

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MODELO COMPUTACIONAL PARA GESTÃO DE FROTAS
UTILIZANDO MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE**

MARCELO ELOY FERNANDES

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ROBERTO CAMELLO LIMA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Produção.

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2010

F363M FERNANDES, MARCELO ELOY

MODELO COMPUTACIONAL PARA GESTÃO DE FROTAS UTILIZANDO
MANUTENÇÃO BASEADA NA CONFIABILIDADE

ORIENTADOR: CARLOS ROBERTO CAMELLO LIMA – SANTA BARBARA
D’OESTE, 2010.

154P.:II.

TESE (DOUTORADO) – UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA -
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO.

1. CONFIABILIDADE, 2. *BUSINESS INTELLIGENCE*, 3. MODELO
COMPUTACIONAL 4. ESTRATÉGIA, UNIVERSIDADE METODISTA DE
PIRACICABA. FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO.

CDU 519.873

MODELO COMPUTACIONAL PARA GESTÃO DE FROTAS UTILIZANDO MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

MARCELO ELOY FERNANDES

Tese de Doutorado apresentada, em 15 de Dezembro de 2010, e considerada
Aprovada pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:

Prof. Dr. Carlos Roberto Camello Lima – UNIMEP
Presidente e Orientador (Interno)

Prof. Dr. Fernando Celso de Campos – UNIMEP
Membro Titular - Interno

Prof. Dr. Jayr Figueiredo de Oliveira – UNINOVE
Membro Titular - Externo

Prof. Dr. Paulo Jorge Moraes Figueiredo – UNIMEP
Membro Titular - Interno

Prof. Dr. Juliano Schimiguel - UNICSUL
Membro Titular - Externo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a duas pessoas especiais na minha vida, meu pai José Francisco (in memoriam) e ao meu sogro Raul (in memoriam), que fazem muita falta e, apesar de distantes, sempre estão presentes na minha vida e nos meus pensamentos. A vocês, meu muito obrigado!!!!

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e orientador Professor Doutor Carlos Roberto Camello Lima, pelo apoio, bondade, dedicação, paciência na construção deste trabalho e pela confiança depositada em mim.

A minha amada mãe, Maria Amélia, aos meus queridos irmãos Gisele e Vinícius e aos meus sobrinhos Amanda e Victor.

A minhas cunhadas Roseli e Karina.

Aos meus cunhados e parceiros Cesinha e Nei.

Aos Professores Doutores, Fernando Celso de Campos, Giorgio Arnaldo Enrico Chiesa, Jayr Figueiredo de Oliveira, Juliano Schimiguel e Paulo Jorge Moraes Figueiredo, pelas contribuições mencionadas no decorrer desta pesquisa.

Aos meus amigos da Universidade Nove de Julho, Antonio Marcos Vivan, Claudio Ramaciotti, José Eduardo Storopoli Neto, Karina Ribeiro Fernandes, Luis Carlos Perrupato, Luis Fernando Varotto, Marcelo Gozzi Pupim, Ricardo Hirata Ikeda, Vera Lúcia da Silva Ventura, Marcelo Martins de Sá e Margareth Soares Galvão.

Aos companheiros acadêmicos André Luiz de Oliveira, Eduardo Marostica, Ricardo Camargo de Araújo, Nilza Aparecida Siqueira, Marcos Maia, Paulo Ribeiro e Osmildo Sobral dos Santos.

Aos amigos e funcionários do PPGEP - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção.

As amigas Maria José e Vanda, pela organização e revisão do texto. Muito obrigado.

E, especialmente à minha esposa, Sandra por sempre me incentivar e estar ao meu lado.

“O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”.

Fernando Pessoa

FERNANDES, Marcelo Eloy. *Modelo Computacional para Gestão de Frotas utilizando Manutenção Centrada na Confiabilidade*. 2010. 154 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo a proposta de um modelo computacional para avaliação de falhas na gestão de frotas. Tal proposta estabelece a relação entre as ferramentas computacionais e a necessidade de se obter informações, fidedignas e em intervalos de tempo aceitáveis como válidas, para as necessidades de tomada de decisão, confiabilidade, disponibilidade e gestão de sistemas. Somando-se a isso, este estudo busca fornecer informações relevantes e precisas, de forma a minimizar e atenuar ações de falhas que possam vir a ocorrer, comprometendo o funcionamento de toda a base operacional da organização. Para dar maior robustez ao estudo, foi utilizada a metodologia qualitativa e quantitativa na forma de estudo de caso em uma corporação do segmento de transporte rodoviário interestadual, ao qual se entende buscar ambiente propício ao fomento deste trabalho. Assim, os resultados aqui alcançados com a utilização do modelo impactaram na diminuição de ocorrências de falhas e riscos nos equipamentos e operações na empresa estudada, bem como no tempo dessas atividades, fator preponderante para tomada de decisão. Portanto, o modelo computacional ora desenvolvido mostrou ser de grande utilidade na busca de maior ganho operacional, aumento da confiabilidade e melhoria de desempenho.

PALAVRAS-CHAVE: Modelo Computacional, Confiabilidade, Manutenção, Contingência, Gestão de Frotas, Transporte.

FERNANDES, Marcelo Eloy. *Computational Model for Fleet Management using Reliability Centred Maintenance*. 2010. 154 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

ABSTRACT

The present research aims to study the computation mapping for evaluation of Failure Indicators in the fleets Management. Such proposal establishes the relation between the computational tools and the necessity to get fidedigne information on period of acceptable intervals as valid to the demands for decision making, reliability, availability and critical systems management. Besides that, this study searches to supply relevant and precise information as minimizing and mitigating failure actions that can occur, compromising the running of all organization's operational. In order to give robustness to the study, it was applied a qualitative and quantitative methodology as a case study in a corporation which belongs to the interstate road transport segment, in which it is understood to search a propitious environment to this paper's foment. Thus, the results reached here had an impact on the reduction of failure and risks occurrences in the equipment and operations, as well as in their operational time. Therefore, the developed computational model shows great utility in the search for operational benefit.

KEYWORDS: Computational Model, Reliability, Maintenance, Contingency, Fleets Management, Transport.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALARP – As Low As Reasonably Practicable

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

BI – Business Intelligence

BSC – Balanced Scorecard

CMMS – Computerized Maintenance Management System

DM – Data Mining

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DW – Data Warehouse

FMEA – Failure Mode and Effect Analysis (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISO/OS – International Organization for Standardization/Open System

JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance

KPI – Key Performance Indicator (Indicador Chave de Desempenho)

MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade

MKBF – Mean Kilometer Between Failures (Média de Quilômetros Entre Falhas)

MTBF – Mean Time Between Failures (Tempo Médio Entre Falhas)

MTTF – Mean Time To Failure (Tempo Médio para a Falha)

MTTR – Mean Time To Repair (Tempo Médio Para Reparo)

ODS – Operational Data Store (Armazenamento de Dados Operacional)

OEE – Overall Equipment Effectiveness (Eficiência Global de Equipamentos)

OLAP – Online Analytical Processing

OLTP – Online Transactions Processing

RCM – Reliability Centred Maintenance (Manutenção Centrada na Confiabilidade)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Visão Sistêmica do Projeto	30
Figura 2	Princípio ALARP.....	35
Figura 3	Modelo de Kimball ajustado ao estudo de caso	55
Figura 4 –	Modelo de Mapa Estratégico	75
Figura 5	Matriz de Barramento do Data Mart	86
Figura 6	Tabela Dimensional da Gestão Estratégica de Manutenção	86
Figura 7	Modelo Computacional para análise de Indicadores de Manutenção	88
Figura 8	Etapas de Requisitos e de KPI's.....	90
Figura 9	Indicadores estratégicos de manutenção	91
Figura 10	Concepção de um sistema de transporte rodoviário	104
Figura 11	Mapa Estratégico <i>Balanced Scorecard</i>	115
Figura 12	Processos Internos antes da Aplicação do Modelo Computacional	121
Figura 13	Processos Internos após a Aplicação do Modelo Computacional.	121
Figura 14	Cenário Antes e Depois da Implementação do Modelo Computacional	123
Figura 15 –	Importância da Informação x Tempo para Tomada de decisão ..	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo geral dos dados operacionais 2007	99
Tabela 2 – Análise Quantitativa dos dados anterior ao Modelo Computacional	117
Tabela 3 – Análise Quantitativa dos dados posterior ao Modelo Computacional	118
Tabela 4 – Variação – Quantidade e Custo Período 2009/1 x 2010/1	119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Quantitativo Geral – Artigos Internacionais	44
Quadro 2– Quantitativo Geral – Artigos Nacionais	47
Quadro 3– Correlações Multivariadas das Variáveis Estratificadas (FIELDBUS, SISTEMA TRANSACIONAL) e Teste de Alfa de Cronbach	111

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 – Evolução do Índice de Acidentes.....	98
--	----

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	16
1.1 – JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	17
1.2 – PROBLEMA DE PESQUISA	19
1.3 – OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	19
1.4 – HIPÓTESES	20
1.5 – MÉTODO DA PESQUISA	21
1.5.1 – AMOSTRA	25
1.5.2 – TRATAMENTO DOS DADOS	27
1.6 – ORIGINALIDADE E CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA	28
1.7 – DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	29
1.8 – VISÃO SISTÊMICA DA PESQUISA	29
1.9 – ESTRUTURA DA PESQUISA	30
CAPÍTULO 2: GESTÃO DA MANUTENÇÃO	32
2.1 – VISÃO GERAL DA MANUTENÇÃO	32
2.2 – CONFIABILIDADE	33
2.2.1 – MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE	36
2.2.1.1 ATRIBUTOS DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE	39
2.3 – EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE	44
2.4 – EXPERIÊNCIAS NACIONAIS DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE	46
2.5 – EXPERIÊNCIAS EM GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM FROTAS DE VEÍCULOS	49
CAPÍTULO 3: GERENCIAMENTO DE DADOS E REDES DE COMUNICAÇÃO	53
3.1 – <i>DATA WAREHOUSE</i> : CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS	53
3.1.1 – <i>DATA MART</i>	62
3.2 – <i>DATA MINING</i>	64
3.3 – <i>BALANCED SCORECARD</i>	70
3.4 – <i>FIELD BUS</i>	78
3.5 – <i>SOFTWARES</i> DE SUPORTE À MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE	81
CAPÍTULO 4: PROPOSTA DO MODELO COMPUTACIONAL	83
4.1 – ROTEIRO GERAL DE ELABORAÇÃO	83
4.2 – MODELAGEM MULTIDIMENSIONAL E REQUISITOS DO NEGÓCIO	85
4.3 – INDICADORES E CONTINGÊNCIA E DE DESEMPENHO	87

4.4 – RESULTADOS ESPERADOS	94
CAPÍTULO 5: ESTUDO DE CASO	96
5.1 – ANÁLISE DE PROJETOS EM SISTEMAS DE TRANSPORTE RODOVIÁRIOS	96
5.2 – PERFIL DA EMPRESA ESTUDADA	101
5.3 – CONCEPÇÃO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIOS INTERESTADUAL	103
5.4 – CONJUNTURAS: CONCEPÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	104
5.5 – SISTEMAS TRANSACIONAIS	107
5.6 – EXTRAÇÃO, TRANSFORMAÇÃO E CARGA DO MODELO COMPUTACIONAL PROPOSTO	108
5.7 – APLICAÇÃO DO ROTEIRO DO MODELO COMPUTACIONAL - ANÁLISE ESTATÍSTICA DA AMOSTRA	109
5.8 – RESULTADOS ALCANÇADOS E MELHORIAS COM O MAPEAMENTO ESTRATÉGICO	115
CAPÍTULO 6: CONCLUSÕES	126
6.1 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	129
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
ANEXOS	
ANEXO A - RESUMO DE ARTIGOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS INTERNACIONAIS DE 2003 A 2010, ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	
ANEXO B - RESUMO DE ARTIGOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS NACIONAIS DE 2003 A 2010, ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	
ANEXO C - RESUMO DOS <i>SOFTWARES</i> DE MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE	

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

O presente estudo apresenta um modelo computacional para avaliação de falhas na gestão de frotas de transporte rodoviário interestadual, caracterizado como um processo crítico operacional.

Este modelo computacional foi idealizado em função das últimas transformações ocorridas no cenário organizacional, em que as empresas necessitam manter-se competitivas, pois, sendo o cliente a principal meta, torna-se essencial a tomada de ações estratégicas que venham a contribuir para uma Gestão de Manutenção otimizada, com expectativa de alta confiabilidade no processo, de tal forma a não impactar e gerar ônus nos produtos e/ou serviços prestados.

Souza e Lima (2003) compactuam com esta linha de raciocínio em que, dentre outras práticas adotadas pelas empresas de classe mundial como forma de garantir a sua competitividade e a conseqüente perpetuação no mercado, está à prática da metodologia do RCM (*Reliability Centered Maintenance*) - Manutenção Centrada em Confiabilidade.

Na concepção de Vassilakis e Besseris (2010), a busca incessante das empresas pela redução dos custos tem exigido a adoção de severas medidas em relação a seus planos de manutenção industrial, principalmente na redução de gastos com excesso de estoque de peças de reposição e na melhoria dos índices de produtividade e de qualidade da empresa.

Neste contexto, a manutenção deve ser vista como uma importante função, dentro da política estratégica, na obtenção de resultados de uma organização, de modo que uma empresa possa atingir índices competitivos de mercado referentes à qualidade e produtividade.

1.1 – JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Este estudo se justifica por três aspectos distintos:

- 1) Pelo reduzido número de pesquisas voltadas ao problema aqui proposto;
- 2) Pela importância causada em fatores que possam ocasionar danos à vida humana e, por consequência, prejuízo financeiro e econômico às organizações;
- 3) E, por fim, pela carência de integração de dados dispersos em múltiplos sistemas computacionais que induzem a uma tomada de decisão demorada e problemática.

Desta forma, o diferencial deste estudo em relação aos trabalhos que tratam a Manutenção Centrada na Confiabilidade é que, em geral, esses estudos não se preocupam em desenvolver modelagem computacional integrada, cuja proposta seja a de pesquisar métodos com enfoque na Gestão de Manutenção, ou seja, uma manutenção ao longo do ciclo operacional, com maior eficiência e eficácia.

As empresas prestadoras de serviço de transporte rodoviário, em geral, e as que percorrem maiores distâncias, como as empresas de transporte rodoviário interestadual, apresentam uma operação que necessita, como fatores preponderantes de desempenho, alta disponibilidade e confiabilidade. O consumidor final, neste tipo de negócio, avalia negativamente variáveis decorrentes de falhas mecânicas, falta de manutenção ou inexistência de um programa apropriado de manutenção.

Por essas razões, e devido à existência de lacunas em estudos realizados nesta área, elabora-se a pesquisa aqui proposta, que tem como objeto de estudo catalogar as variáveis que de fato ocorrem, seu cenário e quais as recomendações para mitigar as ocorrências ligadas a falhas no processo.

Neste sentido, a primeira justificativa para esta pesquisa se dá pelo fato de, após revisão extensiva da literatura acerca da Manutenção Centrada em Confiabilidade e uso de Tecnologias em *Business Intelligence*, observou-se

que, até então, não foram enfatizadas questões que indiquem o uso de recursos específicos em Sistemas de Informação e modelo computacional para apoiar a tomada de decisão em projetos de sistemas de manutenção direcionados ao segmento do transporte rodoviário.

Algumas pesquisas e pesquisadores se destacam quando se busca entender a relação entre manutenção e o uso de tecnologias da informação. Exemplo disto foi a proposta de Campos (1999), que trata do uso e apoio da Tecnologia de Informação na solução de problemas de gestão da manutenção de frotas de veículos com base em um sistema de gestão de conhecimento.

Ainda, corroborando a primeira justificativa, pesquisas como a de Almeida Junior (2003), Oliveira (2009) e Santos (2001), que retratam, respectivamente, os comparativos entre as variáveis de manutenção em sistemas de segurança de informação, a correlação entre dinâmica de recursos e de ferramentas de sistemas de informação em sistemas metroviários e, pelas considerações sobre o processo de manutenção para empresas operadoras de ônibus, percebeu-se que esta pesquisa traz enfoque e perspectivas distintas desse que se pretende direcionar neste estudo.

Já a segunda justificativa para este estudo ocorre em função de se entender que a vida humana é o maior patrimônio de todos e, por conseguinte, garantir integridade, segurança e confiança em sistemas de manutenção que envolvem vida humana é de primordial importância.

E, por fim, a última justificativa se baseia na carência de integração entre os sistemas de manutenção e os sistemas de apoio à decisão, visto que, quando as informações se encontram espalhadas em diversos sistemas computacionais, esta se torna um empecilho para distinguir o grau de importância na gestão de monitoramento dos indicadores de contingência.

Neste contexto e diante do exposto, este trabalho se justifica pela contribuição interdisciplinar de apresentar uma proposta para disseminar os fundamentos teóricos e as boas práticas gerenciais no uso das ferramentas de sistemas que

apóiam as decisões em organizações como base para seus negócios e operação no dia a dia.

Assim, busca-se legitimar o uso eficaz de sistemas de informação que apóiam as decisões e auxiliam, de maneira expressiva, ações de melhoria no contexto de sistemas de manutenção no segmento do transporte rodoviário.

1.2 – PROBLEMA DE PESQUISA

Segundo Nunes e Valladares (2002, p.19), “a RCM configura-se como uma ferramenta estratégica e organizacional da área de manutenção que agrega valor ao processo produtivo”.

Isto quer dizer que a tripla combinação gerada pelo: desempenho técnico dos equipamentos, em conjunto com o conhecimento de profissionais envolvidos, e com a utilização de ferramentas de tomada de decisão alinhadas às estratégias da organização, traz confiança e confiabilidade na operação, aperfeiçoa a gestão de custos operacionais, bem como possibilita a mitigação diminuição de falhas e ocorrências de manutenção.

Diante desta linha de pensamento, este estudo levanta como problema a seguinte questão:

“Qual a viabilidade em implementar um modelo computacional que gere indicadores de desempenho e contingenciais em transportes rodoviários caracterizados como processos essenciais na sua operação”?

1.3 – OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo computacional que sirva de apoio e subsídio à previsão e antecipação do tempo na tomada de decisão nos

processos transacionais com enfoque em uma organização prestadora de serviços no segmento de transporte coletivo rodoviário interestadual.

Derivando do objetivo geral, destacam-se os objetivos específicos, os quais seguem:

- 1) Buscar entender a integração de ferramentas computacionais colocadas em operação, tais como: indicadores de desempenho e indicadores de confiança, com a finalidade de sinalizar ao sistema de gestão de manutenção, com antecedência, as possíveis falhas que porventura possam ocorrer;
- 2) Buscar, por meio de *software* em Engenharia de Confiabilidade, a probabilidade de análise da diminuição de ocorrência de falhas e riscos inerentes aos equipamentos e operações;
- 3) Verificar as potencialidades da Manutenção Centrada em Confiabilidade, em conjunto com outras ferramentas estratégicas, caracterizando a relevância dessa metodologia como ferramenta promotora de redução de custos e de otimização da gestão de manutenção;
- 4) Mapear os indicadores de contingência que serão essenciais no processo de alimentação do modelo computacional proposto.

1.4. Hipóteses

A priori, podem ser levantadas algumas hipóteses para tentar solucionar este problema:

- a) A primeira hipótese é de que a utilidade em se usar um modelo computacional como o aqui proposto está na sua alta confiabilidade de resposta ao sistema que exerce um monitoramento em tempo real;

- b) A segunda hipótese levantada é que a implementação do modelo computacional irá trazer rapidez e antecipação de custos e tempo na gestão de frotas na tomada de decisão;
- c) A terceira hipótese levantada é que se tenha uma manutenção confiável no projeto como forma de evitar erros futuros, e de que se otimize a gestão de manutenção no ciclo operacional.
- d) A quarta hipótese é a de que este modelo venha a ser útil não somente a processos críticos, mas que também venha a ser implantado em outros sistemas com o intuito de otimizar os custos de manutenção.

1.5 – MÉTODO DA PESQUISA

Existem, conforme Godoy (1995), três métodos para se realizar uma pesquisa qualitativa: a pesquisa documental, o estudo de caso e a etnografia. O método qualitativo aqui adotado utilizará um estudo de caso, de uma empresa situada na região de São Paulo, cujo processo operacional encontra-se dentro do proposto neste projeto, ou seja, possui operações críticas e complexas do modal de transporte rodoviário interestadual.

Segundo Miguel *et al.* (2010, p. 50), “na abordagem qualitativa, a realidade subjetiva dos indivíduos envolvidos na pesquisa é considerada relevante e contribui para o desenvolvimento da pesquisa”.

O estudo é realizado numa organização de grande porte, cujo segmento é o de Transporte Rodoviário Interestadual. A referida amostra encontra-se dentro do perfil exigido para este estudo, uma vez que trabalha em ambiente em que deve haver confiabilidade total na operação e gestão de seus processos operacionais.

Atualmente, a empresa despende altos gastos com manutenção devido à criticidade que lhe é inerente, razão pela qual a implantação de um sistema que integre seus equipamentos a uma gestão de Manutenção Centrada na Confiabilidade com uma rede de comunicação mais precisa poderá minimizar substancialmente essas despesas.

Segundo Miguel *et al.* (2010, p. 130) “dentre os benefícios principais da condução de um estudo de caso estão a possibilidade de desenvolvimento de novas teorias e de aumentar o entendimento sobre eventos reais e contemporâneos”.

Inicialmente, a coleta de dados dar-se-á a partir de informações obtidas por meio de históricos previamente levantados por seu “*staff*” de manutenção. Cada equipamento possui um histórico de falhas registradas ao longo dos últimos três anos de operação. Todavia, serão considerados apenas os componentes com maior índice de propensão às falhas e conseqüente influência na parada do ciclo operacional, gerando altos custos de manutenção e de perda de produção para esta organização.

Esses dados serão armazenados nos programas de Manutenção Centrada na Confiabilidade e integrados às Redes de Comunicação, o que permitirá informar à Engenharia de Manutenção, com antecedência, qualquer situação de uso rotineiro da organização estudada.

Os dados dos equipamentos devem também ser obtidos a partir de seus fornecedores, em forma detalhada de cada parte constituinte do equipamento, e das peças consideradas mais críticas em termos de manutenção quando submetidas a situações estressantes, como é o caso de processos críticos.

Conforme Gil (2002, p. 41), “as pesquisas podem ser classificadas de acordo com os objetivos propostos e/ou com as técnicas e procedimentos utilizados. Com relação aos objetivos, as pesquisas podem ser exploratórias, descritivas ou explicativas”.

No caso das Pesquisas Exploratórias, estas visam ao aprimoramento de idéias, à familiarização com o problema proposto, ou seja, à tomada de conhecimento do tema a ser estudado, possuindo muita flexibilidade; mas, na maioria das situações, aparecem como pesquisa de campo ou estudo de caso.

Nas Pesquisas Descritivas, o pesquisador apresenta o objeto de pesquisa, procurando descrever e demonstrar como um determinado fenômeno ocorre, quais são suas características e relações com outros fenômenos; seu objetivo é descrever as características de determinada população.

Gil (2002, p. 42) explica que as “Pesquisas Explicativas têm como proposta identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, procurando explicar a razão e o porquê das coisas. As pesquisas desse grupo podem ser classificadas como experimentais”.

De acordo com os procedimentos utilizados, as pesquisas terão um delineamento que expressará, em linhas gerais, o planejamento da pesquisa, podendo ser classificados em dois grandes grupos: o primeiro refere-se à utilização de dados derivados de livros, documentos etc., em que se encontram a pesquisa bibliográfica e documental. Neste trabalho, a primeira parte encontra-se desenvolvida com base na pesquisa bibliográfica.

O segundo grupo refere-se a dados obtidos em campo ou laboratório, composto pela pesquisa experimental, de levantamento e estudo de caso, como o aqui apresentado a respeito de Manutenção Centrada na Confiabilidade integrada às técnicas que dão suporte ao sistema, ou seja, uma Pesquisa Documental (Levantamento) que consiste na busca de documentos de fonte primária, ou histórico da manutenção nos últimos dois anos da empresa, que apresente os equipamentos e suas partes com os principais índices de falhas.

Na Pesquisa Experimental, por sua vez, o pesquisador manipula diretamente as variáveis relacionadas ao objeto de estudo, buscando uma relação de causa

e efeito, sendo considerado o método mais sofisticado para o teste de hipóteses.

O experimento pode ser conduzido no laboratório, onde o pesquisador tem condições de provocar e reproduzir fenômenos com as condições e as variáveis controladas, e também possui um grupo de controle para completar sua análise (RAMPAZZO, 1998).

Neste trabalho, será adotado, ainda, o “Referencial Teórico” à Pesquisa Bibliográfica que é o desenvolvimento de um trabalho cujo problema de pesquisa exija apenas abordagem teórica. Embora em quase todos os trabalhos de pesquisa seja necessário algum tipo de trabalho desta natureza, na pesquisa bibliográfica o trabalho é desenvolvido, exclusivamente, a partir de fontes bibliográficas ou artigos.

Nessa técnica de pesquisa, o pesquisador busca embasamento para a pesquisa a partir de referências teóricas publicadas em livros, revistas acadêmicas, periódicos, teses, dissertações, catálogo técnico, etc., caracterizando uma espécie de coleta de dados e informações que dará robustez a pesquisa de fato.

Para dar credibilidade ao referencial teórico aqui proposto foram pesquisadas as seguintes bases de dados e motores de busca, conforme segue: *Academic Search*, ACM (*Association for Computing Machinery*), BASE (*Academic Search Engine Bielefeld*), CiteSeerX, Compendex, DBLP (*Digital Bibliography Library Project*) EBSCO, Emerald, IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), IET Inspec, Proquest, Scirus, Scopus, nos períodos de janeiro a novembro de 2010, utilizando-se as palavras-chaves: *Business Intelligence*, *Critical Systems*, *Contingency*, *Fleets Management*, *Maintenance Software*, *Reliability*, *Transport*.

1.5.1 – AMOSTRA

O estudo de caso será apresentado a partir de uma empresa de transporte rodoviário e os dados serão coletados das diversas fontes de informações disponíveis na organização. Neste cenário, buscar-se-á, a aplicação do modelo computacional para análise e avaliação das diversas variáveis contidas na gestão de manutenção, tais como: falha, relação falha por natureza, tempo, ocorrência, entre outras que este estudo possa vir a se relacionar.

Para Yin (2001, p.14), “o estudo de caso permite uma investigação para apreender as características significantes e holísticas de eventos da vida real - tais como ciclos de vida individuais, processos organizacionais e administrativos, mudanças de vizinhanças, relações internacionais e a maturação de setores”.

Em outras palavras, o estudo de caso representa segundo Yin (2001, p. 23), “uma investigação empírica que trata de um fenômeno contemporâneo num contexto de situação real; entre o fenômeno e seu contexto, não são claramente evidentes as fronteiras; utiliza múltiplas fontes de evidências”.

Para a adequação do estudo de caso como método de pesquisa, as perguntas devem ser do tipo "como" e "por que", e que o foco seja em eventos atuais num contexto real. São importantes cinco componentes: as questões de estudo; suas proposições, se existirem; sua(s) unidade(s) de análise; a lógica que une os dados às proposições; o critério para se interpretar as descobertas (YIN, 2001).

Miguel *et al.* (2010, p. 132) informam que “uma das primeiras tarefas no planejamento de um estudo de caso é a escolha da unidade de análise, ou seja, o caso. Num primeiro momento, deve ser determinada a quantidade de casos, único ou múltiplos casos, resultando em vantagens e dificuldades em cada um deles”.

Segundo Gil (2002, p. 121), os levantamentos abrangem um universo de elementos tão grande que se torna impossível considerá-los em sua totalidade. Por essa razão, o mais freqüente é trabalhar com uma amostra, ou seja, com uma pequena parte dos elementos que compõem o universo. Quando essa amostra é rigorosamente selecionada, os resultados obtidos no levantamento tendem a aproximar-se bastante dos que seriam obtidos caso fosse possível pesquisar todos os elementos do universo.

Nesta pesquisa o estudo de caso será único, na unidade de análise já mencionada, e para coleta de dados serão utilizadas as técnicas mencionadas por Yin (2001, p.7):

- a) Documentação - por meio da obtenção de informações em relatórios e documentos específicos existentes do tema analisado, como, por exemplo, contratos, relatórios contábeis etc.
- b) Entrevistas ou questionários - que promovem o relacionamento entre os envolvidos na pesquisa, de maneira orientada a resolver o problema de pesquisa. As entrevistas são estruturadas quando são formuladas questões de maneira prévia, e não estruturadas quando, em conversação objetiva, são obtidos os dados relevantes. Os questionários podem conter perguntas abertas, e as respostas podem ser obtidas de maneira livre, ou perguntas fechadas, limitadas a determinadas respostas, tipo respostas com "X" ou com números;
- c) Observação Direta - por acesso direto ao objeto a ser analisado, como, por exemplo, visita a uma fábrica para verificar o seu processo produtivo;
- d) Observação Participante - com a participação em *workshops*, cursos ou discussões na própria empresa analisada.

Segundo Miguel *et al.* (2010, p. 135), “para se ter acesso à organização, os contatos pessoais do pesquisador são extremamente úteis [...] deve ficar claro que a condição da pesquisa deve trazer benefícios mútuos”. No decorrer desta

pesquisa isto ocorreu, visto que o contato próximo do pesquisador com a alta direção da empresa permitiu a oportunidade do estreitamento das informações, no período regular de 1 (um) ano.

Ainda segundo Miguel *et al.* (2010), existem para coleta de dados dois tipos de amostras distintas, as probabilísticas e não probabilísticas; neste estudo, o tipo a ser utilizado é a amostra probabilística, respeitando o intervalo de 3 (três) anos de histórico de informações da organização e validado por meio de *software* estatístico mencionado no decorrer deste estudo.

1.5.2 – TRATAMENTO DOS DADOS

Quanto ao tratamento dos dados, em relação à primeira parte do trabalho, ou em seu “Referencial Teórico”, as informações são qualitativas; todavia, como também é apresentado um “Estudo de Caso”, o tratamento dos dados obtidos tem como princípio uma estrutura descritiva para organizar esse estudo de caso, ou seja, a descrição do caso.

Como aqui nesta pesquisa é realizado um estudo de caso a partir da descrição do caso em si, o tratamento é realizado por meio de técnicas qualitativas que trabalham com a interpretação de seus conteúdos.

De acordo com Miguel *et al.* (2010, p. 51), “na abordagem qualitativa, as interpretações individuais são peças de um mosaico organizacional que o pesquisador qualitativo precisa capturar para entender a complexidade pesquisada”.

Também serão apresentados, estudados e validados os dados numéricos, baseados numa análise estatística probabilista e, a partir daí, será validada a significância dos dados do modelo proposto. Neste contexto, a análise probabilista utilizará como ferramenta computacional o *software* estatístico

SPSS^{®1}. Versão 18, (*Statistical Package for the Social Sciences*), pacote estatístico amplamente utilizado nas áreas das ciências sociais e engenharias.

A busca para utilização deste produto de *software* se deu pois tal ferramenta visa a solucionar os problemas de pesquisas de tal forma que se consiga juntar, em um único momento, as habilidades e experiências da organização, com as ferramentas matemáticas e estatísticas e a experiência do pesquisador. Quando essas variáveis se encontram organizadas dentro de um processo existente, ocorre que o resultado esperado torna-se bem mais fácil e passível de ser atingido.

