu desenvolvimento como tabelas ISAM (Substituídas pelo novo mecanismo MyISAM na versão 5), utilização de cachês em consultas, utilização de indexação BTREE para tabelas do tipo HEAP, algoritmos de buscas, entre outros recursos.

- Melhor segurança no sistema gestor de conexão que trabalha com criptografia no tráfego de senhas. Ainda, em complemento ao uso de autenticação de senhas, é possível habilitar uma espécie de *firewall* de autenticação, responsável por habilitar as devidas conexões somente para estações e domínios especificados numa lista de acesso.

- Suporta várias linguagens de programação por ser desenvolvido em uma linguagem de programação C e C++, unido ao uso de GNU *Automake*, *Autoconf* e *Libtool*, torna o Mysql uma aplicação altamente portátil entre diferentes sistemas, plataformas e compiladores, Além disso, fornece sua API para várias outras linguagens, com Java, Python, PHP, Perl, C, C++, entre outras.

- Usa programação de *threads* utilizando-as diretamente no *kernel* da plataforma. Além de aumentar significativamente a velocidade de processamento, ainda facilita a integração da ferramenta em *hardwares* com mais de uma CPU.

## **4. Análises e levantamento dos requisitos**

A análise de requisitos é a primeira atividade técnica no desenvolvimento do software, é à base do software. Uma das principais medidas do sucesso de um software é o grau com que atende os objetivos e requisitos para os quais foi construído.

O modelo de CMMS aqui proposto visa estabelecer um controle dos equipamentos da área de manutenção assegurando a qualidade sem perdas de tempo ou até de produtos. É preciso manter o estado dos equipamentos em boas condições de funcionamento para atender às exigências da produção, realizar procedimentos de limpeza dos equipamentos e principalmente procurar evitar acidentes de trabalho devido às falhas e desgaste dos equipamentos. Sendo assim, propõe-se um controle informatizado da informação, com a utilização em tempo real dos dados relativos a todos os equipamentos da empresa.

### **4.1 Situação atual**

Soares (2009) explica que as empresas de maior porte tendem a utilizar sistemas informatizados para melhorar o desempenho dos seus ativos. Hoje no PIM ainda existem inúmeras empresas de grande e pequeno porte, que utilizam folhas de cálculo para gestão da área de manutenção. A Figura 27 é um exemplo de como são coletadas essas informações através de folhas de cálculos, para o controle da manutenção.

XYZ Qualidade em Serviço																			
Nº da OS	15			Tipo de Manutenção															
Equipe	José Maria; Pedro Amaro; João Fernando e Maria Alise			Equipamento	Falha na Bomba Injetora do equipamento M_3														
Horas de Funcionamento	48h			<table border="1"> <tr><td>Programada</td><td></td></tr> <tr><td>Corretiva</td><td></td></tr> <tr><td>Preventiva</td><td></td></tr> <tr><td>Inspeção</td><td></td></tr> <tr><td>Preditiva</td><td></td></tr> </table>						Programada		Corretiva		Preventiva		Inspeção		Preditiva	
Programada																			
Corretiva																			
Preventiva																			
Inspeção																			
Preditiva																			
				Materiais															
Nº	Tarefa	Duração da Tarefa	Número Pessoal	Código				Quantidade	Encomendado O.K.	Calibrado/Ajustado	Recebido	Trocado							
1	Trocar a Bomba	2h	2					1											
2																			
3																			
4																			
5																			
Assinatura Supervisor				Executando por Firma				Original e Sede Duplicar para Chefe de Manutenção Arquivo Triplicado na Equipe											
Esclarecimento				Esclarecimento															

Figura 27: Folha de cálculo – Ordem de Serviço

Na figura 28 é apresentado um registo de manutenção para o departamento de operações de uma empresa do PIM.

 <b>Gillette do Brasil Ltda.</b> Departamento de Operações	Sistema da Qualidade Sistema de Manutenção Eletrônica  Blade Assembly Machine			
<b>Folha de Registro de Manutenção</b>				
<u>Técnico Escalado:</u>	<u>Data:</u>	<u>Semana:</u>	<u>Turno:</u>	<u>Máquina n°: BAM</u>
<b>Tarefas de Manutenção Anual</b>				
#	Descrição	Programada	Executada	
01	Revisão no circuito de comando principal			
02	Revisão no circuito de comando do RBS			
03	Revisão no circuito de comando do Laser Nd-YAG			
04	Verificação dos equipamentos de comunicação do sistema			
05	Verificação do sistema de detecção de lâminas (E.Dam.)			
06	Verificação do sistema de detecção de lâminas (Blade Position)			
07	Verificação do sistema de detecção de lâminas (Blade Vestige)			
08	Revisão no motor principal e no conjunto do Encoder			
09	Teste dos motores do RBS e Verificação dos Parâmetros			
10	Verificação nos sensores e fibras óticas			
11	Revisão das solenóides			
12	Revisão no circuito das portas de proteção			
13	Verificação dos parâmetros do controlador de velocidade			
14	Revisão do sistema de detecção de solda - Weld Plasma e Weld Power			
15	Ajustes e Testes			
<b>NOTAS:</b>				
<u>Ass. do Téc. Eletrônico:</u>			<u>Ass. do Responsável:</u>	

Figura 28: Folha de Cálculo - Folha de atividade de manutenção

Ambas as figuras (figura 27 e 28) mostram dois exemplos de como é feita a coleta de informação da área da manutenção utilizando como base folhas de cálculos para registrar os dados referentes aos processos de setup, as funções, as falhas, as causas e ações a realizar. As folhas de cálculo são uma ferramenta de extrema utilidade, até mesmo indispensáveis, em muitas áreas de trabalho, como nos casos da engenharia, gestão, marketing, contabilidade ou finanças.

Na empresa em estudo foram identificados alguns problemas enfrentados diariamente pela manutenção devido à falta de um CMMS para dar apoio à equipa de manutenção, e à falta de recursos financeiros e de formação. Entre eles, destaca-se:

- Equipamentos com paragens muito frequentes;
- Falhas frequentes causando baixa produção;
- Não existe manutenção preventiva, pois a empresa só atua depois das falhas acontecerem;
- Informações divergentes no momento da reparação, pois não existe uma ordem de serviço;
- Informações incompletas nas fichas dos equipamentos;
- Equipamento sem histórico de manutenção, pois não são realizadas anotações sobre os serviços realizados;
- Ausência e desorganização da documentação técnica dos equipamentos.

A fase de levantamento de requisitos tem como objetivo identificar todas as possíveis interações importantes do sistema e documentar de forma consistente os resultados do levantamento de requisitos. Na fase de levantamento é necessário identificar os requisitos relevantes e não relevantes, a partir da descrição, justificativa, importância, entre outras características determinantes.

## **4.2 Requisitos funcionais**

O objetivo dos requisitos funcionais é especificar as funcionalidades ou atividades do sistema.

### 4.2.1 Registos no sistema

As tabelas a seguir apresentam os registos identificados como sendo necessários neste sistema. Para cada registo é indicado o seguinte:

- **Importância:** indica se a existência do registo é considerada essencial, importante ou desejável.
- **Descrição:** neste ponto será feita uma síntese da informação apresentada em cada registo.
- **Observação:** indica um eventual pré-requisito para que o sistema funcione adequadamente.

Tabela 09: Registos de Máquinas

<b>Importância:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Essencial <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável
<b>Descrição:</b> As máquinas serão registadas.
<b>Observação:</b> Este item tem como pré-requisito, um cadastro do grupo de máquina.

Tabela 10: Registo de Linha de Montagem

<b>Importância:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Essencial <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável
<b>Descrição:</b> Deverá conter o cadastro das linhas de montagens, que serão compostas por uma ou várias máquinas, um ou vários supervisores.
<b>Observação:</b> É necessário existir pelo menos uma máquina registada.

Tabela 11: Registo de Grupo de Máquinas

<b>Importância:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Essencial <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável
<b>Descrição:</b> Deverá ser cadastrado um grupo de máquina, que pode representar uma ou várias máquinas.
<b>Observação:</b> Deverá conter pelo menos um grupo de máquinas registado.

Tabela 12: Registo de Técnicos

<b>Importância:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Essencial <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável
<b>Descrição:</b> Deverão ser cadastrados os técnicos responsáveis pelo atendimento das ordens de serviço abertas.
<b>Observação:</b> O técnico também poderá visualizar todas as ordens de serviço fechadas.

Tabela 13: Registo do Supervisor

<b>Importância:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Essencial <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável
<b>Descrição:</b> Deverá conter cadastro dos supervisores responsáveis em abrir as OS no sistema.
<b>Observação:</b> O supervisor poderá visualizar todas as ordens de serviço abertas e fechadas.

Tabela 14: Registo de Ordem de Serviço Abertas

<b>Importância:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Essencial <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável
<b>Descrição:</b> Aberturas de OS, serão efetuadas pelo supervisor, contendo informações de sua hora de abertura, nome do supervisor e descrição do problema identificado.
<b>Observação:</b>

Tabela 15: Registo de Ordem de Serviço Fechadas

<b>Importância:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Essencial <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável
<b>Descrição:</b> O encerramento de ordem de serviço será efetuado pelo técnico responsável pelas mesmas, contendo informações de sua hora de encerramento, nome do técnico responsável, descrição da falha, modo de falha, causa da falha e ação para evitar a ocorrência da falha.
<b>Observação:</b>

#### 4.2.2 Consultas no sistema

As tabelas a seguir apresentam os vários tipos de consultas do sistema.

