UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL

A Confiabilidade como Fator de Valor na Melhoria de Produtos. Estudo de Caso: Sistema de Embreagem Automotiva

Autor: **Carlos Adriano Rigo Teixeira**
Orientadora: **Profa.Dra.Kátia Lucchesi Cavalca**

11/2004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

T235c

Teixeira, Carlos Adriano Rigo
A confiabilidade como fator de valor na melhoria de produtos. Estudo de caso: sistema de embreagem automotiva / Carlos Adriano Rigo Teixeira, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Kátia Lucchesi Cavalca.
Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Automóveis - confiabilidade. 2. Analise de valor (Controle de custo). 3. Custo. 4. Ensaios. 5. Desdobramento da função qualidade. I. Cavalca, Kátia Lucchesi. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL

A Confiabilidade como Fator de Valor na Melhoria de Produtos. Estudo de Caso: Sistema de Embreagem Automotiva

Autor: **Carlos Adriano Rigo Teixeira**
Orientadora: **Profa.Dra.Kátia Lucchesi Cavalca**

Curso: Engenharia Mecânica - Mestrado Profissional
Área de Concentração: Gestão da Qualidade Total

Trabalho Final de Mestrado Profissional apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre Profissional em Engenharia Mecânica/ Gestão da Qualidade Total.

Campinas, 2004
S.P. – Brasil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL

Trabalho Final de Mestrado Profissional

A Confiabilidade como Fator de Valor na Melhoria de Produtos. Estudo de Caso: Sistema de Embreagem Automotiva

Autor: **Carlos Adriano Rigo Teixeira**
Orientadora: **Profa.Dra.Kátia Lucchesi Cavalca**

Profa. Dra. Kátia Lucchesi Cavalca, Presidente
Instituição: DPM/ FEM/ UNICAMP

Prof. Dr. Miguel Juan Bacic
Instituição: IE/ UNICAMP

Prof. Dr. Gilberto Martha de Souza
Instituição: POLI/ USP

Campinas, 22 de novembro de 2004

Dedicatória:

Dedico este trabalho à minha mãe, Dona Júlia, pois se hoje sou um vencedor, aprendi com ela e a mim mesmo, por não deixar abater-se, quando tudo parece estar perdido.

Agradecimentos

Este trabalho só foi possível graças ao apoio de diversas pessoas e organizações, aos quais, não poderia deixar de prestar minha homenagem:

Á minha Família, pelo incentivo em todos os momentos da minha vida.

À minha orientadora, Profa.Dra.Kátia Lucchesi Cavalca, que me conduziu brilhantemente durante todo o trabalho, sempre me ajudando e acreditando no sucesso deste.

A todos os professores do mestrado da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp, pelos ensinamentos transmitidos, tão valiosos e úteis para a realização deste trabalho.

À empresa Luk Embreagens, na pessoa de seu Presidente Romeu Massonetto Jr., pelo apoio e confiança depositados e aos meus colegas de trabalho, pela constante troca de experiências.

Agradeço principalmente a Deus, por ter olhado pra mim e nunca me abandonado, quando precisei em todos os momentos de minha vida.

A real idéia de valor:

"Só depois que a última árvore for derrubada,
o último peixe for morto,
o último rio envenenado,
vocês irão perceber que dinheiro não se come".

(Pensamento Indígena)

Resumo

TEIXEIRA, Carlos Adriano Rigo, *A Confiabilidade como Fator de Valor na Melhoria de Produtos. Estudo de Caso: Sistema de Embreagem Automotiva*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004. 113 p. Trabalho Final de Mestrado Profissional.

No cenário atual, para serem competitivas, as empresas enfrentam o desafio de desenvolverem novos produtos em um espaço curto de tempo, com tecnologia superior à anterior e com custos reduzidos para garantir a sobrevivência do negócio. E o sucesso está diretamente atrelado aos requisitos exigidos pelos clientes, onde Qualidade, Confiabilidade, Entrega e Preço são o mínimo que se espera. Neste trabalho são abordadas metodologias utilizadas para o Planejamento e Garantia da Qualidade, as quais devem ser utilizadas já na fase de concepção do projeto do produto, pois é aqui que nasce em grande parte a qualidade, a confiabilidade e o preço final do produto. O produto escolhido para análise se trata da Embreagem Automotiva e, como método proposto, fez-se primeiramente uma interação entre o Modelo de Kano juntamente com o QFD, Custeio Alvo e Análise de Valor, a fim de se avaliar o grau de atendimento aos requisitos do cliente e determinar quais as funções cujos custos relativos estão acima das necessidades relativas, oferecendo, portanto, potencial para otimização ou mesmo eliminação. Tem-se, em seguida, a construção da Árvore de Falhas (FTA) para identificação dos componentes críticos que oferecem maior risco de falha no sistema. O trabalho tem por objetivo final, a análise de Confiabilidade e Regressão dos resultados obtidos nos ensaios, para determinação da confiabilidade da embreagem em estudo, componentes a serem melhorados ou otimizados, bem como criar uma metodologia para desenvolvimento de produtos otimizados.

Palavras Chave

- Confiabilidade, FTA, Ensaios Acelerados, Embreagem Automotiva, Análise de Valor, Modelo de Kano, QFD, Custeio Alvo, Desenvolvimento de Produto

Abstract

TEIXEIRA, Carlos Adriano Rigo, *The Reliability as Value Factor in the Improvement of Products. Case Study: Automotive Clutch System*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004. 113 p. Trabalho Final de Mestrado Profissional.

In the current scenery, to be competitive, the companies face the challenge to develop new products in a short space of time, with superior technology to the previous and with reduced costs to guarantee the business survival. And the success is directly connected to the requirements demanded by the customers, where Quality, Reliability, Supply and Price are the minimum that is expected. In this work, methodologies are discussed, which are used for the Planning and Warranty of the Quality, which should already be used in the phase of the product project conception, because it is here that largely born the quality, the reliability and the final price of the product. The chosen product for analysis is the Automotive Clutch. As a proposed method, firstly an interaction among the Kano's Model, QFD, Target Cost and Value Analysis was accomplished to evaluate the attendance degree to the customer's requirements and to determine which the functions whose relative costs are above the relative needs, offering, therefore potential for optimization or even elimination. After that, it is constructed the Fault Tree Analysis (FTA) for identification of the critical components that offer larger fault risks in the system. The main target of the work is the analysis of Reliability and Regression of the results obtained in the Accelerated Life Testing, for determination of the reliability of the clutch in study, components to be improved or optimized, as well as to create a methodology for development of optimized products.

Key Words

- Reliability, FTA, Accelerated Life Testing, Automotive Clutch, Value Analysis, Kano's Model, QFD, Target Costing, Product Development

Índice

Lista de Figuras xiii

Lista de Tabelas xv

Nomenclatura xvii

1 Introdução **1**

1.1 Conteúdo do Trabalho 2

2 Revisão Bibliográfica **4**

2.1 Gerenciamento de Custos 4

2.2 Confiabilidade 6

3 Embasamento Teórico **10**

3.1 Conceitos e Definições da Qualidade 10

3.2 Planejamento da Qualidade 12

3.2.1 A Voz do Cliente 12

3.2.2 Modelo de Kano 13

3.2.3 Desdobramento da Função Qualidade (QFD) 15

3.3 Custos da Qualidade 19

3.3.1 Gestão Estratégica de Custos em Cadeias de Valor do Setor Automotivo 19

3.3.2 Custo Meta 21

3.3.3 Análise do Valor 23

3.4 Garantia da Qualidade Temporal - Confiabilidade 27

3.4.1 Conceitos e Definições da Confiabilidade 27

3.4.2 Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA) 28
3.4.3 Análise da Árvore de Falhas (FTA) 29
3.4.4 Sistemas em Série e Paralelo 31
3.4.5 Análise de Tempo de Falha 33
3.4.6 Teste de Vida Acelerado 37
3.4.7 Segurança do Projeto 39
4 Conceitos da Embreagem Automotiva 41
4.1. Dimensionamento da Embreagem 45
5 Método de Trabalho **48**
5.1 Materiais e Equipamentos 49
6 Resultados **52**
6.1 1°Passo: Determinação das Funções da Embreagem e seus Subconjuntos 52
6.2 2°Passo: Determinação do Grau de Atendimento dos Requisitos dos Clientes 54
6.3 3°Passo: Aplicação da Metodologia de Análise de Valor 66
6.4 4°Passo: Determinação do Custo Meta (Target Cost) 73
6.5 5°Passo: Construção da Árvore de Falhas do Sistema (FTA) 76
6.6 6°Passo: Avaliação do Histórico de Garantia do Produto 79
6.7 7°Passo: Avaliação da Confiabilidade dos Componentes em Ensaios Acelerados 84
6.8 8°Passo: Avaliação da Confiabilidade do Sistema de Embreagem e Melhor Relação Custo x Benefício 89
7 Análise dos Resultados **92**
8 Conclusão **95**
Referências Bibliográficas **97**
Anexo **100**

Lista de Figuras

Figura 3.1 Casa da Qualidade Simplificada, segundo Miguel (2001, p.203) 17
Figura 4.1 Sistema de Embreagem. Fonte: Empresa LUK 42
Figura 4.2 Funcionamento do Sistema de Embreagem. Fonte: Empresa LUK 43
Figura 4.3 Câmbio CVT. Fonte: Empresa LUK 44
Figura 4.4 Atuador Eletrônico. Fonte: Empresa LUK 44
Figura 5.1 Foto de Equipamento de Ensaio de Molas Helicoidais 50
Figura 5.2 Foto de Mola Helicoidal Nova e Após Fratura em Teste Acelerado 50
Figura 5.3 Fluxograma do Método de Trabalho 51
Figura 6.1 Foto do Sistema de Embreagem 52
Figura 6.2 Diagrama Fast de Hierarquização das Funções da Embreagem 54
Figura 6.3 Representação Gráfica da Distribuição Percentual dos Requisitos 58
Figura 6.4 Grau de Satisfação e Insatisfação – Perguntas Pareadas de 1 a 20 59
Figura 6.5 Pareto da Importância Relativa das Funções da Embreagem 61
Figura 6.6 Pareto dos Requisitos dos Clientes 61
Figura 6.7 Pareto de Comparação Geral com Concorrentes 63
Figura 6.8 Intenção de Compra de Sistema Automático de Troca de Marchas 63
Figura 6.9 Pareto dos Custos Relativos dos Componentes 67
Figura 6.10 Pareto do Custo/ Kg de Componente 67
Figura 6.11 Gráfico COMPARE dos Componentes 71

Figura 6.12 Gráfico COMPARE das Funções do Sistema de Embreagem 73
Figura 6.13 Gráfico Comparativo entre Custo Atual e Custo Meta por Função 75

Figura 6.14 Árvore de Falhas Principal do Sistema de Embreagem 77
Figura 6.15 Árvore de Falhas para o evento “Falha na Transmissão de Torque” 78
Figura 6.16 Histórico de Ocorrência das Causas Básicas no Período de Garantia 79
Figura 6.17 Histórico de Ocorrência de Falha dos Componentes 80
Figura 6.18 Gráfico de Probabilidade de Quebra – Dados de Campo 81
Figura 6.19 Gráfico de Confiabilidade do Produto em Função da Kilometragem 81
Figura 6.20 Confiabilidade em Função do Tempo de Uso 82
Figura 6.21 Confiabilidade em Função da Previsão da Kilometragem Anual de Uso 83
Figura 6.22 Escolha do Modelo Probabilístico 86
Figura 6.23 Gráfico de Probabilidade de Falha 86
Figura 6.24 Gráfico de Sobrevivência ou Confiabilidade 87
Figura 6.25 Gráfico de Regressão 87
Figura 6.26 Diagrama de Blocos de Confiabilidade da Embreagem 89
Figura 6.27 Gráfico de Confiabilidade dos Sistemas 91
Figura 6.28 Gráfico de Índice de Desempenho dos Sistemas 91

Lista de Tabelas

Tabela 6.1 Funções do Sistema de Embreagem 53
Tabela 6.2 Funções dos Subconjuntos do Sistema de Embreagem 53
Tabela 6.3 Avaliação do Requisito das Perguntas Pareadas n°1 e 11 para as Oficinas 56
Tabela 6.4 Resultados dos Requisitos das Perguntas Pareadas de 1 a 20 – OFICINAS 57
Tabela 6.5 Resultados dos Requisitos das Perguntas Pareadas de 1 a 20 – HOMENS 57
Tabela 6.6 Resultados dos Requisitos das Perguntas Pareadas de 1 a 20 – MULHERES 57
Tabela 6.7 Resultados dos Requisitos das Perguntas Pareadas de 1 a 20 - GERAL 58
Tabela 6.8 Foco das Perguntas Pareadas de 1 a 20 59
Tabela 6.9 Matriz de Priorização – Importância Relativa Perguntas de 21 a 35 60
Tabela 6.10 Matriz de Priorização – Importância Relativa Perguntas de 36 a 50 60
Tabela 6.11 Requisitos Versus Priorização das Funções da Embreagem 62
Tabela 6.12 Comparação entre Embreagem em Estudo com os Concorrentes 62
Tabela 6.13 Substituição na Compra de Opcionais 64
Tabela 6.14 Avaliação da Durabilidade Ideal da Embreagem 64
Tabela 6.15 Preço Ideal para Aquisição do Sistema de Embreagem 64
Tabela 6.16 Avaliação da Durabilidade Ideal em Relação a outros Componentes 65
Tabela 6.17 Dados Gerais sobre os Entrevistados 65
Tabela 6.18 Tabela de Custos dos Componentes do Sistema de Embreagem 66

Tabela 6.19 Tabela de Contribuição Funcional dos Componentes do Sistema 69

Tabela 6.20 Tabela de Índice de Valor dos Componentes 70
Tabela 6.21 Tabela de Consumo dos Recursos por Função 72
Tabela 6.22 Necessidades Relativas Versus Consumo dos Recursos por Função 72
Tabela 6.23 Determinação do Preço Meta do Sistema de Embreagem 74
Tabela 6.24 Plano de Ação para Custo Meta 75
Tabela 6.25 Custo Meta para os Componentes 76
Tabela 6.26 Matriz de Correlação entre Causas Básicas, Componentes e Eventos 77
Tabela 6.27 Tabela de Confiabilidade em Função da Kilometragem 82
Tabela 6.28 Tabela de Confiabilidade em Função da Previsão da Kilometragem Anual 83
Tabela 6.29 Tabela de Inspeção das Ciclagens de Quebras de Molas Helicoidais 85
Tabela 6.30 Tabela de Confiabilidade do Material A 88
Tabela 6.31 Tabela de Confiabilidade do Material B 88
Tabela 6.32 Tabela de Confiabilidade dos Componentes x Kilometragem 90
Tabela 6.33 Tabela de Confiabilidade dos Sistemas x Kilometragem 90

Nomenclatura

Letras

F(t) – Função Distribuição Acumulativa

f(t) – Função de Densidade de Probabilidade

F – Probabilidade de Falha

h(t) – Função Taxa de Falha

R(t) – Função Confiabilidade

t – tempo

α - parâmetro de escala da distribuição de Weibull e parâmetro de vida média da distribuição Exponencial

δ - parâmetro de forma da distribuição de Weibull

μ - parâmetro de localização da distribuição Normal e Log-normal

σ - desvio padrão ou parâmetro de escala da distribuição Normal e Log-normal

.....

Abreviações

COMPARE - Comparar parâmetros

.....