1.6 – ORIGINALIDADE E CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA

Em termos de relevância prática este estudo possibilitará aos empresários do setor de transportes, condições para que suas organizações tenham, em detalhes, um modelo e sistema computacional integrado à manutenção centrada na confiabilidade, com vistas a minimizar os acidentes, que na maioria das vezes ocorrem por fatores críticos negligenciados em informações, e que possam minimizar os altos custos gerados nesta área.

Já a contribuição acadêmica desta pesquisa encontra-se no fato deste estudo rever, em profundidade, os parâmetros que buscam responder às falhas, e compreender os atributos de influência nos mecanismos considerados críticos nas falhas em gestão de frotas.

Na questão originalidade, esta pesquisa destaca os aspectos relacionados ao desenvolvimento do modelo computacional aplicado à manutenção de frotas e do estudo específico de indicadores que, em combinação da prática com a teoria, geram diferencial competitivo na gestão estratégica dos negócios onde está inserida a organização estudada.

¹ SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) é *software* registrado da IBM[®]

De forma adicional, este estudo explora os vínculos entre os resultados encontrados pelas técnicas aqui mencionadas com os resultados obtidos no cenário empresarial, conferindo, desta forma, um alto grau de relevância a esta investigação.

1.7 – DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa se encontra delimitada às empresas que prestam serviços de transporte coletivo, podendo, eventualmente, ser adequada a empresas de prestação de serviço de caráter similar.

1.8 – VISÃO SISTÊMICA DA PESQUISA

A partir da identificação do problema de pesquisa, de suas prováveis hipóteses, do método aplicado, da forma e análise para coleta de dados, da revisão bibliográfica, dos resultados alcançados e das conclusões geradas, encontra-se campo para a continuidade do desenvolvimento deste estudo. A Figura 1 mostra as fases desta pesquisa, ou seja, uma visão geral das etapas da pesquisa, sendo cada etapa representada por retângulos, interligados de forma lógica por flechas, que representam as etapas subsequentes.

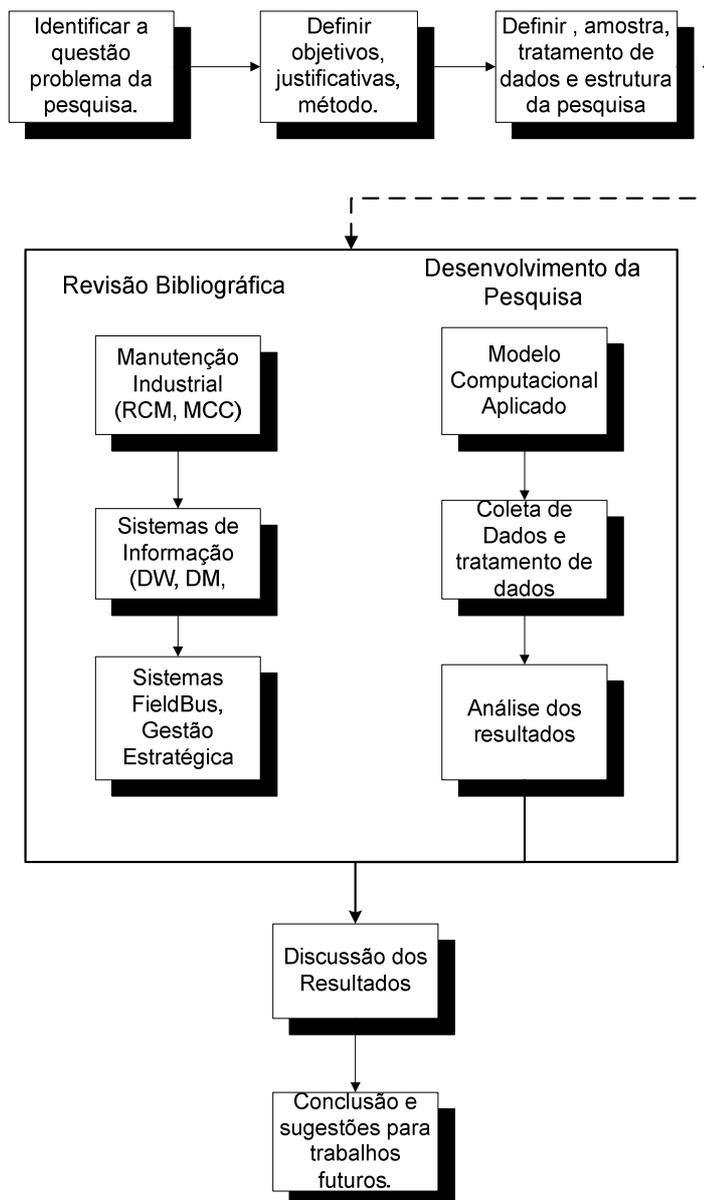


Figura 1. Visão Sistêmica do Projeto

1.9 – ESTRUTURA DA PESQUISA

Este Capítulo 1 considera uma visão geral do desenvolvimento do estudo, assim, após identificar a questão problema, os objetivos gerais e específicos.

O Capítulo 2 trata da gestão da manutenção, em que são descritos os mais diversos aspectos de manutenção. Além destes, são apresentadas uma abordagem sobre Confiabilidade e as experiências internacionais e nacionais da Manutenção Centrada na Confiabilidade, bem como sobre as experiências em Gestão da Manutenção em Frotas de Veículos.

O Capítulo 3 é dedicado ao gerenciamento de dados e redes de comunicação, demonstrando as ferramentas envolvidas neste tipo de administração, somando-se a este capítulo, encontram-se fundamentadas as principais tecnologias da informação ligadas à tomada de decisão, e os *softwares* que dão suporte à Manutenção Centrada na Confiabilidade.

O Capítulo 4 descreve a proposta do Modelo Computacional, cujo enfoque está em fornecer os indicadores de contingência e de desempenho, e os resultados esperados a partir desta modelagem.

O Capítulo 5 discorre o Estudo de Caso, introduzindo o perfil da empresa estudada, e analisa os projetos em sistemas de transporte rodoviários, além de considerar os resultados alcançados com a aplicação do modelo computacional e analisar seus resultados e melhorias.

Por fim, no Capítulo 6 se estabelecem as conclusões e considerações finais, a partir dos resultados e análise do estudo de caso, bem como se reforçam os objetivos, além de sugerir trabalhos futuros que possam contribuir para outros pesquisadores.

CAPÍTULO 2 – GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Para fundamentar o presente capítulo, iniciam-se, aqui, os aspectos mais importantes a respeito da manutenção, cuja atividade tem sido cada vez mais valorizada dentro das organizações, tendo como objetivo evitar falhas e quebras e, conseqüentemente, melhorar a qualidade e alcançar ganhos de produtividade.

2.1 – VISÃO GERAL DE MANUTENÇÃO

As atividades de manutenção possuem a finalidade de manter o equipamento em condições adequadas para o seu funcionamento. Essas atividades podem ser classificadas como: manutenção corretiva planejada e não planejada; manutenção preventiva; manutenção preditiva; manutenção detectiva e engenharia de manutenção (PINTO e XAVIER, 2001).

Entende-se por manutenção corretiva planejada, aquela em que a correção é feita a partir de um acompanhamento preditivo, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra. Já, a manutenção corretiva não planejada ocorre quando se percebe que o equipamento não está produzindo conforme o esperado, sendo que sua característica esta na atuação da manutenção em fato já ocorrido e, em geral, isto ocasiona altos custos para a empresa (PINTO e XAVIER, 2001).

Segundo Siqueira (2009), a manutenção preventiva possibilita a realização da manutenção obedecendo ao cronograma pré-estabelecido pela empresa, com o objetivo de reduzir falhas e custos e queda no desempenho. Sua realização tem como enfoque a intenção de minimizar a probabilidade de falha de um bem.

A manutenção preditiva visa a realizar manutenção somente quando as instalações precisarem dela (SLACK *et al.*, 2007). Assim, a manutenção preditiva ou monitorada identifica as falhas incipientes, antes delas se tornarem críticas, o que possibilita um planejamento mais preciso.

A manutenção detectiva, em geral, procura por falhas ocultas, não percebidas pelo operador dos equipamentos ou sistemas, estando normalmente relacionada aos sistemas de proteção ou comando (PINTO e XAVIER, 2001).

A Engenharia de Manutenção incorpora critérios que aumentam a confiabilidade e a disponibilidade garantida nas atividades de manutenção, em que são desenvolvidos planejamento e controle da manutenção, com o intuito de prever ou prevenir falhas, ou ainda de otimizar a atuação das equipes de execução de manutenção, enfim, são atribuições que desenvolvem, implantam e analisam os resultados através de sistemas informatizados de manutenção (PINTO e XAVIER, 2001).

Assim, estudando os conceitos de manutenção e aplicando o modelo computacional proposto, buscar-se-á melhoria na função manutenção e na gerência de processos da organização estudada.

2.2 – CONFIABILIDADE

Em função de ocorrências constantes de falhas e diminuição de disponibilidade dos sistemas eletrônicos na área militar, a confiabilidade surge como tema de interesse nos Estados Unidos da América, por volta de 1950, situação que levou inclusive o Departamento de Defesa Americano e as indústrias eletrônicas a criarem um grupo de estudo e pesquisa em confiabilidade (VILLEMEUR, 1992).

A confiabilidade é entendida como sendo algo que faz com que um sistema funcione conforme o projetado, sob determinadas condições e durante certo tempo específico (SON *et. al.*, 2009).

Segundo Blischke e Murthy (2003, p.3) a confiabilidade de um sistema é a probabilidade dele desempenhar suas funções como planejadas para um determinado tempo, quando operado em condições normais.

Dentro desta mesma linha de pensamento, a confiabilidade é a probabilidade do evento falha de um sistema produtivo não ocorrer antes do tempo (RAUSAND e HOYLAND, 2004).

Assim, num sistema com alto grau de risco de acidentes, como o Transporte Rodoviário, que remete a uma probabilidade condicional, deve-se considerar então o nível de confiança e o tempo que um modelo computacional de apoio à decisão levará para realizar suas funções de forma satisfatória ou sem falhas.

Então, para gerenciar falhas inseguras, a análise de confiabilidade e segurança de módulos de sistema com elevado grau de riscos é fundamentada na premissa de evitar tais falhas (CAMPOS, 1999).

O objetivo da engenharia de confiabilidade é identificar falhas em módulos de sistemas considerados críticos, e fazer com que estas falhas não ocorram em nível operacional.

Por outro lado, há a segurança, que corresponde à probabilidade de o sistema funcionar e cumprir sua função corretamente. Num sistema considerado com alto grau de riscos, estão presentes a segurança funcional e a informacional, sendo esta última uma proteção contra falhas sistêmicas que visam à integridade dos dados.

Quando se projeta um sistema, o limite entre a segurança e a sua falta está relacionado; conseqüentemente, eles determinam a implementação de mecanismos de proteção e a decisão de se usar controles manuais ou não influenciará na segurança de um sistema com alta criticidade (REASON, 2000).

Neste contexto, um Sistema de Transporte Rodoviário, dada a probabilidade de ocorrência de falhas humanas, pode utilizar controles automáticos que

ajudarão na ativação de mecanismos de segurança do sistema e, com isto, evitarão acidentes.

Tanto os sistemas de controle, como o controlado estão correlacionados; então, um usuário de um sistema com alto grau de risco se adapta aos problemas operacionais do sistema de controle, desde que informado.

Na segurança, em sistemas com alto grau de risco, são usados alguns termos, como: exposição; vulnerabilidade; ataque; ameaças; controle (SOMMERVILLE, 2007).

Assim, quando ocorre uma operação imprópria no sistema que está sendo analisado, tem-se um risco; portanto, uma análise de riscos visa a qualificar e quantificar o impacto dos riscos existentes no ambiente e verificar as ações a serem tomadas.

Mas, quando se trata de gestão de risco, o termo ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*), ou seja, tão baixo quanto possível (ver Figura 2), embora, seja pouco conhecido, é de grande utilidade e pode ser visto como uma diretriz na adoção de controles de redução de risco.

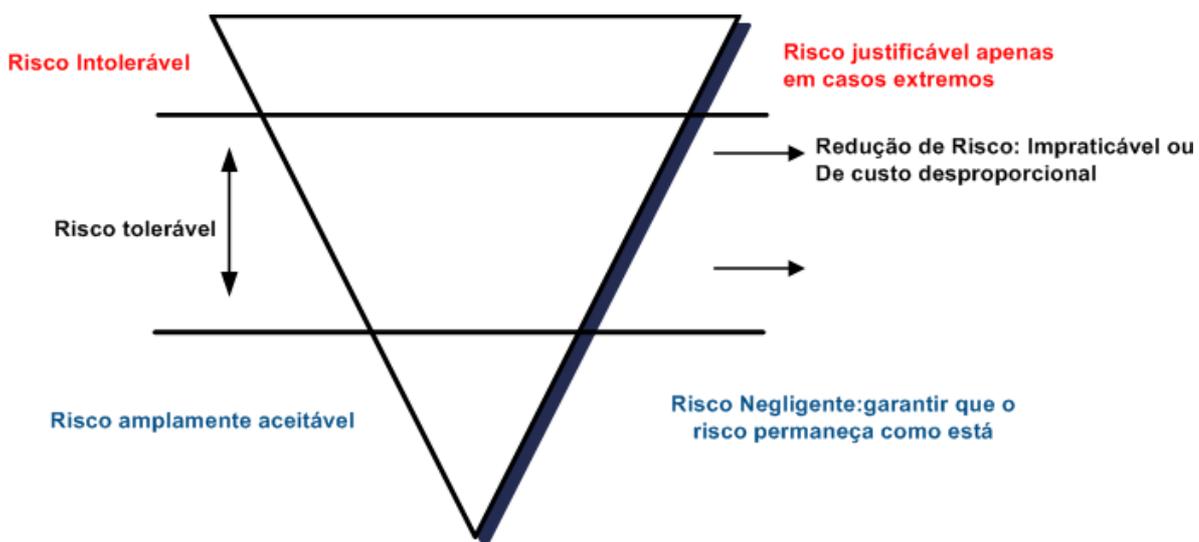


Figura 2. Princípio ALARP
Fonte: (IEC, 1997)

A utilização de sistemas com alto grau de risco de acidentes, como o caso de Transportes Coletivos Rodoviários, exige das empresas esforços para que elas, em conjunto com outros estudiosos, possam desenvolver métodos e técnicas de proteção para que se tenha integridade do sistema.

Por concepção, o Sistema Rodoviário Interestadual é uma rede de transportes classificada com alto grau de acidentes e necessita disponibilizar um serviço com alta confiabilidade em função de transportar vidas humanas.

2.2.1 – MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

A ocorrência de falhas que porventura venham a acontecer num processo produtivo, bem como os equipamentos que fazem parte desta área, suas funções e inter-relações merecem atenção especial da área de manutenção.

Segundo Marçal e Susin (2005, p. 87), “o processo de manutenção inclui todas as atividades técnicas e organizacionais que garantam que as máquinas e equipamentos, em geral, operem dentro da confiabilidade esperada.” Manutenção e trabalhos de reparo que seguem determinadas diretrizes básicas reduzem as chances de falhas inesperadas e conseqüentes perda de produção, tempo e gastos desnecessários.

Por outro lado, os equipamentos devem possuir tratamento diferenciado, em função de suas necessidades e importância específicas, gerando políticas de manutenção distintas para grupos distintos de equipamentos.

Já na concepção de Lucatelli e Ojeda (2001, p. 2) “a Manutenção Centrada na Confiabilidade é uma metodologia utilizada para assegurar que qualquer item, sistema ou processo mantenha suas funções, controlando os riscos de segurança e integridade ambiental, a qualidade e a economia por meio de políticas de manutenção existentes”.

Na maioria das vezes, essa metodologia preserva a função do sistema, identifica as falhas funcionais e, pela aplicação do método de análise dos efeitos e modos de falha, classifica e prioriza as falhas funcionais segundo suas conseqüências.

Neste sentido, a Manutenção Centrada na Confiabilidade, como um método, torna discreto os diferentes tipos de falha, em relação às suas conseqüências ao processo produtivo, à segurança e ao meio ambiente, ele apresenta destaque para as falhas ocultas, ou aquelas que não são evidentes para o operador ou profissional de manutenção.

Segundo Souza (2009, p. 41),

a confiabilidade de um equipamento ou máquina indica sua probabilidade de operar sem falhas e quebras em um determinado espaço de tempo. O método de manutenção centrada em confiabilidade envolve estudos de probabilidades estatísticas referente às possíveis falhas dos componentes de um sistema, o qual pode ser feita com a utilização da ferramenta FMEA.

Foi no início da década de 1.960 que a RCM – *Reliability Centered Maintenance* ou Manutenção Centrada na Confiabilidade surgiu na indústria aeronáutica nos Estados Unidos da América, ocasião em que era exigido um reexame dos processos de manutenção cujo objetivo era o de obter segurança operativa nas aeronaves, aliado ao custo operacional das empresas (OLSZEWSKI, 2010)

No passado, a prática adotada não tinha como prioridade o contexto operacional na definição do plano de manutenção. Então, com a aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade, as funções dos equipamentos passaram a ser o enfoque de análise da manutenção e isto proporcionou uma forma própria de análise, centrada na inserção dos equipamentos e de seus componentes nas instalações.

Segundo Siqueira (2009, p. 11), “uma das características da Manutenção Centrada na Confiabilidade é fornecer um método estruturado para selecionar as atividades de manutenção, para qualquer processo produtivo”.

Aliás, uma das principais metas da RCM está em minimizar o custo de manutenção; seu enfoque se encontra nas mais importantes funções do sistema e evita ou remove ações de manutenção desnecessárias. Assim, se um programa de manutenção já existe, o resultado da análise eliminará tarefas ineficientes da manutenção preventiva.

A partir de então, estudos foram realizados para o desenvolvimento na área de manutenção, cujos conceitos alterariam o enfoque de não apenas analisar cada equipamento, mas também analisar a função exercida em relação ao sistema em que este equipamento está inserido.

Alguns anos depois, esta ferramenta passou a ser aplicada na área industrial e, sua meta era a de garantir que o equipamento desenvolva suas funções requeridas, nos padrões para o qual foi projetado, considerando seu contexto operacional, ou ainda, orientar uma melhor política de manutenção a ser adotada, sob o ponto de vista técnico e econômico, (BRYANT *et al.*, 2009).

O desenvolvimento e implantação desta metodologia são reforçados com um grupo de profissionais experientes em manutenção industrial, bem como, com a disponibilidade de dados confiáveis referentes às falhas dos componentes que constituem o sistema em questão.

Na RCM, os grupos de trabalho tornam-se voltados para a melhoria dos índices de confiabilidade dos equipamentos, concentrando esforços naquelas máquinas que são considerados prioridades dentro da estrutura da fábrica.

Uma das potencialidades da aplicação da RCM está em obter um plano de manutenção com custo-eficiente. Esse método o resgata e sistematiza o conhecimento daqueles que se envolvem em seu processo, gerando maior comprometimento acerca do trabalho executado.

A RCM foi elaborada para manter o equilíbrio entre custos e os benefícios para conseguir o melhor programa de manutenção preventiva. Ela trata a manutenção, segundo Marcorin e Lima (2003, p. 40), por meio de um estudo de confiabilidade de cada sistema, trazendo para esta função um tratamento

mais científico. Nesse processo, cabe à manutenção identificar o índice da confiabilidade de cada equipamento e do processo como um todo e como essa confiabilidade pode ser melhorada. Pela sua característica científica, requer uma equipe de manutenção mais especializada para o desenvolvimento dos estudos de confiabilidade. É a chamada Engenharia de Manutenção.

Segundo Souza (2009, p. 41), “a Manutenção Centrada na Confiabilidade é tida como uma das mais modernas práticas de manutenção preventiva existente”.

2.2.1.1 ATRIBUTOS DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

Na RCM a manutenção tem o intuito de gerar melhorias. Entre suas características estão a preservação da função do equipamento, identificação dos modos de falha que afetam a função, priorização dos requisitos da função, ou seja, faz o através dos modos de falha e classifica as atividades de manutenção que sejam efetivas, melhorando a disponibilidade, a confiabilidade e a segurança do sistema (MANCIAN *et. al.*, 2010).

Alguns atributos que caracterizam a RCM, segundo Moubray (1997, p. 22), são: “preserva a função do sistema; identifica os modos de falha que podem provocar a perda das funções; prioriza as funções necessárias (via modo de falhas); e seleciona somente tarefas de manutenção preventiva aplicáveis e efetivas”.

Neste sentido, a RCM, ao agregar valor ao processo produtivo, pode ser vista como uma estratégia organizacional da manutenção, pois, tanto o desempenho técnico dos equipamentos, como das pessoas envolvidas neste processo, resultam em maior disponibilidade e confiabilidade, como também na otimização dos custos operacionais. O correto emprego desta ferramenta de manutenção pode garantir também um adequado planejamento de estoques e conseqüente redução dos custos industriais de manutenção.

A RCM pode ser caracterizada, ainda, por uma grande interação entre o departamento de manutenção e outros especialistas, os quais são

responsáveis, por exemplo, pela construção e melhorias do projeto de um determinado equipamento.

Segundo Souza (2009, p. 41), “na fase de projeto do equipamento busca-se o conceito de manutenibilidade, ou seja, através de melhorias no projeto, podem ser eliminadas inconveniências no equipamento que facilite posteriormente a sua manutenção durante o período de funcionamento”.

Lafracia (2001, p. 238) explica que a “RCM é uma ferramenta útil para assegurar que um sistema ou item continue a preencher as suas funções requeridas”. Ao compreender seu contexto operacional, na realidade, a empresa aprende a ter um conhecimento profundo sobre o equipamento; em decorrência disso, ela escolhe a melhor política de manutenção e estabelece adequadamente seu plano de manutenção a cada equipamento, razão pela qual, esta metodologia se tornou eficaz, pois estuda as funções e falhas funcionais de cada item, além de relacionar as causas das falhas com respectivos efeitos e definir ações pró-ativas de manutenção, observando aspectos de qualidade, segurança, meio ambiente e produção.

Além das atividades preventivas e corretivas que são aplicadas na RCM, também são contempladas as periodicidades das inspeções, para que se tenha a realização de discussões técnicas, com profundidade suficiente, para uma reavaliação dos procedimentos de manutenção adotados.

Segundo Sellitto *et al.* (2002, p.2), considerada como uma estratégia de manutenção, a RCM estuda e classifica os modos de falha, suas severidades, seus efeitos e possibilidades de ocorrência e, com apoio de modelos probabilísticos, determina o risco da operação sob certas circunstâncias.

Há que se mencionar, ainda, as etapas que a RCM compreende que são: definição do sistema ou equipamento a ser analisado, suas fronteiras e interfaces; análise funcional de cada componente do sistema ou equipamento; análise dos modos e efeitos de falha; utilização de diagramas de decisão para

definição e seleção das tarefas de manutenção; formulação e implantação do plano de manutenção.

Segundo Nunes e Valladares (2002, p. 20), a aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade contribui para um gerenciamento integrado das áreas técnicas e organizacionais, ao priorizar: a disponibilidade operativa das instalações; a racionalização dos custos operacionais; a preservação dos ativos físicos, considerando o seu contexto operacional; as conseqüências das falhas para o meio ambiente e a segurança no trabalho; e, a participação dos profissionais na tomada de decisão.

Souza e Lima (2003, p.7-8) listam os benefícios da RCM, que de acordo com esses autores se traduzem em sete, a saber:

- a) **Maior Segurança e Proteção Ambiental:** no conjunto de benefícios da RCM, a segurança operacional e a integridade do meio ambiente são os principais benefícios obtidos com a metodologia. Estes benefícios são resultados das informações geradas pelo RCM, para identificar todos os possíveis riscos de falha nos equipamentos.
- b) **Desempenho Operacional Melhorado:** o desempenho operacional é melhorado porque os gestores do programa têm informações técnicas para escolher melhores práticas de manutenção para garantir uma maior disponibilidade dos equipamentos no sistema produtivo. O aumento da disponibilidade dos equipamentos pode ser visto também como uma redução no tempo de reparo.
- c) **Eficiência Maior de Manutenção (Custo-efetivo):** com as informações técnicas obtidas pela RCM, os gestores do programa podem adotar as melhores práticas de manutenção, para garantir que o capital investido na manutenção tenha o melhor retorno. Estima-se que o RCM corretamente aplicado aos sistemas de manutenção existentes reduza de 40 a 70% a quantidade de trabalho de rotina, e trabalhos de emergência entre 10 e 30%, do total de trabalhos.

- d) Aumento da vida útil dos equipamentos: a adoção das melhores práticas de manutenção garante que o equipamento faça tudo o que o seu usuário quer que ele faça, e que ele fique por mais tempo disponível no seu contexto operacional. O resultado desta manutenção garante que cada componente do equipamento receba a manutenção necessária para cumprir a sua função, garantir uma vida mais longa do equipamento.
- e) Banco de Dados de Manutenção Melhorado: os registros gerados pela RCM proporcionam a obtenção de um excelente banco de dados para uso tanto pela manutenção como pela operação, inspeção e projeto. Estes dados fornecem informações para: identificar as necessidades de habilidades dos manutentores, decidir qual a melhor política de estoques de peças sobressalentes e manter os desenhos e manuais atualizados.
- f) Trabalho em Equipe – Motivação: as pessoas ficam mais motivadas para o trabalho quando participam da análise e soluções dos problemas do dia a dia. A metodologia RCM promove esta integração, quando reúne equipes multifuncionais para a análise e solução dos problemas. Isto aumenta o grau de comprometimento e compartilhamento de toda a organização da empresa na solução dos problemas.
- g) Social: a sociedade é a grande beneficiária dos resultados obtidos pela implantação correta da RCM, que tem como objetivo eliminar ou reduzir ao máximo as probabilidades das falhas funcionais e criar procedimentos adequados para minimizar os efeitos e conseqüências das falhas. Com isso, os recursos naturais para as atividades industriais serão usados mais racionalmente, sem desperdício, e os possíveis acidentes com agressão ao meio ambiente serão evitados.

Por outro lado, a RCM minimiza os custos em manutenção, uma vez que se encontra focada nas mais importantes funções do sistema, além de evitar ou remover ações de manutenção que não sejam necessárias.

Assim, quando se tem a existência de um programa de manutenção, seu resultado de análise poderá eliminar atividades ineficientes da manutenção programada, pois como a RCM tem como princípio que a confiabilidade inerente de um equipamento se encontra na qualidade do projeto e da construção, embora a manutenção assegure essa confiabilidade, ela não a incrementa. Neste sentido, esse incremento torna-se possível através de re-projeto ou modificações do equipamento.

Souza e Lima (2003, p. 8) salientam que a RCM não resolve todos os problemas, mas, se aplicada corretamente, coloca a empresa na direção certa para a solução dos problemas. A confiabilidade é considerada um atributo de projeto e a manutenção tem a missão de manter este atributo.

Quando se aplica um método de manutenção, este deve ser estruturado e bem planejado para estabelecer a melhor política estratégica de manutenção para um dado sistema ou equipamento, de forma que todo e qualquer reparo esteja contido num ciclo operacional. De acordo com a RCM, é importante, no início um projeto, identificar a funcionalidade ou desempenho requerido pelo equipamento no seu contexto operacional, bem como evidenciar todos os modos de falha, as causas prováveis e, ainda, detalhar os efeitos e suas conseqüências.

São estes aspectos que permitem avaliar a criticidade das falhas e evidenciar conseqüências significantes sobre a segurança, a disponibilidade ou custo. A partir daí, este método seleciona as atividades adequadas de manutenção em função dos modos de falha identificados.

Dentro desta visão, os pontos fortes são otimizados a fim de que se obtenha eficiência, tanto na instalação do sistema que integra um programa de RCM, quanto nos equipamentos. Ele auxilia na identificação de falhas prematuras introduzidas pelos erros de manutenção; conseqüentemente, a estratégia deve estar baseada no entendimento dos mecanismos de falha.

Portanto, há necessidade de que se tenha um diagrama lógico para acompanhar os pontos que identifiquem os componentes no sistema/equipamento que são críticos em termos de missão e/ou segurança.

2.3 – EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

O quadro resumo do Anexo A, intitulado “Resumo de Artigos Publicados em Periódicos Internacionais de 2003 a 2010, Engenharia de Produção”, apresenta os artigos selecionados nas bases indexadas² Proquest, Emerald, JCR, Scielo, entre outras já citadas. Todos os artigos se encontram relacionados à Engenharia de Produção e/ou Manutenção. Estes foram selecionados de acordo com as palavras-chaves, e fichados conforme esse critério de categorização.

Para dar uma visão global dos assuntos pesquisados e da quantidade de artigos, abaixo estão relacionados os principais termos utilizados nesta pesquisa e sintetizados no Quadro 1.

Quadro 1 - Quantitativo Geral de Artigos Internacionais Pesquisados

Assunto/Palavra-chave	Quantidade
<i>CMMS (Computerized Maintenance Management System)</i>	19
<i>RCM (Reliability Centred Maintenance)</i>	26
<i>Make decision/Strategy</i>	20
<i>Data Warehouse</i>	10
<i>Fleets Management</i>	08
<i>Statistical Problems/ multicriteria methods</i>	06
<i>Maintenance Business Management</i>	17
<i>Transport/ Road Maintenanc</i>	10
<i>Failure</i>	06
<i>Model Computing</i>	09
<i>Preventive Maintenance</i>	05
<i>Simulation/Probabilistics</i>	07

² Base Indexada é um grande banco de informações, centralizadas com periódicos, anais de congressos, artigos científicos, publicações de jornais, etc.

Os artigos abordam a Gestão de Manutenção Computadorizada, em que são usadas técnicas como Análise dos Modos e Efeitos de Falhas e Manutenção Centrada em Confiabilidade, esta última com vistas a mudar a forma de desempenhar a manutenção, embora alguns dos autores mencionem também as dificuldades em sua introdução, em razão dos obstáculos gerenciais e organizacionais.

Grande parte dos artigos trata das características dos Sistemas Informatizados de Gestão em Manutenção, cuja proposta do modelo é fornecer a análise de capacidade de decisão. A Gestão em Manutenção atende às pressões de competitividade global.

Alguns pesquisadores, como Gento (2004), recomendam a utilização da teoria das incertezas para questões de decisão, isto devido à grande quantidade de dados e limitações. Outros apresentam estudos de caso em que a simulação por computador é usada para avaliar estratégias de manutenção para lidar com falhas críticas de um sistema reparável (MARQUEZ, 2005; KIM *et al*, 2010)

Os artigos analisados elucidam que os programas enfrentam pressões para aumentar a eficiência, enquanto reúnem as expectativas de serviço e confiabilidade com a finalidade de evitar custos desnecessários, e uma nova geração de sistemas de gestão em manutenção tem o poder de transformar um negócio (DUGGAN *et al.*, 2005).

As pesquisas também revelam como é possível determinar o intervalo previsto para um número de falhas futuras, em que é apresentado um caminho alternativo para avaliar a probabilidade daquele intervalo. Outras, no entanto, aconselham a utilizar a abordagem sobre Multicritério de Apoio à Decisão (CARNERO e NOVÉS, 2006).