Tabela 16: Consultas de Histórico de falhas

<b>Importância:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Essencial <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável
<b>Descrição:</b> Deverá conter o histórico de falhas ocorridas numa máquina. Assim auxiliará em ações atomar para solucionar um problema ocorrido na máquina.
<b>Observação:</b>

Tabela 17: Consultas de informações técnicas das máquinas

<b>Importância:</b> <input type="checkbox"/> Essencial <input checked="" type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável
<b>Descrição:</b> Deverá conter informações técnicas das máquinas tais como: tensão de operação; corrente de partida; corrente normal; frequência e coeficiente de partida.
<b>Observação:</b>

Tabela 18: Consultas de Ordem de Serviço Abertas

<b>Importância:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Essencial <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Desejável
<b>Descrição:</b> Deverá conter todas as ordens de serviço abertas.
<b>Observação:</b>

Tabela 19: Consultas de Ordem de Serviço Fechadas

<b>Importância:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Essencial	<input type="checkbox"/> Importante	<input type="checkbox"/> Desejável
<b>Descrição:</b>	Deverá conter todas as ordens de serviço fechadas.		
<b>Observação:</b>			

### 4.2.3 Relatórios do sistema

A seguir serão apresentados os vários tipos de relatórios do sistema.

Tabela 20: Relatórios de MTBF por máquina

<b>Importância:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Essencial	<input type="checkbox"/> Importante	<input type="checkbox"/> Desejável
<b>Descrição:</b>	Para obter relatório de informação do indicador MTBF, o utilizador deverá informar o período no formato hora/minutos e dd/mm/aaaa, ou clicando no botão  , obterá o calendário para a escolha do período.		
<b>Observação:</b>	O MTBF é o índice usado para analisara frequência de uma determinada falha.		

Tabela 21: Relatórios de MTTR por máquina

<b>Prioridade:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Essencial	<input type="checkbox"/> Importante	<input type="checkbox"/> Desejável
<b>Descrição:</b>	Para obter relatório de informação do indicador MTTR, o utilizador deverá informar o período no formato hora/minutos e dd/mm/aaaa, ou clicando no botão  , obterá o calendário para a escolha do período.		
<b>Observação:</b>	A data de início e de término, que definem o período a ser analisado, deverá ser configurável.		

Tabela 22: Relatórios de Downtime por máquina

<b>Prioridade:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Essencial	<input type="checkbox"/> Importante	<input type="checkbox"/> Desejável
<b>Descrição:</b>	Será apresentado o tempo de inatividade ( <i>downtime</i> ) em que uma máquina teve em determinado período.		
<b>Observação:</b>	A data de início e de término, que definem o período a ser analisado, deverá ser configurável.		

## 4.3 Requisitos não funcionais

Um requisito não funcional de software é aquele que descreve não o que o sistema fará, mas como ele fará.

### 4.3.1 Requisitos de segurança

Tabela 23: Controles de Acesso

<b>Prioridade:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Essencial	<input type="checkbox"/> Importante	<input type="checkbox"/> Desejável
<b>Estabilidade:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Estável	<input type="checkbox"/> Pouco estável	<input type="checkbox"/> Instável
<b>Descrição:</b>	O controle de acesso do sistema deverá ser realizado através de perfis, em que cada perfil terá as suas devidas permissões de acesso.		
<b>Observação:</b>			

## 5. Desenvolvimento do sistema

Neste capítulo aborda-se três grandes temas, os diagramas para o desenvolvimento do sistema, a utilização da metodologia FMEA e do método 8d's, e a elaboração das *interfaces* gráficas. O desenvolvimento de um software especializado para a área de manutenção traz muitos benefícios em relação aos softwares gerenciais ERPs - *Enterprise Resource Planning* ou Sistemas Integrados de Gestão Empresarial, pois os softwares gerenciais atendem a todos os setores de uma organização, como o financeiro, *stock* e recursos humanos, etc.

No entanto, os softwares de gestão, quando solicitados para um determinado controle mais detalhado na área de manutenção e produção, dificilmente correspondem com qualidade às necessidades de uma organização. Um bom exemplo disso é o software de gestão de empresas, que somente controlam *ostock*, compras, vendas, orçamentos, comissões, controle de clientes, fornecedores e contas a receber/pagar. Então a organização vê-se na obrigação de desenvolver softwares bem mais especializados.

### 5.1 Diagramas de casos de uso

O diagrama de casos de uso possibilita, por meio de uma linguagem simples, a compreensão do comportamento externo do sistema por qualquer pessoa, procurando apresentar o sistema através da perspectiva do utilizador. Este diagrama tem por intuito apresentar uma visão externa geral das funções que o sistema deverá oferecer ao utilizador, sem se preocupar como essas funções serão executadas. O diagrama tenta identificar os tipos de utilizadores que irão interagir com o sistema, que papéis esses utilizadores irão assumir e que funções serão requisitadas por cada utilizador específico.

Foi possível organizar os casos de uso em dois principais atores:

- Administrador: este ator consiste no utilizador superior do sistema que regista os funcionários e todas as funções básicas do sistema.

- **Funcionários:** este ator consiste no utilizador do sistema que regista os equipamentos e executa outras funcionalidades do sistema tais como: registar ordem de serviço e finalizar ordem de serviço.

### 5.1.1 Casos de uso - administrador

O diagrama de casos de uso – administrador exhibe um único ator (administrador) que regista todos os funcionários no sistema (Figura 29), e inclui funções: registo do funcionário, exclusão, consulta e atualização, excluir funcionário entre outros.

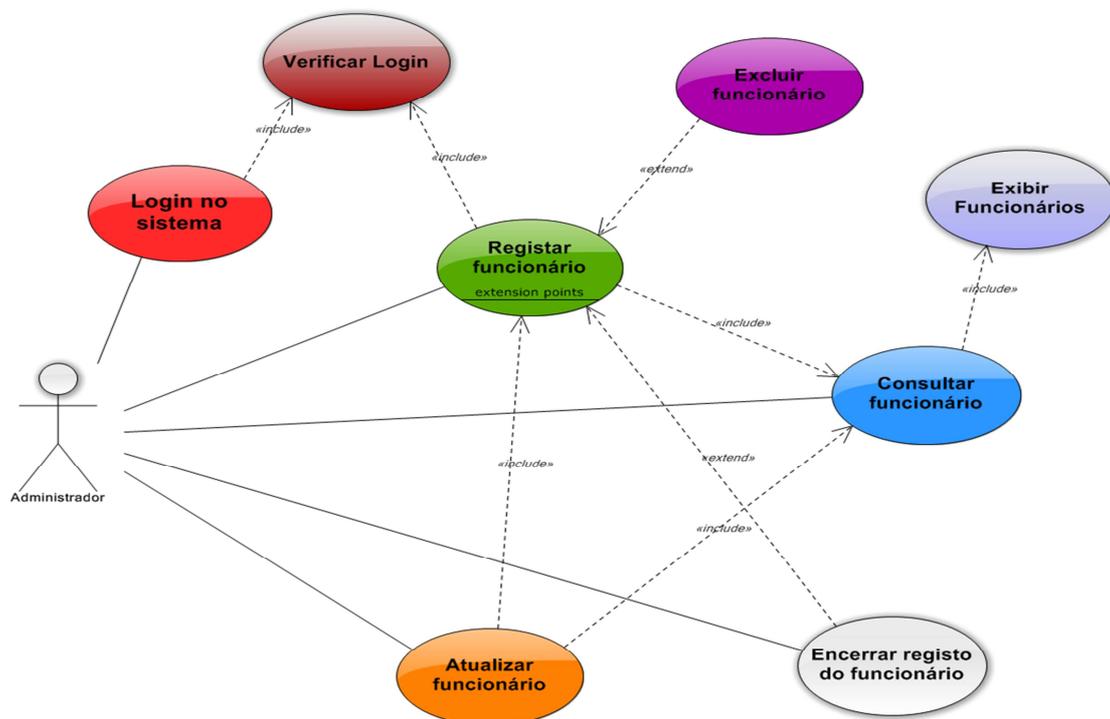


Figura 29: Diagrama de casos de uso – Administrador

#### 5.1.1.1 Documentação do caso de uso login no sistema

O objetivo deste caso de uso é descrever as etapas percorridas pelo administrador para fazer login no sistema.

**Ator:** Administrador

**Pré-Condições:** O ator deve possuir login e senha de acesso autenticado pelo sistema.

**Cenário Principal:**

(P1) O Administrador realiza o login no sistema;

(P2) O sistema verifica se o Administrador está registado através do caso de uso “verificar o login” e exibe a tela principal com as funcionalidades específicas do administrador.

#### **5.1.1.2 Documentação do caso de uso registar funcionários**

O objetivo deste caso de uso é registar funcionários.

**Ator:** Administrador

**Pré-Condições:** O Administrador deve possuir login e senha de acesso autenticado pelo sistema.

#### **Cenário Principal:**

(P1) O Administrador realiza o login no sistema;

(P2) O sistema verifica se o Administrador está registado através do caso de uso “verificar o login” e exibe a tela principal com as funcionalidades específicas do Administrador;

(P3) O Administrador inicia o caso de uso selecionando o botão registar dados do funcionário;

(P4) O sistema informa: funcionário já registado ou funcionário não registado, apresentando o registo no ecrã;

(P4.1) Se o funcionário estiver registado, o Administrador pode atualizar o funcionário já registado através do caso de uso “atualizar funcionário”;

(P4.2) Se o funcionário não estiver registado o Administrador introduz informação relativa ao novo funcionário (tal como nome; login e o perfil do funcionário no sistema) e dá indicação ao sistema para efetuar o registo;

(P6) O sistema efetua o novo registo;

(P7) O Administrador encerra o caso de uso “registar funcionário” através do caso de uso “encerrar registo do funcionário” e retorna a tela principal.

#### **5.1.1.3 Documentação do caso de uso consultar funcionários**

O objetivo deste caso de uso é consultar a informação relativa a um funcionário.