Siglas

ABEAV – Associação Brasileira de Engenharia do Valor

AD – Anderson Darling – coeficiente de adesão

CEP – Controle Estatístico do Processo

CR – Custos Relativos

CVT – Transmissão de Variação Contínua

EKM – Gerenciamento Eletrônico da Embreagem

FAST – Técnica de Análise Funcional de Sistemas

FMEA – Análise do Modo e Efeito de Falhas

FTA – Análise da Árvore de Falhas

GQT – Gestão da Qualidade Total

ID – Índice de Desempenho

IR – Importância Relativa

IV – Índice de Valor

JIT – Just-in-time

MTTF – Tempo médio até a falha

PPM – Peças por milhão

QFD – Desdobramento da Função Qualidade

RAC – Centro de Análises de Confiabilidade

SAC – Embreagem Auto-Ajustável

SAVE – Sociedade Americana de Análise do Valor

TQM – Gerenciamento da Qualidade Total

.....

Capítulo 1

Introdução

Os mercados estão altamente competitivos, e novos produtos precisam ser lançados num curto espaço de tempo. A vida do produto no mercado está cada vez mais reduzida. Por exemplo, os telefones celulares, que do lançamento à "morte" de um modelo, podem atingir em média um ano de vida. As organizações lutam pela sobrevivência, buscando a modernização para aumento de produtividade. Porém, não é o bastante, se não há uma administração efetiva que consiga interpretar os requisitos dos clientes e atendê-los da melhor maneira possível e ao menor custo, pois o cliente não está disposto a pagar mais pela ineficiência das empresas que não sabem administrar seu negócio.

Os clientes estão se tornando cada vez mais exigentes, e os produtos por sua vez cada vez mais complexos. Por isso, as empresas devem projetar produtos que tenham o máximo de valor agregado com custos reduzidos, a fim de aumentar a produtividade e, conseqüentemente, garantir a sobrevivência da organização, atendendo requisitos de qualidade, confiabilidade, preço e entrega.

A proposta deste trabalho é a apresentação de métodos que possam auxiliar a planejar e garantir os requisitos dos clientes, tendo como exemplo, um estudo de caso aplicado à embreagem automotiva. Quando falamos em Confiabilidade, como um dos métodos para garantir estes requisitos, nos referimos, além dos cálculos estatísticos, à maneira de trabalhar, planejar, coletar informações, armazenar informações, etc. É preciso ter uma visão sistêmica do negócio, pois quanto mais se conhece as interfaces entre os processos e o meio ambiente em que vivemos, mais confiáveis serão as ações e os resultados destas.

Os objetivos deste trabalho são:

- Abordar metodologias para o Planejamento e Garantia da Qualidade na fase de concepção do produto, criando um método para o desenvolvimento de produtos otimizados.

- Avaliar o grau de atendimento aos requisitos do cliente para o produto em estudo e determinar quais funções cujos custos relativos estão acima das necessidades relativas, pois oferecem potencial para otimização ou eliminação.

- Identificação dos componentes críticos no sistema que oferecem maior risco de falha e execução de Ensaios Acelerados para avaliar a Confiabilidade.

1.1. Conteúdo do Trabalho

O trabalho está dividido em 7 capítulos conforme breve exposição a seguir:

No capítulo 1, tem-se uma introdução do trabalho, onde são apresentados os motivos da realização deste, e os objetivos pretendidos.

No capítulo 2, tem-se a revisão bibliográfica, onde é apresentado um histórico dos principais autores que trataram dos assuntos envolvidos neste trabalho e suas contribuições.

No capítulo 3, é apresentado um embasamento teórico. Inicia-se pela conceituação da qualidade e apresenta métodos para o planejamento desta, de maneira a interpretar a "Voz do Cliente", ou seja, seus requisitos, através do Modelo de KANO e o QFD. Na seqüência, enfoca-se os custos da qualidade, conceituando-o dentro da cadeia de valor do setor automobilístico e são apresentadas metodologias para gerenciamento deste, de modo a garantir a competitividade da empresa e satisfação do cliente, através do Custo Meta e Análise de Valor. Em seguida, são apresentadas técnicas para garantir a qualidade, ou seja, a confiabilidade do produto durante seu ciclo de vida, através do FMEA, FTA, Análise de Tempo de Falha e Testes de Vida Acelerados.

No capítulo 4, são apresentados alguns conceitos da embreagem automotiva.

No capítulo 5, propõe-se um método de trabalho a ser aplicado a uma embreagem automotiva, o qual é composto de 8 passos, resultantes da integração das técnicas apresentadas no capítulo 3.

No capítulo 6, aplica-se o método de trabalho, e são apresentados os resultados para cada passo através da interação de tabelas e gráficos.

No capítulo 7, descreve-se a análise dos resultados obtidos, apresentando a priorização dos requisitos por parte dos clientes, componentes e funções com alto consumo de recursos em relação às necessidades relativas, componentes críticos no sistema e relação custo x benefício.

No capítulo 8, faz-se a conclusão do trabalho, avaliando-se o método proposto e os resultados obtidos.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1. Gerenciamento de Custos

Em Silva (1999), dá-se ênfase à gestão de custos em cadeias de valor, tendo como exemplo, o setor automobilístico e as relações entre seus integrantes para obter a competitividade como um todo. O custo está sempre no foco das atenções, e são apresentadas as diferenças entre os métodos de custeio tradicionais, onde a formação do preço ocorre no final de todo o ciclo de fabricação, e o custo meta, onde se tem um planejamento do preço final e custo meta a ser alcançado, para que haja margem de lucro e conseqüentemente sobrevivência da empresa. Porém, além da gestão estratégica de custos, também é fundamental a transparência e cooperação mútua entre os integrantes, em todas as fases de vida do produto, de modo a garantir a sobrevivência da cadeia.

Segundo Ferraz (1997), a concentração da produção na indústria montadora mundial é muito elevada, pois 10 empresas são responsáveis por 75% da produção mundial de veículos e 30 fabricantes de autopeças por mais de um terço do fornecimento de componentes. O excesso de oferta e a competição acirrada fizeram com que houvesse uma reversão nas estratégias empresariais até então praticadas, pois é esperado que as montadoras desacelerem a reposição de modelos, reduzam a variedade de plataformas e motores nas linhas de montagem, de maneira a aumentar a padronização para redução de custos das autopeças. Outros temas como reciclabilidade, consumo de combustível, matérias-primas e emissões de poluentes também podem trazer implicações profundas sobre a competição na indústria.

Segundo Perera et al. (1999), o caminho para se reduzir o custo do ciclo de vida do produto é a padronização de componentes, pois é possível verificar os efeitos em redução de custos em desenvolvimento, produção, movimentação, inventário, obsolescência, set-ups, etc. Porém, surgem algumas desvantagens, como aumento no volume de peso e custo dos componentes, pois como há uma padronização, alguns modelos de componentes apresentam excesso de desempenho, e também, tem a questão do mercado que dá preferência por variedade de atributos nos produtos. Por isso, antes da padronização de um produto, deve-se avaliar seus efeitos dentro do sistema, para não haver perda de mercado.

Com relação ao Custo Meta, Araújo et al. (2001), descreve sua aplicabilidade nas indústrias, principalmente japonesas fabricantes de automóveis, produtos eletrônicos e equipamentos de precisão, há mais de 20 anos. Cerca de 80% das indústrias de montagem utilizam esta metodologia, que surgiu devido à redução da eficiência dos ganhos do Just-in-time. As vantagens obtidas são aquisição de maior conhecimento das demandas dos consumidores; segurança quanto aos custos de fabricação estarem dentro do previsto e perda de tempo em produtos com margem de lucro insuficiente e envolvimento das áreas da empresa. As desvantagens são conflitos, estresses de pessoal na obtenção do custo meta e atraso devido às repetições de ciclos de análise de valor que podem postergar o lançamento do produto no mercado.

A utilização do custo meta não é uma tarefa fácil, pois envolve toda uma cadeia, sendo necessário administrar os conflitos, porém, é gratificante, caso contrário não cresceria o número de empresas fora do Japão que o utilizam.

Rocha e Martins (1998), apresentam os conceitos do custeio meta e um estudo de caso aplicado a “modems” para uso interno em microcomputadores pessoais. Inicia-se pelo preço que o mercado está disposto a pagar, subtrai-se a margem de lucro e tem-se o custo meta que deverá ser calculado para todos os estágios da cadeia e conseqüentemente comparado com os valores atuais. Custos metas individuais deverão ser calculados levando-se em consideração o grau de importância que o consumidor dá às funções dos componentes. O método é muito útil em ambientes altamente competitivos, e o ambiente de negócios brasileiro vem se demonstrando propício para sua aplicação.

A Análise de Valor, que é o meio para se atingir o Custo Meta, vem manifestando-se no Brasil desde a década de 60, tendo como contribuição maior, a publicação em 1985, do livro "Análise do Valor", por João Mário Csillag (1995), que posteriormente ganhou o prêmio da SAVE em 1988, com a apresentação do método "COMPARE" (Comparar Parâmetros) de sua autoria.

2.2. Confiabilidade

Segundo Rai e Singh (2003), os dados de garantia são uma rica fonte de retorno da confiabilidade do produto, pois apenas os testes de vida em laboratório não são suficientes para prever com confiança a performance do produto em campo. Porém, estes dados com informações de tempo e kilometragem de vida, estão restritos apenas ao período coberto pela garantia, ou seja, constituem dados incompletos, pois não se sabe o comportamento do produto após este período. Os dados obtidos dentro do período de garantia por sua vez, também podem apresentar valores inexatos de tempo, kilometragem e falhas vagas em alguns relatórios. Trabalhar com dados nesta situação pode conduzir a estimações não precisas de taxa de falhas em campo.

No caso de dados incompletos, Rai e Singh realizaram delineamentos de experimentos comparando 3 métodos para estimação com 3 níveis de Anderson-Darling (AD) e 3 níveis de dados incompletos. Uma simulação foi realizada através de números randômicos para gerar uma distribuição normal, a qual serviu de parâmetro de comparação. Mais três curvas foram estimadas, porém cada qual com uma certa porcentagem de valores censurados diferentes, ou seja, incompletos. Ao final, concluiu-se que não há diferenças significativas entre os métodos, porém, quanto maior a quantidade de dados censurados, maior será a diferença entre a curva estimada e a curva de referência, onde não há dados censurados. Mesmo assim, um alto nível de eficiência pode ser alcançado. Rai e Singh propuseram uma metodologia com 5 passos, restrita apenas a componentes com distribuição normal ou log-normal, onde primeiramente é realizada uma seleção de dados de garantia com a kilometragem mínima de quebra, retirando dados não claros onde a falha não fora notada, ou apresentava baixa severidade, selecionando apenas os referentes à qualidade do produto manufaturado. Estima-se os parâmetros da população utilizando-se também os dados incompletos; exclui-se os valores que estão fora dos 99% dos

limites estatísticos, pois são dados não claros. Verifica-se se a distribuição é normal ou log-normal, e, por fim, estima-se a taxa de falhas para falhas de campo.

Coit e Dey (1999), já haviam proposto um método para análise de dados de campo e também mencionam a dificuldade de se obter dados confiáveis com tempos exatos de falha. Nestes casos, o ajuste dos dados para a maioria das distribuições (Weibull, Lognormal, Gamma) torna-se extremamente complexo se utilizando o método de máxima verossimillhança ou regressão linear. No entanto, é possível estimar parâmetros utilizando-se a distribuição exponencial sem utilizar dados individuais de falhas. Porém, em seu estudo, o teste de hipóteses rejeitou a distribuição exponencial com dados provenientes de uma distribuição de Weibull. Desta forma, torna-se muito importante aplicar este teste, pois assumir uma distribuição inapropriada conduzirá a estimações errôneas.

Bai (2001), propôs um método de estimação de tempo de vida com dados de falha adicionais após o período de garantia. É assumido que após este período os dados são reportados com probabilidade menor que 1, enquanto dentro desse período, a probabilidade é igual a 1. Métodos para obtenção de estimadores de máxima verossimilhança são traçados e específicas fórmulas para distribuição de Weibull são obtidas. Um procedimento de estimação usando a expectativa e algoritmo de maximização é também proposto quando a probabilidade reportada é desconhecida. Estudos de simulação são conduzidos para investigar as propriedades das estimativas. Muitos tempos de falha em campo são superiores ao realizados em laboratório devido às condições reais de exposição, as quais são difíceis de simular em laboratórios, e principalmente para observação de tempos longos de falhas. Conforme citado anteriormente, a maioria das análises é feita dentro do período de garantia, o que pode super ou sub estimar o número de falhas, já que não considera o valor exato da quebra que ocorre após este período. As estimativas obtidas no presente trabalho, acrescentando-se dados após o período de garantia, apresentaram melhor performance do que apenas os que estão dentro desse período.

Já em Finkelstein (2002), é proposto um método de modelagem de tempo de vida de produtos com idade inicial desconhecida, através de uma variável randômica. Pois, em aplicações de engenharia, um item que falhou pode, eventualmente, ser substituído por outro usado, sobre o qual desconhecemos o histórico.

Majeske (2003), propôs um modelo misto para dados de garantia automotiva, incluindo parâmetros de performance do produto em campo, em manufatura, no processo de montagem, etc, de maneira a estimar qual a taxa de falha que poderá ocorrer em campo referente a essas situações mencionadas. No estudo, utilizou-se uma população de 9532 carros de luxo, representando um mês de produção, para demonstrar a metodologia. Foram analisados dados de uma porção de veículos que superaram o período normal de garantia, 2 anos após a montagem dos mesmos. Foi possível separar os dados de falhas prematuras provenientes de falhas de montagem do produto (qualidade de fabricação), das falhas inerentes ao projeto, de maneira a avaliar a capacidade de detecção de falhas na linha de produção da empresa, pois os dados foram separados em 2 modos de falhas que seguiram uma distribuição de Weibull.

Zhao et al. (2000), propuseram um método para determinação da distribuição apropriada da vida em fadiga em dados limitados, verificando o total dos efeitos ajustados para as distribuições assumidas, e investigando a consistência das distribuições com fadigas físicas e a cauda dos efeitos ajustados. Neste trabalho, aplicado em testes de um componente fabricado em aço 16Mn da China, as distribuições lognormal e valores máximos extremos, demonstraram-se apropriados para vida em fadiga com dados limitados.

Guida e Pulcini (2002), propuseram um procedimento para avaliação da confiabilidade automotiva, baseada em dados do histórico e do conhecimento técnico, uma vez que não se pode ignorá-los durante o desenvolvimento de novos produtos, podendo economizar tempo e custos em testes demasiados e retrabalho.

Em Zou et al. (2002), tem-se um método para análise da confiabilidade do sistema de porta do corpo do veículo, com relação a uma das mais importantes qualidades, a energia de fechamento da porta. Esta deve ser a menor possível, porém sem comprometer a segurança de fechamento da porta, de modo que através de experimentações foi possível delinear a região segura de trabalho.

Eisele et al. (1996), desenvolveram um método para avaliação da segurança dos projetos automobilísticos, onde através da base de dados sobre acidentes da Virgínia (USA), foi possível

identificar tipos de acidentes e quantidade, de modo a construir uma árvore de falhas e a probabilidade de ocorrência do evento de topo. Como resultado do método, pontos críticos podem ser avaliados e projetos de melhorias implementados.

Capítulo 3

Embasamento Teórico

3.1. Conceitos e Definições da Qualidade

Segundo Oakland (1994, p.15), os autores tem expressado o significado de qualidade de várias maneiras:

- "qualidade é o atendimento das exigências do cliente" – Oakland.
- "adequação à finalidade ou uso" - Juran.
- "a qualidade deve ter como objetivo as necessidades do usuário, presentes e futuras" – Deming.
- "o total das características de um produto e de um serviço referentes a marketing, engenharia, manufatura e manutenção, pelas quais o produto ou serviço, quando em uso, atenderá às expectativas do cliente" – Feingenbaum.
- "conformidade com as exigências" – Crosby.