Os artigos também indicam que a concepção de gestão em manutenção é um elemento-chave, daí a necessidade de usar ferramentas computadorizadas neste tipo de gestão. As empresas que investem em tecnologia de manutenção aumentam a produtividade e reduzem as falhas.

Nesses estudos, os pesquisadores afirmam que a Manutenção Centrada na Confiabilidade é usada como ferramenta para iniciar uma mudança em sua cultura de manutenção, ou uma oportunidade para empregar sua força de trabalho e promover os benefícios de uma manutenção proativa. Na gestão em manutenção, os indicadores chave de desempenho tornam-se um importante meio para focar os esforços da manutenção, operações e engenharia nas metas e objetivos da organização (BRYANT e LENNON , 2009).

Somente um dos artigos (SKYDEL, 2005) trata da gestão de manutenção em frotas; porém, o estudo se concentra na má conservação em que durante muito tempo foi realizado monitoramento feito por sistema informatizado; porém, este não era realizado com enfoque na confiabilidade operacional.

Numa gestão de frotas, o importante é reduzir o custo total da operação; além disso, a influência das tecnologias de informação fez com que os gestores pudessem usar dispositivos e sistemas de manutenção avançados para consertar frotas de veículos.

2.4 – EXPERIÊNCIAS NACIONAIS DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

Os artigos constantes do quadro no Anexo B representam uma amostra de trabalhos realizados e publicados em periódicos e congressos nos últimos sete anos, voltados para a Engenharia de Produção e Manutenção. Esses estudos foram coletados e selecionados sendo que, inicialmente, o material foi classificado conforme as palavras-chaves contidas nos mesmos, que serviu de base à classificação.

Após sua leitura, iniciou-se uma fase de fichamento desses trabalhos, o que resultou no quadro resumo. Conforme descrito, muitos desses artigos tratam de ferramentas que dão suporte aos seus pesquisadores para a tomada de decisão; muitos deles se utilizaram de simulação computacional para incrementar o desempenho das tarefas a que se propuseram realizar.

De forma similar ao quadro anterior, este foi proposto mantendo uma visão global dos assuntos pesquisados por palavras-chave e quantificado de forma a representar os artigos nacionais pesquisados, conforme demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Quantitativo Geral de Artigos Nacionais Pesquisados

Assunto/Palavra-chave	Quantidade
Simulação Computacional	03
Sistema de gestão da manutenção	12
Indicador de desempenho	03
Confiabilidade	17
Manutenção	38
Estratégia/Competitividade	14
Data Warehouse/Data Mining/Tomada de decisão	18
<i>Balanced ScoreCard</i>	03
Processo decisório	09
Modelo Computacional/Weibull	02
Manutenção Produtiva Total	06
Monitoramento/Falha	04

Dentre os assuntos tratados nas pesquisas, há também aqueles que se preocuparam em retratar Sistemas de Gestão em Manutenção, nos mais variados portes de empresas e segmentos, elucidando os tipos de manutenção e as tendências, bem como os indicadores de desempenho (SILVA e COSTA, 2006).

Outros retratam a confiabilidade dos equipamentos conforme testes realizados através da utilização de *softwares* estatísticos ou ainda com enfoque em Metodologias de Multicritério para apoiar suas decisões, cuja abordagem permite um tratamento mais adequado da atribuição de criticidade aos equipamentos em razão de características operacionais, ou, ainda, monitorar problemas gerenciais e operacionais (BELTRAME, 2008). Neste aspecto, a confiabilidade deve estar contida num programa de melhoria de qualidade e ser

determinada através de metodologia multivariada para determinar o tempo médio de falha de um produto.

Em geral, os pesquisadores identificam modelos de avaliação apoiados em Sistemas de Informações, com enfoque no que estes sistemas podem proporcionar e nas informações que podem disponibilizar. Os trabalhos apontados discutem as características necessárias de *softwares* de análise de resultados de simulação. Esses, por sua vez, são realizados do ponto de vista: estatístico e computacional, mas também relatam a aplicação da gestão do conhecimento e de metodologias em gestão de falhas, cuja meta é auxiliar na gestão da manutenção e avaliar o desempenho da função manutenção.

Os gestores da manutenção desses estudos estabelecem os intervalos de manutenção preventiva, de forma a proporcionar suporte à decisão, assim como são propostos os indicadores de desempenho e bancos de dados, que geram relatórios detalhados das ações realizadas.

Ao apresentar as ferramentas computacionais, os estudiosos apresentam modelos que descrevem o comportamento das falhas e da manutenibilidade de sistemas. Eles procuram observar a forma como a atividade de manutenção é conduzida ou buscam otimizar o tempo de realização dessas atividades, enfatizando a Tecnologia da Informação como uma poderosa ferramenta para a Manutenção Centrada em Confiabilidade (ferramenta esta utilizada no gerenciamento de ativos), mostrando a importância para o alcance da vantagem competitiva, com o desafio de melhorar a agilidade e a produtividade por meio da otimização de atendimento da manutenção (LEAL JR *et al.*, 2006).

Denota-se que a manutenção é otimizada pela confiabilidade que deve fazer parte do planejamento, com reflexos na receita operacional, para que a empresa atinja suas metas e se estruture na extração de informações de suporte à tomada de decisão através de aplicativos de BI (Business Intelligence). No entanto, no mundo industrial, a previsão de ocorrências de falhas em equipamentos vem sendo discutida pela maioria dos autores desses artigos, talvez em razão de ser um desafio, daí o emprego de bancos de dados

que armazenam e sistematizam os dados de diversos dispositivos, e que são utilizados para monitorar, detectar e diagnosticar condições anormais e, assim, proporcionar a predição de condições inesperadas.

Enfim, poucos são os estudos que retratam o sistema de transporte; em geral. Esses poucos trabalhos foram focados em conservação e limpeza, mas do ponto de vista do atendimento em terminais, medição de produtividade para que a empresa pudesse melhorar a medição do seu desempenho e implantação de tacógrafos para conservação da frota.

2.5 – EXPERIÊNCIAS EM GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM FROTAS DE VEÍCULOS

Os trabalhos voltados à Gestão da Manutenção em Frotas de Veículos não são muitos. Em termos de experiência, os pesquisadores se preocupam mais do ponto de vista de operacional dos processos que efetivamente da gestão integrada da manutenção de frotas, um exemplo deste, é o trabalho de Bochado e Pires (2007), em que os autores discutem estavam interessados na manutenção do sistema metroviário; porém, seu enfoque era voltado à monitoração do desgaste do trilho e se utilizando de técnicas *como a Laserail*.

Grande parte dos autores expõe sobre a missão da manutenção que é de restabelecer as condições originais dos equipamentos ou sistemas; porém, este conceito atualmente é visto como a garantia da disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados (CARNERO e NOVÉS, 2006).

Os tipos de manutenção mais comuns numa gestão de frotas são a manutenção corretiva, preventiva, e preditiva. Aqui também são usadas técnicas de apoio à decisão como o *software* Expert Choice®³ (BOSCHIAN *et al.*, 2009)

³ ExpertChoice é marca registrada da ExpertChoice Corporation ®

Em geral, os planos de manutenção na gestão de frotas compreendem os tipos mais comuns de manutenção, até mesmo numa gestão de frotas de navios e, mesmo com a adição de ferramentas computacionais, estas ajudam no desempenho das atividades e decisões gerenciais.

Numa gestão de frota, estão envolvidos aspectos como veículos, motoristas, pneus, combustíveis, manutenção preventiva, custos operacionais e produção da frota; a preocupação maior está na manutenção de pneus e na fiscalização eletrônica em que é monitorada, em tempo real, a operação do transporte coletivo. Neste tipo de fiscalização, as informações são colhidas por captadores instalados nas ruas e transmitidos para centrais de controle, sendo o monitoramento executado por intermédio de um aparelho denominado de “*transponder*”, preso ao chassi.

O que se percebe é que a tecnologia de informação é muito usada na gestão de frotas de transportes para monitorar o comportamento dos profissionais e se a rota está sendo executada segundo o planejado. É possível, por essas técnicas, acompanhar a dirigibilidade, como velocidade máxima, frenagens bruscas, rotação do motor, consumo, etc.. Estes últimos podem ser realizados por satélites, em que é utilizado um receptor GPS e um computador de bordo, sendo registrado o percurso do veículo, além dos dados necessários ao gerenciamento eficiente do serviço (MACHADO e MACHADO, 2008), (MENEZES, VIVANCO e SAMPAIO, 2006).

O conhecimento passado pela literatura que trata de gestão de manutenção em frotas de veículos está mais concentrado em levantamentos dos custos de manutenção, de estimativas de reparos e somente acompanhamento das ocorrências (BERGER, 2010). Apesar de haver a formação de banco de dados de falhas, ocorrências de manutenção e dos custos envolvidos, há casos em que o autor estabeleceu a projeção da vida útil de alguns sistemas veiculares, concluindo que a manutenção preditiva representa a melhor forma de manutenção a ser adotada pela empresa (TUBE, 2006).

Valente *et al.* (2008, p. 203) elucidam que um bom programa de manutenção deve: conservar os veículos em operação o maior tempo possível, evitando que os carros parados sejam depenados; prevenir quebras, reboques, débitos de consertos nas estradas e perda de carga ou de serviço, com a manutenção preventiva, a qual evita desperdícios de tempo e problemas que exijam consertos de alto custo; seguir o objetivo principal dos programas de qualidade, ou seja, atender às necessidades dos clientes ou passageiros de forma eficiente; desenvolver boas relações com o público e os empregados com iniciativas e programas, como, por exemplo, manter os veículos limpos e conservados.

Este capítulo fundamentou as principais características da manutenção cujo enfoque é o de evitar a deterioração de equipamentos e aplicar técnicas de forma a garantir uma gestão eficaz. A confiabilidade, por sua vez, é retratada como uma probabilidade condicional em que a confiança e segurança são características fundamentais para evitar falhas.

Diante do exposto, o capítulo apresentou as experiências internacionais da Manutenção Centrada na Confiabilidade, bem como as experiências nacionais de trabalhos realizados. Como regra geral, os trabalhos pesquisados discutem a aplicação da gestão da manutenção e avaliam o desempenho da função manutenção, como também apresentam as ferramentas computacionais, em que são descritos o comportamento das falhas e da manutenibilidade de sistemas, enfatizando a Tecnologia da Informação como uma ferramenta importante para a Manutenção Centrada em Confiabilidade.

Quanto às experiências em Gestão da Manutenção em Frotas de Veículos, observou-se a exposição dos pesquisadores em tratar da missão da manutenção, do enfoque dos gestores a respeito da manutenção de pneus, e na fiscalização eletrônica com captadores instalados nas ruas e transmitidos para centrais de controle, ou monitoramento por meio de *transponder*, preso ao chassi.

Por fim, cabe comentar o intenso uso da tecnologia de informação na gestão de frotas de transportes para monitorar o comportamento dos profissionais, no levantamento dos custos de manutenção e de estimativas de reparos.

CAPÍTULO 3 – GERENCIAMENTO DE DADOS E REDES DE COMUNICAÇÃO

Este capítulo fornece informações de sistemas que dão suporte nas tomadas de decisões gerenciais, em que os dados da empresa são integrados aos sistemas operacionais a fim de melhorar seu desempenho e sua confiabilidade.

3.1 – DATA WAREHOUSE: CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS

Para obterem competitividade e serem rentáveis, as empresas necessitam possuir maior velocidade em seu processo de tomada de decisão; assim, precisam reagir com maior rapidez na mudança do ambiente, o que, em geral, se dá por intermédio da análise, planejamento e execução de ações táticas ou estratégicas adequadas.

Na realidade, essas empresas se vêm em posição para focar em conhecer melhor o seu negócio, e um dos pontos chave para acelerar a tomada de decisões é possuir informações corretas, no momento certo, mas que também sejam de fácil acesso.

Favaretto (2007, p. 344) define que “o *Data Warehouse* (DW) é um conceito de gerenciamento de dados e informações, que permite a geração destas informações abrangentes, elaboradas e integradas, de maneira relativamente simples, pelos próprios usuários”.

O’ Brien (2003, p. 148) relata que um *Data Warehouse* armazena dados do ano em curso e anos anteriores, que foram extraídos dos vários bancos de dados operacionais de uma organização. É uma fonte central de dados que foram classificados, editados, padronizados e integrados de tal forma que podem ser utilizados por gerentes e outros profissionais usuários finais para uma multiplicidade de formas e análise empresarial, pesquisa de mercado e apoio à decisão. Os depósitos de dados podem ser subdivididos em mercados de dados, que guardam subconjuntos específicos de dados a partir do depósito.

O *Data Warehouse* surge da necessidade de gerar sistemas que forneçam decisões gerenciais, ou seja, a preocupação está na extração, na integração, em limpar e dar consistência aos dados dos sistemas operacionais da empresa e de dados externos.

Pode-se pensar que o *Data Warehouse* nasceu da evolução natural da tecnologia e dos negócios, sendo uma espécie de sistema de apoio à decisão, cujas soluções não são encontradas nos bancos de dados tradicionais. É um banco de dados físico, construído numa modelagem dimensional, que fica separado do sistema, cujo objetivo é o de automatizar os processos, melhorar o desempenho e confiabilidade (FIGUEIREDO, 2000).

O *Data Warehouse* serve de base aos sistemas de apoio à decisão e as empresas são as maiores interessadas nas soluções deste tipo de aplicação; sendo assim, elas necessitam estudar e analisar grandes quantidades de informação a fim de traçar objetivos estratégicos e projeções aos seus negócios. No entanto, a forma como o *Data Warehouse* é desenvolvido e quais as informações deve conter dependem do tipo de negócio da empresa e de como a organização trabalha seus dados.

Fortulan e Gonçalves Filho (2005, p. 58) explicam que “é inevitável a perda de produtividade e confiabilidade quando os dados são retirados de diversas fontes em sistemas desintegrados; assim, o conceito de *Data Warehouse* propicia integração e consolidação da informação”.

Este recurso integra e consolida as informações em diversos acervos, e também dimensiona e consolida os dados, organizando-os de forma a melhorar desempenho das consultas. Ou seja, o *Data Warehouse* pode ser considerado como uma fábrica de informações corporativa (Modelo de Kimball), conforme pode ser visto na Figura 3 (INMON, 2010).

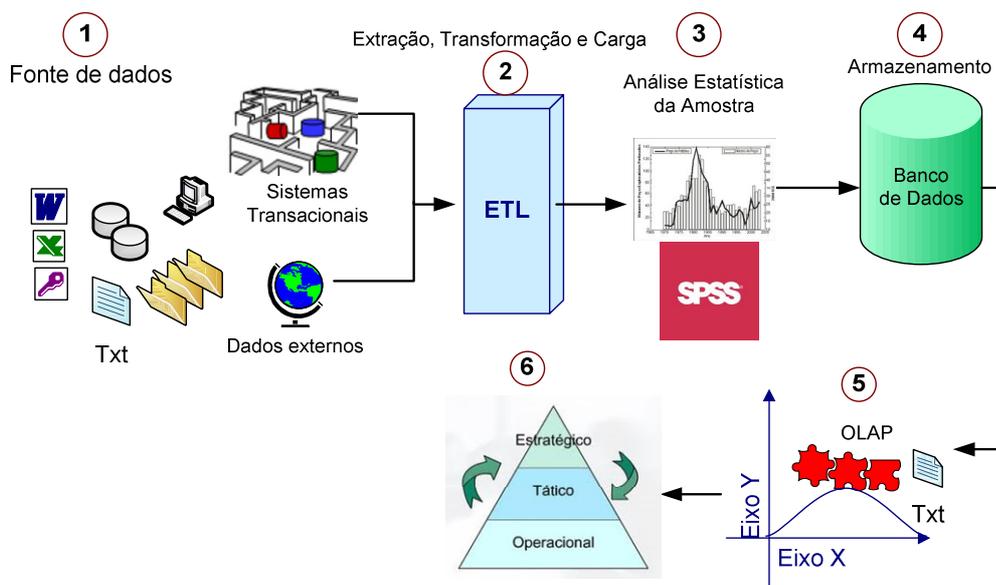


Figura 3 – Modelo de Kimball ajustado ao estudo de caso

Fonte: (adaptado de INMON, 2010)

Analisando a Figura 3, o item (1) representa a existência de fontes externas de dados alimentados por sistemas transacionais, sistemas de automação de escritório, informações internas e externas à organização, textos editados e demais informações.

No fluxo lógico dos dados, estes passam pela fase de ETL (Extração, Transformação e Carga) que, na sequência do processo, é analisada a qualidade estatística das informações carregadas (2 e 3) e, posteriormente, armazenada no *Data Warehouse* (4). Eventualmente, um *Data Warehouse*, pode conter um ambiente de dados replicados no ambiente da operação, tal como é tratada em Armazenamento de dados operacional (*Operation Data Storage* – ODS).

Logo após o tratamento e a transferência dos dados já preparados no ambiente de *Data Warehouse* (4), os dados são dispostos para acesso com as ferramentas analíticas (5), também tratadas no mercado como OLAP (*Online Analytical Processing*), e, por fim, detalhado em nível decisório para a tomada de decisão gerencial (6).

De acordo com Rezende (2003, p.212), “a chave do sucesso dessa tecnologia está na administração e integração dos dados corporativos da empresa. Essa tecnologia também propõe a integração dos dados e eliminação das redundâncias das informações”.

A origem do *Data Warehouse* está na necessidade de integrar dados advindos de diversas fontes, em administrar um grande volume de dados, e em eliminar informações redundantes que, em geral, são causadas pela replicação de informações presentes em diferentes sistemas.

Neste sentido, o *Data Warehouse* representa um conjunto de dados que orienta os assuntos; é como uma tecnologia de gestão e análise de dados.

Rezende (2003, p. 212) explica que,

os dados operacionais armazenados de uma empresa constituem-se em um grande recurso, mas raramente servem como recurso em seu estado original. É então que, pela análise e extração de dados e pela respectiva integração deles ao Data Warehouse, a empresa transforma os dados operacionais em uma ferramenta tática e estratégica.

As informações são extraídas pelo *Data Warehouse* de uma maneira eficiente; em geral, esses dados se encontram espalhados por toda a empresa e, até mesmo, contêm dados duplicados ou parcialmente duplicados, razão pela qual, antes de colocar neste banco de dados, os dados operacionais necessitam ser preparados para estarem aptos a serem questionados, pesquisados, analisados e apresentarem conclusões.

Cruz (2000) esclarece que o *Data Warehouse* é um conjunto de *hardware* e *software* que formam o lugar onde as pessoas podem acessar dados estratificados e consolidados de forma consistente e rápida, a fim de evitar buscas redundantes e dispersivas pelos diversos repositórios genéricos existentes na organização.

Nota-se que a finalidade do *Data Warehouse* é fornecer um acesso mais direto às informações, ou seja, ele facilita o reconhecimento das inter-relações entre os dados de diversas fontes, e a maneira como sua aplicação é desenhada

pode facilitar as atividades de analistas de negócio, gerentes e técnicos que dependam de informação segura e precisa para as suas tomadas de decisão.

Com o objetivo de fornecer informações operacionais, o *Data Warehouse* integra os dados da empresa; é um sistema que armazena informações aos usuários e, por meio dele, podem-se acessar os dados corporativos. Seus dados são consistentes, podendo ser separados e combinados. Ele é um conjunto de ferramentas para consultar, analisar e apresentar informações, e um local onde se publica dados confiáveis, sendo a qualidade desses um impulso à reengenharia de negócios.

Kimball (1998, p. 10) especifica alguns objetivos de um *Data Warehouse*, sendo que os principais são:

- a) Fornecer acesso a dados corporativos ou organizacionais;
- b) Manter os dados consistentes e confiáveis, segundo critérios da empresa;
- c) Separar e combinar os dados de forma a facilitar qualquer visão possível do negócio;
- d) Fornecer meios para consultar, analisar e apresentar informações;
- e) Garantir a publicação de dados confiáveis; Garantir qualidade de dados a fim de apoiar uma reengenharia de negócios.

Segundo Machado (2000), construir um *Data Warehouse* é construir armazéns de dados onde a história da empresa, seus clientes, fornecedores e operações se mantêm disponíveis e acessíveis para consultas e análises.

Assim, o *Data Warehouse* se caracteriza como um banco de dados que possui informações retiradas do ambiente operacional, que, por sua vez, são selecionados e otimizados para o processamento de consultas; geralmente, esse recurso requer o agrupamento de outros dados além dos armazenados, como, por exemplo, informações advindas de planilhas eletrônicas, documentos textuais, entre outros.

Consequentemente, há dois ambientes: um em que as transações diárias da empresa acontecem; e outro onde, após uma extração, uma transformação e uma carga desses dados oriundos dos sistemas operacionais, forma-se um banco de dados histórico que permite a análise dos dados, sendo este um banco de dados somente para consulta e, em sua grande maioria, não permitida a alteração do seu conteúdo.

Como há dois sistemas rodando em paralelo, têm-se que as operações realizadas em um dos sistemas não afetam o desempenho do outro e vice-versa; portanto, o *Data Warehouse* é ambiente, e pode ser dividido em três processos básicos: extração de dados dos sistemas operacionais, armazenamento dos dados e apresentação de informações.

O *Data Warehouse* é constituído por uma estrutura distinta, daí a existência de diferentes níveis de sintetização e detalhe que o demarcam e, adicionalmente, diferentes níveis de idade dos fatos (INMON e HACKATHORN, 1997).

O *Data Warehouse*, além dos dados que nele se encontram, também é responsável por armazenar informações sobre os dados que ele contém, que são os Metadados, cuja função é a de prover uma documentação imprescindível ao projeto de *Data Warehouse* que, juntamente com outros fatores, pode representar o sucesso ou o fracasso deste projeto.

Pelo fato de o *Data Warehouse* não conter somente dados resumidos, ele é de grande relevância ao usuário, pois este poderá se aprofundar num item específico, investigar níveis de agregação e, ainda, gerar novas correlações com outras variáveis de negócio, o que significa que o conteúdo deste recurso é ilimitado.

Fortulan e Gonçalves Filho (2005, p. 60) afirmam que,

a principal vantagem dos Data Warehouses é que eles são bancos de dados projetados exclusivamente para a geração de relatórios, pois possuem propriedades específicas para a análise de dados. Outra vantagem é a liberação dos sistemas OLTP – Online Transactions Processing para a realização exclusiva das transações operacionais, que normalmente têm que ser executadas on-line e freqüentemente tratam diretamente com o cliente, que, entre outras características,

não gosta de esperar. Agora, uma vez que se decide pela construção de um sistema exclusivo para apoio da tomada de decisão, os Data Warehouses, com certeza, são o ponto final desta procura.

O que distingue o *Data Warehouse* dos sistemas convencionais está no fato dele extrair dados de diversas fontes, sejam elas existentes ou externas, transformar e integrar os dados antes de sua carga, o que, em geral, requer máquina e suporte próprio, visualizar os dados em diferentes níveis, utilizar ferramentas voltadas para acesso com diferentes níveis de apresentação, e não existir atualização, pois, os dados somente são inseridos.

O *Data Warehouse* representa um componente cada vez mais importante dos sistemas, que oferece todo suporte à competitividade dos negócios. Seu conceito tem como significado ser um armazenador de dados da empresa inteira, ou seja, a primeira etapa para a gestão de grandes quantidades de dados e está se tornando parte integrante de muitos sistemas de fornecimento de informações porque proporciona uma localização única e centralizada para armazenar uma versão que concilia dados extraídos de diversos sistemas aplicativos (SINGH, 2001).

Dentre as características mais importantes, além das mencionadas, o *Data Warehouse* possui orientação por assunto, integração, variação no tempo, não volatilidade e localização.

Desta forma, na orientação por assunto, ocorre um agrupamento dos assuntos de interesse da empresa, diferentemente dos sistemas operacionais que, em geral, são orientados a processos desenvolvidos para manter as transações realizadas rotineiramente.

No *Data Warehouse*, os assuntos da organização são dispostos em torno dos principais temas, como faturamento, clientes, vendas, entre outros, ao passo que, nos sistemas operacionais, a empresa projeta suas atividades em torno de aplicações e funções relacionadas como contas a pagar, vendas, controle de estoque, etc.

Portanto, os dados encontrados no *Data Warehouse* são alinhados em torno das áreas da corporação, e os principais assuntos da organização influenciam a estrutura-chave e a organização dos dados não-chave em torno desta. Por outro lado, a integração sendo uma das características principais do sistema, é conceituada como a representação única para os dados que são obtidos dos diversos sistemas que compõem sua base de dados.

Na integração de *Data Warehouse*, segundo Kimball (1998), há a ocorrência da área de estagiamento e a armazenagem de dados operacionais, ou seja, o primeiro responde pela limpeza, transformação e agregação, ao passo que a compatibilização e integração respondem pelo ODS ou *Operational Data Store*.

Quanto à variação no tempo, os dados de um *Data Warehouse* são precisos em relação ao tempo e representam resultados operacionais num determinado instante de tempo, o momento em que foram capturados. Isto implica em que seus processos não possam ser atualizados (MACHADO, 2000).

Entretanto, como eles podem estar corretos somente em um determinado momento, diz-se que eles variam com o tempo. Essa variável de tempo é bem precisa em algum instante no tempo e provê aos usuários a possibilidade de acompanharem a evolução do negócio no decorrer de um determinado período, isto é, permite a visualização de sazonalidades e possíveis reflexos externos, influenciando os negócios, o que não ocorre nos dados contidos nos sistemas transacionais que refletem os dados de forma pontual.

Os dados são estruturados, conforme a classificação de suas categorias em:

- a) dados detalhados atuais: nestes há uma classificação dos mais recentes, ou seja, quantidades de dados que são armazenados em menor nível de granularidade; eles utilizam técnicas como o *Data Mining* e descoberta de conhecimento, sendo que a previsão para esse tipo de dados normalmente é de dois anos.

Resumidamente, a granularidade representa uma forma simples e clara; corresponde ao nível de detalhe ou sumarização dos dados

contidos no *Data Warehouse*; este nível afeta o volume de dados armazenados, a capacidade de atender aos vários tipos de consultas e o desempenho para executá-las.

- b) dados detalhados antigos: não possuem frequência de acesso e, em decorrência disso, muitas vezes são extraídos para outros meios de armazenamento, porém continuam fazendo parte do *Data Warehouse* e, sempre que necessário, podem ser carregados.
- c) dados levemente sumarizados: são os que derivam de um baixo nível de detalhe, encontrados no nível detalhado atual.
- d) dados altamente sumarizados: mantém o sumário de dados por longo período de tempo; tais dados são compactos e facilmente acessíveis.
- e) metadados: que são os dados sobre os dados.

Além disso, “o período de atualização obtido dos sistemas operacionais para o *Data Warehouse* é considerado importante, mas o problema é saber quando isto deve acontecer”. Segundo Inmon (1997, p. 33), horas devem passar entre o momento em que a alteração é observada pelo ambiente operacional e sua repercussão no *Data Warehouse*.

Quando se tem o correto estabelecimento deste período, podem-se evitar problemas de informações incorretas no *Data Warehouse*, pois os dados podem ainda não estar estáveis no ambiente operacional além de diminuir a complexidade da tecnologia envolvida na replicação.

Em se tratando da característica de não volatilidade, tem-se que os dados que são de origem dos sistemas operacionais serão carregados para o *Data Warehouse*, passam por um processo de filtragem e transformação para se adequarem às informações antes de serem propriamente carregados, posteriormente, eles estão disponíveis para consultas a serem realizadas pelos usuários, não sendo permitido a estes, alteração no conteúdo dos mesmos.

Diferentemente, os dados são atualizados registro a registro, em múltiplas transações, no ambiente operacional; tal volatilidade exige um trabalho que assegure a integridade e consistência por meio de atividades de *rollback*, recuperação de falhas, *commits* e bloqueios. Assim, o *Data Warehouse* não requer este grau de controle típico dos sistemas orientados a transações (INMON, 1997).

Kimball e Ross (2002), falando sobre atualizações, explicam que os *Data Warehouse* modernos podem ser atualizados, mas, em geral, essas são atualizações de carga gerenciada e não atualizações transacionais.

Os dados podem ser armazenados fisicamente, ou melhor, encontrados assim: num único local; por áreas de interesse; por níveis de detalhes.

Todavia, existem outras características, mencionadas por Lang (1997, p.26), que são: velocidade, escalabilidade, disponibilidade, e acessibilidade.

Segundo Singh *apud* Come (1999, p.4), *o Data Warehouse não é simplesmente um produto, mas uma estratégia que reconhece a necessidade de consolidar os dados armazenados em sistemas de informações dedicados a ajudar profissionais de negócios a tomarem decisões mais rápidas e efetivas. Esta estratégia tem como objetivo principal melhorar o desempenho da empresa. Quando o Data Warehouse é implementado corretamente, ele pode fornecer aos seus usuários a informação que eles precisam para entender seus negócios e tomar decisões buscando vantagem competitiva.*

3.1.1 – DATA MART

O *Data Mart* é parte de um *Data Warehouse*. Embora de pequena capacidade, seu uso atende um departamento da empresa com as mesmas características do *Data Warehouse* (SINGH, 2001).

O *Data Mart* é assim denominado porque é uma criação realizada a partir de um *Data Warehouse* de âmbito empresarial, em que um armazém central de dados atende à organização inteira ou cria armazéns menores, descentralizados que são os *Data Marts*.

Ao longo do tempo, a empresa pode desenvolver diversos *Data Marts* a diversos setores, que posteriormente serão vinculados através de um *Data Warehouse* (SINGH, 2001).

Embora o *Data Mart* seja comparável a um *Data Warehouse*, na realidade ele faz parte deste último, como se fosse uma forma departamental, regional ou funcional, sendo um processo interativo do *Data Warehouse*; assim, numa empresa ou organização, pode-se construir diversos *Data Marts* em série e colocá-los vinculados através de um *Data Warehouse* lógico da empresa toda.

Segundo Laudon e Laudon (2007, p. 150) “*Data Mart* é um subconjunto de um *Data Warehouse*, no qual uma porção resumida ou altamente focalizada dos dados da organização é colocada em um banco separado destinado a uma população específica de usuários”.

Entretanto, parece haver uma ressalva em que a proliferação de banco de dados do tipo *Data Mart* não é aconselhável; a razão disto estaria em comprometer os seus relacionamentos quando se constrói um *Data Warehouse* a partir dos *Data Marts* departamentais.

Há também autores, como Inmon (2001), que até aconselham gerar um *Data Warehouse* a partir de *Data Marts* departamentais; em sua visão, isto evitaria a duplicidade das informações, devendo, porém, haver integração das informações, pois, se assim não ocorrer, pode prejudicar a visão corporativa dos negócios da organização e fazer prevalecer as necessidades imediatas dos departamentos.

Geralmente, um *Data Mart* enfoca uma única área de interesse ou linha de negócios, podendo, assim, ser montado com mais rapidez e a um custo menor em relação à construção de um *Data Warehouse* de âmbito empresarial.

Entre as vantagens de um *Data Mart* estão o investimento, em geral baixo, tempo de desenvolvimento e implementação; em uma empresa, ele é projetado para fornecer suporte a um determinado setor.

3.2 – DATA MINING

A capacidade de armazenamento é desafiada diariamente, isto porque há um grande crescimento de dados disponíveis. Assim, o *Data Mining*, com suas ferramentas, permite a “mineração” desses dados, a fim de gerar um real valor do fato, transformando-o em informação e conhecimento.