**Ator:** Administrador

**Pré-Condições:** O ator deve possuir login e senha de acesso autenticado pelo sistema.

**Cenário Principal:**

- (P1) O Administrador realiza o login no sistema;
- (P2) O sistema verifica se o Administrador está registrado através do caso de uso “verificar o login” e exibe a tela principal com as funcionalidades específicas do Administrador;
- (P3) O Administrador indica o nome do funcionário que deseja consultar;
- (P4) O sistema exibe na tela através do caso de uso “exibir funcionário” a informação daquele funcionário solicitado (nome; login e perfil);
- (P5) O Administrador visualiza a informação e clica no botão voltar;
- (P6) O sistema fecha a janela e retorna a tela principal.

**5.1.1.4 Documentação do caso de uso atualizar funcionário**

O objetivo deste caso de uso é atualizar os funcionários do sistema.

**Ator:** Administrador

**Pré-Condições:** O ator deve possuir login e senha de acesso autenticado pelo sistema.

**Cenário Principal:**

- (P1) O Administrador realiza o login no sistema;
- (P2) O sistema verifica se o ator está registrado através do caso de uso “verificar o login” e exibe a tela principal com as funcionalidades específicas do Administrador;
- (P3) O Administrador inicia o caso de uso clicando em atualizar funcionário;
- (P4) O sistema carrega no ecrã uma lista com todos os funcionários existentes;
- (P5) O Administrador busca o funcionário que deseja atualizar e clica no botão “atualizar”;
- (P6) O sistema carrega os dados do perfil selecionados;
- (P7) O Administrador atualiza as informações necessárias e clica em salvar;
- (P8) O sistema salva os dados e volta para tela principal.

### 5.1.1.5 Documentação do caso de uso excluir funcionário

O objetivo deste caso de uso é excluir os funcionários do sistema.

**Ator:** Administrador

**Pré-Condições:** O ator deve possuir login e senha de acesso autenticado pelo sistema.

**Cenário Principal:**

(P1) O Administrador realiza o login no sistema;

(P2) O sistema verifica se o ator está registrado através do caso de uso “verificar o login” e exibe a tela principal com as funcionalidades específicas do Administrador;

(P3) O Administrador solicita ao sistema a exclusão do funcionário;

(P4) O sistema carrega no ecrã uma lista com todos os funcionários existentes;

(P5) O Administrador busca o funcionário que deseja excluir e clica no botão “Excluir”;

(P6) O sistema exclui o perfil selecionado caso seja confirmado a exclusão;

(P7) O sistema volta para tela principal.

### 5.1.2 Casos de uso - funcionário

O diagrama de casos de uso apresentado na Figura 30 exibe um único ator (funcionário) que desenvolve algumas atividades, apresentando vários casos de uso. Porém, são expostos apenas os casos de uso fundamentais para a dinâmica do sistema.

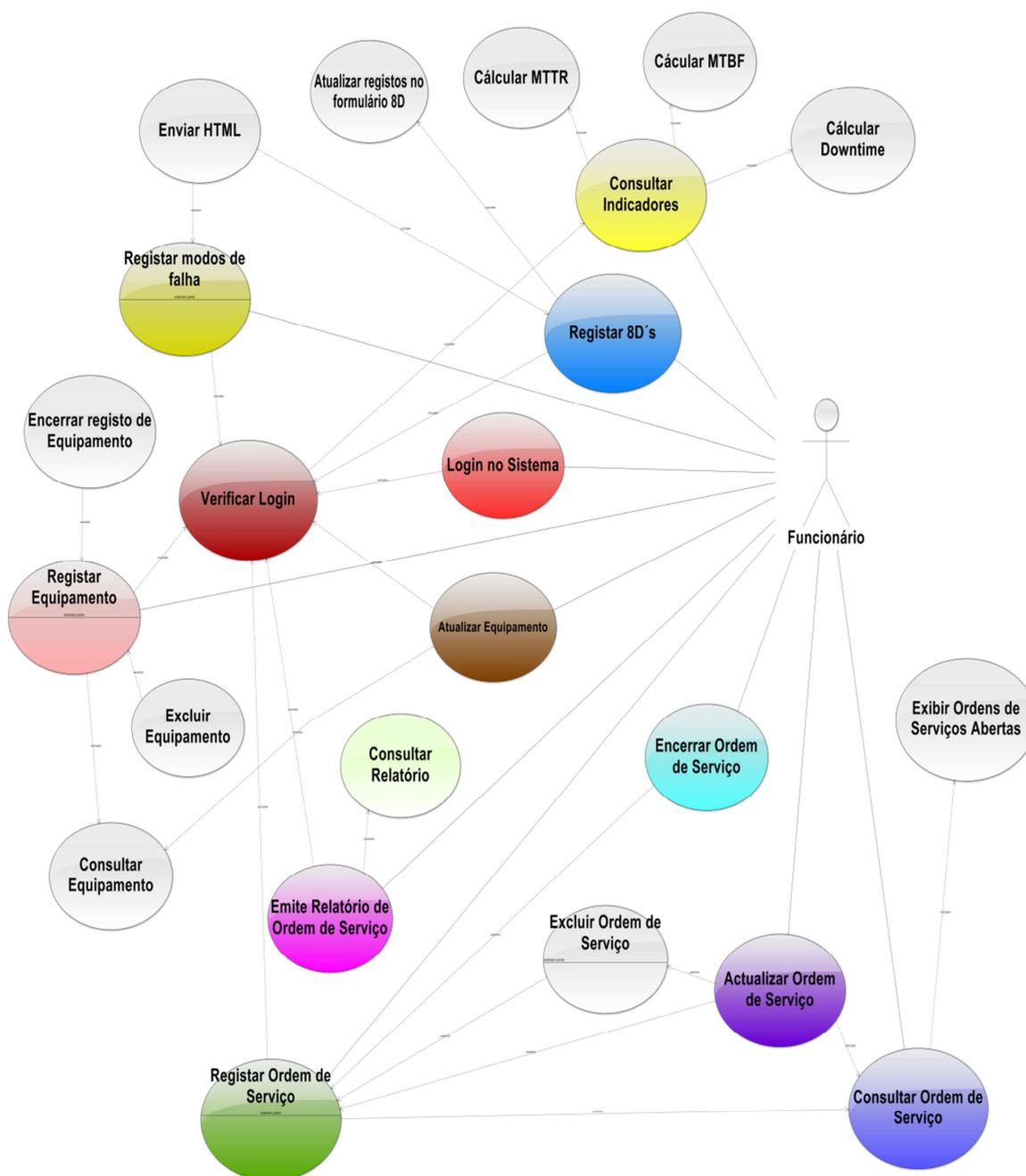


Figura 30: Diagrama de casos de uso – Funcionário

O diagrama de casos de uso da Figura 30 descreve as atividades do funcionário (ator), que tem um papel fundamental na realização das atividades de manutenção. Esta informação poderá mais tarde ser consultada e atualizada pelo utilizador responsável pelo registo.

O utilizador será também responsável pelo registo, encerramento e exclusão da ordem de serviço, poderá também emitir relatórios por períodos e realizar consultas e acompanhamentos das ordens de serviços entre outros.

### 5.1.2.1 Documentação do caso de uso registrar equipamento

O objetivo deste caso de uso é registarum novo equipamento.

**Ator:** Funcionário

**Pré-Condições:** O ator deve possuir login e senha de acesso autenticado pelo sistema.

#### **Cenário Principal:**

(P1) O funcionário realiza o login no sistema;

(P2) O sistema verifica se o funcionário está registado através do caso de uso “verificar o login” e exibe a tela principal com as funcionalidades específicas do funcionário;

(P3) O funcionário indica o código do equipamento;

(P4) O sistema informa: equipamento já registado ou equipamento não registado, apresentando o registo no ecrã;

(P4.1) Se o equipamento estiver registado, o funcionário pode excluir o equipamento já registado através do caso de uso “excluir equipamento”;

(P4.2) Se o equipamento não estiver registado o funcionário introduz informação relativa ao novo equipamento (tal como data de aquisição a data da garantia e os dados técnicos do equipamento) e dá indicação ao sistema para efetuar o registo;

(P6) O sistema efetua o novo registo;

(P7) O funcionário encerra o caso de uso “registar equipamento” através do caso de uso “encerrar registo do equipamento”.

### 5.1.2.2 Documentação do caso de uso registrar ordem de serviço

O objetivo deste caso de uso é registaruma nova ordem de serviço.

**Ator:** Funcionário

**Pré-Condições:** O ator deve possuir login e senha de acesso autenticado pelo sistema.

#### **Cenário Principal:**

(P1) O funcionário realiza o login no sistema;

(P2) O sistema verifica se o funcionário está registado através do caso de uso “verificar o login” e exhibe a tela principal com as funcionalidades específicas do funcionário;

(P3) O funcionário solicita ao sistema a inclusão de uma nova ordem de serviço;

(P4) O sistema requisita informação relativa à nova ordem de serviço (o tipo de manutenção, o código da máquina e a descrição do problema);

(P5) O funcionário insere as informações e indica ao sistema para efetuar o registo;

(P6) O sistema gera um código para essa nova ordem de serviço (número sequencial) e regista a nova ordem de serviço;

(P7) O funcionário encerra o caso de uso “registar ordem de serviço” através do caso de uso “encerrar registo de ordem de serviço”.

### 5.1.2.3 Documentação do caso de uso emitir relatório de ordem de serviço

Este caso de uso inicia-se quando o funcionário precisa emitir o relatório de ordens de serviços.

**Ator:** Funcionário

**Pré-Condições:** O ator deve possuir login e senha de acesso autenticado pelo sistema.

**Cenário Principal:**

(P1) O funcionário realiza o login no sistema;

(P2) O sistema verifica se o funcionário está registado através do caso de uso “verificar o login” e exhibe a tela principal com as funcionalidades específicas do funcionário;

(P3) O funcionário solicita ao sistema a emissão do relatório de ordens de serviços fechadas.