A Qualidade varia na opinião de pessoa para pessoa, de um lugar para outro e de tempos em tempos, melhor dizendo: "O que pode ser bom pra mim, pode não ser pra você e o que era bom ontem, pode não ser hoje". O conceito de qualidade é dinâmico e deve ser assimilado por todos. Uma das funções das organizações é criar mecanismos para acompanhar essa evolução, através de um gerenciamento contínuo da qualidade, a qual é formada por uma cadeia de

processos e indivíduos responsáveis pela qualidade agregada ao produto, sendo que estes são influenciados, em grande parte, pela fase de desenvolvimento do produto. E quando pensamos quem são os "clientes" da qualidade, os atingidos pela qualidade, a resposta é todos: o Consumidor, o Empregador, os Funcionários e a Comunidade.

"Desenvolvimento do produto, significa fornecer características do produto que respondam às necessidades dos clientes. Existem outros termos com significados parecidos: projeto do produto, projeto do sistema, engenharia do produto." – Juran (1992, p.123-124).

Se durante a fase de concepção do produto, fossem elaborados pelo projetista componentes ricos em detalhes, de materiais nobres e raros, de difícil usinabilidade, tolerâncias estreitas, elevada fragilidade e nocivos à saúde, será que efetivamente pode-se agregar valor ao produto, ou seja, agregar qualidade? Como seria o comportamento dos clientes envolvidos, tanto dentro da cadeia produtiva, como em relação aos clientes externos? Certamente causaria alguns inconvenientes, pois toda uma estrutura se modelaria para atender tais requisitos, comprometendo o sucesso da empresa. Além disso, produtos complexos tendem a reduzir a produtividade da empresa e aumentar os índices de rejeição, aumentando o preço final para o consumidor.

Produtividade de um produto é o quociente entre qualidade e custos, onde qualidade subtende-se como o valor agregado ao produto, o quanto o produto é desejado pelo cliente. Custos são os recursos consumidos para obtenção do produto. Quanto maior a qualidade, tanto maior será o desejo pelo cliente e maior poderá ser o preço de venda, dependendo obviamente, da visão do mercado e da aceitação.

Por isso, as empresas devem padronizar sempre que possível, seja em produtos como em processos, pois é mais fácil administrar o processo, assim como detectar falhas ou perdas que afetam a qualidade e, conseqüentemente, a competitividade. Deve-se buscar a otimização do produto desde o projeto, com números reduzidos de tecnologias e componentes, de fácil fabricação e montagem, para minimizar desenvolvimentos, treinamentos, equipamentos, estoques e gastos desnecessários em geral no custo do ciclo de vida do produto.

Segundo Perera et al (1999, p.109-116), padronização de componentes, refere-se a situação em que vários componentes são representados por apenas um, que pode executar as funções de todos e que 3 situações são possíveis: padronização dentro do produto, conforme já enunciado; padronização ao longo de produtos, onde um componente pode ser usado em diferentes produtos; e padronização ao longo de gerações de produtos, em que um componente pode ser usado em diferentes produtos durante gerações.

Porém, antes de mais nada, é preciso entender de requisitos: o que o cliente necessita, o que ele pensa que necessita e o quanto podemos atender às suas necessidades, pois segundo Deming (1990, p.129), "O cliente é a parte mais importante da linha de produção".

3.2. Planejamento da Qualidade

3.2.1. A Voz do Cliente

Planejamento da Qualidade, segundo Juran (1992, p.13-15), "é a atividade de (a) estabelecer as metas de qualidade e (b) desenvolver os produtos e processos necessários à realização desta metas." Envolve uma série de passos universais:

- Estabelecer metas de qualidade
- Identificar os clientes
- Determinar as necessidades dos clientes.
- Desenvolver características do produto que atendam às necessidades dos clientes.
- Desenvolver processos que sejam capazes de produzir aquelas características do produto.
- Estabelecer controles de processos e transferir os planos resultantes para as forças operacionais.

"A qualidade precisa ser administrada – ela não acontece sozinha", Oakland (1994, p.19).

As empresas não podem trabalhar mais desenvolvendo produtos de forma "intuitiva", produzindo o que acham que devem, o que acham que será mais fácil, o que trará mais lucros. As

organizações precisam criar meios para ouvir a "Voz do Cliente", simular situações para estudar qual seria o impacto da introdução de um novo produto no mercado, mesmo porque, a linguagem do cliente difere da terminologia teórica das organizações, é informal.

"A qualidade começa com Marketing", Oakland (1994, p.25). Éste deve liderar o estabelecimento dos verdadeiros requisitos para os produtos, definindo o setor do mercado, a demanda, os aspectos do produto, a qualidade, a confiabilidade, o preço, o prazo, etc. Pois a qualidade deve ser usada de modo estratégico para se alcançar a competitividade.

Segundo Campos (1992), ser competitivo é ter a maior produtividade entre os concorrentes. A sobrevivência da empresa depende do quanto ela é competitiva perante o mercado.

A qualidade precisa ser planejada, tornando-se necessário que um grupo multidisciplinar traduza a linguagem informal do cliente para a técnica, ou digamos, da "Voz do Cliente" para "Voz do Projeto", dados que possam ser quantificados e introduzidos na fase de desenvolvimento. Se um cliente descreve num questionário de pesquisa, que um de seus principais critérios de escolha de um automóvel é a "embreagem macia", o fabricante da embreagem precisa, então, traduzir em requisito de projeto: "força de acionamento".

Entre os métodos que auxiliam no planejamento da qualidade podem ser citados o Modelo de KANO e o QFD.

3.2.2. Modelo de KANO

Segundo Terninko (1997, p.67), o Modelo de KANO é usado para entender a importância que os clientes dão às funções do produto, divididas em três categorias: necessidades básicas, de performance e de encantamento:

- Necessidades Básicas: são tão fundamentais que não são expressas pelo consumidor, porém, é importante identificá-las, pois com certeza serão notadas se houver

eliminação ou mesmo modificações. Por exemplo, uma das funções básicas de um automóvel é proteger seus ocupantes das intempéries, desse modo, seria quase que impossível vendê-lo sem teto ou outro dispositivo de proteção.

- Necessidades de Performance (desempenho): promovem um aumento da satisfação na medida que aumenta a performance e são geralmente expressas pelo consumidor. Como exemplo temos o consumo de combustível dos automóveis, quanto menor o consumo, maior a satisfação do cliente e, conseqüentemente, maior chance de vendas no mercado.

- Necessidades de Encantamento: Estas necessidades não são esperadas pelo consumidor, superam expectativas, como por exemplo, um carro que obedece ao comando da voz.

A concorrência obriga as empresas a melhorarem seus produtos para se manterem competitivas, pois as necessidades mudam de categoria com o passar do tempo. O que era encantamento passa a ser performance e esta passa a ser necessidade básica. No entanto, uma drástica melhoria na performance cria encantamento novamente e, assim, o ciclo se perpetua para garantir a sobrevivência da empresa.

Através de questionários, deve ser avaliado o grau de importância para cada função do produto segundo a visão do cliente, determinando-se em qual das três categorias se enquadram, o que pode ser feito através das perguntas pareadas desenvolvidas pelo Prof. Noriaki Kano, onde a primeira refere-se a como a pessoa se sente se alguma coisa existe, e a segunda, como se sente se não existe. Como resposta, o entrevistado deve escolher, para cada pergunta, uma das seguintes alternativas:

1. Eu realmente gosto
2. Eu gosto
3. Eu me sinto neutro
4. Eu não gosto

5. Eu realmente não gosto

Confrontando-se as respostas das perguntas positivas (suficiência) com as perguntas negativas (insuficiência), é possível determinar como o cliente se sente em relação a uma determinada função, sendo que além das três categorias principais já mencionadas, respostas podem conduzir a outras categorias como:

- Indiferente: o entrevistado não se sente nem satisfeito e nem insatisfeito, mesmo que a função esteja suficiente ou insuficiente, ou seja, não faz falta.

- Reversa: o entrevistado se sente insatisfeito quando suficiente, e satisfeito se insuficiente, ou seja, ele desaprova a existência de uma determinada função, merecendo portando a eliminação.

- Inconsistente: tais respostas deixam dúvidas quanto à compreensão, o que pode ser por falta de entendimento do entrevistado, ou porque a pergunta foi mal formulada.

É construída uma matriz confrontando as respostas das perguntas positivas com as respostas das negativas de todos os entrevistados. A classificação da categoria das necessidades será dada pelo posicionamento dentro da matriz e a quantidade de respostas alocada.

3.2.3. Desdobramento da Função Qualidade (QFD)

Desdobramento da Função Qualidade (Quality Function Deployment), segundo Akao (1996, p.21), se trata de um método que tem por fim estabelecer a qualidade do projeto, capaz de obter a satisfação do cliente, e efetuar o desdobramento das metas do referido projeto e dos pontos prioritários, em termos de garantia, até o estágio de produção. Este método nasceu no estaleiro da Mitsubishi, em Kobe, Japão e difundiu-se para outras organizações no mundo.

Conforme Miguel (2001, p.190), as seguintes vantagens e benefícios podem ser obtidos utilizando-se o QFD no desenvolvimento de produtos:

- Redução de problemas no lançamento de novos produtos e menores mudanças de projeto.

- Identificação de possíveis problemas antes da fabricação.

- Registro de documentação e aumento de conhecimento para projetos futuros.

- Satisfação dos clientes devido ao aumento do atendimento dos requisitos do produto (características de qualidade).

- Redução do ciclo de desenvolvimento do produto, pois concentra-se no que é mais importante. A aplicação do QFD pode encurtar o desenvolvimento do produto da ordem de 30 a 50%.

- Aumento da comunicação dentro da organização por utilizar-se de equipes multidisciplinares.

- Redução nos custos de produção de novos produtos. A Toyota aponta uma redução de 20% nos custos iniciais de lançamento de uma nova Van, chegando a uma redução cumulativa de 61% depois de 5 anos.

Segundo Akao (1996, p.18), na década de 1960 as empresas japonesas cresceram muito, principalmente a indústria automobilística, que devido às constantes mudanças dos modelos de automóveis necessitou implantar técnicas para garantir a qualidade desde o projeto, pois garantir apenas a qualidade de fabricação através do controle estatístico do processo (CEP) já não era suficiente, passando-se então para a fase de Gestão da Qualidade Total (GQT), onde a qualidade passou a ser assegurada como um sistema, envolvendo todos os processos: identificação do mercado, preparação para a produção, as compras, a produção, a inspeção e finalmente vendas. Foi introduzido em primeiro lugar o conceito da confiabilidade e iniciadas as tentativas de Desdobramento da Qualidade por Akao devido à falta de clareza na determinação da qualidade de projeto, apesar de sua importância.

O QFD é formado por planilhas (matrizes da qualidade) de planejamento do produto, onde são colocadas as características exigidas pelo cliente, linguagem não técnica, como por exemplo “ser leve” e “barato”, as quais deverão desdobrar em outra planilha de características técnicas que são as “Características da Qualidade” ou atributos de projeto, como por exemplo, “peso (Kg)” e “custo ($)”, que são características mensuráveis.

O agrupamento do desdobramento dessas matrizes, forma a chamada “Casa da Qualidade”, conforme Figura 3.1, a qual pode se desdobrar em características de qualidade, confiabilidade, custos e tecnologia, às quais são agregados pesos para priorizar o grau de importância dentro do projeto, servindo para tomada de decisões na melhoria do mesmo, pois fica fácil determinar os pontos críticos e, então, alocar recursos, buscando competitividade junto aos concorrentes.

Matriz da Qualidade (simplificada).

Figura 3.1 – Casa da Qualidade Simplificada, segundo Miguel (2001, p.203)

O QFD pode se desdobrar em um número extenso de planilhas em função do desdobramento dos requisitos dos clientes. Por exemplo, para um Sapato, em um 1º nível poderíamos ter “ser confortável” e em 2º nível “ser macio” e “ajustar-se corretamente”, o que confrontando com características de qualidade resultaria em textura do material e dimensões do

produto, características mensuráveis que podem ser controladas pelo fabricante a fim de garantir os requisitos de entrada.

Quanto maior o número de requisitos de entrada e o número de níveis até se atingir as características do produto ou características da qualidade, tanto maior será o número de matrizes a serem criadas. No entanto, já é válido a utilização do QFD apenas em níveis iniciais, pois as empresas já se beneficiam mesmo com poucas planilhas, podendo assim direcionar seus esforços.

Para que o QFD tenha sucesso, há a necessidade da integração das áreas de marketing, engenharia de processos e produto, contabilidade e outras, para que todos contribuam acrescentando informações que se traduzam em produtos menos complexos e menos propensos a falhas de garantia. Não obstante, é indispensável a revisão do projeto, que corresponde à inspeção do projeto com testes de desempenho e confiabilidade. O QFD bem elaborado, resulta em garantia da qualidade do projeto, sendo menos propenso à reprovações na fase de revisão do projeto.

A essência do QFD é a inicialização correta do processo, e isso só é possível com planejamento e interação entre os envolvidos, identificando os clientes e seus requisitos, transformando estes em características da qualidade, e colocando em matrizes de priorização.

A seleção das características exigidas pelos clientes pode ser feita por questionários enviados pelo correio, entrevista direta, reclamações de assistência técnica, informações que chegam aos outros setores, benchmarking (comparação) de mercado, brainstorming (geração espontânea de idéias), etc.

Em Dellaretti (1996), são abordadas as sete ferramentas do planejamento da qualidade que podem auxiliar na elaboração do QFD, como o Diagrama de Afinidades, Diagrama de Árvore e Diagrama de Priorização ou Matriz de Priorização, bem como técnicas de coleta de dados.

A pesquisa de Kano é útil para a seleção e hierarquização das funções reconhecidas pelos clientes segundo seu grau de importância. Outros métodos que podem auxiliar no Desdobramento

da Qualidade são a Análise de Valor e o Custo Meta, os quais serão também tratados neste trabalho.

3.3. Custos da Qualidade

3.3.1. Gestão Estratégica de Custos em Cadeias de Valor do Setor Automobilístico

Segundo Bacic e Vasconcelos (2002, p.28), "gerir custos significa projetar, construir, manter e melhorar a posição de custos da empresa, procurando aumentar sua competitividade, de acordo com a estratégia da mesma. Deve-se agir sobre os elementos que causam custos, procurando a diminuição dos mesmos e maximização do valor gerado para o cliente".

Em Feingenbaum (1991, p.59-60), com relação à montagem dos requisitos dos produtos, estes estão se tornando complexos e, na fase de desenvolvimento, estão sendo negligenciados detalhes que podem comprometer a eficiência do produto, como é o caso de aparelhos eletrônicos sensíveis a vibrações e temperaturas. Por outro lado, criam-se também funções desnecessárias que não agregam valor final ao produto, prejudicando o valor a ser pago pelo consumidor.

As empresas estão englobadas em Cadeias de Valor, por exemplo, o Setor Automobilístico, onde cada fornecedor de componentes tem sua fatia de participação no preço final do automóvel, sendo de vital importância o controle dos custos individuais desde o projeto do produto, para garantir a competitividade da cadeia e, conseqüentemente, a sobrevivência, pois o cliente não está disposto a pagar mais pela ineficiência das empresas que não sabem gerenciar corretamente os seus projetos.

Segundo Silva (1999, p.6), há três focos a serem analisados para se entender a estratégia da gestão de custos, no setor automobilístico:

- <u>Cadeias de Valor</u>: conjunto de atividades criadoras de valor desde a obtenção das matérias-primas até o produto final entregue ao consumidor, sendo que cada processo

agrega um valor específico. A cadeia do setor automobilístico é sólida com poucas empresas de autopeças e montadoras.