Segundo Sferra e Correa (2003, p. 19) o explosivo crescimento do volume de dados tem gerado uma grande necessidade de novas técnicas e ferramentas capazes de transformar, de forma inteligente e automática, *terabytes* de dados em informações significativas e em conhecimento. Essas informações, de grande valia para o planejamento, gestão e tomadas de decisão, estão, na verdade, implícitas e/ou escondidas sob uma “montanha de dados”, e não podem ser descobertas ou, no mínimo, facilmente identificadas utilizando-se sistemas convencionais de gerenciamento de banco de dados. Em resposta a essa necessidade, surgiu o Data Mining (DM), também chamado de Mineração de Dados.

O *Data Mining* é um método que processa a informação corretamente e orienta a tomada de decisão, podendo, assim, ser usado em qualquer área, desde o comércio eletrônico, até vendas, finanças, seguros, produção e saúde.

Esta tecnologia envolve outras, segundo Cardoso e Machado (2008, p. 503), como “os bancos de dados, inteligência artificial, estatística, reconhecimento de padrões, sistemas baseados em conhecimento, recuperação da informação, computação de alto desempenho e visualização de dados”.

Segundo Sferra e Correa (2003, p. 19), *Data Mining* é uma tecnologia que emergiu da intersecção de três áreas: estatística clássica, inteligência artificial e aprendizado de máquina, sendo a primeira a mais antiga delas. Observa-se

que o *Data Mining* é parte de um processo maior conhecido como KDD (*Knowledge Discovery in Databases*) – em português, Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados –, que permite a extração não trivial de conhecimento previamente desconhecido e potencialmente útil de um banco de dados. Esse conceito é enfatizado por (Fayyad *et al.* 2006), citado pelas autoras ao afirmar que é o processo não trivial de identificação de padrões válidos, desconhecidos, potencialmente úteis e, no final das contas, compreensíveis em dados.

Dentre os motivos pelos quais o *Data Mining* é usado para que a empresa tenha uma boa gestão organizacional, se encontram: os volumes de dados; o usuário final não ser necessariamente um estatístico; e a intensificação do tráfego de dados.

Numa mineração de dados, são usadas algumas técnicas que especificam os métodos, de forma a garantir a descoberta dos padrões que interessam, dentre elas as principais sendo: estatísticas e as de inteligência artificial.

O *Data Mining* relaciona os dados que se encontram num grande conjunto, de agrupamentos e aproximações de funções; ele não é um processo de análise completamente automatizado, sua aplicação se inicia com um grande conjunto de dados e poucas definições.

O'Brien (2003, p. 148) afirma que um uso importante dos dados do *Data Warehouse* é o *Data Mining*. No *Data Mining*, os dados de um *Data Warehouse* são processados para identificar fatores e tendências chaves nos padrões das atividades de negócios. Esse procedimento pode ser utilizado para ajudar os gerentes a tomarem decisões sobre mudanças estratégicas nas operações empresariais para obter vantagens competitivas.

Inicialmente, grande parte dos algoritmos trata os dados com nenhuma informação disponível sobre o que eles descrevem, quais relações existem entre eles e se contêm erros; porém, ao serem examinados, um algoritmo pode

explorar milhares de prováveis regras, utilizando diversas técnicas para escolher entre elas.

Segundo Rezende (2003, p. 215), essa tecnologia é formada por um conjunto de ferramentas, que, por meio do uso de algoritmos de aprendizado ou baseados em rede neural e estatística, são capazes de explorar um grande conjunto de dados, extraindo deste conhecimento na forma de hipóteses e de regras.

O *Data Mining* pode ser visto como um método que busca por uma descrição lógica ou matemática, por vezes de natureza complexa, de padrões e regularidades em um conjunto de dados, e encontrar padrões, associações, mudanças, anomalias e estruturas estatísticas e eventos em dados.

Segundo Laudon e Laudon (2007, p. 152), o *Data Mining* é orientado por descoberta. Fornece percepções dos dados corporativos que não podem ser obtidos com o OLAP – Processamento Analítico *On Line*, descobrindo padrões e relacionamentos ocultos em grandes bancos de dados e inferindo regras a partir deles para prever comportamentos futuros.

A suposição é a base da análise de dados tradicional, sua hipótese é formulada através dos dados, ao contrário das técnicas de *Data Mining*, cuja base se encontra na descoberta, à medida que os padrões são obtidos a partir de um conjunto de dados.

Em outras palavras, o *Data Mining* agrupa técnicas que são usadas para explorar e trazer à tona relações complexas em um conjunto grande de dados; explorando as inter-relações entre os dados. No entanto, ele não pressupõe que as relações entre os dados devam ser conhecidas a priori, pois, ao ser aplicada a técnica, novas relações entre os dados surgirão.

Almeida *et al.* (2004, p.3-4) explicam que o processo de *Data Mining* é feito incorporando-se várias técnicas de diferentes áreas como:

- a) Aprendizagem de Máquina: extrair conhecimento de Bases de Dados pode envolver, entre outras coisas, a utilização de

algoritmos de Aprendizagem de Máquina, capazes de generalizar os exemplos encontrados em um grande repositório de dados na forma de regras de alto nível, compreensíveis ao ser humano. As técnicas de Aprendizagem de Máquina parecem estimular muito os pesquisadores da área e talvez seja a parte do processo de *Data Mining* que contenha substancialmente os maiores conteúdos científicos.

- b) *Data Warehousing*: é um processo para montar e gerenciar repositórios de dados a partir de várias fontes, com o propósito de ter uma visão detalhada e singular de parte ou do todo de um negócio. O produto final obtido de um projeto de *Data Warehousing* é o seu *Data Warehouse*;
- c) Estatísticas: é a área da matemática que estuda a coleta, organização e interpretação de dados numéricos, especialmente a análise das características da população por inferências a partir de amostras. As técnicas de estatísticas possuem importância dentro do processo *Data Mining*. Boa parte dos métodos utilizados em *Data Mining* teve sua origem dentro da Estatística.
- d) Visualização de Dados: as técnicas e ferramentas para Visualização de Dados são instrumentos indispensáveis ao processo de *Data Mining*. Elas podem ser usadas durante a execução das etapas de extração de conhecimento, melhorando a compreensão dos resultados obtidos e a comunicação entre os usuários. As técnicas de Visualização de Dados estimulam naturalmente a percepção e a inteligência humana, aumentando a capacidade de entendimento e associação de novos padrões. Logo, a Visualização de Dados utiliza a percepção humana como um primeiro método para descobrir valores.

Poderosas ferramentas de visualização que consigam gerar diversas formas de visualização (árvores, regras, gráficos), combinadas com técnicas de *Data Mining*, podem melhorar muito o processo DM.

A técnica do *Data Mining* vai além de uma simples análise; ela gera novas informações que podem fazer parte do conjunto de conhecimentos de uma organização e ser aplicada em modelos de Sistemas de Informação Executivos, nos Sistemas de Informação Gerenciais e Estratégicos.

O *Data Mining*, ao explorar grandes volumes de dados, realiza tarefas que não seriam fáceis de serem realizadas pelo ser humano. Esta técnica vai além de uma simples consulta a um banco de dados, no sentido de que permite aos usuários explorar e inferir informação útil a partir de dados, descobrindo relacionamentos escondidos no banco de dados.

A função do *Data Mining* é encontrar o conhecimento que existe nos grandes volumes de informações armazenadas nos bancos de dados da organização, de forma a permitir agilidade na tomada de decisão.

Rezende (2003, p. 216) afirma que o *Data Mining* é uma tecnologia capaz de selecionar dados relevantes, a fim de gerar informações e conhecimento empresariais. Ela é capaz de aprender com base nos dados, extrair deduções, gerar informações com hipótese, correlacionar coisas aparentemente desvinculadas, fazer previsões, revelar os atributos importantes, gerar cenários, relatar e descobrir conhecimentos interessantes aos gestores da empresa.

Cardoso e Machado (2008, p. 505) também afirmam que uma organização que emprega o *Data Mining* é capaz de: criar parâmetros para entender o comportamento dos dados, que podem ser referentes a pessoas envolvidas à organização; identificar afinidades entre dados que podem ser, por exemplo, entre pessoas e produtos e ou serviços; prever hábitos ou comportamentos das pessoas e analisar hábitos para se detectar comportamentos fora do padrão entre outros.

O *Data Mining* possui as seguintes finalidades (ELMASRI e NAVATHE, 2002):

- a) previsão – demonstra como certos atributos se comportarão no futuro;

- b) identificação – os dados padronizados são usados para identificar a existência de um item, um evento ou uma atividade;
- c) classificação – os dados são categorizados em diferentes classes e identificados com base em combinações de parâmetros;
- d) otimização dos recursos.

O *Data Mining*, com base no tipo de conhecimento a ser descoberto, compreende algumas tarefas como: a análise de regras de associação; classificação e predição; análise de padrões sequenciais; análise de agrupamentos; análise de exceções.

Na realidade, o objetivo específico do *Data Mining* é descobrir conhecimento novo, que pode estar escondido em grandes massas de dados armazenadas em bancos de dados. Esta mineração de dados procura por padrões escondidos nos dados em que, geralmente, se encontra envolvida uma aplicação iterativa de métodos de mineração de dados, cujo auxílio seria desenvolver aplicações que mostrem, de maneira gráfica, informações críticas, com o objetivo de estreitar ainda mais o relacionamento das organizações com seus consumidores finais ou a identificação, também em modo gráfico, de problemas da produção que acabam passando despercebidos.

Laudon e Laudon (2007, p. 152) explicam que esses sistemas realizam uma análise de alto nível quanto a padrões ou tendência, mas também podem esmiuçar os dados para revelar mais detalhes se necessário.

Além disso, ferramentas como análise estatística, técnicas da área de inteligência artificial, e outras técnicas inteligentes são utilizadas pelo *Data Mining*, pois a mineração dos dados é realizada sobre um banco de dados operacional, ou sobre um *Data Warehouse*, sendo, portanto, um sistema de suporte à decisão, já que este pressupõe obter algo de valor ou vantagem competitiva para a empresa.

Segundo Sferra e Corrêa (2003, p. 21),

é importante destacar que cada técnica de Data Mining utilizada para conduzir as operações de Mineração de Dados adapta-se melhor a alguns problemas do que a outros, o que impossibilita a existência de um método de Data Mining universalmente melhor. Para cada problema particular, tem-se uma técnica particular. Portanto, o sucesso de uma tarefa de Data Mining está diretamente ligado à experiência e à intuição do analista.

Existem aplicações de *Data Mining* para todas as áreas funcionais da empresa, bem como para o trabalho científico ou governamental; no entanto, apesar de ser uma ferramenta poderosa e lucrativa, ela impõe desafios no que diz respeito à proteção da privacidade.

3.3 – BSC (*BALANCED SCORE CARD*)

Em geral, para se avaliar o desempenho de uma empresa, utiliza-se seu demonstrativo financeiro, cuja base é o ativo em que se consegue mostrar o lucro ou prejuízo; porém, hoje, os ativos intangíveis também se tornaram uma fonte de vantagem competitiva.

De acordo com Fernandes (2006, p. 7), “para ter um bom desempenho, é natural que uma empresa antes defina alguns objetivos e organize suas ações”.

Em decorrência disso, as organizações necessitam de instrumentos que descrevam os ativos com base no conhecimento e de estratégias que criem valor, construídas a partir desses ativos; daí, então, a necessidade de se ter sistemas de controle que possam fornecer uma visão melhor com relação ao desempenho das organizações, integrando medidas de desempenho financeiras e não financeiras.

Assim, surge o *Balanced Scorecard (BSC)*, uma ferramenta estratégica que usa elementos capazes de suprir tais necessidades. Kaplan e Norton (1997, p.8), elucidam que “as medidas financeiras contam a história de acontecimentos passados, uma história adequada para as empresas da era

industrial, quando os investimentos em capacidades de longo prazo e relacionamento com os clientes não eram fundamentais para o sucesso”.

Todavia, o *BSC* visa a promover mudanças. Esta ferramenta foi concebida para gerenciar a estratégia; na verdade, trata-se de um sistema gerencial estratégico, que institucionaliza novos valores culturais nas organizações, possibilitando, desta maneira, o acompanhamento das estratégias escolhidas pela organização, para a obtenção de resultados relativos aos ativos tangíveis e intangíveis.

Em outras palavras, os objetivos desta ferramenta são feitos a partir da visão e da estratégia da organização que procura traduzir a missão em um conjunto de objetivos das diversas áreas de atuação da empresa, ou transforma a visão em estratégias que se desdobram em ações adequadas para a sua realização.

O *BSC* requer a utilização de instrumentos já conhecidos e usados pelos gestores para a medição do desempenho, porém com um enfoque estratégico diferente, de maior amplitude, medindo também a estratégia.

Este instrumento acompanha o desempenho das organizações em todas as áreas de abrangência, envolvendo procedimentos operacionais internos, atitudes pessoais de funcionários, conhecimento do cliente e de suas necessidades, sempre com vistas ao melhor desempenho financeiro, no curto e longo prazo.

Nesse contexto, Campos (1998, p.42) afirma que “as organizações que desejam sobreviver e progredir no século XXI terão que satisfazer e reter os clientes, bem como focar no mercado, tais aspectos são as forças que impulsionam essas empresas”.

Resumidamente, o *BSC* abrange dimensões como a estratégia, o foco, e a organização, sendo que a estratégia é uma das dimensões principais da gestão empresarial, pois o *BSC* possibilita que as organizações descrevam e comuniquem a estratégia de maneira compreensível e que sirva de base para as ações.

Embora todos os recursos e atividades da organização se alinhem com a estratégia, o foco se torna concentrado; neste sentido, toda a organização se mobiliza através das pessoas, unidades de negócios, formando elos organizacionais e trabalhando de forma compartilhada, focalizados na estratégia.

De acordo com Kaplan e Norton (1997, p.8), “a estrutura do *Balanced Scorecard* é formada por quatro perspectivas: financeira, do cliente, dos processos internos e do aprendizado e crescimento”.

Além de manter os atributos financeiros, o *BSC* vincula outras dimensões no desempenho gerencial e organizacional, favorecendo uma visão de longo prazo do ponto de vista dos clientes, processos internos e dos funcionários, o que quer dizer que as medidas não financeiras são usadas em conjunto com as medidas financeiras.

O *BSC* enfoca a busca por objetivos financeiros, mas, também, por atributos que estejam embutidos na missão da empresa, sendo que estes refletem a visão e a estratégia da organização para as quatro dimensões deste ferramental, sendo que, para cada perspectiva, além dos objetivos, devem ser estabelecidas as metas, bem como as ações a serem implementadas e os indicadores de desempenho.

Dessa forma, o sistema permite aos administradores o acompanhamento do desempenho financeiro da empresa, monitorando, em paralelo, o processo de crescimento na construção de capacidades, isto é, orienta o desempenho atual e focaliza o desempenho futuro da empresa, induzindo os gestores a concentrar a atenção nos fatores que criam valor econômico.

A construção do *BSC* deve refletir a estratégia a fim de que os observadores externos possam ser capazes de inferir a estratégia organizacional a partir dos indicadores e de suas interfaces.

Talvez esse seja o motivo pelo qual Kaplan e Norton (2000) afirmem que o processo de desenvolvimento do *Scorecard* deve seguir os seguintes passos:

avaliar o ambiente competitivo; conhecer as preferências e segmentos dos clientes; criar uma estratégia capaz de gerar desempenho financeiro extraordinário; articular o equilíbrio entre crescimento e produtividade; selecionar os segmentos de clientes almejados; identificar processos de negócios internos de importância crítica para o cumprimento da proposição de valor e para a realização dos objetivos financeiros de custo e produtividade; desenvolver as habilidades, competências, estímulos, banco de dados e tecnologias imprescindíveis à excelência nos processos internos e ao fornecimento de valor para os clientes.

Assim, o BSC considera alguns fatores essenciais à sua implementação, que envolve desde a avaliação do ambiente externo e interno da organização, passando pela verificação das necessidades dos clientes, conhecimento de quais são os processos críticos e a necessidade de preparação do funcionalismo.

Em termos operacionais, esses indicadores se distribuem entre quatro processos de gestão, que contribuem para a vinculação dos objetivos estratégicos de longo prazo às ações de curto prazo, ou seja, esclarece e traduz a visão e a estratégia; comunica e associa objetivos e medidas estratégicas; planeja, estabelece metas e alinha iniciativas estratégicas; melhora o *feedback* e o aprendizado estratégico.

O processo de esclarecer e traduzir a visão e a estratégia auxilia os gestores a obter consenso em torno da visão e da estratégia da organização, cabendo à alta administração esclarecer a visão e a estratégia, traduzindo-as em objetivos estratégicos específicos para cada uma das perspectivas, no sentido de orientar as pessoas que trabalham na organização para a ação em nível local.

Com as experiências nas organizações feitas pelos autores na implantação do *BSC*, os mesmos descobriram um novo método para auxiliar na descrição da estratégia, denominado de mapa estratégico; este, por sua vez, fornece a base para o projeto de um *BSC*, tornando-se a chave do sistema, em essência, o

mapa estratégico detalha a hipótese da estratégia, em termos operacionais (CAMPOS, 1998).

Para Atkinson *et al.* (2000, p.592), o *Balanced Scorecard* reflete a primeira tentativa sistemática de desenvolver um projeto para o sistema de avaliação de desempenho, que enfoca os objetivos da empresa, coordenação da tomada de decisão individual e provisão de uma base para o aprendizado organizacional.

Conseqüentemente, a estratégia é parte de um processo que se inicia com a missão da empresa, que deve ser traduzida para que as ações individuais sejam alinhadas com ela; a missão, por sua vez, representa o ponto de partida que esclarece a razão de ser da organização ou a maneira como a unidade organizacional se encaixa na arquitetura corporativa.

Igualmente aos valores, a missão é estável no tempo, mostrando como as pessoas visualizam a organização no futuro, sinalizando como deve respaldar os esforços da organização; mas, a estratégia se desenvolve e evolui no tempo e serve como diretriz para as estratégias locais, das unidades que compõem a organização.

Portanto, os mapas estratégicos são elaborados a partir destes pontos e auxiliam as organizações a enxergarem suas estratégias de forma sistemática, coesa e integrada, favorecendo a sua compreensão, conforme demonstrado na Figura 4. Porém, a partir do momento em que são entendidas a visão e a estratégia, e traçados os objetivos, definem-se as metas e os respectivos indicadores de desempenho, que são disseminados para toda a organização.

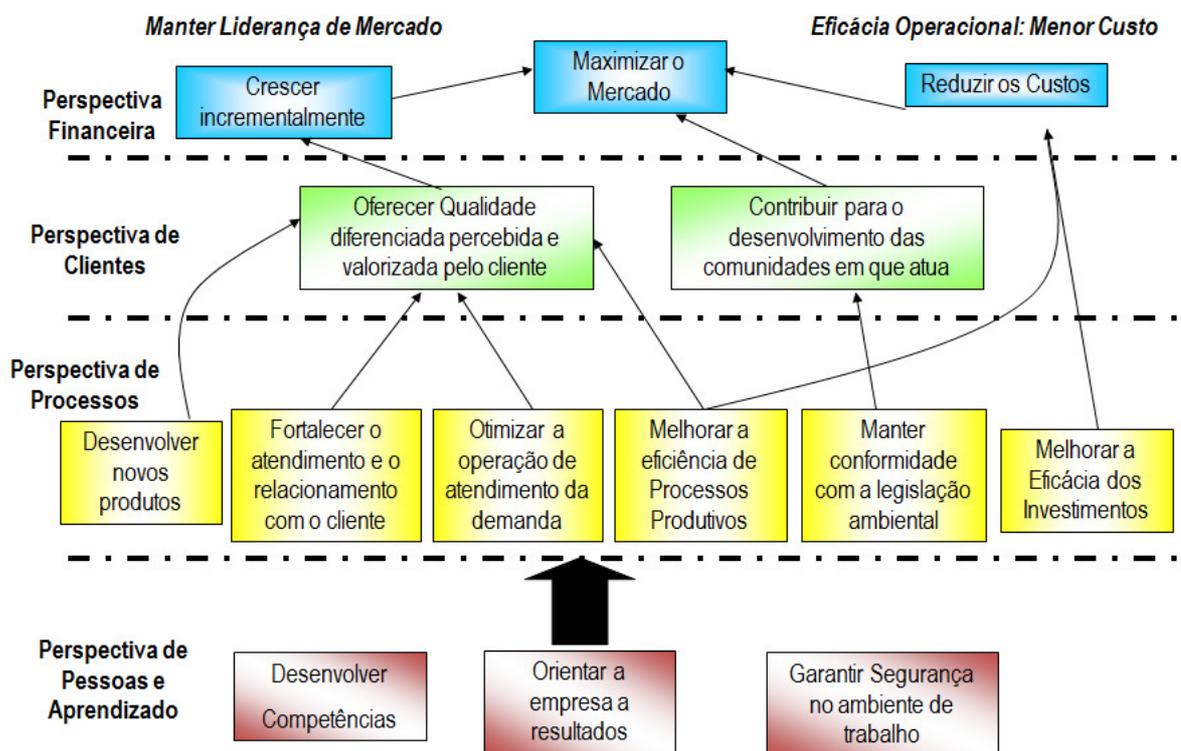


Figura 4 – Modelo de Mapa Estratégico

Fonte: Adaptado de Kaplan e Norton (1997)

Outro processo de gestão é o de comunicar e associar objetivos e medidas estratégicas, o que permite aos executivos divulgar as estratégias na organização, associando-as aos objetivos individuais e das áreas de atuação, ou que, a partir do momento em que todos os funcionários compreendem os objetivos e medidas, podem estabelecer metas locais, que servirão de apoio à estratégia global da organização.

Kaplan e Norton (2000, p.22) comentam que as diferentes áreas, unidades de negócios ou departamentos especializados das organizações possuem estratégias próprias, porém, para que o desempenho organizacional seja superior à soma das partes, as estratégias individuais devem estar conectadas e integradas.

Nesse sentido, a comunicação dos objetivos e medidas estratégicas demonstra para a empresa quais são os objetivos críticos que devem ser obtidos a fim de que a estratégia seja alcançada. Todavia, é preciso que todas as áreas da

empresa sejam envolvidas, todas as pessoas precisam conhecer o sistema, os objetivos e metas e as estratégias a serem adotadas para a conquista desses objetivos. Somente assim os esforços e iniciativas da organização estarão alinhados com os processos de mudança necessários. O planejamento e estabelecimento de metas, bem como o alinhamento de iniciativas estratégicas também são partes do processo de gestão.

O planejamento permite que as organizações façam a integração das metas financeiras e não financeiras aos objetivos, para um período mais longo de tempo. Posteriormente ao estabelecimento de metas de cada dimensão de gestão do *BSC*, os executivos deverão alinhar as iniciativas estratégicas de cada grupamento com a finalidade de alcançar os objetivos definidos para cada um.

Ocorre também a alocação dos recursos necessários, de acordo com o processo orçamentário da empresa. Kaplan e Norton (1997, p. 15), explicam que, para planejar e estabelecer metas na empresa, é preciso dimensionar os resultados pretendidos, pesquisar quais mecanismos necessários e prover recursos para alcançar os resultados, além de colocar referenciais de curto prazo para as medidas financeiras e não-financeiras do *Scorecard*.

Assim, com essa sistemática, é possível fazer uma avaliação dos resultados no curto prazo e, se for o caso, proceder aos ajustes necessários, alocando os recursos necessários para reversão da situação.

Entretanto, grande parte das empresas desenvolve seu processo gerencial em torno do orçamento e do plano operacional e, nisto, elas podem encontrar dificuldades em implementar a estratégia, pois seu orçamento tem pouca relação com a estratégia, porque utilizam o orçamento como sistema gerencial básico para definição de metas, alocação de recursos e avaliação de desempenho. Com isso, a atuação e a atenção dos gestores se concentram em detalhes operacionais de curto prazo, e não na implementação da estratégia, como deveria ser.

Para Padoveze (2005, p. 121) "o *Balanced Scorecard* é um sistema de informação para gerenciamento da estratégia empresarial". Ao usar o BSC para integrar os processos de planejamento e orçamento, as empresas tornam-se capazes de superar importantes barreiras à implementação da estratégia; em geral, as empresas recorrem aos orçamentos para desenvolver várias funções organizacionais como: definir metas, alocar recursos para o cumprimento das metas, avaliar o desempenho em comparação com as metas e atualizar as metas com base em novas informações e aprendizado.

Bruni e Famá (2003, p. 375) declaram que o BSC consiste em um conjunto integrado de medidas de desempenho decorrentes da estratégia da empresa e que dão suporte a essa estratégia em toda a organização. Porém, organizações orientadas para a estratégia, utilizam uma sistemática que integra a gestão dos orçamentos e das operações com a gestão da estratégia, possibilitando o monitoramento da estratégia e a adoção de ações corretivas necessárias. Nessa abordagem, para que as organizações possam gerenciar as operações táticas e as estratégias, a gestão orçamentária deve abranger os processos de orçamento operacional e de orçamento estratégico.

Todavia, a maioria das despesas é determinada pelo volume e *mix* de produção, pelos serviços prestados e pelos clientes atendidos, e o orçamento referente a essas despesas reflete determinada expectativa de gastos, com base em previsões de receitas e mix de produtos e clientes.

Estas são as bases para o orçamento operacional, que especifica as despesas contínuas para a manutenção dos produtos e clientes existentes e as despesas necessárias ao lançamento de novos produtos e clientes durante o período seguinte. Assim, deve refletir melhorias a serem incrementadas em operações existentes na organização.

Para o orçamento estratégico, deve ser prevista a alocação de recursos para o desenvolvimento de investimentos com programas de aprimoramento profissional dos funcionários e outras iniciativas que visem a estreitar o

relacionamento com os clientes, aumentando, dessa forma, a capacidade de crescimento futuro da organização.

Outro processo de gestão encontra-se na melhoria do retorno e do aprendizado estratégico. Kaplan e Norton (1997, p.15) consideram esse o aspecto mais importante de todo o *Scorecard*, pois confere à empresa a capacidade para a aprendizagem estratégica.

A análise e *feedback* possibilitam determinar se a empresa, seus departamentos e empregados atingiram seus objetivos financeiros previstos no orçamento. Por meio do quadro de indicadores, a empresa pode monitorar os resultados de curto prazo a partir das outras três perspectivas do BSC, e avaliar a estratégia em face do desempenho mais recente.

Portanto, por meio desses processos de gestão e de indicadores, a organização consegue monitorar as estratégias escolhidas, acompanhar os resultados, e, se for o caso, proceder às mudanças necessárias para alcançar o desempenho projetado.

3.4 FIELDBUS

O monitoramento de dispositivos de controle, na década de 1.940, era realizado por meio de processos de instrumentalização, cujos sinais de pressão variavam entre 3 a 15 psi. Posteriormente, esses valores foram alterados e passaram a variar entre 4 a 20 mA para a instrumentação (SCOTT e BUCHANAN, 2002 *apud* CICCILINI, 2007)

Apesar dessas mudanças, os sistemas industriais passaram a adotar sinais elétricos, o que trouxe às empresas algumas vantagens como: redução de ruído, maior facilidade de implantação e manutenção, aumento da confiabilidade, etc..

Com o passar do tempo, houve o desenvolvimento de processadores digitais, que resultou no uso de computadores para monitorar e controlar instrumentos a partir de um ponto central; porém, os sensores inteligentes começaram a ser desenvolvidos e utilizados em sistemas microcontrolados, que aliavam confiabilidade e rapidez, a baixo custo.

Segundo Godoy (2007, p. 11), o aumento do uso da eletrônica digital e da troca de informações entre dispositivos provocou o surgimento de novas tecnologias de conexão de equipamentos. Arquiteturas distribuídas de automação são caracterizadas por redes de dispositivos de campo, usualmente conectadas através de um barramento de comunicação, chamado de barramento de campo ou *Fieldbus*.

Com o avanço da eletrônica, em especial dos microprocessadores, esta tendência deveria integrar os diferentes tipos de instrumentos de controle, proporcionando uma interface para a operação de diversos dispositivos simultaneamente e um conjunto de protocolos de comunicação para todos eles. Assim surgiriam as redes *Fieldbus*.

Medéia (2009) trata o *Fieldbus* como sendo um protocolo desenvolvido para automação de Sistemas de Fabricação, cujo objetivo é a interligação de instrumentos e equipamentos, possibilitando o controle e monitoramento dos processos.

Fieldbus foi desenvolvido baseado no padrão ISO/OSI e contém dois níveis principais: Nível Físico (interligação entre os instrumentos e equipamentos) e Nível de *Software* (trata das formas de comunicação entre os equipamentos).

Hunt (2008, p. 18) enumera as diversas vantagens no uso de sistemas *Fieldbus* em um ambiente de montagem totalmente automatizado:

- a) Custo menor para instalar, pois não são necessários muitos cabos de instalação;
- b) Instalação rápida e facilidade para configurar;

- c) Maior liberdade quanto ao *layout*, não necessitando de painéis de controle;
- d) Facilidade de configuração na aparelhagem; fornece medidas conseguidas de outros equipamentos; melhor desempenho do sistema de controle;
- e) Integração direta com componentes de segurança; e economia nos custos operacionais.

Dentre as vantagens do *Fieldbus*, as mais importantes são os benefícios econômicos, pois suas características permitem baixos custos de implantação e manutenção, bem como a fácil expansão da rede.

Segundo Rigoni *et al.* (2004, p. 6), o *Fieldbus* surgiu com o objetivo de interligar e operar os instrumentos de campo com características diferentes e de diversos fabricantes, usufruindo de toda sua inteligência através de uma rede, proporcionando a descentralização de tarefas.

Outra vantagem deste sistema está ligada aos benefícios de desempenho, ou seja, vantagens de customização e de obtenção de informações de mais baixo nível devido à utilização de sistemas abertos; instrumentação de ponta, no caso de redes novas; transmissão apenas de forma digital; redundância na rede, etc.

Das considerações que devem ser efetuadas quando se constrói projetos *Fieldbus*, algumas devem ser observadas, como as distâncias entre equipamentos, número de equipamentos a serem ligados, previsões de expansão, fontes de alimentação, topologia, segurança e redundância, visto que, mesmo pequenas falhas, em aplicações críticas, podem levar a sérios prejuízos.

Outra consideração deve ser em relação às topologias de rede, que, para o sistema *Fieldbus*, são quatro, a saber: Barramento; Ponto a Ponto; Árvore; e *End-to-end*. No entanto, poderão ser usadas topologias mistas, que misturam

as topologias anteriores devido a fatores como: segurança, otimização, espaçamentos, configuração, etc.

A fim de garantir a confiabilidade do sistema, num sistema *Fieldbus* deve ser levado também em consideração o tempo de resposta da rede a determinadas entradas, de forma a não comprometer a dinâmica do sistema; assim, atrasos, interrupções e gargalos devem ser analisados.

3.5 – SOFTWARES DE SUPORTE À RCM

Os programas que dão suporte à Manutenção Centrada em Confiabilidade gerenciam ativos, incorporando ferramentas de engenharia de confiabilidade. Existem diversos tipos, com variada abrangência e complexidade, podendo ser adaptados às mais diversas formas e tamanhos de organizações. Uma lista dos *softwares* mais comuns é apresentado no quadro resumo intitulado “*Softwares de Manutenção Centrada na Confiabilidade*”, Anexo C.