(P4) O sistema exhibe uma tela com as opções do relatório: data do início e fim do período que será emitido; código da máquina; modo de falha e técnico responsável;

(P5) O funcionário configura as opções que deseja e confirma a emissão do relatório;

(P5.1) O funcionário cancela a emissão do relatório; o caso de uso é encerrado.

(P6) O sistema emite o relatório de acordo com as opções solicitadas pelo funcionário, e encerra o caso de uso.

#### **5.1.2.4 Documentação do caso de uso consultar ordem de serviço**

Este caso de uso é iniciado quando o funcionário consulta a informação relativa a um determinado equipamento.

**Ator:** Funcionário

**Pré-Condições:** O ator deve possuir login e senha de acesso autenticado pelo sistema.

#### **Cenário Principal:**

- (P1) O funcionário realiza o login no sistema;
- (P2) O sistema verifica se o funcionário está registado através do caso de uso “verificar o login” e exibe a tela principal com as funcionalidades específicas do funcionário;
- (P3) O funcionário indica o código da máquina que deseja consultar;
- (P4) O sistema exibe na tela através do caso de uso “exibir ordem de serviço em aberto” a informação daquele equipamento solicitado (detalhe; modo de falha; código da máquina; data/hora; estado da ordem de serviço);
- (P5) O funcionário visualiza a informação e clica no botão voltar;
- (P6) O sistema fecha a janela e retorna ao caso de uso de origem;
- (P7) Este caso de uso é encerrado.

#### **5.1.2.5 Documentação do caso de uso registrar falha**

O objetivo deste caso de uso é registrar modos de falha.

**Ator:** Funcionário

**Pré-Condições:** O ator deve possuir login e senha de acesso autenticado pelo sistema.

#### **Cenário Principal:**

- (P1) O funcionário realiza o login no sistema;
- (P2) O sistema verifica se o funcionário está registado através do caso de uso “verificar o login” e exibe a tela principal com as funcionalidades específicas do funcionário;

- (P3) O funcionário solicita ao sistema a inclusão de modos de falha;
- (P4) O sistema apresenta uma ecrã para preenchimento do modo de falha;
- (P5) O funcionário insere o modo de falha e salva na base de dados;
- (P6) O funcionário seleciona o equipamento (código máquina) associado ao modo de falha escolhido, e salva na base de dados;
- (P7) O sistema armazena a informação do modo de falha e do equipamento inserido pelo funcionário na base de dados que será utilizada no preenchimento da ordem de serviço do formulário 8D, e encerra o caso de uso.

#### **5.1.2.6 Documentação do caso de uso registar 8'Ds**

O objetivo deste caso de uso é preencher um formulário de resolução de problemas (8D).

**Ator:** Funcionário

**Pré-Condições:** O ator deve possuir login e senha de acesso autenticado pelo sistema.

#### **Cenário Principal:**

- (P1) O funcionário realiza o login no sistema;
- (P2) O sistema verifica se o funcionário está registado através do caso de uso “verificar o login” e exibe a tela principal com as funcionalidades específicas do funcionário;
- (P3) O funcionário solicita ao sistema a inclusão da informação no formulário 8D;
- (P4) O sistema apresenta no ecrã um formulário em formato HTML para o registo da informação;
- (P5) O funcionário preenche os 8 passos no formulário 8D, aliado ao código da máquina e seu modo de falha já cadastrado na base de dados.
- (P6) Caso haja necessidade de adicionar novos registos no formulário 8D, o funcionário poderá reabrir o formulário HTML e atualizar as informações que julgue indispensável (novas causas ou ações), e conclui as etapas necessárias, e encerra o caso de uso.
- (P7) O sistema fecha a janela e salva as informação na base de dados para futuras consultas e plano de ação;
- (P8) Este caso de uso é encerrado.

## 5.2 Diagramas de classe

O diagrama de classe é, com certeza, o diagrama mais importante e o mais utilizado, o seu principal enfoque está em permitir a visualização das classes que compõem o sistema, com seus respectivos atributos e métodos, e em mostrar como as classes do diagrama se relacionam, complementam e transmitem dados entre si.

O diagrama de classe aplicado no sistema de manutenção, exibido na Figura 31, apresenta a continuação da modelagem do diagrama de caso de uso. Pois, os casos de uso anteriormente definidos permitiram identificar as classes necessárias para o funcionamento do sistema.

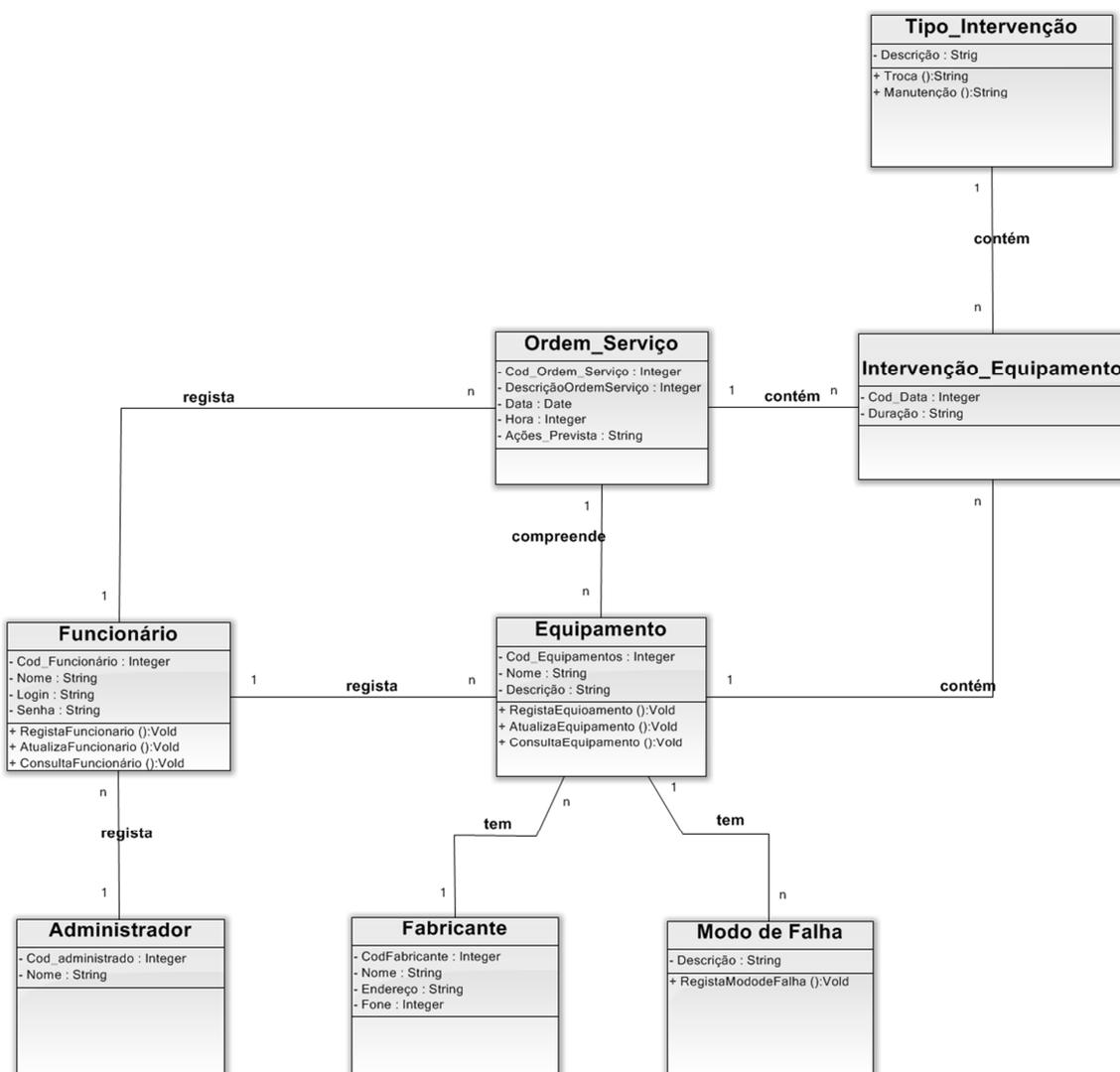
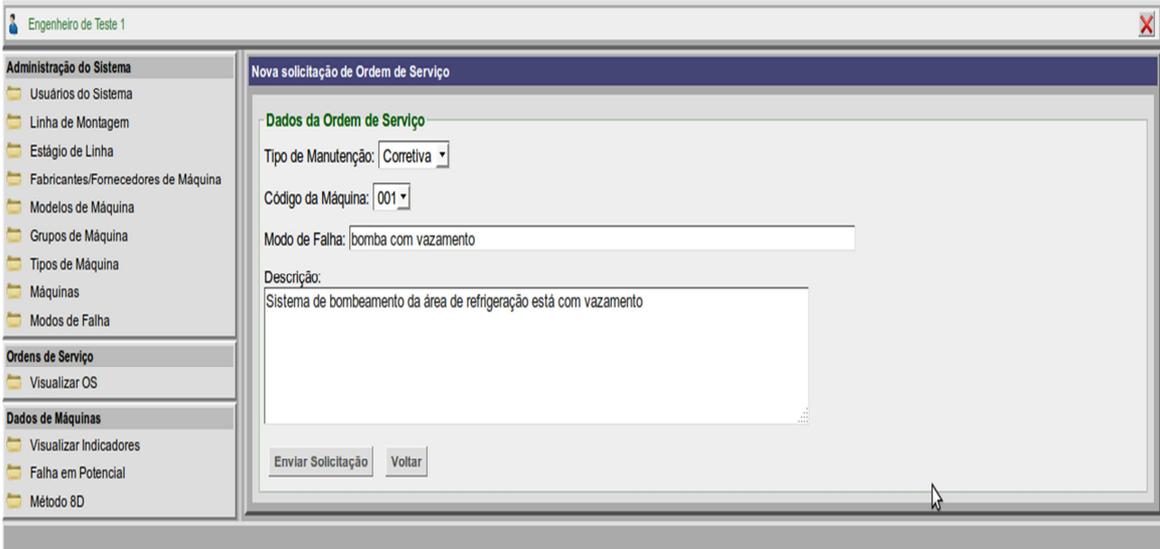


Figura 31: Diagrama de classe do Sistema

Esse tipo de modelo relacional impossibilitará repetições na base de dados evitando assim perda de informação.