- Posicionamento Estratégico: avaliação das oportunidades do mercado e dos recursos existentes e definição de metas dentro de um plano de ação para alcança-las. Como o mercado brasileiro é composto, principalmente, por carros populares, o posicionamento estratégico é obter preços competitivos através de baixos custos.

- Direcionadores do Custo: elementos que direcionam os custos a fim de se atingir as metas e, conseqüentemente, o posicionamento estratégico. No setor automobilístico são as economias de escala e escopo, ou seja, tamanho e diversidade da produção.

Segundo Ferraz et al. (1997, p.168), a fabricação das autopeças corresponde de 60 a 80% do custo do veículo montado, sendo diretamente afetada pelas mudanças no padrão de concorrência das montadoras. Estas por sua vez, estão repassando cada vez mais responsabilidades e custos de projetos, como entregas no sistema "just in time" (JIT) com qualidade total, rapidez nas mudanças, fornecimento de componentes e subconjuntos já montados e testados, produtos mais leves, duráveis e menos poluidores, com o auxílio da eletrônica, plásticos, materiais compostos e alumínio, assim sendo, exigindo preços, tecnologia de produtos, entrega e prazo, pois são igualmente importantes nas suas decisões de compra.

Para Silva (1999, p.4), os 20 a 40% que sobram à montadora para administrar é uma parcela muito pequena para se buscar reduções de custos e buscar a competitividade da empresa, se forem seguidas apenas as metodologias tradicionais de custos que operam sobre o perímetro da empresa. No custeio pela metodologia tradicional, a empresa volta-se para dentro, onde o preço final do produto é a soma dos custos diretos e indiretos de fabricação, acrescido do lucro almejado.

Fica realmente difícil, segundo essa sistêmica, ser competitivo, pois para otimizar os custos internos de fabricação, os ganhos são reduzidos apenas utilizando-se métodos de manufatura enxuta, ou seja, no "chão da fábrica". Conforme Monden e Sakurai (1989, p.49), cerca de 80 a

90% do custo do ciclo de vida de um produto já está comprometido na fase de desenvolvimento que conforme visto no QFD, abrange desde a identificação do cliente e seus requisitos como preço, até seleção de fornecedores com tecnologia e preço compatíveis com a estratégia da empresa, no caso, a montadora.

Para que a gestão estratégica de custos tenha êxito, é importante transparência entre os membros da cadeia, sem hierarquias, ou seja, decisões horizontais. A montadora, o fornecedor de subconjuntos, o fornecedor de componentes e o fornecedor de matérias-primas interagem mutuamente, conversando entre si. Estipula-se o preço do produto da cadeia de valor a ser pago pelo consumidor final, com base nos concorrentes e no que o mercado está disposto a pagar. Subtrai-se deste o lucro que cada membro da cadeia preiteia e o restante são os custos inerentes à obtenção do produto final, o qual é dividido entre os membros. Caso um membro não consiga produzir dentro de seu custo de fabricação, os demais devem ajudar na busca de soluções para atingir a meta, sendo que o resultado desta cooperação quase sempre é a mudança de conceitos e superação tecnológica. Por exemplo, se um fornecedor de componentes entrega-os já inspecionados e testados ao seu cliente, porque este precisa inspecionar e testar novamente aumentando o custo da cadeia? Do mesmo modo, mudanças de projeto podem ser realizadas de comum acordo para redução dos custos. Portanto, deve haver um policiamento contínuo dos custos na cadeia e dos membros associados a esta, para manterem-se competitivos e conseqüentemente sobreviverem.

3.3.2. Custo Meta

Segundo Araújo et al. (2001, p.3), no final da década de 60 e início da 70, as empresas japonesas despontaram apresentando produtos de alta qualidade à preços competitivos. O que havia em comum entre os produtos era o curto ciclo de vida e a variedade de modelos e tamanhos produzidos. Nesse período surgiram o “Just-in-time” (JIT) e o “Total Quality Management” (TQM) a fim de buscar qualidade a um baixo custo de fabricação. Porém, percebeu-se que não era suficiente garantir os custos apenas numa etapa do ciclo de vida do produto, no caso a fabricação, surgindo então o Custo Meta, que inova enfatizando também as fases de planejamento e projeto, momento em que a maior parte dos custos podem ser controlados.

No Custeio Meta, que é o processo para se obter o Custo Meta, quem dita o preço final do produto é o mercado e não a empresa, como é feito pelo método de custeio tradicional já mencionado, onde o preço é formado pela somatória de todos os gastos envolvidos no processo de obtenção do produto acrescido do lucro, não havendo um planejamento dos custos e fixação de limites pré-estabelecidos. Pelo método de Custeio Meta o caminho é inverso.

O Custeio Meta pode ser chamado de Custeio-Alvo (Target Costing) e, conseqüentemente, o Custo Meta de Custo-Alvo (Target Cost). Segundo Rocha e Martins (1998, p.1101), estes apresentam como premissas que o lucro é a garantia de sobrevivência da empresa, e o custo é definido antes do início da produção e é fortemente influenciado pela concorrência. Desta maneira, antes do início da produção deve-se analisar o custo total incorrido e o retorno estipulado ou margem de lucro. Caso esta não seja satisfatória, o projeto deve ser alterado de forma a atingir a margem desejada, porém, sem comprometer as funções básicas do produto reconhecidas pelos clientes. O início da produção só ocorrerá após se atingir o retorno esperado, caso contrário, a empresa estará fadada ao fracasso, pois o preço não pode ser aumentado devido à concorrência. Possíveis reduções de custos após o fornecimento, como economias de materiais de escritório, energia elétrica, melhoria na utilização da mão-de-obra e matéria-prima, por exemplo, são irrisórias.

É importante lembrar que cada elemento da cadeia de valor deve ter seu custo meta estipulado, e deve cooperar entre si, dentro do ciclo de vida do produto, pois este compreende desde a análise de aceitação do produto no mercado pela área de Marketing da empresa, passando pela elaboração do desenho do projeto pela Engenharia, construção de protótipos, testes, desenvolvimento do processo e fornecedores, produção, controle da qualidade, logística, distribuição, pós-venda, reparos, substituição e descarte. É preciso levar em consideração até mesmo o custo que o cliente terá em manutenções ao longo da vida do produto e custos com o descarte do mesmo, quando este deixar de ter funções. O Custo Meta atravessa fronteiras, de modo a equilibrar os custos de todos os elementos da cadeia e atingir o custo meta geral da mesma.

Custo Meta = Preço Meta (Mercado) - Margem de Lucro Meta (Empresa)

Segundo Araújo et al. (2001, p.6), para se atingir o Custo Meta do produto, sem comprometimento das expectativas dos clientes, através de regime de cooperação mútua, cada departamento da empresa utiliza uma técnica denominada Engenharia de Valor, decompondo o Custo Meta em cada elemento de custo como custos de matéria-prima, mão-de-obra direta e em seus componentes funcionais que numa montadora de veículos poderia ser o sistema de transmissão, o chassi, o motor. A Engenharia do Valor tem como premissa a análise das funções de cada componente com a finalidade de incorporar essas funções ao menor custo possível, do ponto de vista do custo do ciclo de vida, através da utilização de tabelas de custos, que são bancos de dados volumosos com informações importantes da fabricação do produto, métodos, fonte, servindo para identificar variáveis que direcionam os custos, sendo amplamente utilizada pelas empresas japonesas.

3.3.3. Análise do Valor

Lawrence D. Miles desenvolveu para a General Eletric Company em 1947 a metodologia que foi chamada de Análise do Valor, a qual tinha como foco, as funções desempenhadas pelos produtos ao invés dos componentes, afim de reduzir custos e substituir materiais raros durante os anos de conflito da 2ª Guerra Mundial. O sucesso foi tão grande que a metodologia vem se espalhando para outros países até os dias atuais, sendo que melhorias foram acrescentadas pelos seus seguidores.

A fundação da SAVE (Sociedade Americana de Engenharia do Valor) em 1959 nos Estados Unidos foi um marco importante para a divulgação da metodologia para outros países, sendo que no Brasil, a ABEAV (Associação Brasileira de Engenharia do Valor) foi criada em 1984.

No Brasil, a Análise do Valor teve início com alguns seminários na década de 60 e foi evoluindo tendo como um de seus marcos a publicação do livro “Análise do Valor” por João Mário Csillag em 1985, cujo autor posteriormente, em 1988, foi premiado como o melhor trabalho do ano, no Congresso Internacional da SAVE com a apresentação do método “COMPARE” (Comparar Parâmetros), de sua autoria.

Várias empresas brasileiras empregam a metodologia, como a Siemens, Klabin, TRW, Freios Vargas, Yanmar, Brown Boveri, Consul, Basf, Volkswagen, Mercedes Benz, General Motors, entre outras.

A Análise do Valor, segundo Csillag (1995, p.25), "constitui uma abordagem muito original para reduzir custos de produção de bens e serviços e aumentar o valor para o usuário. Consiste basicamente em identificar as funções de determinado produto, avaliá-las e finalmente propor uma forma alternativa de desempenhá-las de maneira mais conveniente do que a conhecida. Trata-se de uma ferramenta potente que origina reduções de custos da ordem de até 60% em média".

Análise do valor, engenharia do valor e gerenciamento do valor são sinônimos quanto ao objetivo final, o que muda é apenas o foco, pois o termo Análise do Valor se refere à melhoria em produtos já existentes, Engenharia do Valor se refere a novos desenvolvimentos de produtos, e Gerenciamento do Valor é aplicado à administração.

A metodologia do valor é constituída de 3 elementos fundamentais segundo Csillag (1995, p.60):

- Função: característica de um bem ou serviço que atenda a exigência do cliente. Ex.: um relógio de pulso pode ter como funções : "mostrar horas", "mostrar datas", "cronometrar tempo", "embelezar cliente", "permitir porte", etc. A função pode ser básica (função do projeto, "mostrar horas"), essencial (função necessária para o desempenho da função básica, "armazenagem de energia") e de suporte (não é essencial para o desempenho da função básica, influência a decisão de compra e satisfação do cliente, "estética")

- Valor: medida monetária atribuída a bens e serviços. Classifica-se em valor de custo, de uso, de estima e de troca.

VALOR = BENEFÍCIO/ CUSTO

- Desempenho: grau de atendimento da função, conjunto de habilidades específicas funcionais do produto que o fazem adequado ao mercado e vendável. Pode se traduzir em qualidade, confiabilidade, intercambiabilidade, aparência, facilidade de manutenção, etc. Ex.: Uma empresa adquire calculadoras científicas para todos os funcionários do setor produtivo, porém apenas serão utilizadas as operações básicas, perfeitamente supridas por uma calculadora simples e básica. Logo, "calculadora científica", apresenta um excesso de desempenho, e conseqüentemente excesso de custo.

O objetivo principal da "Análise do Valor" é, determinar onde termina o desempenho satisfatório e onde começa o excesso de desempenho, pois este certamente aumenta o custo do bem ou serviço. O foco é a análise de funções, pois estimula o pensamento criativo removendo bloqueios mentais que estão associados à forma física de produtos ou coisas conhecidas. Toda função deve ser representada por verbo seguido de substantivo, sendo hierarquizada numa árvore funcional chamada de Diagrama FAST, criada por Charles Bytheway em 1965. A pergunta "como?" conduz à função desempenhada, e sucessivamente a outra função como resposta, até se chegar a um substantivo, um objeto sem verbo.

Para estimular a criatividade o nome da função deve se referir ao objeto da ação e não à própria ação, neste caso usamos "por que?". Ex.: Por que "parafusar placa"? Para "prender placa". E por que "prender placa"? Para "identificar máquina". "Identificar máquina" é mais aberto, amplo, e constitui a real necessidade desejada, que pode ou não ser realizada de uma outra forma com o mesmo desempenho esperado e por um custo inferior.

Para a mente humana a resolução de problemas fechados é mais cômoda, pois os limites são fixados durante a fase da solução do problema e a resposta é mais fácil de ser obtida. Porém, esta nem sempre é a mais adequada. Ao contrário, os problemas abertos apresentam caminhos diversos que podem conduzir a soluções revolucionárias. É preciso encontrar um meio termo e trabalhar com as duas situações durante a elaboração do plano de trabalho.

Foram desenvolvidas uma infinidade de técnicas aplicadas à metodologia de Análise do Valor pelos seguidores de Miles. Porém, por mais simples que seja a técnica, faz-se necessária a elaboração de um Plano de Trabalho, com levantamento das informações do produto em estudo, como requisitos (funções) e custos confiáveis de fontes idôneas, e a ação de uma equipe multidisciplinar.

O método que será empregado no trabalho em questão foi desenvolvido por Csillag (1995) e se chama COMPARE, conforme plano de trabalho abaixo:

- Elaboração da Árvore Funcional (Diagrama Fast): hierarquização das funções primárias, secundárias, terciárias e assim por diante.

- Construção da Matriz de Consumo de Recursos: nas linhas estão os componentes do produto e nas colunas as funções escolhidas do Diagrama Fast. Correlacionando-os entre si, busca-se alocar os recursos consumidos para cada função desempenhada pelo produto, a partir do custo dos componentes e do seu grau de participação nas funções. O resultado é a porcentagem que cada função efetivamente consome do custo total do produto, chamado também de custo relativo.

- Avaliação Numérica Funcional: desenvolvida por Mudge, é uma planilha de priorização onde as funções escolhidas são confrontadas entre si e pontuadas segundo seu grau de importância no produto, segundo a visão do cliente. O resultado é a porcentagem que cada função efetivamente contribui para o interesse do cliente, chamadas necessidades relativas.

- Construção do Gráfico COMPARE: o eixo “X” representa as funções e o eixo “Y” as porcentagens, e são plotados no gráfico os valores encontrados para o consumo de recursos e para as necessidades relativas. Da comparação é possível visualizar qual função consome mais ou menos em relação à necessidade relativa.

Para finalizar, a Análise do Valor não visa apenas a redução de custos, e sim, aumento de valor agregado, pois em alguns casos, pode-se até aumentar os recursos consumidos quando estes estão abaixo das necessidades relativas, desde que o cliente perceba a função e isto gere incremento nas vendas. É necessário monitorar sempre este desempenho durante o ciclo de vida do produto, para que fique sob controle e não perca valor.

3.4 Garantia da Qualidade Temporal - Confiabilidade

3.4.1. Conceitos e Definições da Confiabilidade

"Confiabilidade é a probabilidade de um item desempenhar satisfatoriamente a função requerida, sob condições de operação estabelecidas, por um período de tempo predeterminado" - Freitas e Colosimo (1997, p.5).

Diz respeito ao período de desempenho da função de projeto de um determinado produto ou serviço. É fator-chave em muitas decisões de compra e vários dos requisitos para obtenção da qualidade do produto ou serviço são também aplicáveis à confiabilidade, segundo Oakland (1994, p.16).

Podemos considerar uma pessoa mais confiável em relação à outra pelo seu comportamento, porém para um produto, não se pode ficar apenas com a impressão relativa de mais ou menos confiável. É necessário quantificar, pois esta quantificação resultará em produtos que atendam requisitos de qualidade e segurança dos clientes a custos condizentes, durante um determinado período de tempo e condições de funcionamento.

"Eu quero comprar produtos que trabalhem corretamente dia após dia quando eu aperto o botão", resposta de um cliente em uma pesquisa de mercado segundo Feingenbaum (1991, p.570).

Segundo Ramakumar (1993), após a 1ª Guerra Mundial com a expanção da indústria aeronáutica em 1930, foram utilizados pela primeira vez os conceitos de confiabilidade, pois até então, tudo era qualitativo, e lentamente foram quantificados através de taxa média de falha e o

número médio de falhas em aeroplanos e dirigíveis. Outro fato histórico foi a ausência de confiabilidade de equipamentos eletrônicos durante a guerra da Coréia, o que levou os Estados Unidos a ter maior interesse no assunto, de tal modo que contratos militares começavam com cláusulas envolvendo multas e penalidades associadas ao grau de confiabilidade verificado durante a série de testes.