Estes programas são integrados a outros sistemas que servem de apoio à tomada de decisão do gestor. Em geral, as empresas utilitárias desses programas são as indústrias, empresas automobilísticas, hospitalares, militar e aeronáutica, bem como, empresas de transporte e outros serviços.

Os módulos acoplados aos programas, em geral, são os de manutenção preventiva, gestão de compras eletrônica, gerenciamento de ativos, etc.. Portanto, de acordo com as informações aqui fornecidas, para que uma empresa tenha competitividade e agilidade em suas decisões, esta precisa se equipar de um Sistema de Informações integradas. Para isso, um *Data Warehouse* lhe dá todo suporte gerencial e apoio às suas decisões. Este recurso consolida os dados e orienta os assuntos.

Como parte do *Data Warehouse*, encontra-se o *Data Mart*, cuja utilidade está em atender um departamento da empresa, ou seja, seu enfoque é atender uma população específica de usuários.

Além desses elementos, outra ferramenta importante é o *Data Mining*, que permite a “mineração” dos dados e, com isto, transformar, de forma inteligente, os dados em informações significativas que serão úteis à gestão e tomadas de decisão. Esta técnica gera novas informações que podem fazer parte do conjunto de conhecimentos de uma organização.

Por outro lado, o *Fieldbus*, protocolo desenvolvido para automação de Sistemas de Fabricação, tem o objetivo de interligação de instrumentos e equipamentos, possibilitando o controle e monitoração dos processos, interligando e operando os instrumentos de campo.

Todavia, as organizações necessitam de instrumentos que descrevam os ativos com base no conhecimento e em estratégias que criem valor, ou que forneçam uma melhor visão com relação ao seu desempenho, integrando medidas de desempenho financeiras e não financeiras. Assim, o *Balanced Scorecard*, como ferramenta estratégica, usa elementos capazes de suprir tais necessidades, acompanhando o desempenho das organizações, envolvendo procedimentos operacionais internos, atitudes pessoais de funcionários, conhecimento do cliente e de suas necessidades, sempre com vistas ao melhor desempenho financeiro, no curto e longo prazo.

Ou seja, as medidas não financeiras são usadas em conjunto com as medidas financeiras, buscando por objetivos financeiros, mas, também, por atributos que estejam embutidos na missão da empresa.

Igualmente tão importantes quanto as técnicas e ferramentas desenvolvidas neste capítulo, se encontram os *softwares* na gestão de manutenção e os de suporte à RCM - Manutenção Centrada em Confiabilidade. Estes programas dão todo apoio à manutenção, de forma a integrar diversas informações em que o gestor possa tomar a melhor decisão.

CAPÍTULO 4 – PROPOSTA DO MODELO COMPUTACIONAL

Este capítulo demonstra a elaboração de um roteiro para um modelo computacional de uma manutenção centrada na confiabilidade, e os correlaciona aos nove passos de Kimball. Apresenta a construção de uma modelagem e descreve a proposta de geração de indicadores de contingência em sistemas de transporte rodoviários. Fornece, ainda, um suporte e delinea os primeiros feitos do sistema brasileiro de transporte rodoviário interestadual.

4.1 – ROTEIRO GERAL DE ELABORAÇÃO

Na elaboração de um roteiro para um modelo computacional voltado à gestão de manutenção centrada na confiabilidade, os nove passos de Kimball (KIMBALL *et al.*, 1998) poderão ser úteis, sendo considerados nas etapas aqui descritas:

1. Escolha do processo – seleciona-se o processo (ou função) referente ao assunto de um *Data Mart* em particular. O primeiro corresponde às questões mais importantes do negócio. A maioria é entregue a tempo e dentro do orçamento;
2. Escolha da granularidade – com base no assunto selecionado no passo anterior, escolhe-se a granularidade dos elementos a serem armazenados e faz-se a tabela de fatos. Somente quando a tabela de fatos é escolhida é que as dimensões podem ser identificadas na tabela de fatos;
3. Identificação das dimensões – construir a lista de dimensões para determinar o contexto de perguntas sobre os fatos na tabela de fatos. Uma lista de dimensões bem definida ou construída faz com que o *Data Mart* seja compreensível e de fácil uso;
4. Escolha dos fatos – a granularidade da tabela de fatos determina os fatos que podem ser usados no *Data Mart*. Todos os fatos devem ser

expressos num nível sugerido pela granularidade. Por exemplo, se uma granularidade da tabela de fatos é uma propriedade individual como “vendas”, então todos os fatos numéricos devem se referir a este (vendas). Também o fato pode ser numérico e adicionado.

5. Armazenamento do pré-cálculo na tabela de fatos – uma vez selecionados os fatos, eles devem ser reexaminados para determinar se há chances de uso do pré-cálculo. Um exemplo de necessidade em armazenar os pré-cálculos ocorre quando os fatos incluem lucro ou perda.
6. Arredondamento na tabela de dimensão – retornar às tabelas de dimensão e acrescentar a descrição de textos nas dimensões o máximo possível. O texto deverá ser pensado e compreensível ao usuário. A utilidade de um *Data Mart* é determinada pelo escopo e natureza dos atributos das tabelas de dimensão.
7. Escolha da duração no banco de dados – a decisão sobre o ciclo de vida dos dados no arquivo. A duração se refere ao tempo de duração da tabela de fatos. Algumas empresas estabelecem de um a dois anos e outras, como as de seguro, são de pelo menos cinco anos. Deve-se levar em conta que o tamanho da tabela de fatos apresenta os seguintes problemas: dificuldade em obter os dados antigos; lentidão nas mudanças de dimensões, onde o problema se encontra, em usar as versões antigas de dimensões e não nas versões atuais.
8. Traçar as mudanças dimensionais – a armazenagem da descrição das dimensões antigas deve ser usada com o histórico das transações antigas. Existem três tipos de mudanças de dimensões lentas: um desses atributos é a sobrescrita; outro é uma nova dimensão armazenada a ser gerada; e uma alternativa de se criar um atributo. Assim, os valores dos atributos antigos e novos são acessíveis na mesma dimensão armazenada.

9. Decidir as prioridades de consulta – assuntos considerados críticos. Dos assuntos críticos que afetam a percepção do usuário de *Data Mart* está a ordem da tabela de fatos no disco e a presença de resumos e agregações pré armazenadas. Outros que afetam são a administração, a cópia dos dados, a indexação, o desempenho e a segurança.

4.2– MODELAGEM MULTIDIMENSIONAL E REQUISITOS DO NEGÓCIO

A modelagem de dados multidimensional do ambiente protótipo em estudo irá considerar os dados disponíveis nas fontes de informações absorvidas no momento da coleta de dados. Segundo definição de Kimbal *et al.* (1998), o processo de modelagem conceitual abstrai-se baseado na taxonomia da estrutura de barramento e, por conseqüência, na modelagem lógica, indicada nas dimensões e tabela de fato. A Figura 6 mostra a classificação dos processos de negócios e deriva a tabela de fato proveniente das dimensões avaliadas.

Como conseqüência da análise da Figura 5, nota-se que a matriz de barramento para este estudo de caso detectou que as maiores dimensões estão relacionadas à conjuntura de operação e manutenção; porém, para este estudo, todas as dimensões são consideradas para o desenvolvimento do modelo dimensional de fato.

Após a obtenção das dimensões e da tabela fato, optou-se pelo desenvolvimento único do modelo dimensional neste estudo de caso. Este modelo lógico de dados possui tabela de fato e oito dimensões originadas e mapeadas a partir da matriz de barramento. As dimensões geradas para a tabela de fato correspondem à: natureza da falha (1), tipo da falha (2), ocorrência (3), tipos de parada (4), diagnóstico da falha (5), Linha x Região (6), Produtos x Serviços (7) e Tempo (8). Já os atributos gerados a partir deste modelo são descritos a seguir e visualizados na Figura 5:

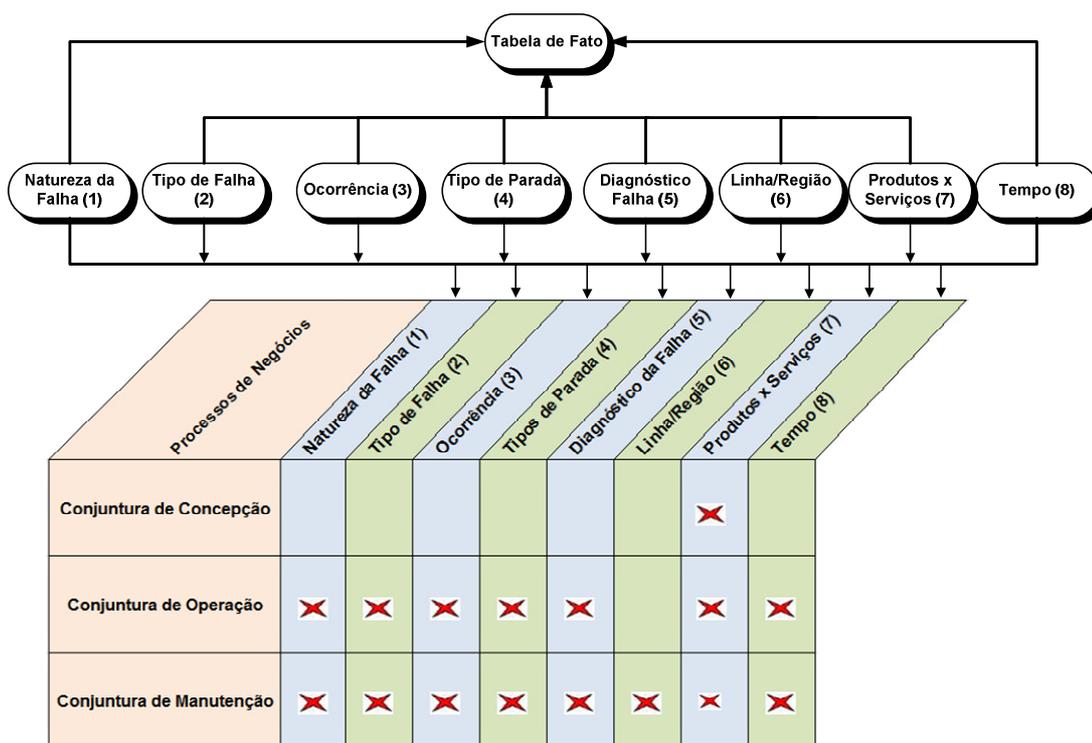


Figura 5 – Matriz de Barramento do Data Mart
Fonte: (Autor, 2010)

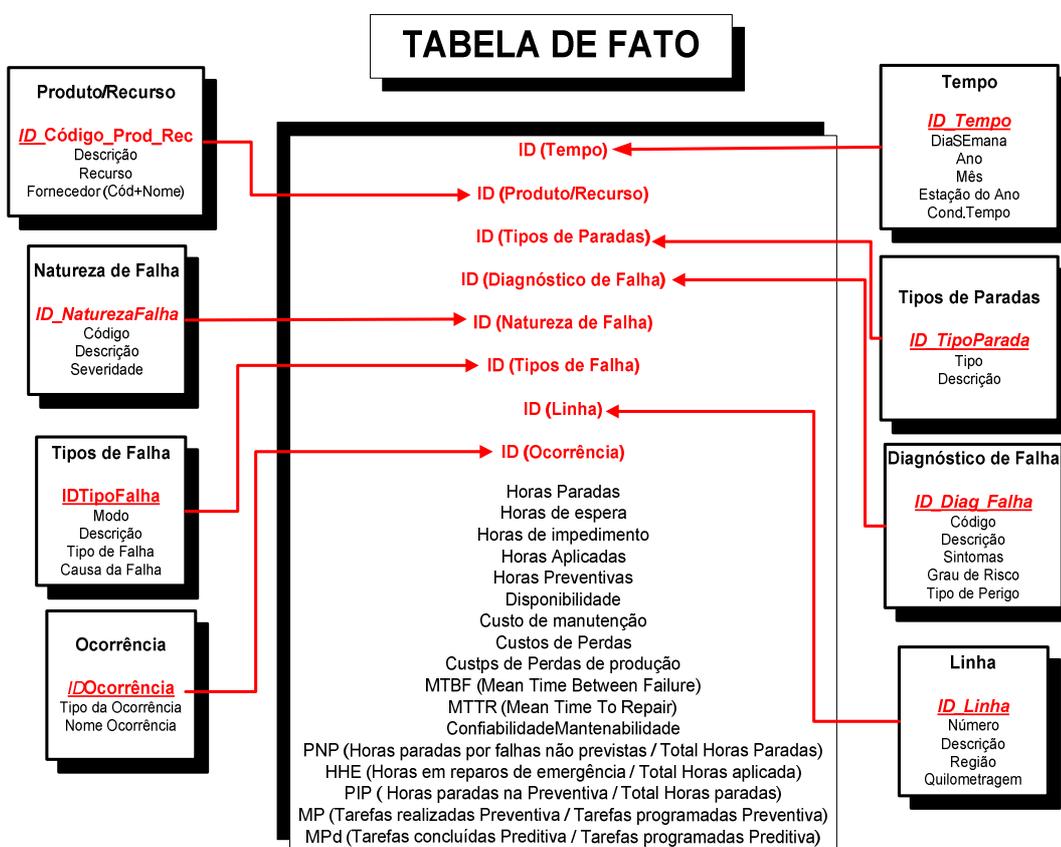


Figura 6 - Tabela dimensional da Gestão Estratégica de Manutenção
Fonte: (Autor, 2010)

- Id_Tempo: granularidade do atributo tempo (mês, semana, dia, etc.) e relacionada logicamente com o modelo dimensional através de chave primária na tabela fato e chave estrangeira na dimensão;
- Id_Produto/Recurso: atributo produto atrelado ao fornecedor;
- Id_Natureza da Falha: armazena a natureza da falha, bem como, a relação com o tipo de falha ocorrido; deste atributo também são analisados o grau de severidade da falha;
- Id_Tipo Falha: o atributo corresponde à ocorrência e o modo pela qual ocorreu a falha. Deste indicador, poder-se-ão avaliar as causas por falha ocorrida na tabela de fato;
- Id_Ocorrência: este atributo gera a análise do tipo de ocorrência de manutenção em relação ao operador;
- Id_Linha: relaciona-se ao tempo, região, estação e quilometragem que os veículos percorrem no seu dia operacional.

4.3– INDICADORES DE CONTINGÊNCIA E DE DESEMPENHO

É neste tópico que se encontra descrita a proposta de geração de indicadores de contingência em sistemas de transporte rodoviários. A proposta, no seu cerne, reúne um conjunto de informações que representa, de forma detalhada, os processos operacionais, os recursos computacionais envolvidos, as principais fontes de coleta de informações, bem como a análise dos potenciais pontos de falha no modelo estudado.

Para que se possam analisar as questões de viabilidade técnica e funcional deste estudo, buscou-se desenvolver um diagrama, mostrado na Figura 7, de tal forma que represente a hierarquia de passos lógicos; a etapa de cada tarefa, conforme segue:

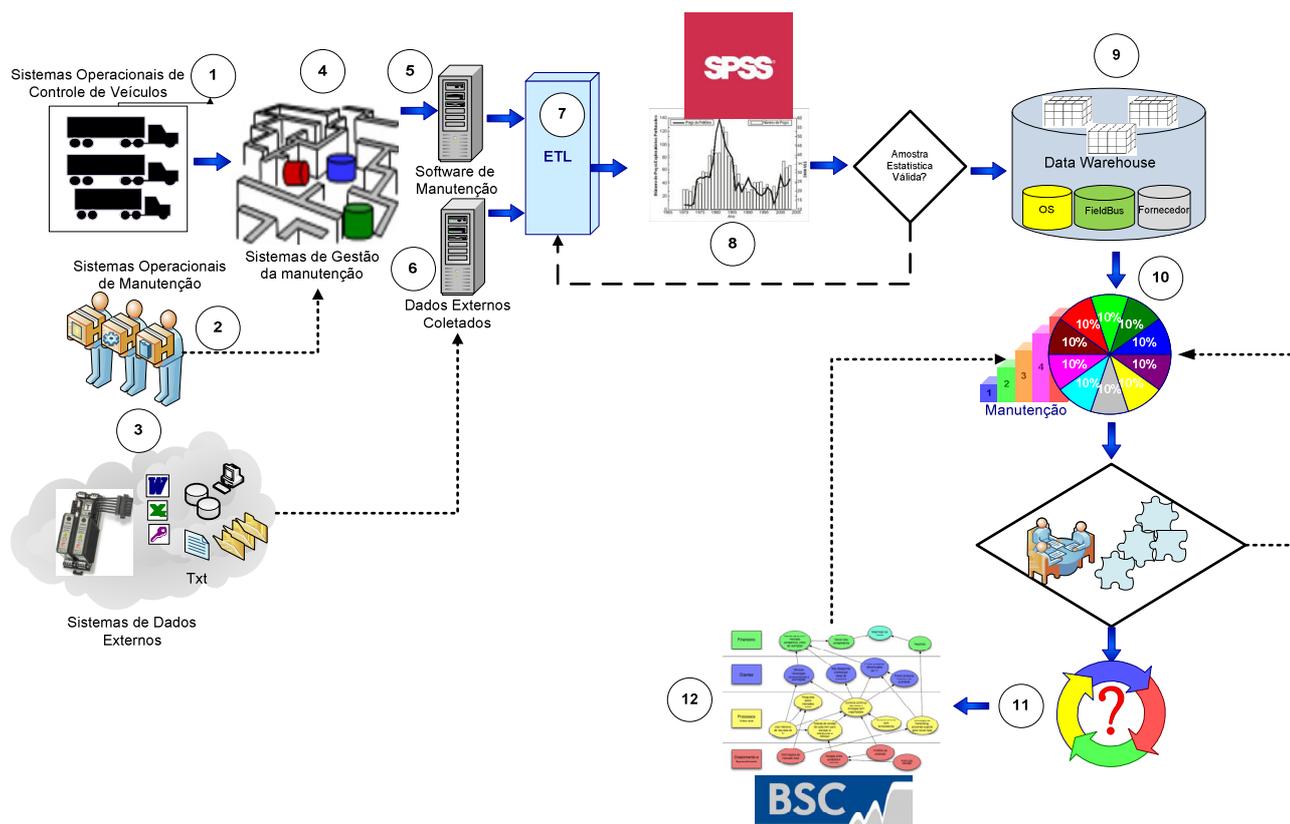


Figura 7 – Modelo computacional para análise de Indicadores de Manutenção
Fonte: (Autor, 2010)

1. Fontes de falhas e de alimentação de informações: a partir do mapeamento e levantamento dos procedimentos realizados na empresa, junto aos principais envolvidos na operação e gestão da manutenção, foi possível detectar que as principais fontes de falhas estão entre os sistemas operacionais de controle de veículos (1), os sistemas operacionais de manutenção (2), e os sistemas de dados externos (3), que contém dados de leitura do sistema eletrônico embarcado nos veículos da empresa. As ocorrências geradas a partir dos sistemas de dados externos não foram acessadas diretamente, tendo em vista que este sistema não faz parte da rede convencional da empresa, por se tratar de um sistema de alta disponibilidade. Contudo, todas as falhas detectadas nos sistemas de controle operacional foram registradas nos servidores de dados externos e de manutenção (5 e 6), bem como os dados registrados em ordem de serviço para futura avaliação histórica.

2. Processo de coleta, tratamento e transferência de dados: todo o processo de coleta, tratamento e transferência de dados dos sistemas (4, 5 e 6) são feitos duas vezes ao dia pela ferramenta de ETL (7) (Extração, Transformação e Carga), assegurando, assim, que a qualidade da informação importada, seja consistente, íntegra, correta, completa, não redundante e aderente às necessidades decisórias que a empresa almeja.
3. Armazenamento de dados: após o processo de ETL (7), os dados são armazenados no servidor (8), denominado “*Data Warehouse* “da Empresa Alfa”. Os dados coletados dos sistemas transacionais de manutenção são armazenados na forma de seleção por dimensões, cada qual no seu modelo dimensional dentro do *Data Warehouse* (8).
4. OLAP (*On Line Analytical Processing*): já com os dados disponíveis no *Data Warehouse* (9), os gestores da organização (10) podem iniciar a modelagem estratégica para tomada de decisão através de consultas gráficas e/ou de relatórios personalizados, moldados à necessidade da organização.
5. Processo de retroalimentação: após as aferições analíticas na camada OLAP (10,11), espera-se que as decisões estratégicas sejam tomadas de forma segura, garantindo a qualidade das ações de melhoria no sistema.
6. E por fim, utilizar a ferramenta de BSC (12) para garantir que as informações geradas pelo modelo, possam ser acompanhadas pela alta administração de forma a gerenciar e controlar as variáveis levantadas pelo estudo.

Nota-se que o ambiente descrito acima, possibilitou o entendimento do ciclo de informações gerado pela empresa, bem como, facilitou a visualização e a execução de possíveis ensaios em processos analíticos e decisórios que se fizerem necessários no decorrer desta pesquisa. Estima-se, para este caso em particular, um intervalo de meio dia para atualização das informações no ambiente analítico, atendendo, assim, às expectativas dos gestores envolvidos na tomada de decisão da empresa.

A etapa de “Requisitos e Levantamento dos Indicadores Estratégicos de Confiança”, que é parte deste item, está relacionada a um roteiro estruturado em 8 etapas. Esse procedimento, segundo Pressmann (2006), é altamente recomendado, visto que o desenvolvimento de tarefas computacionais envolve um alto grau de intangibilidade na solução de problemas. Desta forma, a Figura 8 descreve o roteiro específico para o desenvolvimento do estudo de caso em pauta.

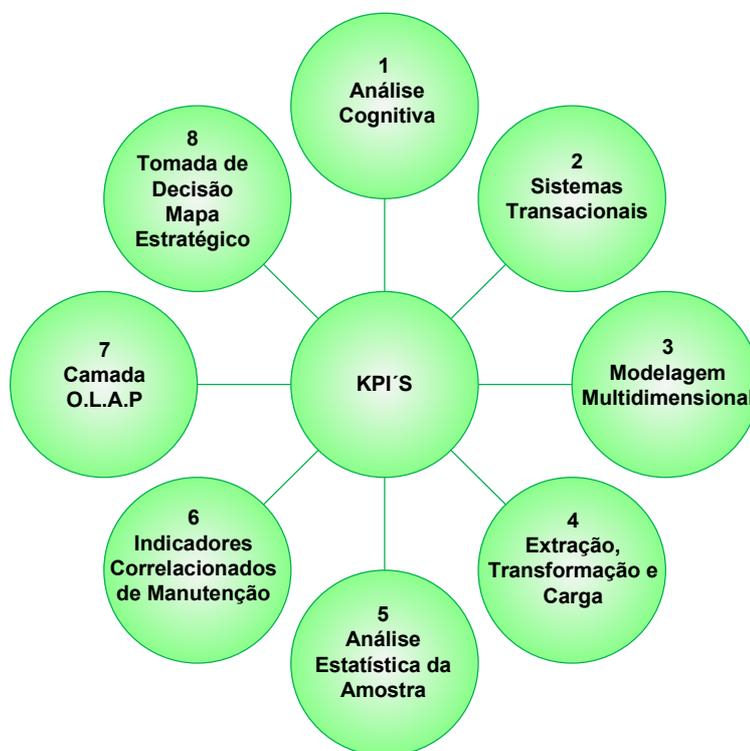


Figura 8 - Etapas dos Requisitos e de *KPI's*
Fonte: (Autor, 2010)

O conceito de “Indicadores Estratégicos de Confiança - (IEC)”, parte da definição e estudo dos autores Kaplan e Norton (2006), que utilizaram a metodologia do *BSC (Balanced Scorecard)* como fator principal para a busca de Indicadores Chave de Desempenho (KPI's). Deve-se destacar que os Indicadores Estratégicos aqui tratados foram avaliados e ajustados para a realidade deste estudo de caso, sendo que, em outros trabalhos, há que se buscar indicadores compatíveis com a realidade e perfil da organização estudada.

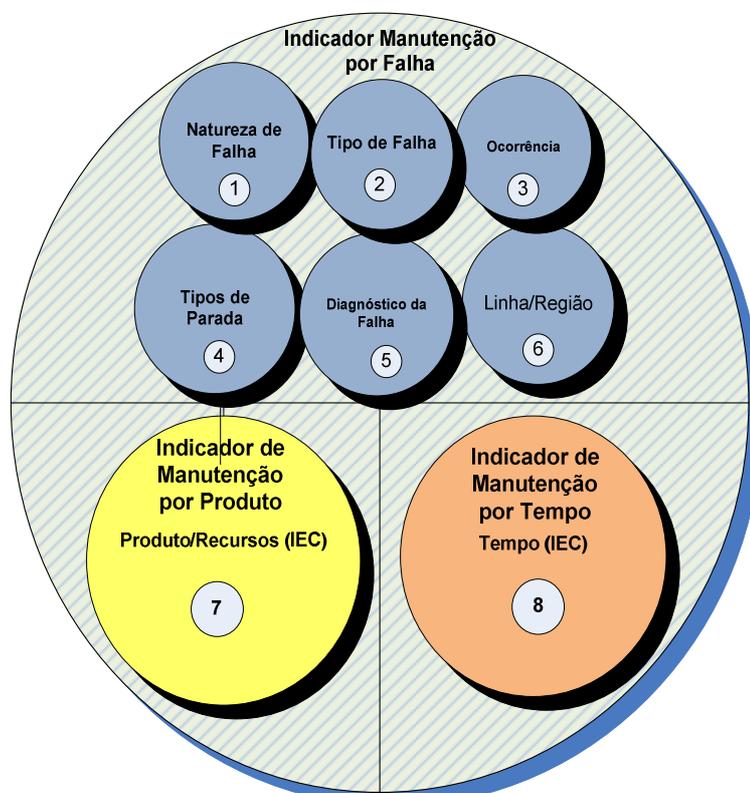


Figura 9 – Indicadores Estratégicos Aplicados à Manutenção
Fonte: (Autor, 2010)

Conforme representado na Figura 9, os indicadores estabelecem os parâmetros tecnológicos para fatores relacionados à aquisição, implantação, expansão e busca da modernização dos sistemas atualmente existentes na empresa. Já na ótica da manutenção, são definidas as estratégias relacionadas à questão de manutenibilidade e confiabilidade dos equipamentos em operação na corporação. Por fim, na concepção da operação, avalia-se se os

itens que fazem parte da segurança e da disponibilidade dos sistemas encontram-se em conformidade com as diretrizes organizacionais.

A seguir, serão descritos, de forma detalhada, os Indicadores Estratégicos, sugeridos e extraídos neste estudo de caso, conforme segue:

- 1) **Indicador de Natureza de Falhas (1):** este indicador tem relação no cruzamento da Natureza e das Falhas ocorridas nos equipamentos, podendo ser destacados os índices de frequência aqui classificados como: provável, frequente, ocasional, inacreditável; o grau de severidade como sendo: Insignificante, Mínima, Marginal, Crítica e Catastrófica; e o nível de tolerância entre indesejável, tolerável e desprezível;
- 2) **Indicador de Tipo de Falha (2):** este indicador está relacionado ao tipo da falha ocorrida no equipamento e medida pelo modo (mecânico, elétrica, estruturais e falha humana), pelo tipo da falha (dúctil, frágil, fadiga, fadiga térmica, fadiga mecânica, fadiga elétrica, corrosão, abrasivo, pressão, torção, magnética, sobrecarga, sobre tensão, de conhecimento, de atenção, deterioração) e pela sua causa x falha (Deformação plástica por escorregamento, propagação de trinca sob tensão cíclica, remoção de material de atrito, alongamento dúctil sob força de tração, condução elétrica entre semicondutores, perda de isolamento por aquecimento, incidência de chuva e vento, erro na execução de manutenção, atividades monótonas, não sabem como fazer, não sabem o que fazer, erro na execução de tarefa, etc.);
- 3) **Indicador de Ocorrência (3):** aqui são tratados os itens como número da ordem de serviço, tipo do serviço executado tais como: serviço operacional, restauração corretiva, manutenção combinada, inspeção preditiva, restauração corretiva, substituição preventiva, restauração

preventiva, reparo funcional, etc., além do nome do operador; a data e hora da execução do serviço;

- 4) **Indicador de Tipo de Parada (4):** neste indicador são tratados os tipos de paradas (conserto, teste, alinhamento, calibração, lubrificação, revisão, rodízio, ajuste, teste, troca, lavagem, calibração, etc.).
- 5) **Indicador de Diagnóstico de Falhas (5):** é neste indicador que são identificados os sintomas de diagnósticos de falhas que estão relacionados a: sobreaquecimento, surto elétrico, potência elevada, ruído anormal motor, viscosidade, ruído anormal roda, fumaça, pigmentação, coloração, sinalização indevida, ruído anormal carenagem, fuga de carga elétrica, trepidação anormal, perda de pressão, odor do óleo, etc.; ao risco do diagnóstico de falhas que são: intolerável, tolerável, indesejável, desprezível, etc.; e, por fim, quanto ao tipo de risco oferecido: químico, físico, biológico, ergonômico, elétrico, mecânico, etc.;
- 6) **Indicador de Linha/Região (6):** é neste item que se destaca a granularidade de dados relacionados a número da linha, origem, destino, região e distância entre origem e destino;
- 7) **Indicadores Produtos x Recursos (7):** este indicador resgata os grupos de produtos: ar condicionado, arrefecimento, câmbio, chassis, diferencial, direção, elétrica, freio, funilaria, limpeza, motor, rodagem e suspensão, em relação aos produtos: carga de gás, filtro de ar, *molycot*, graxeira, cruzeta de alavanca, tampa de radiador, balão de ar, barra de direção, etc., com os devidos recursos classificados em produtos e/ou serviços e pelo fornecedor;

- 8) **Indicador Tempo (8)**: este indicador é validado pela variável tempo, conforme definido: ano, semestre, trimestre, bimestre, mês, quinzena, semana, dias, horas e minutos; outras variáveis são horas paradas, horas em atendimento, horas de espera, horas preventivas, disponibilidade, hora da ocorrência, etc..

4.4 – RESULTADOS ESPERADOS

Com base no desenvolvimento deste estudo, em que foi elaborado um modelo computacional destinado à pesquisa de Engenharia de Confiabilidade, que pudesse minimizar a ocorrência de falhas e riscos inerentes aos equipamentos e operações em empresas do segmento de transporte coletivo rodoviário interestadual, o esperado é que este modelo venha a atender não somente às expectativas da organização, mas, também, que o modelo possa ser útil e amigável àqueles que estarão lidando diariamente com ele.

Como em todo desenvolvimento de um modelo computacional, surgem diversos questionamentos, como se de fato as ferramentas estão fornecendo informações corretas, ou se as informações colocadas foram devidamente interpretadas, mas este é um processo que demanda paciência e tempo, e os ajustes são feitos de acordo com o *feedback* dado pelos usuários.

Em termos de modelo computacional, foram verificados todos os atributos para que se pudesse obter melhorias; no entanto, as informações podem depender de pessoas que, na maioria das vezes, detém algum tipo de conhecimento.