### 5.3 Aquisição de dados

Como os registos existentes eram poucos e não forneciam a informação completa do acontecimento, devido ao tipo e forma como são coletados através de folhas de cálculos, tal como foi descrito no capítulo quatro, a primeira ação foi criar um sistema para a área da manutenção que gere ordens de serviço, de fácil preenchimento para iniciar a recolha dos dados. A ordem de serviço será preenchida inteiramente pelo utilizador (funcionário) abilitado no sistema, Figura 32.



Engenheiro de Teste 1

**Administração do Sistema**

- Usuários do Sistema
- Linha de Montagem
- Estágio de Linha
- Fabricantes/Fornecedores de Máquina
- Modelos de Máquina
- Grupos de Máquina
- Tipos de Máquina
- Máquinas
- Modos de Falha

**Ordens de Serviço**

- Visualizar OS

**Dados de Máquinas**

- Visualizar Indicadores
- Falha em Potencial
- Método 8D

**Nova solicitação de Ordem de Serviço**

**Dados da Ordem de Serviço**

Tipo de Manutenção: Corretiva

Código da Máquina: 001

Modo de Falha: bomba com vazamento

Descrição:  
Sistema de bombeamento da área de refrigeração está com vazamento

Enviar Solicitação Voltar

Figura 32: Solicitação da Ordem de Serviço

A primeira parte (Figura 32) exhibe um resumo da recolha dos dados relativos à ocorrência de falha, contém a data, a hora da paragem (ou da percepção da falha), o número do equipamento e uma descrição da falha<sup>5</sup>.

Depois deste primeiro registo, o estado da ordem de serviço pode ser monitorizado. Para acompanhar as ordens de serviço atual ou pendentes o utilizador deverá acessar o item na parte esquerda (visualizar OS) Figura 33.

<sup>5</sup> Uma condição acidental que faz com que uma unidade funcional não consiga executar sua função.

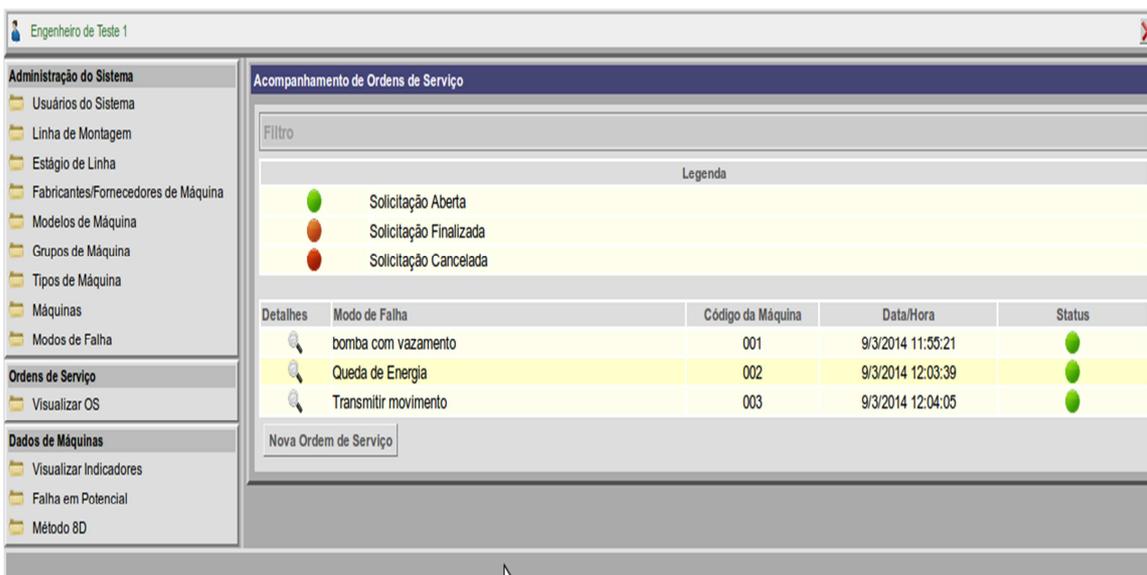


Figura 33: Acompanhamento das ordens de serviços

Como se pode observar na Figura 33, o acompanhamento das ordens de serviço é feita através de uma legenda, em que a cor verde é usada para assinalar uma ordem de serviço em aberto, a cor laranja uma ordem de serviço finalizada e a cor vermelha uma ordem de serviço cancelada.

Na segunda parte da ordem de serviço que se refere aos dados de encerramento, Figura 34, constam algumas informações da primeira parte (dados da ordem de serviço). O sistema gera automaticamente a data/hora da abertura e, aguardará o utilizador responsável para realização da manutenção. Feita a manutenção, o utilizador introduzirá alguns dados para o encerramento da ordem de serviço tais como, o início e término do atendimento, a paragem da máquina e seu reinício de funcionamento com suas respectivas data/hora de encerramento.

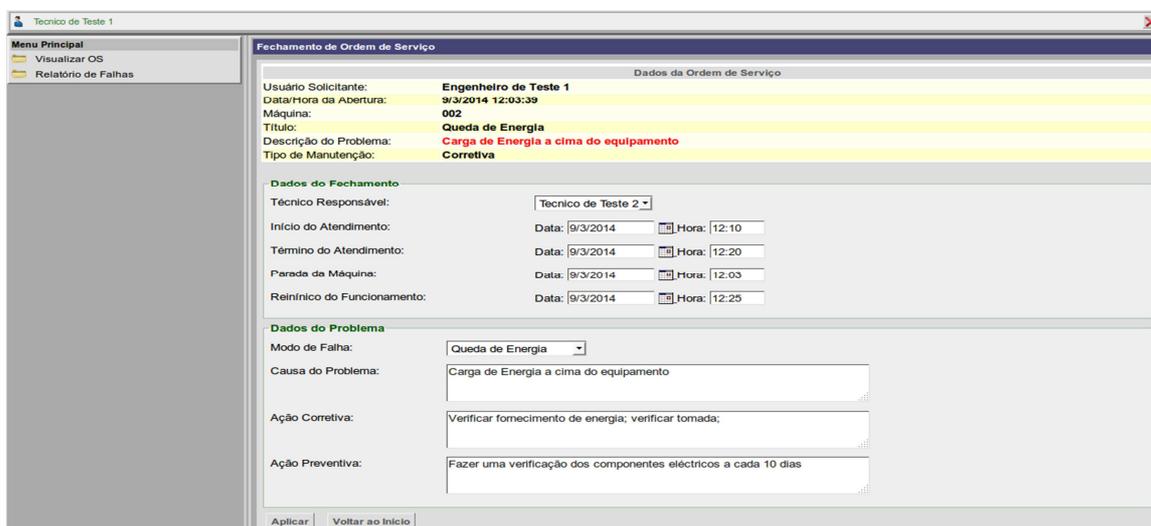


Figura 34: Encerramento da Ordem de Serviço

Após esta etapa será preciso que o utilizador preencha os dados do encerramento da ordem de serviço, será registado o modo de falha e uma observação relativa à ação corretiva ou preventiva.

#### 5.4 Análises dos dados a partir da ordem de serviço

Após a ordem de serviço estar totalmente fechada, é possível gerar alguns indicadores de manutenção através do sistema, tais como: o tempo médio para reparação (MTTR); o tempo médio entre falhas (MTBF) e o tempo total de paragem devido a uma falha (*Downtime*). Na Figura 35 é apresentado um resumo de como o sistema calcula esses indicadores com base no que foi exposto no capítulo dois.

Mês	Fevereiro de 2013			
Nome da Máquina	M_3			
Disponibilidade de operação (min / mês)	24.960			
<b>Numero de Intervenções</b>	<b>5</b>			
MTBF (min)	4.824			
MTTR (min)	168			
<b>No.</b>	<b>Data</b>	<b>Tempo Inicial</b>	<b>Tempo Final</b>	<b>Down (min)</b>
1	1/fev	7:00 AM	12:00 PM	300
2	3/fev	10:00 AM	12:00 PM	120
3	4/fev	9:00 AM	12:00 PM	180
4	5/fev	10:00 AM	12:00 PM	120
5	6/fev	11:00 AM	1:00 PM	120
<b>Total down time (min)</b>				<b>840</b>

Figura 35: Exemplo de cálculo dos indicadores

Depois do cálculo efetuado, será exibida uma interface gráfica (Figura 36) com as seguintes informações:

- o nome da máquina onde a falha ocorreu;
- o número de intervenções;
- o valor em horas do MTBF;
- o valor em minutos do MTTR; e
- o DownTime.