Nos dias atuais, a confiabilidade tem se tornado o centro das atenções de muitas corporações, visto o aumento do número de falhas durante o período de garantia na área automotiva. Portanto, é de suma importância, criar mecanismos de prevenção capazes de reproduzir e quantificar com precisão efeitos indesejáveis ao produto final, pois quando se fala em otimização de produtos, se refere a conceber projetos que reduzam cada vez mais custos de fabricação, porém sem comprometimento do desempenho esperado pelo cliente quanto à funcionalidade e durabilidade do produto.

Temos 4 técnicas básicas que auxiliam na determinação da confiabilidade do produto, segundo Freitas e Colosimo (1997):

- **FMEA** (Failure Mode and Effect Analysis) : Análise do Modo e Efeito de Falhas.
- **FTA** (Fault Tree Analysis) : Análise da Arvore de Falhas.
- **Análise de Tempo de Falha**.
- **Testes de Vida Acelerados**.

3.4.2. Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA)

Segundo Freitas e Colosimo (1997, p.32), o FMEA começou a ser utilizado no fim dos anos 50 com a finalidade da análise crítica de projetos de produto e de processo, tendo como objetivo a identificação de todos os modos de falha em potencial dentro de um projeto, todas as probabilidades de falhas catastróficas e críticas, de forma a eliminá-las ou atenuá-las durante a fase de desenvolvimento do produto.

O FMEA inicia-se com a listagem dos componentes do produto e suas respectivas funções em uma tabela, em seguida para cada função são indicados possíveis modos de falha, efeitos e causas. Exemplo: Componente “ponta de eixo”, função “suportar roda”, modo de falha “fratura”, efeito “perda de controle do veículo” e causa “material inadequado”. Feita esta análise crítica é possível direcionar-se no sentido de mudanças ainda na fase de projeto e criação de métodos para controle dos componentes e suas funções no processo produtivo, a fim de eliminar os possíveis modos de falha. Contudo, o FMEA é um processo contínuo e, mesmo durante o ciclo de produção do produto, o mesmo deve ser constantemente revisado, adicionando-se informações de campo, ou mesmo pela própria mudança de algum item do produto, para avaliação do grau de criticidade, pois no FMEA, são adicionados índices para priorizar a importância de um determinado item. Estes podem ser de Ocorrência (probabilidade de ocorrência de uma causa de falha), Gravidade (grau de gravidade do efeito da falha), Detecção (probabilidade da falha ser detectada antes de chegar ao cliente) e Índice de Risco (priorização na tomada de decisões), sendo que este nada mais é que o produto dos outros três índices.

3.4.3. Análise da Árvore de Falhas (FTA)

Segundo Helman e Andery (1995, p.63), FTA é um método sistemático que fornece bases objetivas para análise dos modos comuns de falhas. Neste método a falha principal do sistema é chamada de “Evento de Topo”. Atrelado a este estão as ramificações, que são seqüências de eventos que podem conduzir ao evento de topo. O objetivo principal é a condução às causas básicas e a eliminação das mesmas e, conseqüentemente, o evento de topo (falha do sistema). Para tanto, é construída uma “árvore de falhas” onde os eventos são associados através de símbolos que indicam o caminho a ser percorrido até o evento de topo. É desejável também que, após a elaboração da árvore, seja avaliada a Confiabilidade do sistema, ou seja, a quantificação das falhas.

A diferença existente entre o FMEA e o FTA, é que a segunda parte da falha principal do sistema (efeito), que é o evento de topo, depois dela já ter ocorrido em campo, associando-se a esta, eventos primários que são falhas básicas (causas), após análise do produto com problema proveniente de garantia ou de testes de desempenho. No FMEA inicia-se pela identificação dos

componentes e possíveis modos de falha, efeitos e causas, sem ainda terem ocorrido. Por isso, é dito que a análise crítica do FTA é de cima para baixo, enquanto no FMEA é de baixo para cima.

Segundo Billinton e Allan (1987, p.62), basicamente, os sistemas podem ter ligações em "série" e/ou em "paralelo". Os componentes são ditos em série do ponto de vista da confiabilidade se todos precisam trabalhar para o sucesso do sistema, caso contrário, se um falhar, o sistema como um todo falha. No caso dos sistemas em paralelo, é necessário que um dos componentes esteja trabalhando para o sucesso do sistema, pois a falha deste só irá ocorrer se todos os componentes falharem. Um sistema em série é chamado de "não redundante", enquanto sistema em paralelo, de "redundante".

Como exemplo de sistema em série tem-se os quatro pneus de um automóvel de passeio, pois basta um falhar para o carro perder estabilidade. No caso das carretas dos caminhões, os pneus estão em paralelo, pois além de haver vários eixos, há dois pneus em cada extremidade destes, o que diminui em muito a probabilidade de falha do sistema, no caso, perda de estabilidade, ou seja, os sistemas em paralelo ou redundantes aumentam a confiabilidade do sistema.

A desvantagem dos sistemas redundantes é o alto custo, porém, em certos casos este se torna desprezível quando o enfoque é segurança, já que no caso de aviões, por exemplo, é praticamente impossível realizar reparos e substituições de componentes em vôo e vidas humanas estariam em jogo, se não fossem os vários componentes para executar a mesma função, como as turbinas.

Segundo Helman e Andery (1995, p.70), na árvore de falhas (FTA), a simbologia utilizada para eventos em paralelo é uma "meia lua", que representa a porta lógica "E", onde o evento de saída desta, só ocorrerá se todos os de entrada ocorrerem. Já a simbologia para eventos em série é uma lua em forma de "quarto-minguante", que representa a porta lógica "OU", em que o evento de saída desta, ocorrerá se um dos eventos de entrada ocorrerem.

Segundo Reay e Andrews (2002, p.45-56), dependendo da complexidade do sistema, a árvore de falhas pode ser extensa, mas também pode ser reduzida utilizando-se uma técnica chamada Redução de Faunet, a qual reduz a árvore para uma forma mínima, eliminando os "ruídos" do sistema, porém sem alterar a lógica. Sua aplicação decresce em média 50% o tamanho da árvore e consiste basicamente em eliminar eventos repetidos no sistema que só atrapalham o entendimento.

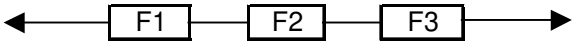
Segundo Helman e Andery (1995, p.137), as falhas de um sistema, podem ser representadas graficamente além da Árvore de Falhas, pelo Diagrama de Blocos de Confiabilidade, sendo que este, não descreve minuciosamente as falhas e seu desencadeamento como no FTA, e sim apenas a ligação entre os componentes, os quais são representados por blocos. O objetivo é calcular a confiabilidade do sistema através da identificação das confiabilidades individuais dos componentes, os quais são dotados de funções diferentes e que como no FTA, podem estar em série ou em paralelo.

3.4.4. Sistemas em Série e Paralelo

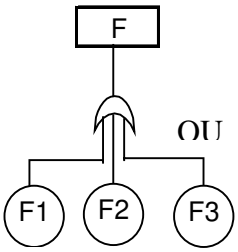
Se um componente tem confiabilidade igual a "1", isto significa que tem 100% de chance de não falhar. Assim, para um sistema formado por três componentes em série, cujos valores de confiabilidade individuais são conhecidos, e iguais com valor 0,9 temos o seguinte valor para a confiabilidade (R) e probabilidade de falha (F) do sistema:

R = R1 x R2 x R3 = 0,9 x 0,9 x 0,9 = 0,73 ou 73%
F = 1 – R = 1 – 0,73 = 0,27 ou 27%

Diagrama de Blocos em Série:



Árvore de Falhas em Série:

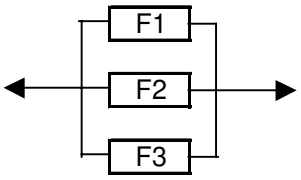


Se estes mesmos componentes estivessem em paralelo, a confiabilidade aumentaria consideravelmente, com o declínio da probabilidade de falha como demonstra o cálculo:

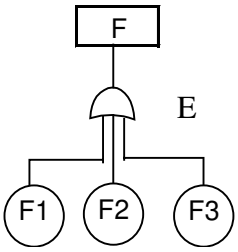
R = R1 + R2 + R3 – (R1 x R2 + R1 x R3 + R2 x R3) + R1 x R2 x R3 = 0,999 ou 99,9%

F = 1 – R = 1 – 0,999 = 0,001 ou 0,1%

Diagrama de Blocos em Paralelo:



Árvore de Falhas em Paralelo:



As probabilidades de falha dos componentes podem ser obtidas por ensaios acelerados em laboratórios, histórico de falhas em campo, manuais como o MIL-HDBK-217 (1982) para aplicação em componentes eletrônicos e outros compilados pela RAC (Reliability Analysis Center), órgão vinculado ao Departamento de devesa dos Estados Unidos.

3.4.5. Análise de Tempo de Falha

Análise de Tempo de Falha, conforme Freitas e Colosimo (1997, p.65), é a análise de dados de durabilidade provenientes tanto de campo quanto de testes de vida acelerados para se obter parâmetros de interesse, como o tempo médio até a falha (MTTF), a fração esperada de falhas no período de garantia, etc.

Segundo Fiedler e Knoblauch (2003, p.1085-1097), os parâmetros de interesse mais utilizados são:

- Função confiabilidade *R(t):* fração esperada de unidades em operação após um tempo *t*.
- Função de Distribuição Acumulativa *F(t)*: fração de unidades que falharam após um tempo *t*.
- Função de Densidade de Probabilidade (PDF) *f(t)*: fração da população original que falha entre um tempo *t* e *t* + d*t*.
- Taxa de Falha *h(t)*: fração da população restante em um tempo *t* que falha entre *t* e *t* + d*t*.

Dados:

$$R(t) = 1 \rightarrow 0, t = 0 \rightarrow \infty$$

$$f(t) = dF(t)/dt$$

$$f(t) = 1 - R(t)$$

$$f(t) = 0 \rightarrow 1, t = 0 \rightarrow \infty$$

$$h(t) = f(t)/R(t)$$

Segundo Billinton e Allan (1987, p.124), estes parâmetros são descritos por distribuições de probabilidades. Todos os componentes de um dado tipo, construção, manufatura e condições

de operação, não falharão após o mesmo tempo de operação e sim em diferentes tempos no futuro, pois esses tempos de falha obedecem distribuições de probabilidade que podem ou não ser conhecidas, e que descrevem a probabilidade de um item falhar ou a sobrevivência do mesmo num determinado intervalo de tempo. Se um processo de manufatura sofre alterações, conseqüentemente a distribuição que descreve os tempos de falha do componente também se altera, resultando em outros valores de probabilidade de falha dentro de um período de tempo. Tais distribuições não podem ser determinadas pela geometria do componente e sim através de ensaios de amostras ou coleção de dados de componentes em operação.

As distribuições de probabilidade ou modelos probabilísticos mais empregados são Exponencial, Weibull, Gauss ou Normal e Log-normal, e só após a escolha de uma destas distribuições, que melhor descreva o comportamento do tempo de falha do produto sob teste, é possível estimar os parâmetros de interesse, como a confiabilidade, taxa de falhas, porcentagens de falhas. Estas distribuições são chamadas de paramétricas, pois é possível a construção de um histograma com a freqüência das falhas associadas aos intervalos de tempo.

As falhas são caracterizadas como eventos indesejáveis no sistema, sendo então necessário, em um estudo de confiabilidade, a correta definição do que vem a ser falha em um componente e como medi-la, em horas, ciclos, quilômetros, ou seja, valores mensuráveis. As falhas podem vir de dados completos (valor exato da falha) ou dados censurados (faixa em que se encontra o valor da falha). Como neste último caso não é possível a construção de um histograma, pois não é possível saber a freqüência exata das falhas associadas a alguns intervalos, a distribuição é chamada de não-paramétrica, pois não é necessário seguir um modelo probabilístico, ou seja, especificando uma distribuição para a variável tempo até a falha. Na presença de censuras, uma das técnicas estatísticas empregadas para análise dos dados de tempo de falha é o estimador não-paramétrico chamado Kaplan-Meier. Se bem empregadas, as técnicas paramétricas são mais eficientes que as não-paramétricas.

Segundo Freitas e Colosimo (1997, p.107), os modelos probabilísticos são caracterizados por quantidades desconhecidas, chamadas de parâmetros, tais como de forma, escala e posicionamento e que conferem a identidade do comportamento da distribuição dos dados em

análise, sendo então possível responder perguntas de interesse. Os modelos de Weibull e log-normal são caracterizados por dois parâmetros e o exponencial por apenas um. O método mais conhecido para estimação destes parâmetros é o de mínimo quadrados, porém não é recomendado para estimação de dados provindos de durabilidade, pois não permitem agregar censuras em seu processo de estimação. Para estimar estes parâmetros o método mais apropriado é o da máxima verossimilhança.

A distribuição **Exponencia**l é provavelmente a mais conhecida em confiabilidade de sistemas e possui uma taxa de falhas *h(t)* constante, onde os parâmetros de interesse são dados a seguir:

- Função densidade de probabilidade f(t), onde "t", é um determinado tempo de falha, e "α", o tempo médio de vida ou MTTF:

$$f(t) = (1/\alpha)e^{-t/\alpha}, t \geq 0 \tag{3.1}$$

- Função de confiabilidade R(t), que representa a probabilidade do produto continuar a funcionar além do tempo t:

$$R(t) = e^{-t/\alpha} \tag{3.2}$$

- Função de taxa de falha h(t), constante:

$$h(t) = 1/\alpha \tag{3.3}$$

A distribuição de **Weibull** é freqüentemente utilizada para descrever o comportamento da fadiga de metais e possui o parâmetro de forma δ e o parâmetro de escala α:

• Função densidade de probabilidade f(t):

$$f(t) = (\delta / \alpha^{\delta}) t^{\delta - 1} \exp[-(t/\alpha)^{\delta}], t \geq 0 \tag{3.4}$$

• Função de confiabilidade R(t):

$$R(t) = \exp[-(t/\alpha)^{\delta}] \tag{3.5}$$

• Tempo médio até a falha, MTTF:

$$MTTF = \alpha \Gamma[1 + (1/\delta)] \tag{3.6}$$

• Função de taxa de falha h(t):

$$h(t) = (\delta / \alpha)(t/\alpha)^{\delta - 1}, t \geq 0 \tag{3.7}$$

A distribuição **Log-normal** como a Weibull, também é utilizada para descrever o comportamento da fadiga de materiais e possui os parâmetros média μ' e desvio padrão σ':

• Função densidade de probabilidade f(t):

$$f(t) = \frac{1}{\left(\sqrt{2\pi}\right) t \sigma'} \exp\left\{ -\frac{[\ln(t) - \mu']^2}{2\sigma'^2} \right\}, t \geq 0 \tag{3.8}$$

• Função de confiabilidade R(t), onde Φ, é a função de distribuição acumulada de uma normal padrão:

$$R(t) = \Phi\{-[\ln(t) - \mu'] / \sigma'\} \tag{3.9}$$

A distribuição **Normal,** também denominada de distribuição gaussiana, segundo Petenate (2003), é a mais importante e a mais utilizada dentro da estatística. Está associada aos nomes de Pierre Laplace e Carl Gauss. A distribuição da curva normal provém de erros de medida, fenômenos, que Gauss denominou de "Lei normal dos erros". Nos primórdios de seu uso, muitos acreditavam que todos os fenômenos deveriam seguir a Lei Gaussiana, porém, posteriormente, percebeu-se que em muitas situações a distribuição não seguia a forma da Normal.