Todavia, a evidência dos fatos surge e, com eles, o modelo computacional passou por reexaminação, atentando-se a colocar parâmetros adequados à realidade do setor e trabalhando em conjunto com outras áreas, e também considerando os fornecedores para que o protótipo em estudo absorvesse os dados disponíveis nas fontes de informações.

Em decorrência dos fatos, o estudo detectou as maiores dimensões correlacionadas à conjuntura de operação e manutenção, e então gerou um

mapeamento e indicadores de contingência para sistemas de transporte rodoviários.

Neste sentido, espera-se que esses resultados possibilitem o entendimento do ciclo de informações geradas pelo modelo computacional e que facilitem a tomada de decisões, auxiliando na redução de custos operacionais e melhorando a competitividade e a imagem corporativa.

CAPÍTULO 5 – ESTUDO DE CASO

A elaboração deste capítulo encontra-se fundamentada num estudo de caso de aplicação do modelo computacional proposto. Inicialmente, fornece informações sobre os sistemas de transporte rodoviário, um serviço que demanda manutenção para garantir sua qualidade e segurança, posteriormente encontra-se descrito o perfil da empresa em estudo e a concepção de sistemas para a elaboração de um plano de operações e manutenção, e da avaliação dos sistemas e módulos em processo de implantação.

Este capítulo trata, ainda, dos parâmetros que subsidiam o processo de implantação de sistemas críticos na organização estudada, identifica as principais fontes de falhas de dados, apresenta de que forma são realizadas a operação de extração, transformação e carga de dados do modelo computacional (ETL).

Com base no modelo proposto, explana-se o processo de análise estatística da amostra coletada, demonstra-se, ainda, a implementação do modelo computacional via OLAP, assim como, um mapeamento estratégico da empresa.

5.1– ANÁLISE DE PROJETOS EM SISTEMAS DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO

Os primeiros feitos do sistema brasileiro de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros foram realizados nas décadas de 1920 e 1930, ocasião em que o Brasil dependia das condições climáticas, e as viagens eram feitas por estreitos caminhos de terra, em veículos improvisados e de reduzida capacidade de passageiros.

Esse sistema de transporte rodoviário de passageiros nasceu em função das necessidades de transportar pessoas de um ponto para outro do país. Enfim, tal sistema se estruturou de forma espontânea há 80 anos, sob as condições

do mercado. Segundo a Revista Abrati (2008, p. 36) “com estrito acatamento às normas do poder concedente e em ambiente de ampla cooperação, trabalhou na progressiva montagem de uma malha cada vez mais capilar de transporte de pessoas”.

O sistema de transporte rodoviário de pessoas cresceu sob o amparo legal dos contratos de permissão, cujas atribuições eram do DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. No entanto, o DNER foi extinto em 2002, somente em 2003, a responsabilidade deste tipo de transporte passou a ser da ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres.

De acordo com Carneiro *et al.* (2010), as linhas de transporte interestadual de passageiros são categorizadas em conformidade com o Decreto 2.521 de 20/03/1998, que as classifica em:

- a) Interestadual: que transpõe os limites de Estado, do Distrito Federal ou de Território;
- b) Interestadual semi-urbana: aquela que, com extensão igual ou inferior a setenta e cinco quilômetros e característica de transporte rodoviário coletivo urbano, transpõe os limites de Estado, do Distrito Federal, ou de Território;
- c) Internacional: a que transpõe as fronteiras nacionais;
- d) Internacional Semi-urbana: aquela que, com extensão igual ou inferior a setenta e cinco quilômetros e característica de transporte rodoviário coletivo urbano, transpõe as fronteiras nacionais.

Em razão das variáveis e dos fatores que influenciam os acidentes de trânsito, estes são tidos como complexos, porém previsíveis, pois são consequência de uma série de causas de eventos e circunstâncias em que o sujeito pode interferir para evitar ou reduzir suas ocorrências.

Os acidentes estão relacionados com o risco, que por sua vez se encontram presentes nas atividades humanas; porém, em diversas técnicas de

abordagens, o suporte para realizar estudos de segurança de tráfego está na análise dos dados dos acidentes (TAMAYO e SINAY, 2010).

Assim, aqueles que possuem uma base de informação organizada e atualizada sobre seus acidentes de trânsito, poderão apresentar um perfil melhor dos indicadores de segurança viária, ou seja, quando se trata de segurança, faz-se necessário um estudo mais profundo em que se utilize de informação estatística sobre os acidentes de trânsito ocorridos.

Com as informações, é possível se conhecer como os acidentes acontecem, daí a importância de se ter um sistema de informação de acidentes eficaz por meio da aquisição dos dados e por um sistema de Banco de Dados que permita o processamento ágil.

Montado pela ANTT (2010), o Gráfico 1 representa a evolução do Índice de Acidentes no Transporte Rodoviário Coletivo Interestadual e Internacional de Passageiros. Tal indicador deve ser multiplicado por 10^6 .

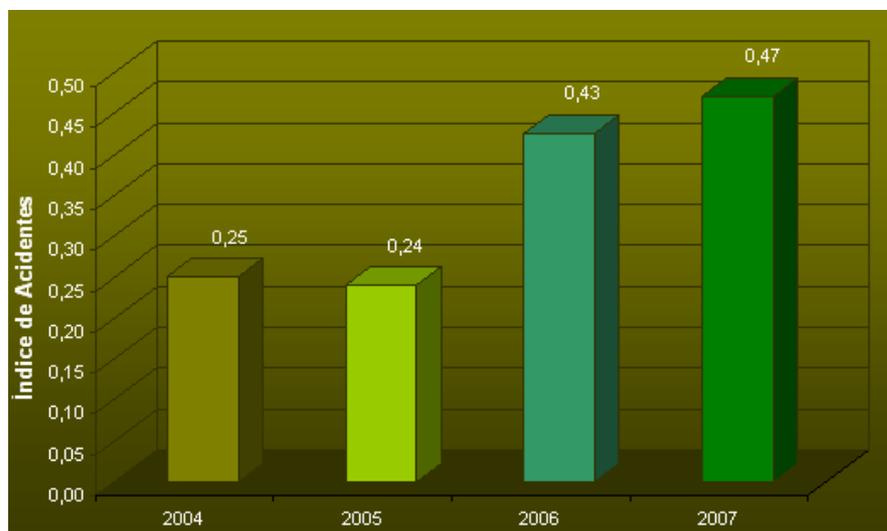


Gráfico 1 –Índice de Acidentes do Transporte Rodoviário Coletivo - 2004-2007
Fonte: (ANTT, 2010)

Segundo Palhares (2002, p. 185), “o modal rodoviário oferece grande flexibilidade para seus usuários. Além de compreender uma grande parte da rede de transporte de uma determinada região, o transporte rodoviário serve ainda como meio de interligação entre outros meios de transporte”.

No Brasil, o ônibus representa o principal meio para as pessoas se deslocarem de um lugar a outro, principalmente quando estão em viagens turísticas. Este modo de transporte é o mais importante nas viagens domésticas, mas também chega a representar mais da metade do total (55,7%) (SANTOS *et al.*, 2006).

A falta de política de transportes foi um dos motivos que incentivou esse segmento à população de baixo poder aquisitivo, razão pela qual esta opção vem sendo única em termos de acessibilidade para a maioria dos brasileiros.

Para se ter uma ideia a respeito, a Tabela 1 demonstra um resumo geral dos dados operacionais de 2007, com base no Anuário Estatístico de 2008 da ANTT (Agência Nacional de Transporte Terrestre).

Tabela 1. Resumo geral dos dados operacionais 2007

Quantidade de empresas	196
Quantidade de veículos – ônibus	13.907
Quantidade de motoristas	21.913
Quantidade de serviços - Semi-urbano	71
Quantidade de serviços - Acima de 75 Km	2.576
Passageiros transportados - Semi-urbano	69.991.332
Passageiros transportados - Acima de 75 Km	61.570.406
Passageiros km transportados - Semi-urbano	3.347.021.783
Passageiros km transportados - Acima de 75 Km	23.784.675.079
Viagens realizadas - Semi-urbano	1.874.243
Viagens realizadas - Acima de 75 Km	2.299.898
Distância percorrida pela frota – km	1.411.379.674

Fonte: (ANTT, 2010)

Como características, o serviço de transporte rodoviário interestadual de passageiros efetua viagens de longa distância, realizando ligações entre cidades de estados diferentes e, portanto, os ônibus devem possuir certo conforto.

Por outro lado, Palhares (2002, p. 31) explica que “a utilização de transporte rodoviário é mais adequada em viagens de curta e média duração, devido à velocidade que empreende (no Brasil, as rodovias permitem velocidades entre 80 e 120 Km/h), sendo que sua importância para o turismo é: a flexibilidade porta-a-porta, que permite ao turista escolher sua rota de preferência; permite levar equipamentos próprios de turismo; funciona também como ligação entre os terminais de transporte e os destinos finais; funciona como transporte de massa para excursões em áreas turísticas.”

No entanto, a expansão e o desenvolvimento acelerado do sistema de transporte rodoviário ocasionam um acréscimo nos acidentes de tráfego; por isso, a segurança de motoristas, passageiros e pedestres vem sendo um dos principais objetivos do gerenciamento dos sistemas de transportes e sua infraestrutura, assim como do gerenciamento da mobilidade.

Segundo a ANTT (2010), o transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros, no Brasil, é um serviço público essencial, responsável por uma movimentação superior a 140 milhões de usuários/ano. O grau de importância desse serviço pode ser medido quando se observa que o transporte rodoviário por ônibus é a principal modalidade na movimentação coletiva de usuários, nas viagens de âmbito interestadual e internacional. O serviço interestadual, em especial, é responsável por quase 95% do total dos deslocamentos realizados no País. Sua participação na economia brasileira é expressiva, assumindo um faturamento anual superior a R\$ 2,5 bilhões na prestação dos serviços regulares prestados pelas empresas permissionárias e autorizadas em Regime Especial (Res. 2868 e 2869/2008), onde são utilizados 13.400 ônibus. Para um País com uma malha rodoviária de aproximadamente 1,8 milhões de quilômetros, sendo 146 mil asfaltados (rodovias federais e estaduais), a existência de um sólido sistema de transporte rodoviário de passageiros é vital.

Neste sentido, este modo de transporte de pessoas demanda que tanto a sua manutenção, como as garantias de qualidade sejam essenciais, pois um sistema de transportes desenvolvido deve propiciar a integração de suas

regiões, expansão e melhoria do sistema de produção, favorecendo, assim, seu crescimento.

Segundo Moraes (2005, p. 67) “o transporte rodoviário de passageiros representa 96% do total da atividade de passageiros”.

Segundo o IBGE (2007) os Serviços de transporte rodoviário de passageiros municipal, intermunicipal e interestadual, em conjunto, apresentaram 23,9% da receita do setor de transportes.

5.2– PERFIL DA EMPRESA ESTUDADA

A empresa estudada nesta pesquisa pertence ao segmento de transporte rodoviário coletivo interestadual de passageiros. Por questões de identificação da corporação e por se tratar de segmento específico a empresa é denominada neste estudo como sendo: “Empresa Alfa”. Isso se dá, pois a corporação pertence a um grande conglomerado de transporte interestadual, e tem presença no mercado brasileiro há cinquenta anos.

A sede da empresa encontra-se localizada na região norte da cidade de São Paulo, próxima aos grandes centros rodoviários da cidade, o que é fator de diferencial competitivo, visto a fácil disponibilidade dos seus veículos. Atende à maioria das cidades do interior do estado de São Paulo e capital, e possui uma frota de aproximadamente 1.235 ônibus.

A missão da empresa é transportar pessoas com conforto, segurança, qualidade, balizado pelo preço justo para o tipo de serviço prestado. Isto faz com que a empresa invista nos seus dois principais ativos que são: os ônibus e o capital intelectual de seus funcionários, provendo-lhes treinamentos de primeira linha.

Uma das características de sua frota de ônibus é prover ao cliente conforto; para isto; sua frota é toda equipada com modernos equipamentos de som e

vídeo, bem como, ar condicionado, além de estar sempre investindo na aquisições de veículos novos.

Ao se preocupar com a segurança e manutenção de seus ônibus, a empresa costuma renovar sua frota a cada dois anos e realizar suas manutenções a cada 15.000 Km rodados nos veículos novos; e naqueles que já estão um pouco mais rodados, a cada 8.000 Km, conforme instrução dos manuais dos fabricantes.

Por ser a área de manutenção da empresa uma das mais bem equipadas e importantes, seus investimentos neste quesito são bem elevados, sendo que, a cada ano, a empresa investe cerca de R\$ 15 milhões entre componentes, peças, automação e na gestão de manutenção da frota.

É filosofia da empresa que, ao término das viagens realizadas, todos os ônibus sejam submetidos a revisão geral; além disso, há projeto de um ônibus-escola que percorra o País, reciclando seus mecânicos e motoristas.

A empresa conta, atualmente, com mais de noventa colaboradores para gerir a manutenção da organização; esses funcionários são divididos desde engenheiros mecânicos, até mecânicos treinados na fábrica dos fornecedores de ônibus, ambos com muita experiência na operação e no negócio.

Diariamente, os ônibus da empresa percorrem uma média de 900 Km e atendem milhares de pessoas que se deslocam de seus lares a lugares bem distantes do Estado de São Paulo para outros estados e municípios. Embora, a empresa se preocupe com a qualidade de seus serviços, muitos dos serviços de manutenção são ainda realizados por ordens de serviços manuais e estas transcritas através de planilhas eletrônicas, o que pode gerar erros e atrasos no processo de tomada de decisão.

Outro ponto relevante a destacar na visita realizada *in loco* pelo pesquisa com frequência quinzenal na organização desde 2009, é o fato de que veículos da frota fabricados entre os anos de 2008 a 2010 já trazerem consigo tecnologia de detecção de falhas embarcada no próprio veículo (*Fieldbus*). Desta forma,

está sendo possível coletar dados estatísticos de falhas e incidentes diretamente da fonte, através da leitura do *software* de aplicações embarcadas no Padrão *Fieldbus* e linguagem baseadas na tecnologia *eXtensible Markup Language*⁴ (XML).

Posteriormente, esses dados são transferidos aos bancos de dados numa central de manutenção e, ali, serão analisados por meio de análise de distribuição e correlação em *software* próprio. Daí será possível mapear e criar ambiente propício para análise da confiabilidade, identificando os mecanismos de falha presentes nas instalações e possíveis tendências estatísticas.

5.3 – CONCEPÇÃO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIOS INTERESTADUAL

A concepção de projetos em sistema rodoviário interestadual, que é o objetivo deste estudo, geralmente envolve grande impacto na concepção de sistemas, passando pela elaboração de plano de operações e manutenção, e da avaliação dos sistemas e módulos em processo de implantação.

No sistema de transporte rodoviário, entre as diversas perspectivas e indicadores, como financeiro, comercial, segurança, logístico, entre outros, destacam-se três perspectivas diretamente relacionadas com o atributo de confiança, descrito na Figura 10 (Concepção de um sistema Transporte Rodoviário): concepção, operação e manutenção.

Avaliando-se a Figura 10, percebe-se que existe relação entre as conjunturas deste projeto, as quais estimulam a relação e as informações entre si, de forma lógica e cíclica.

XML®, do inglês *eXtensible Markup Language*, é uma linguagem de marcação recomendada pela W3C para a criação de documentos com dados organizados hierarquicamente, tais como textos, banco de dados ou desenhos vetoriais.

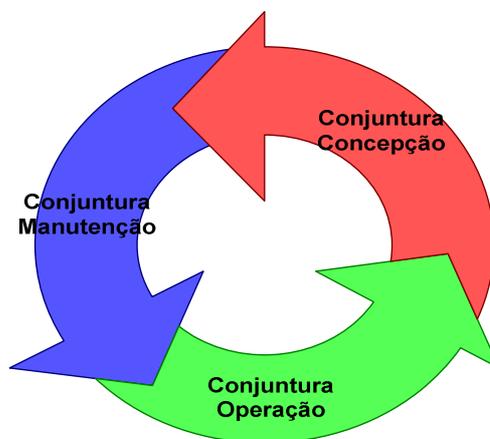


Figura 10 - Concepção de um sistema de Transporte Rodoviário

Fonte: Adaptado de Siqueira (2009, p. 163)

5.4 – CONJUNTURAS: CONCEPÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

A conjuntura da concepção tem como principal objetivo estabelecer parâmetros para dar subsídio ao desenvolvimento e à expansão do processo de implantação de sistema críticos na organização. Tal proposta busca responder soluções para questões ligadas à área técnica e de projetos de sistemas de informação, buscando, neste contexto, a atualização constante de ferramentas, tanto computacionais, quanto de operação dos sistemas críticos.

Neste contexto, as estratégias derivadas da conjuntura de concepção podem ser destacadas como os atributos de confiança, conforme segue:

1. Atributo de segurança na concepção: é neste atributo que se pretende analisar os indicadores de falha no sistema em processo de implantação, definindo, desta forma, as estratégias para implementações futuras, ganhando confiança em eficiência e eficácia;
2. Atributo de confiabilidade na concepção: aqui são analisadas questões relacionadas à sazonalidade de falhas históricas e especificados os

indicadores de gestão da manutenção como MTBF⁵ (*Mean Time Between Failures*) ou tempo médio entre falhas, MTTF (*Mean Time To Failure*) ou tempo médio para a falha, MKBF (*Mean Kilometer Between Failures*) ou média de quilômetros entre falhas, MTTR (*Mean Time to Repair*) ou tempo médio para reparo.

3. Atributo de disponibilidade na concepção: analisar os índices e taxas históricas dos módulos do sistema já implementado e, posteriormente, confrontá-las com taxas de falhas previamente especificadas, buscando, assim, novos padrões de disponibilidade para os sistemas.
4. Atributo de concepção de manutenibilidade: analisar os índices e taxas de falhas históricas e confrontá-las com as técnicas de manutenção preditiva, preventiva e corretiva, determinada pelos colaboradores, fornecedores e equipe técnica envolvida na época da utilização e, por conseguinte, buscar apresentar novos indicadores de manutenibilidade.

A perspectiva de operação tem como principal objetivo buscar a eficiência e eficácia da operação do negócio, considerando as questões legais, técnicas e operacionais do produto e do serviço prestado. O foco desta perspectiva é prover ao público os serviços de segurança, confiabilidade, disponibilidade e qualidade dos serviços.

Daí as principais atribuições da conjuntura operação estarem ligadas à questão de segurança, confiabilidade e disponibilidade, conforme segue:

1. Segurança na conjuntura de operação: neste tópico, serão analisados os indicadores relacionados ao histórico de falhas, buscando compreender as variáveis que influenciam os mecanismos que geram acidentes e incidentes nos sistemas operacionais.

MTBF (Tempo médio entre falhas) é calculado dividindo o Tempo Operacional (TO) pelo Número de falhas ocorridas (x), conforme a fórmula $MTBF = TO/x$.

MTTF (Tempo Médio para Falhas) é calculado dividindo o número 1 pelo coeficiente alfa que representa a função da confiabilidade e dado pela fórmula $MTTF = 1/\lambda$.

MKBF (Média de quilômetros entre falhas) é dada pela expressão: $MKBF = MTTF + MTTR$.

MTTR (Tempo médio para reparo) é calculado dividindo o Tempo de Reparo (TR) pelo número de falhas ocorridas (x), conforme a fórmula $MTTR = TR/x$.

2. Confiabilidade na conjuntura de operação: aqui o foco é controlar, monitorar de forma periódica os indicadores de falha, analisar a confiabilidade operacional e identificar possíveis situações de não conformidade, confrontando com taxas de falhas historicamente levantadas.
3. Disponibilidade na conjuntura de operação: neste tópico, o contexto é mensurar a disponibilidade operacional do sistema e estabelecer parâmetros para definição de quais estratégias deverão ser aplicadas na frota operacional da organização, buscando identificar os horários e dias da semana com maior e menor movimento, estabelecendo, assim, prioridades quanto à estratégia para manutenção da frota operacional.
4. Manutenibilidade na conjuntura da operação: monitorar procedimentos operacionais de forma a garantir pronta resposta aos diversos sistemas e componentes envolvidos nos sistemas de transporte rodoviário.

A ótica da conjuntura de manutenção em projetos de sistemas de transporte rodoviário tem como principal objetivo assegurar a confiabilidade, segurança e disponibilidade do sistema e de seus componentes, de acordo com os padrões previamente estabelecidos, podendo assim executar, quando necessário, as adequações e modificações no projeto.

Neste contexto, as atribuições, avaliadas sob a conjuntura da manutenção têm ampla relação com a variável confiança, conforme se destaca a seguir:

1. Segurança na conjuntura de manutenção: avaliar os indicadores históricos e de falha, de tal forma a assegurar a segurança com os sistemas operacionais.
2. Confiabilidade na conjuntura de manutenção: buscar monitorar equipamentos com falhas potenciais e especificar parâmetros para a Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM), possibilitando, desta forma, diminuir a relação entre falha e manutenção.

3. Disponibilidade na conjuntura de manutenção: mensurar a demanda operacional em relação à disponibilidade dos componentes do sistema, buscando desenvolver alternativas de equipamentos e manutenção, técnicas e ferramentas para otimizar o pronto restabelecimento do sistema após eventos de falhas.
4. Manutenibilidade na conjuntura de manutenção: permitir analisar indicadores históricos de falha e buscar identificar procedimentos técnicos para manutenção preditiva, preventiva e, em última alternativa, corretiva na operação do negócio.

O estudo das variáveis de concepção, de operação e de manutenção que norteiam projetos em sistemas de transportes rodoviários demanda tomada de decisões estratégicas, as quais, no decorrer desta pesquisa, serão norteadas pelos três indicadores descritos. Tais informações, geradas a partir dos indicadores citados, são de extrema importância, tanto pelo fato da decisão em si, quanto relacionada com questões como prazo, custo e gestão do projeto.

5.5 - SISTEMAS TRANSACIONAIS

Para se identificar as principais fontes de falhas de dados, é necessário partir da premissa conceitual que os sistemas de informação e, em particular neste tópico, os sistemas transacionais, armazenam dados que formam a base operacional do ambiente computacional proposto. Para O'brien (2008), os sistemas transacionais ocorrem na camada de negócio das organizações, pois, através desta, pode-se realizar operações rotineiras do dia a dia, tais como: compras, vendas, saques bancários, etc. As características dos sistemas transacionais estão no fato de que é alta a velocidade no tempo de resposta, é baixo o volume de dados envolvidos na transação, e pouca importância dos dados, quando analisados pela sua base histórica.

Para tal, esta pesquisa selecionou dados do sistema transacional *Advanced Protheus® 10⁶*, versão *full*, com banco de dados *Oracle⁷ 10g*), do módulo de manutenção industrial, nos quais as falhas são registradas pelo operador e ou captadas por meio de importação de leitor *Fieldbus*, após a detecção pelo sistema transacional.

Para dar sustentação e robustez acadêmica, esta pesquisa terá como universo para amostra cerca de 4 (quatro) mil registros de falhas de um total de 12 mil, identificadas no sistema transacional e que tenham correlação entre as diversas dimensões históricas de indicadores relacionadas anteriormente.

Os quatro mil registros selecionados para o estudo de caso correspondem ao período de 2007 a 2009 da empresa estudada e se referem a falhas de todas as naturezas detectadas. Os dados foram selecionados a partir de rotina de seleção de dados diretamente no banco de dados da organização, conforme descrito no Quadro 2. Os demais oito mil registros restantes foram desprezados para efeito desta pesquisa, visto que não estavam no escopo inicial deste trabalho.

5.6 - EXTRAÇÃO, TRANSFORMAÇÃO E CARGA DO MODELO COMPUTACIONAL PROPOSTO (ETL)

É nesta fase que serão realizadas a operação de extração, transformação e carga de dados dos sistemas transacionais, juntamente com os dados gerados do barramento *Fieldbus*. Os processos definidos seguem a seguinte relação lógica de execução:

- a) Extração: a extração de dados será realizada através de rotina customizada diretamente no console do produto *Oracle Enterprise*

⁶*Advanced Protheus@10* é marca registrada da TOTVS S.A.

⁷O banco de dados *Oracle 10g* é uma marca registrada da *Oracle Corporation@* e/ou de suas afiliadas.

Manager, na versão 10g, via linguagem DML ANSI/SQL⁸. Já os dados do sistema coletado através do barramento *Fieldbus* serão extraídos através de rotina específica desenvolvida para leitura no formato XML.

- b) Transformação: este será um ponto de grande cautela a se trabalhar no decorrer desta pesquisa, visto que, ao carregar os dados do modelo *Fieldbus*, inúmeras inconsistências serão localizadas como, por exemplo: formato de campos, tipos de variáveis, paridade de dados, entre outros. Para a rotina de transformação, haverá de se criar uma tabela auxiliar do tipo “de/para”, validando as transformações geradas;
- c) Após a transformação dos dados, encerra-se o processo de ETL no banco de dados da empresa estudo de caso. A forma de carga de dados definida para o estudo em questão será a incremental, que, segundo Watson (2009), tem como um dos principais benefícios a preservação dos dados históricos no *Data Warehouse*, independente do ambiente de origem.

5.7 – APLICAÇÃO DO ROTEIRO DO MODELO COMPUTACIONAL – ANÁLISE ESTATÍSTICA DA AMOSTRA

Com base no modelo proposto na Figura 7, item (8), iniciou-se o processo de análise estatística do universo da amostra coletada na Empresa Alfa, por meio da coleta estratificada de ambas as fontes de informação (sensor *FieldBus* e dados coletados de levantamento de informações do sistema transacional), conforme anteriormente mencionado.

Os testes estatísticos aplicados para validação do construto pesquisado deram-se por intermédio da amplitude da correlação multivariada descritiva e do

⁸DML é *Data Manipulation Language* - Linguagem de Manipulação de Dados). A DML é um subconjunto da linguagem usada para inserir, atualizar e apagar dados, em banco de dados relacionais.

Coeficiente de Alfa de *Cronbach* – *CAC* (MANLY, 2006), cuja validação *in loco* foi feita através da análise das variáveis destacadas nos testes mencionados e listado no Quadro 3 – Quadro Matriz de Correlações Multivariada das Variáveis Estratificadas (*FIELD BUS*, SISTEMA TRANSACIONAL) e Teste de Alfa de *Cronbach*.

Com o intuito de tornar mais transparente a identificação dos testes aplicados e os resultados obtidos, é importante neste momento aprofundar-se nos conceitos bibliográficos estatísticos, para que este possa conceber as premissas iniciais e prévio conhecimento do estudo proposto. Para tal, destaca-se, a seguir, uma breve revisão dos testes aplicados neste trabalho.

Como mencionam Hair *et al.* (2005), estabelecer propósitos, encontrar, propor e mensurar expectativas e relações é o papel da estatística. Para conseguir entender e estudar esses conceitos disponíveis na natureza é necessário controlar, manipular e medir as variáveis que são consideradas relevantes ao entendimento de fenômenos que se quer entender. Diversas são as dificuldades em se traduzir informações em conhecimento, principalmente quando se trata da avaliação estatística das informações.

Com o advento das tecnologias computacionais e o desenvolvimento das descobertas científicas, a ciência tem se apoiado em ampliar, nas várias ordens de grandeza, a capacidade de obter informações sobre acontecimentos e fenômenos que estão interligados e relacionados entre si.

Quando se analisa um grande número de informações, estas devem ser transformados em conhecimento, para que se possa, cada vez mais, direcionar para decisões centradas em certeza e baseadas em valor. Neste contexto, a “Análise Multivariada” corresponde a um grande número de métodos e técnicas que utilizam, simultaneamente, todas as variáveis combinadas na interpretação do conjunto de dados estruturados ou não estruturados (HAIR *et al.*, 2005).

Compartilhando a mesma visão, Johnson e Wichern (2002) destacam que a análise multivariada tem como objetivo otimizar a interpretação de grande quantidade de informações e verificar a relação entre os grupos de variáveis dependentes e coletadas sobre o mesmo contexto. As n observações sobre as p variáveis constituem a matriz de dados ou matriz de correlação, em que, $n > p$. Assim, uma condicionante para aplicação do modelo é que o número de

variáveis seja menor que o de observações e, ainda assim, recomenda-se que haja um número mínimo de 17 observações para a amostra estudada.

De acordo com a literatura, a análise multivariada está dividida em Análise por Agrupamento (AA), Função Discriminante (FD), Análise Fatorial (AF), dentre outras (HAIR *et al*, 2005). Estando de acordo com o proposto no método e detalhado anteriormente na Figura 7, item (8), buscou-se utilizar aquela que, na literatura, melhor se adequava ao tipo de pesquisa aqui proposto.

A variável estatística de Análise por Agrupamento (AA) pode ser definida, segundo Johnson e Wichern (2002), como um conjunto de variáveis ou características que buscam representar objetos a serem agrupados, buscando encontrar similaridade entre as variáveis. A variável (AA) classifica objetos, comportamentos, produtos, indivíduos, de modo que, no agrupamento, cada fenômeno seja semelhante a outro através da relação do critério de seleção predeterminado.

Já a análise multivariada por Função Discriminante possui duas principais funções, sendo a primeira permitir alocar indivíduos em grupos já definidos e, a segunda, se a intenção não for alocar, a técnica citada refina a Análise de Agrupamento (AA), buscando entender a nova alocação disponível.

E por último, a análise fatorial que neste estudo foi a escolhida e aplicada por entender que fornece medidas responsáveis para captar as maiores variações dentre os resultados, sem que se perca o conjunto original das informações.

Outra forma de estabelecer o conceito de correlação entre os objetos é através do Coeficiente de Correlação de Pearson. Segundo este, a medida de similaridade entre dois objetos R e T , denominada por $S(R,T)$, deve satisfazer as seguintes propriedades (JOHNSON e WICHERN, 2002):

- i. $S(R,T) = S(T,R)$
- ii. $|S(R,T)| \geq 0$;
- iii. $S(R,T)$ cresce à medida em que a semelhança entre R e T cresce.

O Coeficiente de *Pearson* entre as variáveis R e T é dado pela Equação I.

$$r_{xy} = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\left[\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \cdot \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right] \right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{S_{xy}}{(S_{xx} \cdot S_{yy})^{\frac{1}{2}}} = \sqrt{\frac{S_{xy} \cdot S_{xy}}{S_{xx} \cdot S_{yy}}} = \sqrt{\frac{b \cdot S_{xy}}{S_{yy}}}$$

Deve-se atentar para o valor de r_{xy} , onde r varia de -1 a 1, reforçando a escolha da medida, quando esta se aproximar de 1 e refutando a variável, quando esta se aproximar de -1 (HAIR *et al.*, 2005).

Para efetuar a validação e ter a confiabilidade dos dados extraídos para análise nos itens seguintes, foi efetuado, em conjunto aos testes citados, o Coeficiente de Alfa de *Crobach* (CAC). Segundo Manly (2006), CAC é um importante indicador estatístico de fidedignidade para análise estatística, sendo também chamado de Coeficiente de Fidedignidade (CF). Esse coeficiente é utilizado em situações em que o pesquisador não tem oportunidade de fazer análise do todo ou realizar entrevista individual com os respondentes. Neste contexto, quanto maior a correlação entre os itens de instrumento, maior será o valor do Alfa de *Cronbach*. Assim, o α pode assumir valores entre 1 e infinito negativo (embora apenas valores positivos façam sentido). Normalmente, os pesquisadores assumem como valor significativo α com valor maior ou igual a 0,70.