The screenshot shows a software interface for maintenance indicators. The sidebar on the left contains the following sections:

- Administração do Sistema**
  - Usuários do Sistema
  - Linha de Montagem
  - Estágio de Linha
  - Fabricantes/Fornecedores de Máquina
  - Modelos de Máquina
  - Grupos de Máquina
  - Tipos de Máquina
  - Máquinas
  - Modos de Falha
- Ordens de Serviço**
  - Visualizar OS
- Dados de Máquinas**
  - Visualizar Indicadores
  - Falha em Potencial
  - Método 8D

The main area displays a table titled 'Indicadores de Manutenção' with a 'Filtro' section above it. The table contains the following data:

Código da Máquina	Número de Intervenções	MTBF (Horas)	MTTR (Minutos)	DownTime (%)
001	1	0,42	7	2,014
002	1	0,37	10	1,875
003	1	0,43	10	2,292

Figura 36: Interface gráfica de cálculos dos indicadores

## 5.5 Utilizando a metodologia FMEA e o método 8D's

O FMEA é um documento “vivo”, ou seja, uma vez realizada uma análise para um produto ou processo qualquer, essa análise deve ser revisada sempre que ocorrerem alterações neste produto ou processo específico. Além disso, mesmo que não haja alterações deve-se regularmente rever a análise confrontando as falhas potenciais com as que realmente vêm ocorrendo no dia-a-dia do processo e uso do produto, de forma a incorporar falhas não previstas, bem como a reavaliação, com base em dados objetivos, das falhas já previstas. A metodologia FMEA é importante porque proporciona à empresa uma forma sistemática de catalogar informação sobre as falhas dos produtos ou processos proporcionando ações de melhorias no projeto do produto ou processo.

Segundo GONZÁLES & MIGUEL (1998), 8D's tem como objetivo a melhoria da qualidade dos produtos e processos produtivos. Este método foi desenvolvido pela Ford nos anos 80, e é orientado ao trabalho em equipa, sendo utilizado pelas organizações devido à sua simplicidade e eficácia. É utilizado para a resolução de não conformidades, ordenando o pensamento e facilitando a análise e solução de um problema.

### 5.5.1 Aplicando a metodologia FMEA

A aplicação do FMEA no sistema envolve o registo das possíveis falhas e a avaliação da sua gravidade, frequência e detetabilidade de forma objetiva num documento, o formulário FMEA apresentado na Figura 37, que constitui um

poderoso instrumento, não só para o fim essencial da análise, a eliminação de falhas, mas também, para gerar conhecimento sobre o equipamento.

Ao clicar no botão de falhas potênciais que se encontra do lado esquerdo na Figura 37, o utilizador responsável pelo atendimento será direcionado para o formulário contendo a análise dos modos e efeitos de falhas.

Análise dos Modos e Efeitos de Falhas							
Cod_Peç: M212		FMEA		Título: Refrigeração de Cubas			
Nome: XYZ		Processo		Função: Bombear água p caixa d'agua central			
Data: 31/12/2011		Produto					
Descrição	Código da Falha	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa de Falha	Índices	NPR	Ações Recomendadas
Sistema de bombeamento da área de refrigeração cubas	M212- motor elétrico	falha de isolamento	Perda de fluxo	Tempo da bomba ultrapassou a validade	1 3 5	15	inspeção mês termográfica
		rolamento danificado	Perda de fluxo		4 4 6	96	mes
		rotor queimado	Perda de fluxo		4 4 5	80	Análise de vibração
		vibração excessiva	Perda de fluxo		5 6 5	150	Inspeção semanal no rolamento
		rolamento travado	Perda de fluxo		5 6 6	180	

Figura 37: Análise dos modos e efeito de falha.

Nesta tela o utilizador dará início à implementação de uma FMEA. Inicialmente o sistema carregará automaticamente das ordens de serviço os modos de falha previamente armazenados na base de dados, cabendo ao próprio utilizador (equipa) a inclusão dos modos de falha que ainda não se manifestaram, mas que existe a possibilidade de ocorrerem. Em seguida será encaminhado para uma página HTML contendo o FMEA conforme mostrado na Figura 38. A tela de FMEA contém uma análise detalhada dos possíveis modos de falha passíveis de ocorrer, e será encaminhado um relatório via e-mail após a sua finalização, para todos os utilizadores habilitados da área da manutenção.

ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA POTENCIAL								
Nº. FEMEA: 122		Data de Início: 25/04/2013		Sistema: Bombeamento				
Área: Resfriamento de Cubas		Responsável: XXXXXXXX						
Nome do Componente	Função do componente	Modo(s) de falha	Efeito(s) Potencial(is) de Falha(s)	OCORR (tab1) (O)	SEVER (tab2) (S)	DETEC (tab3) (D)	RISCO (RPN) (O)*(S)*(D)	Ação Corretiva Recomendada
M212 - Motor Elétrico	Bombear água para a caixa d'água central	Estator - Falha de isolamento	Perda de Fluxo	1	3	5	15	
		Estator - Enrolamento danificado	Perda de Fluxo	4	4	6	96	Realizar inspeção mensalente no estator
		Estator - Rotor Queimado	Perda de Fluxo	4	4	5	80	Realizar termografia mensalmente
		Estator - Vibração Excessiva	Perda de Fluxo	5	6	5	150	Realizar análise de vibração mensalmente
		Estator - Rolamento Travado	Perda de Fluxo	5	6	6	180	Realizar inspeção semanal no rolamento
INFORMAÇÕES ADICIONAIS								
Horário de Inicio		Horário de Terminio						
<input type="text"/>		<input type="text"/>						
<input type="button" value="Enviar Informação"/>								

Figura 38: Análise dos modos e efeito de falha - HTML.  
Fonte: Dissertação de Mestrado em Sistemas Mecatrônicos, (2008).

O relatório é um documento da mais alta importância numa organização, pois com base nos seus pareceres, podem ser tomadas decisões. Sendo um documento importante, é natural que a sua elaboração siga um percurso bem definido.

### **5.5.2 Aplicando o método 8D's**

De posse de alguma informação através das ordens de serviço e do FMEA, é preciso que a equipa aumente a sua sinergia de modo a que todos possam dar uma contribuição para a solução do problema. No 8D acredita-se que, a equipa (o todo) é melhor do que a soma dos seus membros (partes). Desta forma as indicações para solução de problemas se dá pela ação da equipa.

O método das oito disciplinas indica como se deve agir para resolver de vez um problema. O método das oito disciplinas é uma abordagem para solução de problemas ocorridos em produtos ou processos e tem o intuito de identificar, corrigir e eliminar problemas recorrentes.

O desenvolvimento da ferramenta 8D no sistema especializado é fornecido através de um formulário em HTML (Figura 39), ao clicar no método 8D, o utilizador terá um formulário que se assemelha a um check-list. Para desenvolver o estudo com base na ferramenta, o utilizador deve inserir no formulário os dados obtidos no estudo. Assim sendo, a mesma permanece salva na base de dados do sistema para futuros problemas similares.

OITO DISCIPLINAS					
Data:	06/02/2013	Fornecedor:	MD_BOMBAS	Área Envolvida:	Ref. Cubas
Problema Recorrente:	SIM <input type="checkbox"/>	NÃO	<input checked="" type="checkbox"/>		
Assunto:	<b>Bomba de água para caixa d'água central (Motor Elétrico)</b>				
<b>D1 Definição da Equipa</b>		<b>D2 Descrição do Problema</b>			
Coordenador:	<b>Marcelo</b>	A bomba da caixa está com falha de isolamento; rolamento danificado; problemas com o motor queimado; muita vibração excessiva e rolamento travado.			
Érico	Engenharia				
Marcelo	Qualidade				
Enio	Qualidade				
Rodrigo	G. Manutenção				
<b>D3 Ação de Contenção do problema</b>		<b>RESPONSÁVEL</b>	<b>Data Prevista</b>	<b>Data Realizada</b>	
Foram verificadas todas as falhas de isolamento e trocado os rolamentos do rotor		Carlos	07/02/2013	08/02/2013	
<b>D4 Análise de Causas Raiz</b>		<b>RESPONSÁVEL</b>	<b>Data Prevista</b>	<b>Data Realizada</b>	
Através das amostras, constatamos falta de manutenção na bomba.		Carlos	09/02/2013	10/02/2013	
<b>D5 Solução Proposta</b>		<b>RESPONSÁVEL</b>	<b>Data Prevista</b>	<b>Status</b>	
Troca da bomba, e relatar para todos os motivos da falha da bomba da caixa.		Carlos	01/03/2013	Realizado	
<b>D6 Ações implementadas</b>		<b>RESPONSÁVEL</b>	<b>Data Prevista</b>	<b>Data Realizada</b>	
Orientação a todas as equipas de manutenção		Calos	05/03/2013	06/03/2013	
<b>D7 Ações Preventivas</b>		<b>RESPONSÁVEL</b>	<b>Data Prevista</b>	<b>Data Realizada</b>	
As soluções podem ser aplicadas em outros produtos ou processos.		Carlos	06/03/2013	07/03/2013	
<b>D8 Verificar a Eficácia das Ações Corretivas e/ou Preventivas:</b>		<b>RESPONSÁVEL</b>	<b>Data Prevista</b>	<b>Data Realizada</b>	
No período de 45 dias não tivemos mais nenhum problema com a bomba de caixa d'água.		Érico	07/03/2013	08/03/2013	
<b>Observações:</b>					
Responsável: <b>Érico Lima</b>			Documento de No.		
			<b>001</b>		

Figura 39: Exemplo de um formulário 8D.

Com a utilização da ferramenta 8D é possível identificar a fonte do problema como descrito na Figura 39. Após essa análise foi feita a descrição do problema na ferramenta, apontando a causa raiz. Recorreu-se à contribuição dos colaboradores para desenvolver a solução do problema. Assim sendo, a causa raiz do problema foi descrita detalhadamente, para a utilização do registo

futuramente, caso haja necessidade ou problemas iguais aos já estudados, a aplicação desta ferramenta implica a geração de um plano de ação.

### **5.5.3 Plano de Ação**

É possível que nem todos os problemas dentro de uma empresa possam ser solucionados. É preciso criar um plano de ações voltado para as necessidades reais da empresa, para isso é imprescindível que os indicadores sejam os mais exatos e precisos possíveis.

Apenas a recolha de dados não soluciona problema algum, mas é o que é feito com os dados que é realmente importante. O cálculo dos indicadores e os registos das avarias possibilita a criação de planos de ações voltados para as necessidades reais da empresa.