Billinton e Allan (1987, p.143), também concordam da importância da distribuição Normal dentro dos campos da estatística e probabilidade, no entanto, no campo da confiabilidade, é a de menor significância em relação a muitas outras distribuições.

Segundo Cavalca (2000, p.45), "em confiabilidade, a distribuição normal é utilizada para analisar produtos durante o início de vida e na fase de degradação natural, ou ainda, falha por fadiga ou desgaste".

A distribuição normal tem como parâmetros de caracterização a média μ , que é de localização, e o desvio padrão σ, que é o de escala. Para a função densidade de probabilidade f(t) tem-se:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \tag{3.10}$$

3.4.6. Teste de Vida Acelerado

Ensaios acelerados, referem-se a componentes submetidos a condições de funcionamento superiores às normais de uso, a fim de acelerar o aparecimento de falhas, de modo à avaliar a Confiabilidade de maneira mais rápida e econômica. O objetivo é encontrar o fator de aceleração que leva à degradação de um componente e extrapolar até condições normais de uso.

Os dados provém de campo ou de testes experimentais em laboratórios, onde se pode acelerar o aparecimento das falhas através de altos níveis de estresse, tais como taxa de uso, temperatura, voltagem e associá-los a um modelo estatístico de regressão que responda às perguntas de interesse. Este modelo também é chamado de determinístico, e nele são alocados os dados de falha por nível de estresse e segundo sua distribuição probabilística, que conforme já visto, pode ser Weibull, Log-normal, etc.

Segundo Freitas e Colosimo (1997, p.161-169) os modelos de regressão estresse-resposta mais comuns são Potência Inversa e Relação de Arrhenius, sendo que o primeiro é utilizado para modelar o comportamento de falha de qualquer variável de estresse, sendo aplicado a lâmpadas incandescentes, fadiga de metais, isolantes, etc, e o segundo, quando a varíável de estresse em estudo é temperatura, sendo aplicado em dielétricos, plásticos, etc. Deve-se estar ciente se todas as variáveis que podem influenciar nos resultados do teste estão sob controle, caso contrário, após escolhido o modelo, as extrapolações podem gerar resultados grosseiros, constatados nas diferenças entre resultados de ensaios de mesmo lote.

Os ensaios acelerados em laboratório reduzem o tempo de desenvolvimento e gastos na obtenção das informações, porém segundo Rai e Singh (2003, p.79), sozinhos não fornecem uma completa confiança e retorno sobre performance de campo, pois tem-se notado que os dados de campo provém de informações mais confiáveis sobre a distribuição de vida, já que combinam exposições ambientais, de difícil simulação em laboratório.

Oh and Bai (2001, p.1-8) seguem esse pensamento e propõem um método de estimação da distribuição do tempo de vida de dados de campo com dados adicionais de falhas de campo após o período de garantia.

Outros autores como Majeske (2003,p.71-77) e Coit e Dey (1999, p.95-101), também propõem métodos utilizando-se de dados de garantia, porém o grande problema reside na coleta das informações, pois nem sempre estas são devidamente registradas, sendo que quando o período de garantia é superado, já não há um policiamento da vida do produto.

Segundo Molenar et al (2002, p.295-302), no passado, o foco na confiabilidade de produtos era a confiabilidade de componentes, porém, atualmente, está também voltada para os processos de negócios, principalmente na criação rápida de processos, cuja maioria dos problemas está no desenvolvimento da informação.

Outro fato que chama atenção, é que segundo Guida e Pulcini (2002, p.129), a maioria das estimações realizadas nas indústrias usam apenas dados observados em testes de demonstração e ignoram o conhecimento de produtos anteriores. No entanto, muitos dos produtos na indústria automotiva são evolucionários e não revolucionários, o que facilitaria a avaliação utilizando-se de dados do histórico de produtos conhecidos.

As vantagens dos ensaios acelerados, além do tempo e custo reduzido, são realmente a comodidade da coleta dos dados e a certeza de que amostras podem ser submetidas comparativamente nas mesmas condições de estresse, o que é muito difícil de garantir em campo. Para tanto, um planejamento torna-se necessário, identificando quais são as variáveis de estresse (ex.:temperatura), quantos e quais níveis (ex.:200/250 e 300°C) e qual a forma de aplicação do estresse (constante, tipo escada, progressivo e cíclico). Além disso, é necessário determinar o tamanho da amostra a quantidade a ser alocada por nível de estresse.

3.4.7. Segurança do Projeto

Como já visto, há casos em que se torna necessário a utilização de sistemas redundantes para aumentar a confiabilidade e, conseqüentemente, a segurança do próprio homem, como no caso dos aviões, porém, ainda sim, são insuficientes.

Nos desenvolvimentos de projetos, é sempre necessária a minimização dos custos, porém, em contrapartida, sempre maximizar a segurança, pois como exemplo, segundo Eisele et al (1996, p.65-76), é preciso introduzir no desenvolvimento veicular o conceito de Gerenciamento do Risco Automotivo, e entender como os acidentes ocorrem, quais as conseqüências e o que pode ser feito. Se é por falta de aderência no chão, se é por excesso de velocidade, insuficiência

de aceleração, insuficiência de frenagem, e quantificar estatisticamente para priorização das ações e mudanças de projetos.

Segundo Dias (1996, p.8-17), o crescimento da indústria automobilística no mundo tem contribuído para significativas transformações. No Brasil, os contrastes gerados por esse desenvolvimento fazem parte do nosso cotidiano, onde existe uma convivência ameaçadora entre veículos modernos, velozes e potentes, em rodovias e cidades inadequadas para essa modernidade. O fruto deste contraste em 1995, foi a ocorrência de 65,5% de acidentes com automóveis e 23,5% com caminhões. Porém, a falta de manutenção na frota também mereceu destaque, sendo que no âmbito internacional, os acidentes originados por falhas mecânicas, segundo pesquisa feita na Alemanha entre 1977 e 1988, foram em grande parte ocasionados pelos freios (66% nos caminhões e 50% nos automóveis) e pneus (35% nos automóveis e 21% nos caminhões). Estes últimos fazem parte do sistema de segurança veicular juntamente com rodas, eixos, sistema de direção, estrutura, suspensão e eletrônica, devendo o sistema como um todo ter uma confiabilidade mínima de 99,99% para a vida útil de 10 anos, conforme disposição da Comunidade Econômica Européia para os fabricantes de veículos automotores.

Capítulo 4

Conceitos da Embreagem Automotiva

A embreagem tem por função principal, a interrupção de transmissão de torque do motor para o câmbio do veículo, de modo a permitir a troca de marchas, caso contrário, seria muito difícil a sincronização entre as engrenagens da marcha escolhida, havendo, portanto, colisão das mesmas, durante a tentativa de encaixe, acionando-se a alavanca do câmbio pelo condutor do veículo. Na Figura 4.1, tem-se a ilustração do sistema de embreagem e na Figura 4.2 seu funcionamento.

Veículos dotados de câmbios convencionais necessitam de embreagem para a realização deste trabalho. Porém, há câmbios chamados de "automáticos", que não se utilizam deste artifício e cujas trocas de marchas ocorrem naturalmente à medida que o veículo sinta a necessidade devido à mudança do esforço, sem intervenção do condutor.

Uma inovação em relação aos câmbios automáticos segundo a empresa LUK é o CVT (Transmissão de Variação Contínua), conforme Figura 4.3, em que uma corrente metálica gira entre dois conjuntos de disco em formato cônico, que abrem e fecham hidraulicamente, pressionando a corrente dentro de um raio específico. De acordo com as exigências de torque e velocidade, a corrente vai tomando novas posições nos discos, propiciando, assim, múltiplas relações de marchas, diferente dos câmbios convencionais em que o número de marchas é fixo, o que resulta em: excelente dirigibilidade; melhor aceleração e redução de 15% de consumo de combustível em relação à transmissão automática convencional; transmissão constante de torque em função da variação contínua da relação de marchas; e mínima intervenção do motorista.

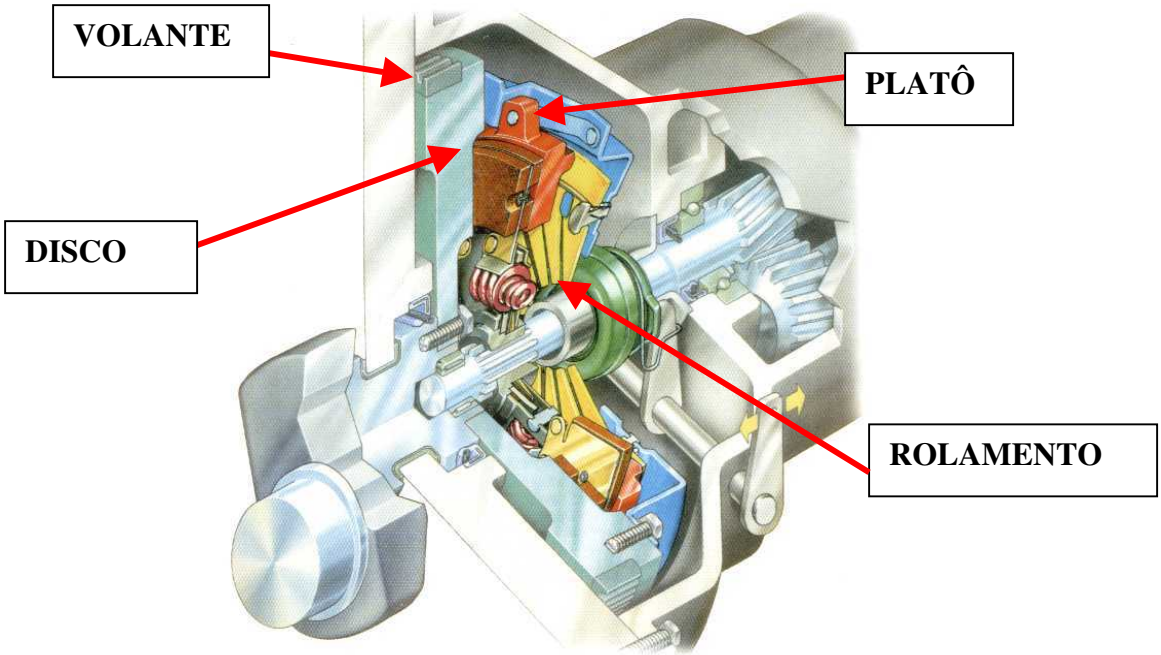


Figura 4.1 - Sistema de Embreagem. Fonte: Empresa LUK

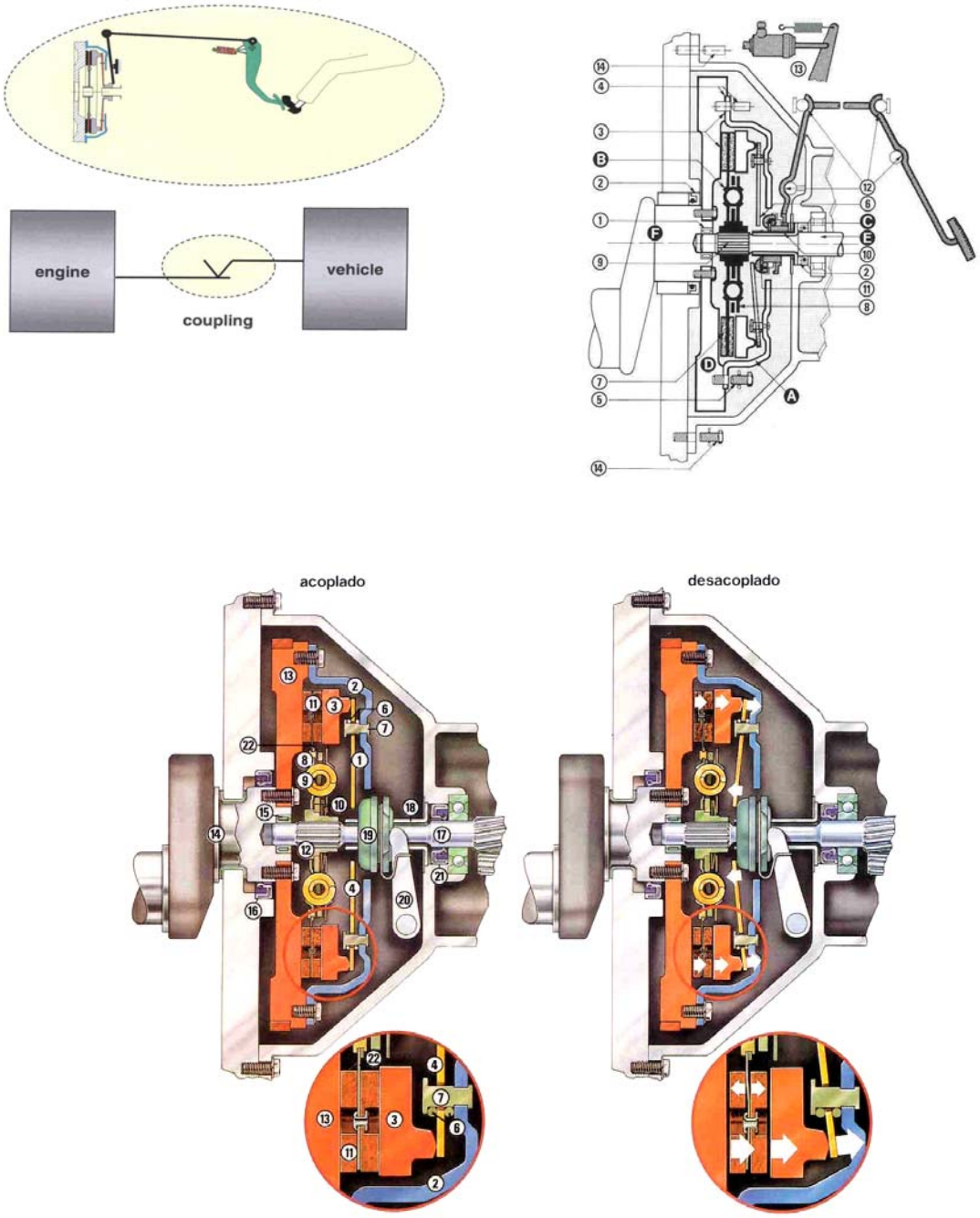


Figura 4.2 - Funcionamento do Sistema de Embreagem. Fonte: Empresa LUK

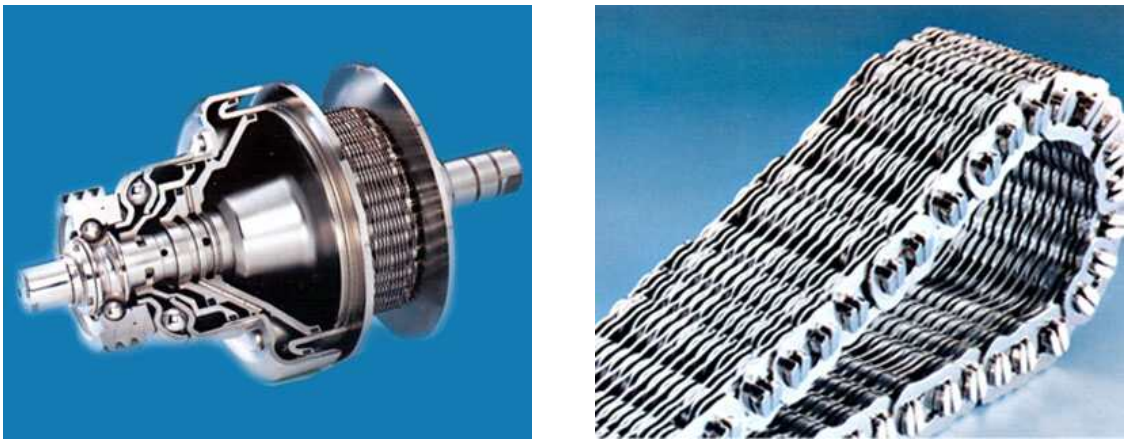


Figura 4.3 – Câmbio CVT. Fonte: Empresa LUK

Uma alternativa concebida pela empresa LUK, aplicada a veículos de câmbio convencional, é a automatização da embreagem convencional, o que resultou na "Embreagem Eletrônica" ou EKM. A empresa desenvolveu um sistema que possui sensores instalados em diversos pontos do veículo, e que transmitem informações para um atuador (Figura 4.4) o qual aciona a embreagem e um mecanismo que troca automaticamente para a marcha necessária, não havendo, portanto, necessidade do pedal de embreagem, oferecendo as vantagens de conforto da transmissão automática, porém com custo reduzido de instalação e manutenção.