Nesta pesquisa, em particular, foi detectado para efeito de confiabilidade da amostra um CAC igual a 0,85302356, por intermédio do *software* SPSS versão

18, ou seja, plenamente satisfeita para efeito de estudo acadêmico, conforme destacado no Quadro 3, anteriormente citado.

5.8 – RESULTADOS ALCANÇADOS E MELHORIAS COM O MAPEAMENTO ESTRATÉGICO

Este mapeamento estratégico foi deflagrado a partir dos resultados obtidos em diversas ferramentas utilizadas ao longo do desenvolvimento deste estudo, em que a diretoria da empresa e seu *staff* administrativo e técnico realizaram diversas reuniões no período de Dezembro de 2009 para mapear as metas futuras a serem tomadas como exequível nos períodos de Janeiro de 2010 em diante. A Figura 11 apresenta o mapa estratégico aqui mencionado.

Visão		“ Ser considerada em 2011 a empresa modelo em transportes Interestadual”											
Temas Estratégicos		Focar no Segmento B	Competir com Responsabilidade Ambiental	Consolidar Operação (Processos Int)	Gestão com base em informações confiáveis (SIG).	Expandir a Rede	Atuar no segmento de Transporte e movimentação						
Perspectivas	Finanças	Perseguir metas de Resultados (Vendas, Crescimento e Lucro)		Regularizar situação Financeira e gerar Fluxo de Caixa		Gerar Lucro Líquido de 6% ao mês e reservar uma parte para expandir		Eliminar Desperdício com Manutenção Corretiva.		Buscar Fontes de Financiamento para Crescer.			
	Mercado	Desenvolver Modelo de Prevenção a Falhas		Desenvolver Modelo de Serviço		Novos Parceiros		Trabalhar na Construção de Consolidação da Imagem Corporativa		Plano de Expansão e Gestão de Frotas e Rotas		Trabalhar em Novos Negócios	Estudar Mercados Correlatos
	Processos Internos	Mitigar Manutenção Corretiva		Consolidar Ferramenta de Informática		Organizar Área Administrativa Financeiro		Estruturar os KPI'S		Implementa Um Sistema Informações Gerenciais (SIG)		Implementar SAD	Organizar Oficina e Manutenção
	Pessoas	Capacitar Colaboradores			Desenvolver Pessoas			Incentivos e Participação					
Missão		“Fornecer a melhor qualidade em sistemas de transportes viários, gerando confiabilidade para os Consumidores”.											
30/06/07		30/06/08			30/06/09			30/06/10		30/06/11			

Figura 11 – Mapeamento Estratégico (*Balanced Scorecard*)
Fonte: (Autor, 2010)

A partir de diversas discussões, este mapeamento retrata os principais pontos a serem trabalhados para que a empresa seja, de fato, considerada um modelo no segmento de transporte interestadual, e forneça melhor qualidade aos consumidores de seus serviços.

Dentro deste cenário, os gestores estruturam o referido mapeamento dentro de quatro perspectivas: Finanças; Mercado; Processos Internos e Pessoas.

Quanto às Finanças, cinco aspectos são levados em consideração: perseguir metas de resultados (aumento de vendas, crescimento e lucro); regularizar situação financeira e gerar fluxo de caixa; gerar lucro líquido de 6% ao mês e reservar uma parte para expandir; eliminar desperdício com manutenção corretiva; e buscar fontes de financiamento para crescer e expandir em novos mercados.

Neste contexto, quando se trata do assunto manutenção, os gestores da empresa perceberam que muitos dos problemas em relação a este assunto eram devidos à falta de sistemas que pudessem sinalizar a real situação da empresa, e que pudessem integrar todo tipo de informação. Assim, seguem as Tabelas 2, 3 e 4 que refletem a análise quantitativa dos dados anterior e posterior ao Modelo Computacional e discutido no decorrer deste tópico.

Tabela 2 – Análise Quantitativa dos dados anterior ao Modelo Computacional

Análise Quantitativa dos dados Anterior ao Modelo Computacional						
Dimensões	Tipo	Período				Custo Sintético 2009/01
		2007	2008	2009/01(*)	2009/02(**)	
Natureza de Falha	Crítica	209	399	256	277	23.545,00
	Marginal	109	145	231	312	26.520,00
	Severa	205	287	299	331	28.135,00
Tipo de Falha	Mecânica	234	334	390	411	34.935,00
	Elétrica	346	567	590	634	53.890,00
	Estrutural	177	90	89	67	5.695,00
	Humana	231	314	189	201	17.085,00
	Hidraulica	450	654	512	618	52.530,00
Ocorrência	Restauração	189	122	112	134	11.390,00
	Serviço Operacional	649	710	418	469	39.865,00
	Reparo Funcional	896	996	1039	1476	125.460,00
	Reparo Emergencial	1126	1890	1036	1654	140.590,00
	Restauração corretiva	223	349	245	312	26.520,00
	Substituição corretiva	334	421	556	321	27.285,00
	Reparo Preventivo	156	188	154	133	11.305,00
Tipo de Parada	Revisão	1896	2383	1675	1599	135.915,00
	Conserto	321	211	230	290	24.650,00
	Troca	872	990	670	778	66.130,00
	Lubrificação	1456	1675	2335	2678	227.630,00
	Ainhamento	689	774	567	664	56.440,00
	Rodizio	446	675	677	762	64.770,00
Diagnostico da Falha	Sobreaquecimento	111	177	190	211	17.935,00
	Ruído Anormal	664	784	346	389	33.065,00
	Perda de Pressão	166	221	278	299	25.415,00
	Trepidação	331	332	442	334	28.390,00
	Surto mecânico	119	167	235	321	27.285,00
	Surto elétrico	89	77	110	152	12.920,00
Produto	Câmbio	39	44	72	88	7.480,00
	Motor	99	101	127	166	146.910,00
	Diferencial	65	88	101	197	75.845,00
	Elétrica	112	167	143	109	61.585,00
	Freio	379	542	329	428	36.380,00
	Suspensão	223	445	564	549	46.665,00
	Chassi	12	34	18	22	1.870,00
Tempo	Horas Paradas	480	567	421	431	36.635,00
				15.646,00	17.817,00	1.722.030,00

(*) - Primeiro Semestre

(**) - Segundo Semestre

Tabela 3 – Análise Quantitativa dos dados posterior ao Modelo Computacional

<i>Dimensões</i>	<i>Tipo</i>	<i>Período</i>	
		<i>2010/01(*)</i>	<i>Custo Sintético 2010/01</i>
Natureza de Falha	Crítica	202	16.160,00
	Marginal	182	14.560,00
	Severa	236	18.880,00
Tipo de Falha	Mecânica	307	24.560,00
	Elétrica	465	37.200,00
	Estrutural	70	5.600,00
	Humana	149	11.920,00
	Hidraulica	403	32.240,00
Ocorrência	Restauração	88	7.040,00
	Serviço Operacional	329	26.320,00
	Reparo Funcional	819	65.520,00
	Reparo Emergencial	816	65.280,00
	Restauração corretiva	193	15.440,00
	Substituição corretiva	438	35.040,00
	Reparo Preventivo	121	9.680,00
Tipo de Parada	Revisão	1320	105.600,00
	Conserto	181	14.480,00
	Troca	528	42.240,00
	Lubrificação	1840	147.200,00
	Alinhamento	447	35.760,00
	Rodizio	533	42.640,00
Diagnostico da Falha	Sobreaquecimento	150	12.000,00
	Ruído Anormal	273	21.840,00
	Perda de Pressão	219	17.520,00
	Trepidação	348	27.840,00
	Surto mecânico	185	14.800,00
	Surto elétrico	87	6.960,00
Produto	Câmbio	57	4.560,00
	Motor	100	8.000,00
	Diferencial	80	6.400,00
	Elétrica	113	9.040,00
	Freio	259	20.720,00
	Suspensão	444	35.520,00
	Chassi	14	1.120,00
Tempo	Horas Paradas	332	26.560,00
		12.328,00	986.240,00

Tabela 4 – Variação – Quantidade e Custo Período 2009/1 x 2010/1

<i>Dimensões</i>	<i>Tipo</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Custo</i>
Natureza de Falha	Crítica	54	7.385,00
	Marginal	49	11.960,00
	Severa	63	9.255,00
Tipo de Falha	Mecânica	83	10.375,00
	Elétrica	125	16.690,00
	Estrutural	19	95,00
	Humana	40	5.165,00
	Hidraulica	109	20.290,00
Ocorrência	Restauração	24	4.350,00
	Serviço Operacional	89	13.545,00
	Reparo Funcional	220	59.940,00
	Reparo Emergencial	220	75.310,00
	Restauração corretiva	52	11.080,00
	Substituição corretiva	118	7.755,00
	Reparo Preventivo	33	1.625,00
Tipo de Parada	Revisão	355	30.315,00
	Conserto	49	10.170,00
	Troca	142	23.890,00
	Lubrificação	495	80.430,00
	Alinhamento	120	20.680,00
	Rodizio	144	22.130,00
Diagnostico da Falha	Sobreaquecimento	40	5.935,00
	Ruído Anormal	73	11.225,00
	Perda de Pressão	59	7.895,00
	Trepidação	94	550,00
	Surto mecânico	50	12.485,00
	Surto elétrico	23	5.960,00
Produto	Câmbio	15	2.920,00
	Motor	27	138.910,00
	Diferencial	21	69.445,00
	Elétrica	30	52.545,00
	Freio	70	15.660,00
	Suspensão	120	11.145,00
	Chassi	4	750,00
Tempo	Horas Paradas	89	10.075,00
		3.318,00	777.860,00

Quando analisada a Tabela 4, que trata da variação entre quantidade e custo no período comparativo do primeiro semestre de 2009 com o primeiro semestre de 2010, ressalta-se que houve uma grande diminuição em termos de custo e

quantidade de peças, que outrora era realizado através de uma manutenção corretiva e que, a partir da implantação do modelo, passa a trabalhar na forma centrada em confiabilidade, em conjunto com o modelo computacional aqui proposto; além disto, as maiores economias ocorreram nas variáveis: lubrificação, motor, diferencial e elétrica.

Quanto à perspectiva Mercado, os gestores descreveram sete parâmetros importantes como: desenvolver modelo de prevenção de falhas; desenvolver modelos de serviços; novos parceiros; trabalhar na construção de consolidação da imagem corporativa; plano de expansão e gestão de frotas e rotas; trabalhar em novos negócios; estudar mercados correlatos.

Estes parâmetros estão intrinsecamente ligados; todos os problemas que a empresa enfrentou num passado recente e que lhe trouxeram conseqüências negativas, estão diretamente vinculados à sua manutenção; a partir de então, para melhorar sua imagem no mercado, passou-se a desenvolver um novo modelo de prevenção de falhas.

Com investimentos em sistemas de apoio técnico e de informação na ordem de R\$ 7 milhões, foram desenvolvidos novos modelos para prevenir as falhas que agora são estudadas e vistas antecipadamente, bem como, o desenvolvimento de modelos de serviços que passaram a ser realizados com maior rapidez.

No que diz respeito aos Processos Internos, denota-se que seus gestores a partir deste, começaram a se preocupar em: mitigar a manutenção corretiva; consolidar ferramentas de informática; organizar área administrativa financeiro; estruturar os indicadores de desempenho, implementar informações gerenciais; implementar SAD; e organizar oficina e manutenção de forma a minimizar os custos e maximizar os processos.

As Figuras 12 e 13 demonstram como eram os processos internos antes e após a aplicação do modelo computacional, que anteriormente detectou-se uma deficiência cognitiva, porém, com a aplicação de avaliação 360º nos colaboradores, verificou-se a necessidade desses indivíduos serem mais capacitados para a tomada de decisão, em conjunto a isto, foi criado um banco

de conhecimento que pudesse agregar mais informações e subsidiar o funcionário na resolução dos problemas.

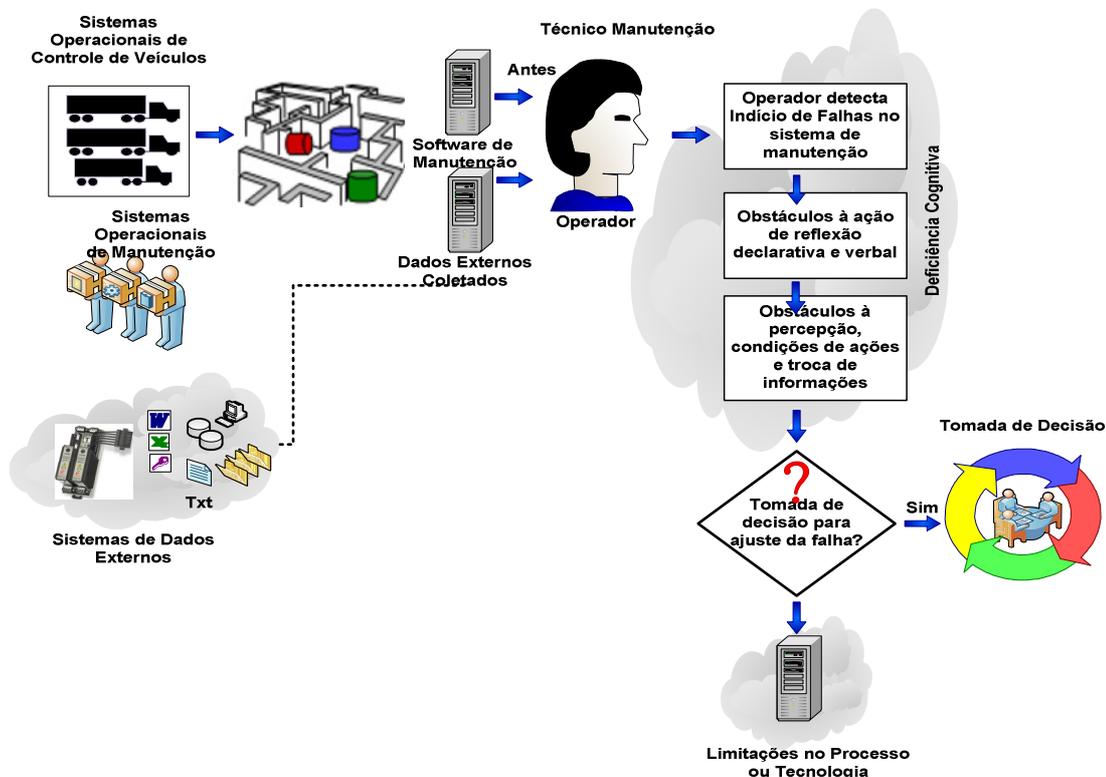


Figura 12 – Processos Internos antes da Aplicação do Modelo Computacional

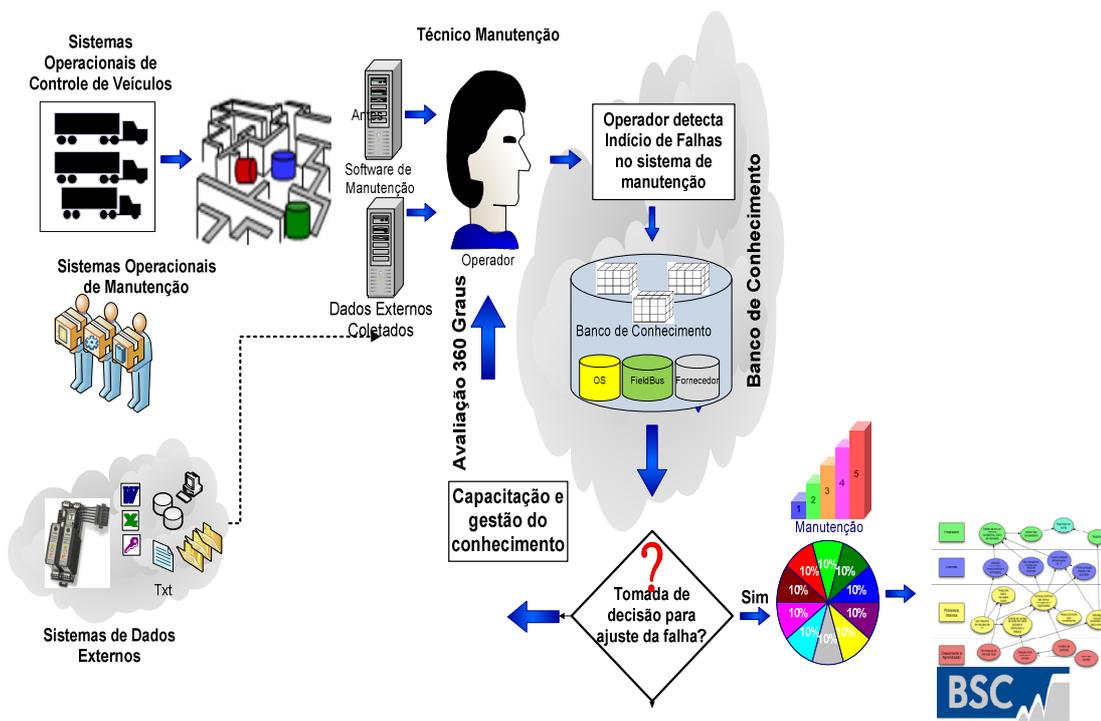


Figura 13 – Processos Internos após a Aplicação do Modelo Computacional

Uma das propostas desta melhoria está na capacitação de colaboradores através do modelo de ensino corporativo, em que a empresa poderá se utilizar das tecnologias de informação e utilizar o conhecimento transversal entre os colaboradores, afinal de contas, as empresas compõem-se de pessoas, e este é o seu real capital intelectual. Quando os colaboradores passam a ser capacitados dentro da própria empresa, eles se esmeram em adquirir cada vez mais informação e conhecimento, melhorando a auto-estima e, por consequência, a imagem e operacionalização do próprio negócio da empresa.

O desenvolvimento das pessoas com certeza é um grande retorno, embora intangível. É a partir da idéia dos indivíduos que sobressai o desenvolvimento de soluções para a empresa, porém, se faz necessário a implantação, em momento futuro, de outros incentivos como, por exemplo, participação nos resultados.

Os incentivos, por exemplo, podem ser o estabelecimento de um modelo para os funcionários receberem prêmios quando eles fornecerem idéias que diminuam custos operacionais e aumentem a qualidade dos serviços ou, ainda, estimular os colaboradores a realizar cursos, custeados pela empresa.

Outro ponto importante a se destacar neste estudo é que, antes da implantação do modelo computacional, os dados encontravam-se totalmente dispersos, ou seja, não havia integração nas informações, demandando um tempo excessivo por parte dos gestores para análise do problema e, por consequência, atraso na tomada de decisão, conforme esquematizado nas Figuras 14 e 15.

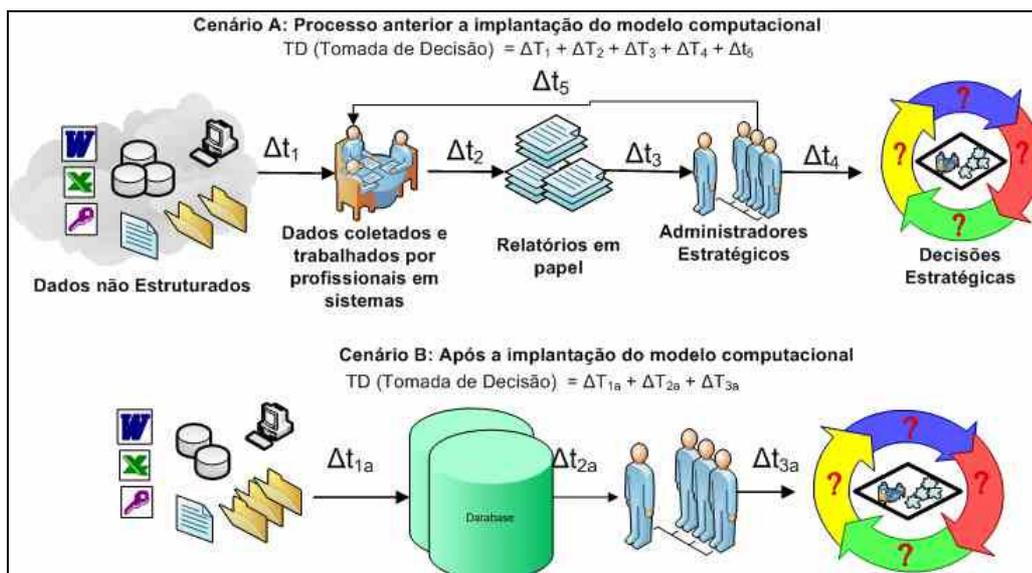


Figura 14 – Cenário Antes e Depois da Implementação do Modelo Computacional

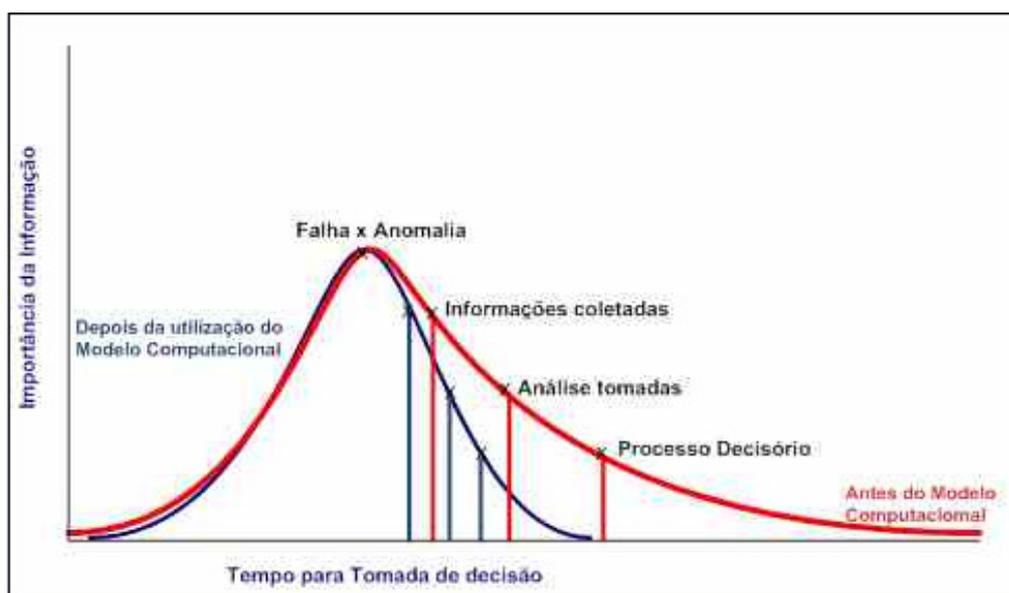


Figura 15 – Importância da Informação x Tempo para Tomada de decisão

Muitas das variáveis levantadas pelo novo sistema foram minimizadas e estudadas, como por exemplo, a função “tempo de decisão” que, no passado, em razão da dispersão de informações, era mais demorada. Com o novo modelo computacional, foi alcançado um ganho de “rapidez em torno de resposta à falha” de cerca de 40%.

O processo de obtenção da informação, neste novo modelo computacional, tem maior velocidade porque, com ele, as pessoas envolvidas já são alertadas

e sabem interpretar o que está ocorrendo; o funcionário sabe como agir, e tudo passou a ser monitorado.

Outra variável importante é o fator “custo de manutenção”, que a empresa anteriormente não conseguia medir devido a inúmeros fatores ligados à falta de informação; já no primeiro semestre de 2010, após a implantação, foi possível economizar até R\$ 770.000,00 aproximadamente só no setor de manutenção, fruto de menor desperdício de tempo de execução, de geração de relatórios, de horas extras sem necessidade, etc.

O cumprimento de horários dos veículos também melhorou após a implantação do modelo computacional e, com a previsão antecipada de quebra de peças que poderiam atrasar a viagem dos passageiros, esta variável sofreu grande impacto, fazendo com que motorista e passageiros tenham uma viagem com horário devidamente cumprido, sendo a rota realizada pelo veículo totalmente monitorada através de “*transponder*”, dispositivo eletrônico que transmite a situação do veículo.

As ocorrências a partir dos primeiros seis meses antes do modelo computacional eram altas, em média de 15.000 por semestre; hoje, está em torno de 12.000 ocorrências, com tendência a reduzir para 6.000 por mês, conforme estudo apresentado nas Tabelas 2, 3 e 4.

Outra variável que sofreu um grande impacto a partir do modelo computacional foi a relativa a “horas-paradas”, em geral causadas por peças que quebravam no percurso das viagens, gerando atrasos e gastos exorbitantes. Houve redução de 35% em relação ao passado, conforme apresentado nas Tabelas 2,3 e 4.

O mesmo ocorreu com as “horas de espera”, que geravam perdas de clientes, onde se conseguiu uma melhora de 25%, medido através do sistema de *call center* da empresa no primeiro semestre de 2010.

Os serviços que, no passado, eram feitos através de relatórios, gerando informações desencontradas; com o modelo computacional, são feitos em terminais que se encontram interligados por uma rede, em que todos têm acesso às informações ali colocadas. Hoje em 2010, as pessoas que estão envolvidas na manutenção têm condições de visualizar, com exatidão, a natureza da falha, em contraposição à situação do passado onde os operários definiam conforme seu entendimento individual, dificultando a homogeneização da linguagem.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo, fortalecidos pelas discussões que se seguiram no decorrer desta pesquisa, levam às seguintes conclusões:

O método aplicado ao estudo ora proposto é válido e passível de replicação em outros cenários que utilizem a manutenção centrada em confiabilidade como pano de fundo para os negócios.

Os resultados da pesquisa apresentada trouxeram ganho significativo, tanto relacionado a questões operacionais, quanto a fatores ligados a procedimentos e gestão do negócio de frota de veículos, em particular na organização ligada a transporte rodoviário interestadual.

Outro fator importante que merece ser destacado é a redução significativa do tempo na tomada de decisão, visto que a diminuição no tempo de extração das informações, a unificação dos dados em base única e fidedigna, a diminuição do fluxo de papéis no processo decisório e a disseminação da informação às demais áreas da organização, levaram a um fortalecimento nos sistemas operacionais, de manutenção e na própria estratégia.

Quanto à questão estratégica, ficou evidente que a integração do modelo computacional proposto com a metodologia de mapeamento estratégico, foi de grande valia, visto que, com a implantação do mapa estratégico, é possível diagnosticar falhas e anomalias.

Na empresa estudada, em relação à estratégia, chamou a atenção dos gestores os desperdícios causados em razão de uma manutenção corretiva. Com a abordagem da manutenção centrada na confiabilidade, criada a partir da interface do pesquisador com a empresa, propondo indicadores

demonstrados estatisticamente, ficou evidente todo o desperdício da organização.

Neste contexto, a empresa também passou a buscar novos parceiros que, como ela, trabalham com uma filosofia baseada na confiabilidade, de forma que sua imagem corporativa se consolide não somente aos seus clientes, mas aos seus fornecedores, aos seus colaboradores, e a todos aqueles que participem de sua cadeia produtiva. Só assim, ela poderá trabalhar com novos negócios e ofertar serviços destinados a lugares mais distantes, como, por exemplo, oferecer viagens a países vizinhos do Brasil e serviços de coleta e entrega programada na mesma viagem, aproveitando o mesmo veículo para o serviço. Isso se deu em função da diminuição de quebras e certeza da disponibilidade da frota, abrindo, assim, um novo leque de negócios.

Em relação aos processos internos, este estudo de fato impactou nas decisões dos gestores dessa empresa, ao verificar a possibilidade de consolidar ferramentas que sirvam de apoio às suas decisões, bem como, a implementação de Sistemas de Informações Gerenciais, e também a estruturação dos Indicadores.

Ao analisar a perspectiva “pessoas”, os gestores viram a necessidade de capacitar os colaboradores; desenvolver pessoas; proporcionar incentivos e participação. Este é um processo natural, pois, quando são propostas diversas ferramentas em que a informação é fornecida, ainda há necessidade de capacitar os colaboradores para que eles saibam interpretar esses dados e informações e que também saibam agir. Principalmente os colaboradores mais antigos, devem ser capacitados, pois muitos ainda trazem consigo a mentalidade de que tudo que está ocorrendo é modismo e ou sempre funcionou assim e nada vai mudar.

Ainda no cenário estratégico, o novo modelo computacional dá à empresa mobilidade estratégica para simular os resultados e prever tendências de falhas e modelagem de novos cenários.

Outro resultado significativo para esta pesquisa refere-se à facilidade da análise e simulação, tanto para dados sintéticos, quanto para amostras analíticas de dados. A ferramenta computacional traz consigo uma ampla camada de inteligência de negócios, facilitando as consultas e simulações geradas através de consultas OLAP, favorecendo o acesso aos indicadores chaves de desempenho da empresa.

Desta forma, pode-se afirmar que os objetivos propostos inicialmente para este estudo foram atingidos e que a utilização do modelo computacional aqui proposto, corrobora para o caso estudado, trazendo vantagem competitiva aos negócios, ao ambiente onde este estudo se realizou e a comunidade acadêmica.

Esta corroboração foi alcançada uma vez que este modelo computacional alcançou os objetivos previamente estabelecidos, em que tal ferramenta forneceu todo apoio de subsídio à previsão e antecipação do tempo na tomada de decisão nos processos transacionais.

Além disto, o modelo computacional encontra-se totalmente integrado a outras ferramentas, que fornecem suporte ao sistema, como indicadores de desempenho e de confiança que sinalizam a gestão de manutenção de forma a antever ocorrências de possíveis falhas, ou seja, no modelo foram aplicados *softwares* em Engenharia de Confiabilidade, conforme estabelecido previamente.

Por outro lado, este estudo também comprovou a partir das premissas colocadas em seus objetivos, de que a Manutenção Centrada na Confiabilidade

quando em conjunto com outras ferramentas estratégicas, como o *Balanced Scorecard* promove a redução de custos e a otimização na gestão de manutenção, pois, ao ser analisado o atributo “finanças”, este estudo permitiu que houvesse eliminação de desperdícios, assim como diminuição nos custos e na quantidade de peças, como também na economia com lubrificação, e outras variáveis citadas no modelo computacional, e até mesmo na expansão dos negócios quando analisados os números da empresa aqui estudada.

6.1 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Dentre as possibilidades de continuidade da mesma linha desta pesquisa, podem-se destacar como oportunos estudos que possam se aprofundar analisando os indicadores estratégicos de confiança em cenários distintos.

Outra possibilidade de continuidade deste estudo está relacionada à aplicação da gestão do conhecimento nos sistemas de RCM através dos *softwares* e modelagem que se apoiam na decisão como ferramenta principal.

Outra possibilidade para amplitude desta pesquisa está relacionada ao aumento do número de variáveis avaliadas no modelo de *Data Warehouse*, ou então buscar entender um novo modelo de carga de informações que minimize o tempo de carga de dados e a qualidade das informações geradas.

Ainda, neste aspecto, sugere-se que o modelo proposto possa ser comparado com outras ferramentas computacionais voltadas ao gerenciamento de negócios ligados à manutenção, tais como Engenharia da Confiabilidade (Distribuição *Weibull*), RCM, MCC, XFMEA.

Por fim, buscar implementar o processo de RCM com sistema de conhecimento como o *CommonKADS*, que estimula a integração entre engenharia de *software* e engenharia do conhecimento, sugerindo outra linha de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABI/INFORM GLOBAL AND VISTACON. Maintenance systems can transform organizations. *Journal Manufacturing Systems*. Wheaton: Jun 2005. v. 13, n. 6, p. 24

ABI/INFORM GLOBAL. *Driving fleet decisions*. The American City & County; Sep 2008; 123, 9.