As avarias podem ser divididas em três categorias: as avarias comuns, que implica a substituição de componentes (desgaste dos equipamentos), as avarias repetitivas as falhas repetem-se, ou avarias graves, avarias sem precedentes que demoram um longo período de tempo a serem resolvida.

De posse dessas informações a cada quinze dias serão criados planos de ações para combater os dois últimos tipos, pois são os que causam maiores impactos na disponibilidade. Para as falhas que se repetem são procuradas as causas raízes do problema para tentar eliminá-las, e para avarias sem precedentes, é transmitido a todos os utilizadores (técnicos) a forma como o problema foi resolvido, para que no caso de uma eventual repetição, a resolução seja o mais rápida possível.

## **5.6 Interfaces gráficas do sistema**

Para o desenvolvimento das interfaces, foi considerado como base os diagramas de caso de uso descrito anteriormente, utilizando conceitos de ferramentas de software livres para o desenvolvimento em ambiente web. A primeira interface desenvolvida foi a do acesso ao sistema (Figura 40).

Figura 40: Login do Sistema

A tela de login é exibida após o utilizador digitar na barra de navegação o endereço local <http://localhost/loginpage/index.rail>. O utilizador deverá digitar o seu login e a sua senha. Caso não esteja cadastrado no sistema, deve solicitar ao administrador o seu registo no sistema. Depois de indicados o login e a senha, o utilizador terá acesso ao “Menu Principal” de administração do sistema Figura 41.

	Nome	Login	Perfil
X /	Teste - Supervisor 0	supervisor0	Supervisor
X /	Teste - Supervisor 1	supervisor1	Supervisor
X /	Teste - Supervisor 2	supervisor2	Supervisor
X /	Teste - Supervisor 3	supervisor3	Supervisor
X /	Teste - Supervisor 4	supervisor4	Supervisor
X /	Técnico de Teste 0	tecnico0	Técnico
X /	Técnico de Teste 1	tecnico1	Técnico
X /	Técnico de Teste 2	tecnico2	Técnico
X /	Técnico de Teste 3	tecnico3	Técnico
X /	Técnico de Teste 4	tecnico4	Técnico
X /	Engenheiro de Teste 0	engenheiro0	Engenheiro
X /	Engenheiro de Teste 1	engenheiro1	Engenheiro
X /	Engenheiro de Teste 2	engenheiro2	Engenheiro
X /	Engenheiro de Teste 3	engenheiro3	Engenheiro
X /	Engenheiro de Teste 4	engenheiro4	Engenheiro
X /	Administrador	admin	Engenheiro

Cadastrar Novo Usuário

Figura 41: Administração do Sistema

Na Figura 41, apresenta-se a interface do administrador do sistema onde se pode encontrar do lado esquerdo nove opções de utilização do sistema. Nesta interface será cadastrada, atualizada e consultada toda a informação disponível no sistema.

## 6. Conclusões e visão de trabalho futuro

O sistema proposto tem por objetivo principal auxiliar o gestor na adequada condução das atividades de coordenação e orientação das atividades de manutenção e da equipa de trabalho.

Isso quer dizer que será uma forte ferramenta para a organização e planeamento das atividades de manutenção preventiva e corretiva, organização e condução das equipas de trabalho, controle de peças e estoque, e análise de causa raiz das falhas.

Além disso, permitirá uma melhor gestão através do uso de indicadores de desempenho que serão calculados a partir das ordens de serviço que fazem parte da base de dados construída, permitindo, no caso do trabalho proposto, que sejam calculados o tempo médio entre falhas (MTBF – mean time between failures), o tempo médio para reparação (MTTF – mean time to repair) e o *downtime* relativos a cada equipamento, uma família de equipamentos, uma linha de produção específica e o próprio desempenho global da organização. Com efeito, e partir das estratégias adotadas pela organização, metas podem ser atribuídas para o melhor desempenho do setor de manutenção da empresa e o uso dos indicadores permitirá que seja feita a adequada comparação entre os resultados obtidos e as metas estabelecidas, de modo a se fazer valer o ciclo de melhoria contínua tão necessária às organizações.

O gestor terá, então, um grupo de indicadores básicos, mas essenciais, para fazer uma boa gestão das atividades de manutenção e recursos. No caso do indicador MTBF, o gestor poderá analisar seu valor de modo a concluir se o mesmo está elevado ou não, identificar os modos de falha recorrentes, verificar se as atividades previstas nas rotinas de manutenção preventiva são adequadas ou precisam ser revisadas, e se os recursos humanos são suficientes, etc. O indicador MTTR permitirá avaliar o desempenho técnico e o próprio conhecimento que a equipa possui sobre os equipamentos e processos, poderá levar à observação da execução das atividades identificando o nível de dificuldade que elas apresentam. Com o indicador *Downtime*, poderá avaliar-se os tempos de espera para o item ser assistido, tempo de reparação e de recuperação do processo e se os recursos disponíveis são suficientes.

A base de dados gerada também propiciará o estudo das causas básicas das falhas. Para isso, o sistema propõe a utilização de ferramentas que auxiliem o gestor e sua equipa nas fases de investigação da ocorrência de tais falhas.

No trabalho apresentado propõe-se a adoção das metodologias FMEA e 8D, de entre várias ferramentas disponíveis, o que possibilitará ao gestor a adoção de tais ferramentas para auxiliar na melhoria do processo preventivo, a partir do conhecimento da causas de uma falha e a posterior adoção do antídoto para inibir, reduzir ou evitar o seu aparecimento.

A FMEA será útil nas fases iniciais de instalação de um projeto, um novo processo, uma nova linha de produção ou no estudo de um equipamento (seja novo ou já existente na organização). Permitirá que seja realizado um estudo profundo para que se identifique potenciais modos de falha e, por conseguinte, suas causas. Estas causas darão origem a atividades de maneira a eliminar e/ou reduzir o seu aparecimento, contribuindo para a criação da lista de atividades de manutenção para o equipamento em estudo. Na maioria das aplicações esta ferramenta é utilizada numa fase inicial, sendo revisada ao longo do tempo, à medida que modos de falhas desconhecidos ou novos apresentam-se, tornando a FMEA numa ferramenta viva.

O 8D surge a partir da necessidade de se investigar a causa de uma falha, podendo ser uma ferramenta de suporte a outras metodologias (FMEA, por exemplo). Recomenda-se a sua adoção quando a equipa desconhece a causa (ou causas) da falha, quando um problema é recorrente - ou de elevada frequência, quando o problema é considerado sério e grave (apresenta elevado custo, afeta o meio ambiente, afeta a segurança e afeta as operações seguintes do processo).

É importante ressaltar que a área de manutenção deve possuir objetivos e metas definidas para que o ciclo de melhoria contínua possa ser adotado de forma adequada e contribua, por conseguinte, com a otimização dos resultados da manutenção, uma vez que os indicadores de desempenho necessitarão de um acompanhamento periódico e a aplicação de medidas adequadas para a sua melhoria. Como fator adicional, a aplicação das ferramentas de estudo da causa raiz de uma falha, além de contribuir para a geração de medidas preventivas também contribuirá para a integração das equipas de trabalho e proporcionará um maior conhecimento dos equipamentos e processos.

Devido ao crescente aumento do fluxo de informações, existe quase uma obrigação de se utilizar sistemas de informação para gerir e filtrar os dados recebidos e transformá-los em informações úteis para a organização que permitirá a análise e tomada de decisão de forma mais ágil. A competitividade global torna os mercados acirrados e as empresas necessitam de informações para sobreviver e crescer. É imprescindível que as empresas sejam inteligentes, diante das mudanças constantes da sociedade da informação, faz com que elas também se modifiquem e requeiram planeamento de suas informações auxiliadas pelos recursos da tecnologia da informação.

Outra possibilidade de continuidade deste estudo consiste na integração no sistema do cálculo de um indicador que possa permitir avaliar o tempo de espera para a resolução da avaria (MWT – *Mean Waiting Time*). Este indicador pode ajudar a decidir sobre a necessidade de novas contratações ou mesmo melhorias estruturais no sentido de facilitar o deslocamento dos técnicos. Ainda é preciso que as ordens de serviço relativas a intervenções que não implicam paragens, tais como verificações, lubrificações e também relativas a paragens programadas sejam preenchidas para que se possa calcular a proporção de intervenções proativas em relação às intervenções reativas. O conhecimento da evolução desta proporção mostra o desenvolvimento progressivo da manutenção.

Outra possibilidade de continuidade deste estudo está relacionada com a aplicação da gestão do conhecimento nos sistemas de manutenção centrada em confiabilidade (RCM) através dos *softwares* quemodelam e apoiam à decisão.

Por fim, destaca-se ainda como trabalho futuro a implementação de novos modelos de pesquisa relacionados com a *data warehouse* ou *datamining*.

## Referências Bibliográficas

ABRAMAN – Documento Nacional 2007. Acedido em 15 de abril de 2011, no sítio:

<http://www.abraman.org.br>

ACIRES, DIAS, Apostila de Introdução à Confiabilidade – Santa Catarina, SC, Dezembro, 2003.

AAKER, David A.; KUMAR, V.; DAY, George S. Pesquisa de marketing. São Paulo: Atlas, 2001.

BRANCO, Gil. F. Indicadores e Índices de Manutenção. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006.

*BILLINTON, R., ALLAN, R.N., Reliability evaluation of engineering systems. London: Plenum Press. 1983, EUA.*

*GRADY Booch. Object-Oriented Analysis and Design with Applications, 2ª edição. Addison Wesley, 1994.*

*CHRISTOPHER, G. Lasater - Design Patterns, Wordware Publishing-2006, USA.*

*CHRISTOPHER, Alexander - The Timeless Way of Building, Oxford University, 1979.*

*CEMBRANELLI, F. ASP.NET Guia do Desenvolvedor. [S.l.: s.n.], 2003.*

CABRAL, S. P. JOSÉ. Organização e Gestão da Manutenção dos conceitos à prática – 6ª Edição – Segundo a Norma Europeia de Terminologia de Manutenção EM 1336 – LIDEL 2006 – Lisboa – Porto.