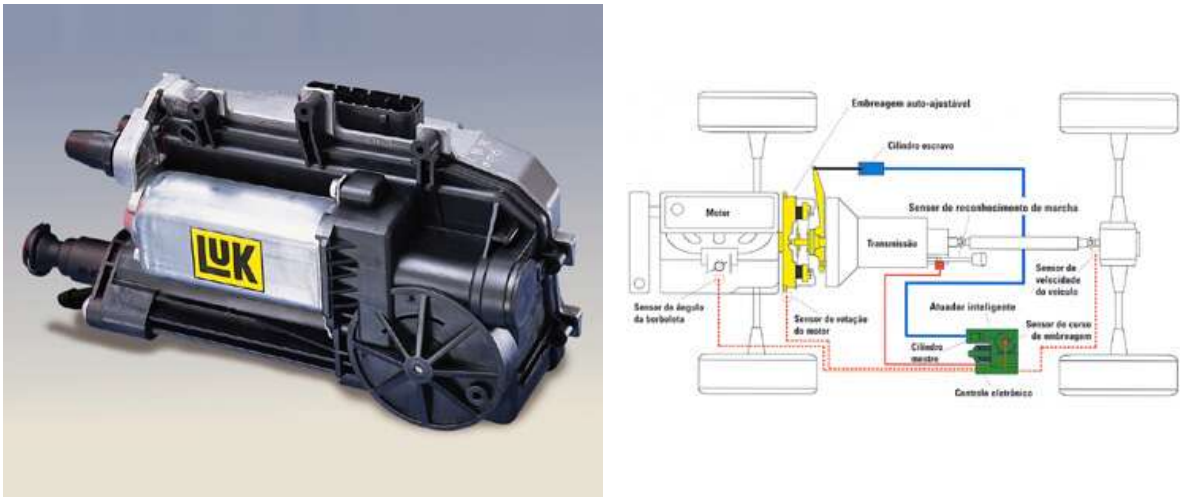


Figura 4.4 – Atuador Eletrônico. Fonte: Empresa LUK

4.1. Dimensionamento da Embreagem

Baseado em Maucher (1987), o desenvolvimento de novos modelos de veículos normalmente acarreta a necessidade de determinação de uma embreagem adequada e do sistema de comando correspondente, onde há exigências de arrancadas sem problemas, facilmente dosáveis e livres de vibrações e com forças reduzidas no pedal. Os seguintes critérios devem ser considerados durante o dimensionamento de embreagens:

- Vida útil: a solicitação principal da embreagem ocorre na "arrancada", ou seja, quando movimentamos o veículo aplicando a 1ª marcha do câmbio. O trabalho de atrito gerado pela diferença das rotações do motor e do câmbio é transformado em calor quando os revestimentos de embreagem ou lonas atritam com o platô de embreagem e com o volante do motor, de modo a igualarem as rotações. Deste modo, a embreagem deve ser dimensionada para dissipar o calor gerado, a fim de evitar superaquecimento ou desgastes excessivos dos revestimentos que comprometeriam a vida útil da embreagem. Obviamente, os demais componentes da embreagem devem ser dimensionados para atender outras solicitações que ocorrem no veículo. Estes devem possuir uma durabilidade superior à do revestimento, que limita a vida do produto, devido ao seu desgaste em função do número de acoplamentos seguidos de deslizamentos para sincronização dos movimentos.

- Transmissão do torque do motor: o torque do motor deve ser transmitido com segurança mesmo em situações extremas, evitando, portanto, a "patinação" da embreagem ou falha na sincronização dos movimentos entre motor e câmbio. Para que a embreagem transmita com segurança o torque, esta deve ser dimensionada tomando-se o torque máximo transmitido pelo motor do veículo em desenvolvimento, acrescido de uma porcentagem de segurança de 40%, dependendo de sua utilização. A força de fechamento da embreagem através da "mola membrana" em conjunto com o atrito dos revestimentos do disco durante o processo de acoplamento devem garantir esse torque. A mola membrana é o componente elástico mais importante para o funcionamento da embreagem.

- Perdas no sistema de comando: este é formado por uma série de elementos transmissores de forças, como por exemplo, alavancas, mancais, cabos, molas de retrocesso, que geram perdas maiores ou menores devido ao atrito ou à elasticidade. Estas perdas interferem na força e no conforto de acionamento do pedal pelo usuário, resultando em aumento de força e dificuldade para modular o ponto correto de acoplamento e desacoplamento da embreagem.

- Força no pedal: além do sistema de comando, a mola membrana, responsável pela força de fechamento da embreagem, tem papel fundamental na força de pedal, pois esta força é resultado de uma relação de alavancas e da curva de força da mola. Com o uso, o disco de embreagem se desgasta, ou mais precisamente, o seu revestimento, e também suas partes metálicas em contato, o que resulta em alteração do posicionamento da mola membrana e conseqüentemente, aumento de força no pedal. Tais níveis de força devem estar dentro de padrões pré-estabelecidos para não afetarem o conforto do usuário final.

- Performance no desacoplamento: neste processo de acionamento do pedal para liberação do disco de embreagem, e conseqüente interrupção de movimento, o disco de embreagem deve ficar totalmente livre, pois caso contrário, tem-se a famosa "raspagem de marcha". O curso em combinação com a força no pedal devem garantir uma sensação de conforto ao usuário.

- Performance no acoplamento: neste processo, o usuário tira gradativamente o pé que está sobre o pedal permitindo o acoplamento da embreagem e, conseqüentemente, a movimentação do veículo. Neste processo, exige-se que tanto o revestimento quanto o disco de embreagem amorteçam este acoplamento de modo a não provocar trepidações.

Segundo Reik (1987), no desenvolvimento de embreagens nos últimos anos, deu-se mais ênfase aos amortecedores de torção. Embora não tenham importância na função básica da embreagem, ou seja, acoplamento e desacoplamento do sistema de transmissão ao motor, tem

como tarefa a redução de vibrações torcionais geradas pelo motor, através de seus processos discretos de queima, transmitidos ao sistema de transmissão.

Os amortecedores de torção são formados principalmente por molas helicoidais, molas pratos e anéis de atrito, todos com o intuito de prover o amortecimento torcional reduzindo ruídos no câmbio e/ou reverberação da carroceria. A vida útil do câmbio pode ser aumentada se as vibrações de torção forem filtradas antes de chegarem ao mesmo.

Com relação ao aumento na força de pedal ao longo da vida da embreagem, a empresa LUK desenvolveu uma embreagem auto-ajustável denominada SAC, que objetiva manter constante essa força durante a vida da embreagem. Para isso, a embreagem é dotada de uma mola sensora que compensa o desgaste do disco mantendo a mola membrana na mesma posição de trabalho.

É bom salientar que, em veículos dotados de sistema EKM, ou seja, com trocas automáticas de marcha, as preocupações com conforto no acoplamento e desacoplamento diminuem, visto que o sistema realiza estes processos da maneira mais otimizada possível, através do atuador eletrônico (Figura 4.4), não havendo a intervenção do usuário.

Capítulo 5

Método de Trabalho

O método de trabalho é aplicado à uma Embreagem Automotiva, seguindo os passos abaixo, e servirá de modelo para desenvolvimento de novos produtos ou melhoria dos já existentes. Os dados e resultados aqui apresentados não são exatos, devido à sigilo profissional, porém conduzem e ilustram perfeitamente o método proposto:

Passos de 1 a 4: Interação do Modelo de KANO com o QFD, Custeio Meta e Análise de Valor de modo à avaliar o grau de atendimento aos requisitos do cliente para o produto em estudo. Deseja-se determinar quais são as funções cujos custos relativos estão acima das necessidades relativas, pois oferecem potencial para redução de custos, ou mesmo eliminação da função. No caso de otimização, deverão passar por ensaios acelerados e análise de confiabilidade.

1º Passo: Determinação das Funções da Embreagem e seus Subconjuntos

2º Passo: Determinação do Grau de Atendimento aos Requisitos dos Clientes – Pesquisa de KANO

3º Passo: Aplicação da Metodologia de Análise de Valor

4º Passo: Determinação do Custo Meta (Target Cost) e elaboração de Plano de Ação

Passos de 5 a 6: Construção da Árvore de Falhas (FTA) para identificação dos componentes críticos no sistema e posterior cálculo da confiabilidade geral do sistema. Análise de dados de

garantia, construção de gráfico de pareto com os principais modos de falhas, e levantamento da kilometragem de uso estimada durante o período de garantia.

5º Passo: Construção da Árvore de Falhas do Sistema (FTA)

6º Passo: Avaliação do Histórico de Garantia do Produto

Passos de 7 a 8: planejamento, execução e análise de ensaios acelerados nos componentes críticos selecionados para comparação da confiabilidade entre materiais. Construção do Diagrama de Blocos e Análise da Confiabilidade do Sistema envolvendo os componentes em estudo. Avaliação do melhor Custo/Benefício na Confiabilidade do Sistema em estudo.

7º Passo: Avaliação da Confiabilidade dos Componentes em Ensaios Acelerados

8º Passo: Avaliação da Confiabilidade e Custo/Benefício do Sistema

5.1. Materiais e Equipamentos

Os seguintes materiais e equipamentos auxiliaram na aplicação do método:

- Banco de dados de ensaios acelerados e de análise de garantia do fabricante de embragem
- Equipamentos de ensaios acelerados, conforme Figura 5.1
- Componentes para ensaios acelerados, conforme Figura 5.2
- Software estatístico Minitab-14 para análise dos dados dos ensaios e avaliação da confiabilidade