_____. SAP Enhancements Improve Coal Plant Maintenance Practices *Power Engineering*; Feb 2008; 112, 2

_____. *Driving fleet decisions*. Pittsfield: Sep 2008. v. 123, n. 9; p.48.

_____. *Condition monitoring: status symbol Proquest. The Engineer*, 2009, 34-36..

ABRAMAN - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. *A situação da manutenção no Brasil*. Março de 2010, disponível em <<http://www.abraman.org.br>>, acessado em 16.05.2010.

AICHLMAYR, M. Failure Is Not an Option. *Global Journal Material Handling Management*. Cleveland: Mar 2009. v. 64, n. 3; p.10-12

ALARDHI, M; A. W.; LABIB, A.W. Preventive maintenance scheduling of multi-cogeneration plants using integer programming. *Journal of the Operational Research Society*. April 2008, v.59, p.503-509

ALMEIDA JR., J.R. Segurança em Sistemas Críticos e em Sistemas de Informação – Um Estudo Comparativo, São Paulo, 2003. 191p. *Tese – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*.

ALMEIDA, S.; MARÇAL, R.F.M.; SCANDELARI, L. Data Mining na Web para Inteligência Competitiva. *XI SIMPEP* - Bauru, SP, Brasil, 08 a 10 de novembro de 2004.

ALMEIDA JR, J.R.; CAMARGO JR, J.R.; CUGNASCA, P.S. Análise de risco de um sistema de controle de transporte público. *Revista dos Transportes Públicos*, São Paulo, 2006, v.28, n.110, p..

AL-MISHARI, S.T; SULIMAN, S.M.A. Methodology and theory - modeling preventive maintenance for auxiliary components. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2008, v.14, n. 2, p. 148-160

ALSYOUF, I. Measuring maintenance performance using a balanced scorecard approach. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2006. v.12, n.2, p.133-149

ANTT – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE TERRESTRE. *Dados Estatísticos relativos a Prestação de Serviços Regulares de Transporte Rodoviário Coletivo Interestadual e Internacional de Passageiros*. Disponível em:<<http://www.antt.gov.br/passageiro/anuarios/anuario2008/411.asp>>. Acesso em 29 de março de 2010.

ASSET Management & Maintenance Journal, AMMJ, disponível em <http://www.maintenancejournal.com/pastissues.html>, acessado em 16 de abril de 2010, as 21:00 hs.

_____. Why Do We Need A Computerised Maintenance Management System. Disponível em:< <http://www.thirdcitysolutions.com>> Acesso em: 15 Set 2010, v. 22, April, 2009.

_____. ASSET Management and Maintenance Journal. *The 2009 Listing of CMMS and EAM's*. Set. 2009, *Asset Management and Maintenance Journal*, p.73-79

_____. The 2010 Listing of CMMS and EAM's. *Asset Management and Maintenance Journal* Disponível em: <http://www.maintenancejournal.com/> Acesso em: 20 jul 2010

ATKINSON, A. A. *Contabilidade gerencial*. São Paulo: Atlas, 2000.

AVIZIENIS, A., LAPRIE, J.C., RANDELL, B., LANDWEHR, C. Basic concepts and taxonomy of dependable and secure computing, *IEEE Trans. on Dependable and Secure Computing*, 2004, v.1, n.1, p.11-33

BACKLUND, F; AKERSTEN, P.A. RCM introduction: process and requirements management aspects. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2003, v.9, n.3, p.250-264

BAGADIA, K. CMMS: 7 Steps to success. *ABI/INFORM Global*. 2009, v.63, n.10,p.55

BELTRAME, E. *Precisão em acertar a data correta da falha, até onde devemos exigir dos sistemas de monitoramento*. 23º Congresso Brasileiro de Manutenção – ABRAMAN SEMEQ, 2008.

BARIANI, L.; DEL'ARCO JR, A.P. Utilização da tecnologia da informação por grupos integrados de manufatura para o controle de indicadores de produção enxuta. *Rev. ciênc. hum*, Taubaté, jan./jun. 2006,v.12, n.1, p.67-79

BERGER, D. Use scorecards to improve your CMMS system. *ABI/INFORM Global*.

Disponívelem:<<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=773278831&sid=5&Fmt=2&clientId=52841&RQT=309&VName=PQD> 14-15>. Acesso em: 7 Set. 2010.

BERGER, D; J. M. WILSON 2007 CMMS Gold: CMMS systems are much different today. *ABI/INFORM Global*, 2007. Disponível em: <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=1307097111&sid=8&Fmt=2&clientId=52841&RQT=309&VName=PQD>> Acesso em 28 Set 2010

BERGER, D. Easy statistical tools help solve problems. *PEM*, September 2009, v.33, n.5, p.18

_____. CMMS packages take advantage of web with e-procurement. *PEM*. Oakville: Jul 2010, v.33, n.4, p.10

_____. CMMS systems can maximize critical KPIs. *PEM*, February 2010, v.33, n.1,p.11

BERROCAL, V.J; RAFTERY, A.E; GNEITING, T. STEED, R.C. Probabilistic Weather Forecasting for Winter Road Maintenance. *Global Journal of the American Statistical Association*. Alexandria: Jun 2010, v.105, n.490, p.522

BLISCHKE, W.R.; MURTHY, D. N.P. *Case studies in reliability and maintenance*. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc. 2003.

BOCHADO, M.B., PIRES, P.P, Introdução da tecnologia *Laserail* na manutenção da via permanente metro-ferroviária, XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007.

BOHORIS, G A; VAMVALIS, C; TRACEY, W; IGNATIADOU, K. TPM implementation in Land-Rover with the assistance of a CMMS, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2004, v.1, n.4, p. 3-16 (14).

BOSCHIAN, V; REZG, N; CHELBI, A. Contribution of simulation to the optimization of maintenance strategies for a randomly failing production system. *European Journal of Operational Research*. Amsterdam: Sep 16, 2009. v.197, n.3, p. 1142

BRUNI, A.L.; FAMÁ, R. *Gestão de Custos e Formação de Preços*. São Paulo: Atlas, 2003.

BRYANT, C; LENNON, P., BALLENTINE, J. The Journey From Reactive To Proactive - Using RCM to Change Maintenance Culture. *Asset Management and Maintenance Journal*. April 2009, v. 22, n.2, p.12-17

BURNS, A.; WELLINGS, A. *Real-Time Systems and Programming Languages*. Essex, England: Addison Wesley, 1997, 611p.

BYRNES, F.C.; KUTNICK, D. *Securing Business Handbook*, Indianapolis: Addison Wesley, 2002, 237p.

CALIXTO, E. Uma metodologia para gerenciamento de risco em empreendimentos. *XXVI ENEGEP* – Fortaleza, CE. Brasil, 9 a 11 de out. de 2006.

CAMARGO JR, J.B.; ALMEIDA JR, J.R.; CUGNASCA, P.S. Análise de Risco de um Sistema de controle de Transporte Público. *Revista dos Transportes Públicos*, São Paulo, 2006, v.28, n.110, p.7-16

CAMPOS, J.A. *Cenário Balanceado: painel de indicadores para a gestão estratégica dos negócios*. São Paulo: Aquariana, 1998.

CAMPOS, F.C. de, Proposta de interface para apoio à gestão da manutenção de frotas de Veículos. São Carlos, 1999, 247 p. *Teses (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo*.

CANADAY, H. Automating Maintenance Planning. *Asset Management & Maintenance Journal (AMMJ)*, April 2008 , page 74, 75, 76.

CARDOSO, O. N. P. e MACHADO, R. T. M. Gestão do conhecimento usando data mining: estudo de caso na Universidade Federal de Lavras. *RAP* – Rio de Janeiro, maio/jun 2008, v.42, n.3, p.495-528

CARNEIRO, L. G. P. L.; TEIXEIRA, G. L.; YAMASHITA, Y. *Caracterização e análise do transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros por ônibus – estudo de caso do distrito federal e entorno*. Disponível em: <http://www.ceftru.unb.br/pesquisa/pesquisa/artigo_022> Acesso em 30 de março de 2010.

CARNERO, M.C; NOVÉS, J.L. Selection of computerised maintenance management system by means of multicriteria methods. *Production Planning & Control*. London: Jun 2006, v.17, n.4, p.335

CAVALCANTE, C.A.V; COSTA, A.P.C.S. Multicriteria Model of Preventive Maintenance. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*. 2006, v.3, n.1, p.71-86

CHEN, K-Y; CHEN, M-C; LIU, W-Y. Designing data warehouses for equipment management system with genetic algorithms. *International Journal of Production Research*. London: Nov 2008, v.46, n.21, p.6113.

CHINESE,D; GHIRARDO, G. Maintenance management in Italian manufacturing firms: Matters of size and matters of strategy. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2010. v.16, n. 2, p.156–180

CHOLASUKE, C; BHARDWA, R; ANTONY, J. The status of maintenance management in UK manufacturing organizations: results from a pilot survey. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2004, v.10, n.1,p.5–15

CICILLINI, D. A. Desenvolvimento de um algoritmo de escalonamento para rede *Foundation Fieldbus*. *Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo*. São Carlos, 2007.

COME, G. *Os metadados no ambiente de Data Warehouse*. IV SEMEAD, 1999.

COOPER, N. Beyond Enterprise Asset Management (EAM): Asset Performance Management. *Asset Management and Maintenance Journal*, April, 2007, v.20, n.4, p.

CORREA, H. L. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2006

CRUZ, T. *Sistemas de Informações Gerenciais*. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2000.

CULLEN, D. The high-tech shop: Getting down to earth. *ABI/INFORM Global Fleet Owner*. Overland Park: Mar 2007, v.92, n.3, p.40-43

DUGGAN, P; THEODOROU, T; DISCALA, P; DILILLO, P. Tools and methods aid resource optimization *Strategies Transmission & Distribution World*. Overland Park: Nov 2005, v.57, n.11, p.40-44

DZIDEK, W.J; BRIAND, L.C. A Realistic Empirical Evaluation of the Costs and Benefits of UML in Software Maintenance. *IEEE Transactions on Software Engineering*, June 2008, v.34, n.3, p.

EL-HARAM, M.A; HORNER, R.M.W. Factors affecting housing maintenance cost. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2002, v.8, n.2, p.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. *Sistemas de banco de dados: fundamentos e aplicações*. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

EMMANOUILIDIS, C., LIYANAGE, J.P., JANTUNEN, E. Mobile solutions for engineering asset and maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2009, v.15, n.1, p.92-105

UM Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, Smyth P. e R. Uthutusamy. *Avanços na Descoberta de Conhecimento e Mineração de Dados*. AAAI Press, de Menlo-Park, California, 2006

FAVARETTO, F. Melhoria da qualidade da informação no controle da produção: estudo exploratório utilizando Data Warehouse. *Produção*, Maio/Ago 2007, v. 17, n. 2, p.343-353

FERNANDES, BHR. *Competências desempenho organizacional: O que há além do Balanced Scorecard*. São Paulo: Saraiva, 2006.

FIGUEIREDO, Jayr de Oliveira, *Sistemas de Informação – Um enfoque gerencial inserido no contexto empresarial e tecnológico*, 2000, Ed. Érica, ISBN: 8671947422.

FORTULAN, M. R. e GONÇALVES FILHO, E. V. Uma proposta de aplicação de *business intelligence* no chão-de-fábrica. *Revista Gestão e Produção*, v.12, n.1, p.55-66, jan.-abr. 2005.

GARG, A; DESHMUKH, S.G. Maintenance management: literature review and directions, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2006, v.12, n.3, p.205-238

GENTO, A. M. Decision rules for a maintenance database. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2004, v.10, n.3, p.210-220

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2002.

GODOY, E. P. Desenvolvimento de uma ferramenta de análise de desempenho de redes CAN (Controller Area Network) para aplicações em sistemas agrícolas. *Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo*. São Carlos, 2007

GROSS, J.M. Computers changed the maintenance industry. *PEM*, 2007, v.31, n.3, p.50

HAIR, J.F., ANDERSON, R.E., TATHAM, R.L., BLACK, W.C. (2005). *Multivariate data analysis* (6th edition). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

HUNT, J. A. Ethernet cuts *fieldbus* costs in industrial automation. *Journal Assembly Automation*. Hove; UK (2008) 18–26.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007). *Pesquisa anual de serviços - produtos e serviços 2004 - 2005*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=933>. Acesso em: 29 de março de 2010.

IEC – FUNCTIONAL SAFETY ELECTRICAL/ELECTRONIC/PROGRAMMABLE – IEC 61508-1 STD 4-1997 *Electronic Safely Related Systems*. International Electrotechnical Commission, 1997.

INMON, W. H. *Como Construir o Data Warehouse*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

_____. *Data Warehousing – Como transformar informações em oportunidades de negócios*. São Paulo : Berkeley Brasil, 2001.

_____. *Corporate Information Factory (CIF)*. Disponível em:<<http://www.inmoncif.com/library/cif/>. Acesso em: 02 de abril de 2010.

_____, W. H. e HACKARTHORN, R. D. *Como usar o Data Warehouse*. Rio de Janeiro: IBPI Press, 1997.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. *Applied multivariate statistical analysis*. 6. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002.

JQME, JOURNAL OF QUALITY IN MAINTENANCE ENGINEERING, Maintenance Information Systems, in Emerald, ISSN 1355-2511, January , 2010.

KANS, M. The advancement of maintenance information technology: A literature review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2009, v.15, n.1, p.5-16

KARDEC, A.; FLORES, J. F.; SEIXAS, E. *Gestão estratégica e indicadores de desempenho*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 120 p.

KAPLAN, R.S.; NORTON, D.P. *A estratégia em ação: balanced scorecard*. Rio de Janeiro:Elsevier, 1997.

_____. *A organização orientada para a estratégia: como as empresas que adotam o balanced scorecard prosperam no novo ambiente de negócios*. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

KIM, T. M. H; LEE, S; LEE, K. C . Kalman Predictive Redundancy System for Fault Tolerance of Safety-Critical Systems.; *IEEE Transactions on industrial informatics*. Feb. 2010 V.6 (1)p. 46-53.

KIMBALL, R. *Data Warehouse*. São Paulo: Makron Books, 1998. .

KIMBALL, R. e ROSS M. *The Data Warehouse Toolkit. Guia completo para modelagem dimensional*. Rio de Janeiro: Campus, 2002. .

KNIGHT, J.C. Safety-Critical Systems: Challenges and Directions. In: *International Conference on Software Engineering*, 24., Orlando, Florida, 2002. p. 547-550

KODALI, R; MISHRA,R.P; BIRLA, G.A. Justification of world-class maintenance systems using analytic hierarchy constant sum method.. Institute of Technology and Science, Pilani, India *Journal of Quality in Maintenance Engineering* Vol. 15 No. 1, 2009 pp. 47-77.

LABIB, A. W. A decision analysis model for maintenance policy selection using a CMMS. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* Volume 10 · Number 3 · 2004 · pp. 191–202

_____. Computerized maintenance management systems: A study of system design and use *Production and Inventory Management Journal*; Second Quarter 2007; 38, 2; ABI/INFORM Global.

LAFRAIA, J.R.B. *Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LAMPTEY, G; LABI, S; LI, Z. Decision support for optimal scheduling of highway pavement preventive maintenance within resurfacing cycle. *Decision Support Systems*. Amsterdam: Dec 2008. Vol. 46, Num. 1; pg. 376

LANG, R. 5 Hardwares considerations – *Bank Marketing*, v.29, n.4, February, 1997.

LAUDON, K. C. e LAUDON, J. P. *Sistemas de informações gerenciais*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

LAWRENCE, S. The predictive maintenance “CRYSTAL BALL”. S. SEW-Eurodrive. Disponível em: <<http://www.sew-eurodrive.com.au>>Acesso em: 10 Set 2010.

LEAL JÚNIOR. O.P.; BAFFA JÚNIOR, P.; GARCIA, H.L. *Otimização da freqüência na manutenção preventiva*. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006

LIMA, C. R. C., CARRIJO, J.R.S.C, Disseminação TPM, Manutenção Produtiva Total nas Indústrias Brasileiras e no Mundo: Uma Abordagem Construtiva,

Anais in XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008.

_____, PINTO, Renzo Guedes, A Integração entre o TPM e RCM na Manutenção, Anais in XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2007.

_____, ESTANQUEIRO, R.F., Discutindo as dificuldades na implementação do TPM, Anais in XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.

_____, OLIVEIRA, M.R. Integração da Manutenção na Produção: Uma Estratégia Competitiva Ou Utopia? In Anais XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção Curitiba – PR, 23 a 25 de outubro de 2002

LP, B.P; BROCK T. Justification for the next generation of maintenance modeling techniques. *The Journal of the Operational Research Society*. Houndmills: Apr 2009. Vol. 60, Num. 4; pg. 461, 10 pgs

LUCATELLI, M. V.; OJEDA, R. G.. *Proposta de aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em estabelecimentos assistenciais de Saúde*. Memoria II Congresso Latino Americano de Ingeniería Biomédica, Habana 2001, Mayo 23 al 25, 2001, La Habana, Cuba.

MACHADO, M. e MACHADO, W. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. *Revista Gestão Industrial*. v. 04, n. 02: p. 01-16, 2008

MACHADO, F. N. R. *Projeto de Data Warehouse: Uma Visão Multidimensional*. São Paulo: Érica, 2000.

MACIÁN,V; TORMOS, B; SALAVERT, J.M; BALLESTER, S. Methodology applied for maintenance technical audit in urban transport fleets. *Spain Journal of Quality in Maintenance Engineering*,2010. Vol. 16 Iss: 1, pp.34 - 43

MANLY, B. F. J. *Multivariate statistical methods: a primer*. London: Chapman and Hall, 2006.

MARÇAL, R.F. M. e SUSIN, A. A. Detectando falhas incipientes em máquinas rotativas. *Revista Gestão Industrial*. v. 01, n. 021, 2005.

MARCORIN, A. J.; ABACKERLI, A. J. Uma Proposta de Estimativa de Confiabilidade Utilizando Dados de Campo. *XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção* - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003

MARCORIN , W. R. e LIMA, C. R. C. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. *REVISTA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA*. V. 11, Nº 22 – pp. 35-42, jul/dez.2003.

MARQUEZ, A.C. Modeling critical failures maintenance: a case study for mining. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 11 Iss: 4, 2005. pp.301 - 317

MARSHALL , Wal. Software predicts future maintenance costs. *Transmission & Distribution World*; Mar 1997; 49, 3; ABI/INFORM Global.

MATHER, D. *CMMS Templates for Effective Implementations*. CMMS: A Timesaving Implementation Process (ISBN: 0849313597), 2008

MCTUBE, A. Controls & Software - Condition monitoring: It it's not broken. General Information ISSN: 03701859. *Journal Process Engineering*. London: Sep 29, 2006. pg. 27

MEDÉIA, G. Gestão da manutenção com CMMS Software de Gerenciamento da Manutenção. *Revista Mecatrônica Atual*. Nº 41., 2009

MELO, J. L. de. *Metodologia TPM – Uma ferramenta de Gestão Inovadora na Eletronorte*. MBA em Administração Financeira – FGV. Brasília. 2002.

MENEZES, F. S. de; VIVANCO, M. J. F. and SAMPAIO, L.C.. Determination of prediction intervals for a future number of failures: a statistical and Monte Carlo approach. *Braz. J. Phys.* . 2006, vol.36, n.3a, pp. 690-699.

MIGUEL, P. A.C. (org.) *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010

MOELLMANN, A. H.; ALBUQUERQUE, A. S.; CONTADOR, J. L.; MARINS, F. A. S. Aplicação da teoria das restrições e do indicador de eficiência global do equipamento para melhoria de produtividade em uma linha de fabricação. *Revista Gestão Industrial*. v. 02, n. 01, p. 89-105, jan.-mar. 2006.

MONCHY, F. *A Função Manutenção. Formação para a Gerência da Manutenção Industrial*. São Paulo: Editoras Durban e Ebras, 1989.

MONTORO-CAZORLA, D; PÉREZ-OCÓN, R. Maintenance of systems by means of replacements and repairs: the case of phas. *Pacific Journal of Operational Research*; Jun 2007; 24, 3; ABI/INFORM Global

MORAES, N. G. de. *Avaliação das tendências da demanda de energia no setor de transportes no Brasil*. Tese de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, abril de 2005

MORTON, R. Making Computerized Sense of Maintenance . *ABI/INFORM Global*. Jun 2009. *Material Handling Management*, 64(6), 44.

MOUBRAY, J. *RCM II – Reliability – centered Maintenance*. New York: Industrial Press Inc, 1997.

MURTHY, D. K.; VERBITSKY, D. E. Effective Reliability Management for Transit System Life Cycle. *Annual Quality Congress*, Kansas City, MI, Vol. 57, No. 0, June 2003, pp. 169-182.

NACHIAPPAN, R.M. e ANANTHARAMA, N. Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 17 No. 7, 2006

NAKAJIMA, S. *Introdução ao TPM*. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NUNES, E. L.; VALLADARES, A. Potencialidades da MCC para a gestão integrada da manutenção e da mudança de organizações. *XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção Curitiba – PR*, 23 a 25 de outubro de 2002.

O'BRIEN, J. A. *Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da internet*. São Paulo: Saraiva, 2008.

OLIVEIRA, Adilson, Análise inteligente de falhas para apoiar decisões estratégicas em projetos críticos, Tese apresentada na Universidade de São Paulo, 2010.

OLSZEWSKI, R. *RCM Success Starts with CMMS*. Disponível em <http://www.maintenanceworld.com/Articles/.../RCM_Success_CMMS.pdf>. Acesso em: 10 de abril 2010.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da Manutenção Industrial na busca da excelência ou Classe Mundial. *Revista Gestão Industrial*, v.04, n.02, 2008. p.01-16.

PADOVEZE, C. L. *Controladora estratégica e operacional: conceitos, estrutura, aplicação*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

PALADY, P. *FMEA – Análise dos Modos de Falha e Efeitos – Prevendo e Prevenindo Problemas antes que ocorram*. São Paulo:IMAM, 1997.

PALHARES, G. L. *Transportes Turísticos*. São Paulo: Edusc, 2002.

PALMEIRA, J. N. *Flexibilização Organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total*. Rio de Janeiro: Editora FGV, Eletronorte, 2002.

PATRICK, J. Computerised Maintenance Management Software, that's easier to use, than it is to say. *Asset Management and Maintenance Journal*, vol. 22, April, 2009.

PETERS, R. W. P. *Maximizing Maintenance Operations for Profit Optimization*. Disponível em: <<http://www.plant-maintenance.com/articles/JourneytoMaintenanceExcellence-Introduction.pdf>> Acesso em 20 jul 2010.

PINTO, A. K., XAVIER, J. N. *Manutenção: função estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PLANT MAINTENANCE RESOURCE CENTER. *RCM Desktop*. Disponível em <http://www.plant-maintenance.com/cgi-bin/db.cgi?db=software&uid=default&view_records=1&ww=1&ID=66>. Acesso em: 10 de abril 2010.

PRADHAM, D. K. *Fault-Tolerant Computer System Design*. Prentice-Hall, Incorporated, 1996.

PORTER, A.; VOTTA, L. Comparing Detection Methods For Software Requirements Inspections: A Replication Using Professional Subjects. *Empirical Software Engineering Journal*, v.3, n.4, p.355-379, 1998.

PRICE WATERHOUSE COOPERS. Apresentação de conceitos e estatísticas sobre segurança da informação. Disponível em: <<http://www.betrusted.com>>. Acesso em 22 Abr.. 2010.

RAMPAZZO, L. *Metodologia Científica: para alunos dos cursos de graduação e pós-graduação*. Lorena: Stiliano, 1998.

RAUSAND, M.; HOYLAND, A. *System reliability theory: models, statistical methods and applications*. N. York: Wiley, 2004.

REASON, J. Human error: models and management. *British Medical Journal*, 2.000, n.320, p.768-770

REZENDE, D. A. *Tecnologia da informação aplicada a sistemas de informação empresariais: o papel estratégico da informação e dos sistemas de informação nas empresas*. São Paulo: Atlas, 2003.

REVISTA ABRATI. *Tradição, segurança, eficiência, conforto*. Rodoviário de Passageiros. Brasília: DF, n. 54, Setembro 2008.

RIBEIRO, H. *Manutenção Autônoma "O resgate do chão de fábrica"*. São Paulo: ABRAMAN, 2001.

RIGONI, E., PEPLOW, L. A.; SILVEIRA, P. R. *Sistema especialista de apoio à confiabilidade e a manutenção de sistemas técnicos automatizados*. EMC 6610 Pós-Mec UFSC – Florianópolis, 30 de agosto de 2004.

RITZMAN, L. P. e KRAJEWSKI, L.J. *São Paulo: Administração da Produção e Operações*. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

SAHOO, T ; LIYANAGE, J.P. Computerized maintenance management systems: For Effective Plant Performance. *Norway Chemical Engineering*; Jan 2008; 115, 1; ABI/INFORM Global.

SANTOS, A. C. O., SANTOS, M. J. Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura - um estudo de caso. *ENEGEP - XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Paraná: Foz do Iguaçu, 2007.

SANTOS, L. S. *et al* (2006). *A avaliação do transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros enquanto serviço turístico*. Disponível em <<http://www.etur.com.br/conteudocompleto.asp?idconteudo=10697>>. Acesso em: 29 de março de 2010.

SANTOS, J.E. Considerações sobre o processo de manutenção para empresas operadoras de ônibus urbanos de porte médio. Brasília, 2001. 177 p. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília.

SCHÖNBERGER, J; KOPFER, H. Transport system responsiveness improvement. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. Bradford: 2009, v.39, n.1; p.63.

SELLITTO, M. A.; BORCHARDT, M.; ARAÚJO, D.R. C. *Manutenção Centrada em Confiabilidade: aplicando uma abordagem quantitativa*. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção Curitiba – PR, 23 a 25 de outubro de 2002.

SFERRA, H. H. e CORRÊA, A. M. C. J. Conceitos e Aplicações de Data Mining. *Revista de Ciência & Tecnologia*. Jul/dez.2003, v.11, n.22, p.19-34

SHELDON, F.T., JERATH, K. Assessing the Effect of Failure Severity, Coincident Failures and Usage-Profiles on the Reality of Embedded Control System. *ACM Symposium and Applied Computing*, 2004, p.826

SHIROSE, K. *TPM for Workshop Leaders*. Productivity Press, Portland USA, 1992.

SINGH, H. S. *Data Warehouse: conceitos, tecnologias, implementação e gerenciamento*. São Paulo: Makron Books, 2001.

SIQUEIRA, I. P. *Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SILVA, A. H. C.; COSTA, P.C.S. *Modelo de gestão da manutenção para uma empresa aeroportuária*. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.

SKYDEL, S. Maintenance Software: Suppliers' Roundtable . *Fleet Equipment*; Mar 2005; 31, 3; ABI/INFORM Global.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração de Produção*. São Paulo: Atlas, 2007.

SOMMERVILLE, I. *Engenharia de Software*. São Paulo: Addison Wesley, 2007.

SON, Y.T., KIM, B.Y., PARK, K.J., LEE, H.Y., KIM, H J., SUH, M.W. Study of RCM-based maintenance planning for complex structures using soft computing

technique. *International Journal of Automotive Technology*. Dordrecht: Oct 2009, v.10, n.5, p.635-644

SOUZA, A. MPT – Manutenção produtiva total: uma importante ferramenta de gestão da cadeia produtiva – Parte I. *Revista Ferramental*. ano IV, Maio/Junho de 2009, n.23, p.

SOUZA, S. S.; LIMA, C. R. C.. Manutenção Centrada em Confiabilidade como ferramenta estratégica. *XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção* - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.

STOLLER, J. Using software to manage assets. *CMA Management*. Hamilton: Apr 2006, v.80, n.2, p.47-48

STRICKLAND, A. The Ups & Downs of Reliability, CMMS Implementation: a case study. *Asset Management and Maintenance Journal*, April, 2007, v.20, n.4, p.

SUJKOWSKI, A. Além do OEE. *Pharmaceutical Technology*. 2008, v.12, n.3, p.

SUZUKI, T. *TPM em Indústrias de Processo*, Productivity Press. Madrid, 1995.

TAKAHASHI, Y. OSADA, T. TPM – MPT – Manutenção Produtiva Total. São Paulo: IMAN. 1993.

TAMAYO, A. S., SINAY, M. C. F. *Segurança viária: uma visão sistêmica*. Disponível em:<
http://www.cbtu.gov.br/estudos/pesquisa/bndes_iiiriotransp/AutoPlay/Docs/artigo32.pdf>. Acesso em: 30 de março de 2010.

TONDATO, R. & FOGLIATTO, F. S. Manutenção Produtiva Total na Indústria de Processos Gráficos. *XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Porto Alegre, RS – ABEPRO – PUCRS, 2005

TREBILCOCK, B. Get more: Fleet management. *Modern Materials Handling*. (Warehousing Management Edition). Boston: Oct 2007, v.62, n.10, p 39

TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em Ciências Sociais: A pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas, 1990.

TSANG, A. H. C. Strategic dimensions of maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2002, v.8, n.1, p.7-39

TSAROUHAS, P. Implementation of total productive maintenance in food industry: a case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2007, v.13, n.1, p. 5-18

VAFAEESSEFAT, A; ELMARAGHY, H. A. Automated accessibility analysis and measurement clustering for CMMs. *International Journal of Production Research*, July 2000, v.38, n.10, p. 2215–2231

VALENTE, A. M. *et al. Gerenciamento de Transporte e Frotas*. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

VANTASSEL, T. Five Keys to Reducing Maintenance Headaches. *Mortgage Banking*. Washington: Aug 2007, v.67, n.11, p.107-108

VASSILASKIS, E, BESSERIS, G., (2010) "The use of SPC tools for a preliminary assessment of an aero engines' maintenance process and prioritisation of aero engines' faults", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 16 Iss: 1, pp.5 - 22

VAVRA, B. The long road to maintenance parts-management success. *Plant Engineering*; Aug 2005; 59, 8; ABI/INFORM Global

VILLEMEUR, A. *Reliability, Availability, Maintainability and Safety Assessment*. v.2, Assessment, Hardware, Software and Human Factors, John Wiley & Sons, 1992.

XENOS, H. G. P. *Gerenciando a Manutenção Produtiva*. Minas Gerais: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

WATSON, H.J; WIXON, B.H. The Current State of Business Intelligence. *The IEEE Computer*, September, 2009, p.95-99

WESTERKAMP, T.A. Maintaining maintenance. *Journal Industrial Engineer*. Norcross: Jul 2006, v.38, n.7, p. 37-42

WILLIAMS, L.G. Assessment of Safety-Critical Specifications. *IEEE Software*, January 1994, p. 51-60

WILLIAMSON, G.F. Software Safety and Reliability. *IEEE Potentials*, October/ November 1997, v.16, n.4, p. 32-36

WILSON, D. Even Small Fleets Benefit from Maintenance Management Systems. *Dairy Foods*. Troy: Feb 2006, v.107, n. 2; p. 55

YIN, R. K. *Estudo de Caso: Planejamento e Método*. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Anexo A

Anexo B

Anexo C