CATTINI, O., Derrubando os Mitos da Manutenção, Editora STP - S.P. 1992.

*CHIU, H-N.& HUANG, B.S. The economic design of x control charts under a preventive maintenance policy. International Journal of Quality & Reliability Management, Cambridge, 13 (1): 61-71, 1996.*

CABRITA, G. A manutenção na indústria automotiva. *Revista Manutenção*, São Paulo, 20-26. mar./mai./02.

Documento Nacional - A Situação da Manutenção no Brasil - Revista "Manutenção" – Nº 27 – Novembro e Dezembro de 1990.

*DRUCKER, PETER F / PALOM IZQUIERDO / FRANCISCO JAVIER - Tecnologia e innovacion: mitos y realidades. Vídeos Publicación Colombia : Arisma – Espanha – 1992.*

ELMASRI, Ramez / Navathe, Shamkant B., – *Fundamentals of Database Systems, 4<sup>th</sup> Ed., 2004 – EUA.*

FOGLIATTO, Flávio Sanson – *Confiabilidade e Manutenção Industrial / Flávio Sanson Fogliatto e José Luis Ribeiro Duarte.* - Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FERREIRA, A. L. P.; ANTONIO, S. F. L; GONÇALVES, A. F. – *Proposta de utilização do FTA como ferramenta de apoio ao FMEA em uma empresa do ramo automotivo – Apresentação de Artigo no XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2006.*

FREEMAN & FREEMAN, Eric & Elizabeth. *Padrões de Projetos: Seu cérebro em padrões de projetos.* Rio de Janeiro: ALTABOOKS, 2007.

FARO T. HENRIQUE; NUNES N. NUNO. *Implementação de um Sistema Integrado de Manutenção; A Informática Na Manutenção - <http://pt.scribd.com/doc/55971610/27669392-a-a-Na-Manutencao>.* (artigo publicado) Ano de 2005 – Lisboa - *Gestão Informatizada da Manutenção.*

GUEDES, GILLEANES T.A. *UML - Uma Abordagem Prática - Editora Novatec.* 2004 - São Paulo SP – Brasil.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. *Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA.* Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1 ed., 1995.

HARREL, Charles R. et al. *Simulação: otimizando os sistemas.* São Paulo: Belge Engenharia e Sistemas, 2002.

*IVAR Jacobson et al. Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Approach. Addison Wesley, 1992.*

*JAMES, O. Coplien, "Software Patterns", SIGS Books, August 1996, a short version is available at <[http://www.sigs.com/books/wp\\_patterns.html](http://www.sigs.com/books/wp_patterns.html)>, 5 pages, 1994.*

*JACOBSON, I. et al. Software Reuse- Architecture Process and Organization for Business Success. New York: Addison-Wesley, 1997.*

*JAMES F. KUROSE E KEITH W. ROSS – Redes de computadores e a Internet – uma Abordagem top-down – 3ª Edição - São Paulo: Pearson addison Wesley, 2006.*

*J. Rumbaugh, M. Blaha, W. Premerlani, F. Eddy, W. Lorenzen. Object-Oriented Modeling and Design. Prentice Hall, 1991.*

*KUROSE, James, F. / Roos, keith W., – Computer networking third a top-down approach featuring the Internet. – 3. Ed. – 2005 - EUA.*

KARDEC, Alan; NASCIF Julio; BARONE, Tarcísio. Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, 2002. Coleção Manutenção, Abraman – RJ, Brasil.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. Manutenção Função Estratégica, 2ª edição, 1ª Reimpressão 2004. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abraman- RJ, Brasil.

LUÍS, R. S. J. - Utilização da Metodologia FTA para a Garantia da Confiabilidade em Plantas de Metalurgia – Apresentação de Artigo no VII Seminário Brasileiro de Outubro de 2005.

LOTAR, A. *Como Programar com ASP.NET e C#*. [S.l.: s.n.], 2007.

LEEMIS, L. *Reliability: probabilistic models and statistical methods*, Nova York: Prentice – Hall. 384p., 1995.

MIRSHAWKA, Victor. Manutenção Preditiva: Caminho para Zero Defeitos, 1ª Edição: 1991- Makron Books, McGraw - Hill, São Paulo, Brasil

MILANI, André – MYSQL – Guia do Programador / André Milani. – São Paulo – Novatec Editora, Brasil – 2006.

MARTINS, Petrônio Garcia, Fernando P. Laugeni – Administração da Produção - 2ª Ed. ver., aum. e atual – São Paulo: Saraiva, 2005.

MURTY, A.S.R. & NAIKAN, V.N.A. *Availability and maintenance cost optimization of a production plant. International Journal of Quality & Reliability Management, Cambridge, 12 (2): 28-35, 1995.*

MARCHINI, L. R. Disciplina8D.Disponível em: <  
<http://http://lodineimarchini.no.comunidades.net/index.php?pagina=1365191325>  
>.Acesso: 28/out/2013.

OLIVEIRA, Marcelo A. PDM – Plano Diretor de Manutenção. Manaus, Brasil - 2007.

RODRIGUES, Marcelo – Manutenção Industrial em Curitiba e Cidades Circuvizinhas: Um Diagnóstico Atual - Dissertação de Mestrado – Curitiba, Brasil – 2003.

OLIVEIRA, Marcelo A. Qualidade - Metodologias e Técnicas – Apresentação de Slides. Manaus, Brasil 2011.

PINE, J. (1994). Personalizando produtos e serviços – Customização Maciça. São Paulo: Makron Books.

PALADY, P. FMEA: Análise de Modos de Falhas e Efeitos: Prevendo e Prevenindo problemas antes que ocorram, 2007 - IMAM, São Paulo, Brasil.

PEREIRA, Mário Jorge; Engenharia de Manutenção – Teoria e Prática – Rio de Janeiro, RJ, Brasil – 2009.

*PALERMO, Jeffrey – ASP.NET MVC in action. – Connecticut, EUA: Manning Publications Co., 2010.*

PINTO, Vitor, M., "Gestão da Manutenção", IAPMEI, Julho 1994.

PRESSAM, Roger S. Engenharia de Software. – 5.ed. – Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2002.

QUINTELLA, H. M. & COSTA, S. G. (1997). A informática e a mudança do paradigma competitivo. *Conjuntura Econômica FGV*, 51(3), 34-38.

REYS, M.A., Determinação de critérios para a escolha de metodologias de manutenção. Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, 1995. (Dissertação de Mestrado).

*RAMBAUD, L. 8D structured problem solving: a guide to creating high quality 8D reports (spiral-bound). PHRED Solutions, 2006.*

ROSINE, Alessandro Marco / Ângelo Palmisano. -- Administração de Sistemas de Informação e a Gestão do Conhecimento – São Paulo: Cengage Learning, 2008.

SALES, Pizzati, Nei. Confiabilidade, A Análise e o Tratamento da Falha, na 23ª EXPOMAN, 2008 Santos, São Paulo, Brasil.

SIQUEIRA, I.P. Manutenção Centrada na Confiabilidade – Manual de Implementação. Editora QualityMark, 1ª edição. 2009.

SOARES, Luiz Fernando G. – Redes de Computadores: das LANs, MANs e WANs – Sergio Colcher. – Rio de Janeiro: Campos, 1995.

SCAPIN, C. A. Análise sistêmica de falhas. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1 ed., 1999.

SOARES, Romel Burigo. *Situação da manutenção preventiva no Brasil*. Disponível em: [www.indicadoresdemanutencao.com.br](http://www.indicadoresdemanutencao.com.br). Acedido em: 11 set. 2009.

STAMATIS, D. H. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution. 2. ed. ASQC, Milwaukee: Quality Press, 2003. 494 p.

SILVA, ALBERTO M.R. e VIDEIRA, CARLOS A.E, UML, Metodologia e Ferramenta CASE – Editora: Centro Atlântico – 2001, Porto-Lisboa-Portugal.

TAVARES, Lourival A. - Administração Moderna de Manutenção - Novo Pólo Publicações Ltda - Brasil – 1999.

TANENBAUM, Andrew S., 1944 – Redes de Computadores – tradução da 3. Ed. Original - Serviço de Informática. Rio de Janeiro - Brasil: Campus, 1997.

TARARTHUCH, Alessandro, (2009) – Guia Prático – 8D - Fornecedor [http://www.landisgyr.com/bl/files/pdf1/Guia\\_Pratico\\_8D\\_-\\_Fornecedor1.pdf](http://www.landisgyr.com/bl/files/pdf1/Guia_Pratico_8D_-_Fornecedor1.pdf)

*TURTSCHI, Adrian - Page created 1995; Last mayor revision: 1/20/97) - <http://www.aturtschi.com> - Julho de 2005.*

UNICENTRO – Revista Eletrônica Lato Sensu, 2010.

VIANA, Hebert R. G. Planejamento e Controle da Manutenção. Qualitymark Editora Ltda, 2002.

VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e relatórios de pesquisa científica em administração*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

XAVIER, Julio Nascif. Manutenção Preditiva Caminho para a excelência. [http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaopreditiva\\_Nascif.zip](http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaopreditiva_Nascif.zip), 2005. Acesso em 24 Out. 2010.

XAVIER, Julio Nascif. Manutenção: Tipos e Tendências. Disponível em:<http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaotipose tendencias.zip>, 2005. Acesso em 30 Out. 2010.

YIN, Robert K. *Estudo de caso – planejamento e métodos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZEN, Milton Augusto Galvão. O Fator Humano na Manutenção. Rio de Janeiro:Qualitymark, 2004.