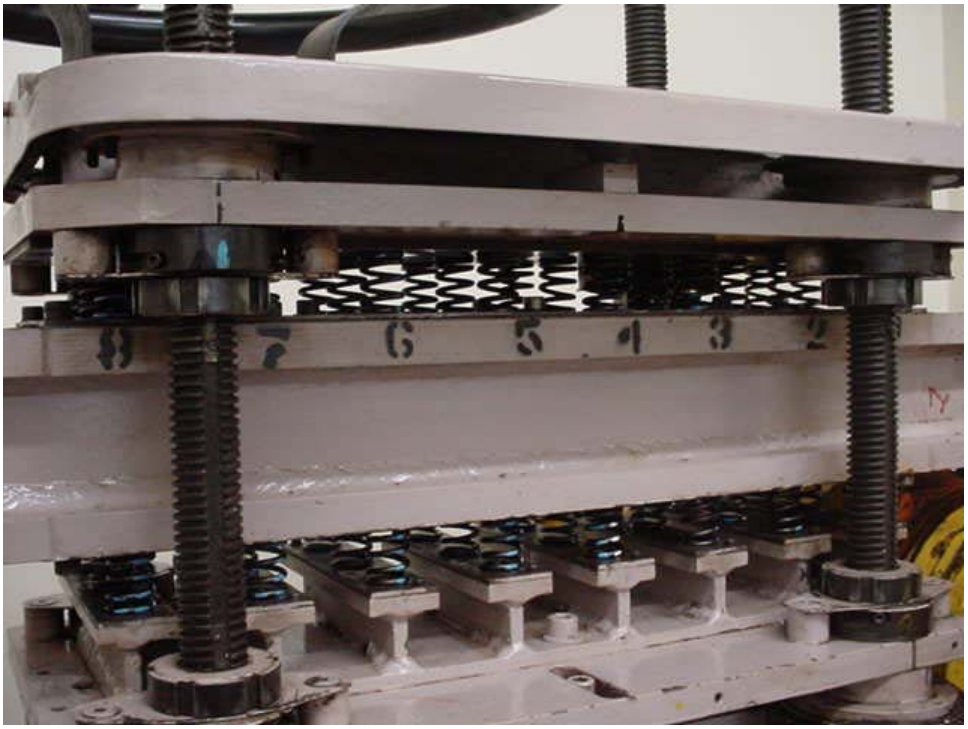


Figura 5.1 - Foto de Equipamento de Ensaio de Molas Helicoidais

Figura 5.2 - Foto de Mola Helicoidal Nova e Após Fratura em Teste Acelerado

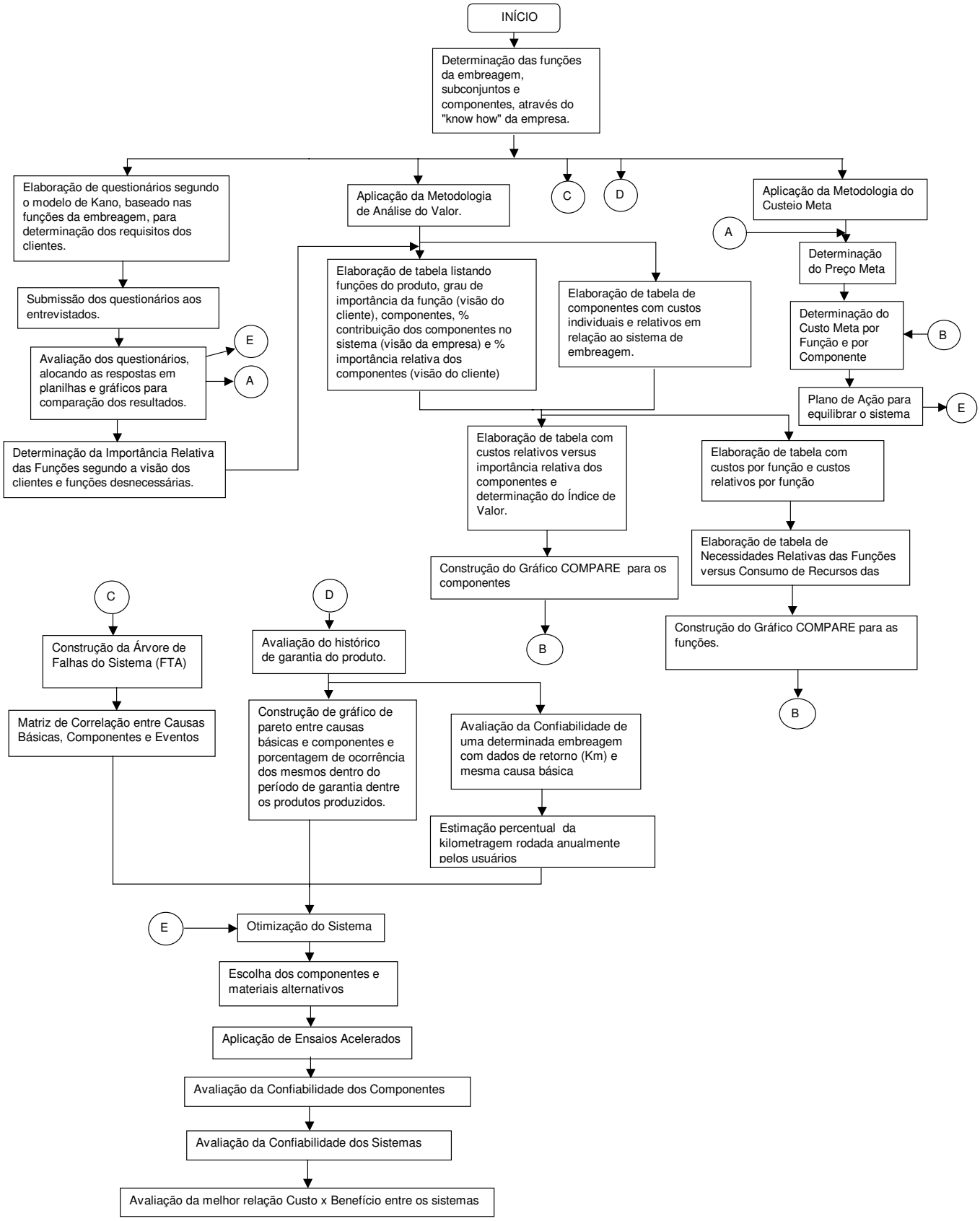


Figura 5.3 – Fluxograma do Método de Trabalho

Capítulo 6

Resultados

6.1. 1º Passo: Determinação das Funções da Embreagem e seus Subconjuntos

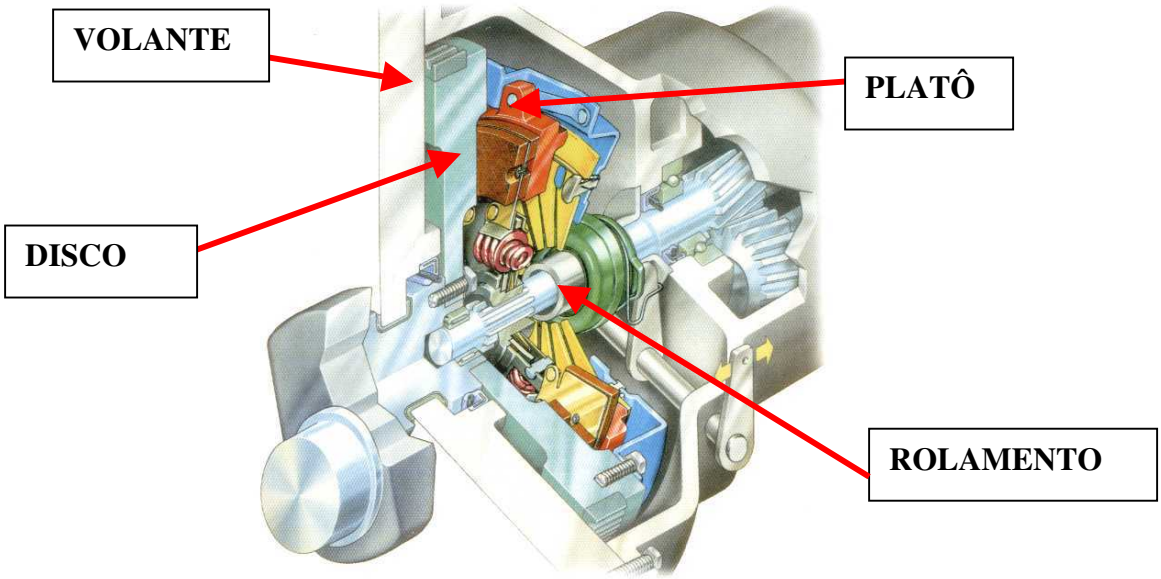


Figura 6.1 - Foto do Sistema de Embreagem

Na Tabela 6.1, estão listadas as funções referentes ao sistema de embreagem, e que correspondem às funções primárias, que são reconhecidas tanto pelo fabricante, quanto pelo usuário do veículo. Já na Tabela 6.2, as funções referem-se aos subconjuntos do sistema de embreagem, portanto, desdobramentos deste (funções secundárias, terciárias, etc.), e que são difíceis de serem reconhecidas pelo usuário final, pois fazem parte do know-how do fabricante.

Tabela 6.1 - Funções do Sistema de Embreagem

Conjunto	Funções
Embreagem Automotiva	Movimentar o veículo Permitir a troca de marchas Transmitir torque Eliminar ruídos do motor para a transmissão Oferecer conforto ao usuário no acoplamento (trepidações) Oferecer conforto ao usuário no desacoplamento (força de acionamento)

Tabela 6.2 - Funções dos Subconjuntos do Sistema de Embreagem

Subconjuntos	Funções
Platô	Aplicar força contra o disco e volante para transmissão de torque Permitir a troca de marchas Prover conforto no acoplamento e desacoplamento
Disco	Transmitir torque do motor para o câmbio Eliminar vibrações Amortecer esforços torsionais Eliminar trepidações Prover conforto no acoplamento e desacoplamento
Volante	Suportar conjunto formado por platô e disco Transmitir torque do motor para o disco Permitir giro através do motor de arranque Minimizar irregularidades do motor
Rolamento	Acionar o platô para troca de marchas Evitar atritos

A identificação das funções e sua classificação (essencial ou de suporte), foi feita através de brainstorming com base na experiência própria adquirida no desenvolvimento de embreagens automotivas.

O segundo passo, foi a construção da Árvore de Hierarquização (Diagrama Fast), para hierarquização das funções das Tabelas 6.1 e 6.2, conforme Figura 6.2. No Diagrama Fast. A função básica é “Movimentar veículo” e, perguntando-se “Como?”, temos as seqüências de funções até chegarmos nas últimas, as quais explicam a existência das funções primárias, representadas por letras do alfabeto.

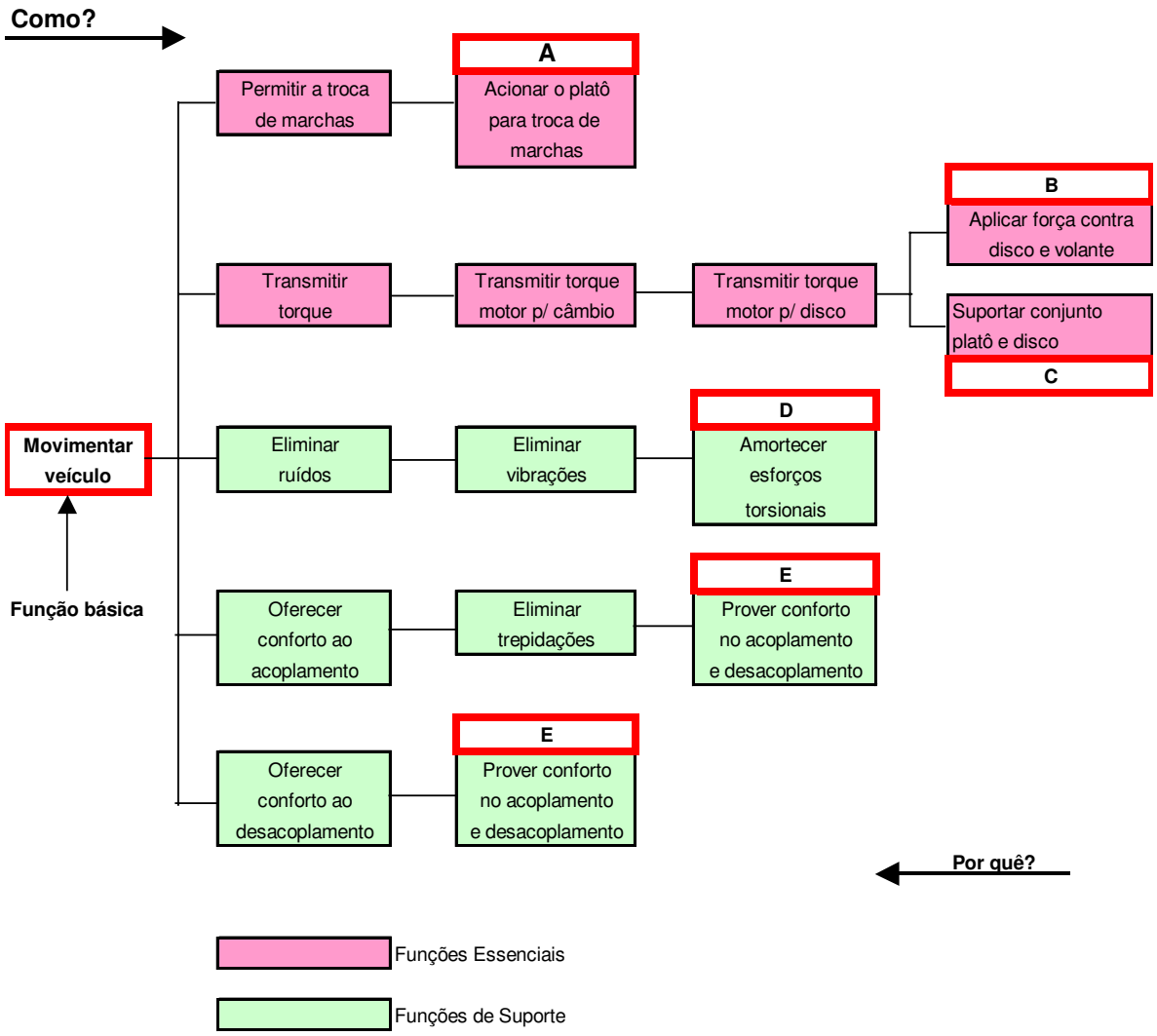


Figura 6.2 - Diagrama Fast de Hierarquização das Funções da Embreagem

6.2. 2º Passo: Determinação do Grau de Atendimento aos Requisitos dos Clientes

Nesta etapa, foi elaborado um questionário seguindo a metodologia de KANO, a fim de avaliar o grau de importância que o usuário dá às funções do sistema de embreagem. Através de perguntas pareadas das funções (questões de 1 a 20), por priorização das funções (de 21 a 50), comparação com os concorrentes (de 51 a 61) e gerais diretas (de 62 a 66), conforme exemplos abaixo:

1 – Como você se sente se a embreagem **tem acionamento** "leve" no pedal?

( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

11 – Como você se sente se a embreagem **não tem acionamento** "leve" no pedal?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

21 – Para você, o grau de importância de acionamento "leve" do pedal em relação à inexistência de "trepidações" é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

51 – Com relação aos concorrentes, a embreagem Luk no quesito esforço de acionamento do pedal é:
( ) Muito melhor
( ) Melhor
( ) Igual
( ) Pior
( ) Muito pior

63 – Se este sistema automático de troca de marchas fosse um opcional a ser pago ao adquirir um automóvel, você escolheria ao invés de qual item abaixo:
( ) Vidros elétricos e travas
( ) Direção hidráulica
( ) Ar condicionado
( ) Pintura metálica
( ) Melhor motorização
( ) Outros escrever →

O questionário completo encontra-se em anexo e foi elaborado com base nas funções descritas nas Tabelas 6.1 e 6.2. O mesmo foi aplicado a 30 pessoas com a seguinte distribuição:

- 10 chefes de oficinas especializadas e de concessionárias.
- 10 usuários do sexo masculino.
- 10 usuários do sexo feminino.

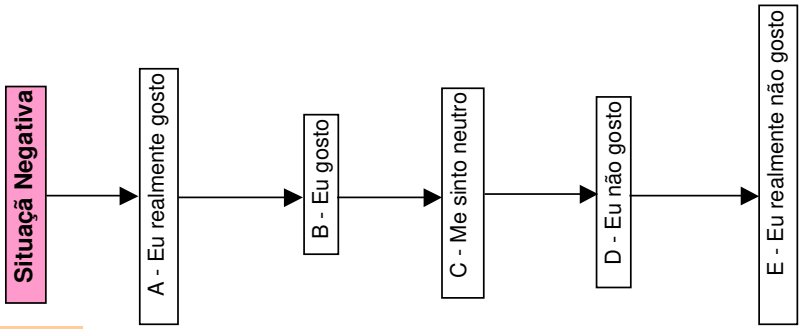
Cada entrevista foi individual e pessoal, no local de trabalho do entrevistado, sendo que o mesmo não foi induzido e sim apenas auxiliado no entendimento das questões. Após a coleta das informações, cada questão foi analisada individualmente e as respostas dos 30 entrevistados alocadas em planilhas.

Na Tabela 6.3, tem-se como exemplo a análise da pergunta n°1, que é pareada com a n°11, para os 10 entrevistados das oficinas. Na planilha, tem-se a quantidade de pessoas alocadas por tipo de resposta mais abaixo, o percentual representativo pelo tipo de requisito reconhecido pelo cliente: Encantamento, Performance, Básico, etc.

Tabela 6.3 - Avaliação do Requisito das Perguntas Pareadas n°1 e 11 para as Oficinas.

1- Como você se sente se a embreagem tem acionamento "leve" no pedal? (Situação Positiva)

11 - Como você se sente se a embreagem não tem acionamento "leve" no pedal? (Negativa)



Situação Positiva					
1- Eu realmente gosto	? (1 pessoa)	I (0)	E (0)	E (1)	P (5)
2 - Eu gosto	I (0)	? (1)	I (0)	I (1)	B (1)
3 - Me sinto neutro	RE (0)	I (0)	? (0)	I (0)	B (0)
4 - Eu não gosto	RE (0)	I (0)	I (0)	? (0)	I (0)
5 - Eu realmente não gosto	RP (0)	RB (0)	RB (0)	I (0)	? (0)

E - Encantamento	**10%**
P - requisito de Performance	**50%**
B- requisito Básico	**10%**
I - Indiferente	**10%**
? - Resposta Inconsistente	**20%**
RE - Excitamento Reverso	
RP - Performance Reversa	
RB - Básico Reverso	

A coletânea destas planilhas individuais resultou em uma única planilha geral, com a porcentagem de entrevistados alocados por tipo de requisito e pergunta, e ao final da coluna,

escolheu-se o requisito de maior porcentagem para cada questão. Nas Tabelas 6.4 a 6.7, tem-se o sumário desta avaliação para os 3 tipos de grupos entrevistados, no que diz respeito às perguntas pareadas de 1 a 20. Na Figura 6.3, tem-se a representação gráfica da distribuição percentual dos requisitos no geral.

Tabela 6.4 - Resultados dos Requisitos das Perguntas Pareadas de 1 a 20 - OFICINAS

RESULTADOS DOS REQUISITOS DOS CLIENTES - OFICINAS

	Pergunta nr.										
TIPO	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**MÉDIA FINAL**
E - Encantamento	10%	20%	30%	40%	30%	30%	10%		10%		18%
P - requisito de Performance	50%	10%	10%	20%	50%	20%	30%	30%	10%	10%	24%
B- requisito Básico	10%			10%		30%	10%	30%	40%	10%	14%
I - Indiferente	10%	40%	40%	20%	10%	20%	40%	30%	40%	30%	28%
? - Resposta Inconsistente	20%		10%	10%	10%		10%	10%		40%	11%
RE - Excitamento Reverso		30%	10%							10%	5%
RP - Performance Reversa											
RB - Básico Reverso											
REQUISITO ESCOLHIDO----->	**P**	**I**	**I**	**E**	**P**	**E/B**	**P/I**	**B/P/I**	**B/I**	**I/?**	

Tabela 6.5 - Resultados dos Requisitos das Perguntas Pareadas de 1 a 20 - HOMENS

RESULTADOS DOS REQUISITOS DOS CLIENTES - HOMENS

	Pergunta nr.										
TIPO	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**MÉDIA FINAL**
E - Encantamento	10%	10%	10%		20%	10%	10%	10%	10%	20%	11%
P - requisito de Performance	50%			60%	70%	70%	60%	80%	50%	70%	51%
B- requisito Básico	40%	20%	20%	20%	10%	20%	10%	10%	10%		16%
I - Indiferente		30%	50%	10%			20%		10%	10%	13%
? - Resposta Inconsistente		40%	10%	10%					20%		8%
RE - Excitamento Reverso											
RP - Performance Reversa			10%								1%
RB - Básico Reverso											
REQUISITO ESCOLHIDO----->	**P/B**	**I/?**	**I**	**P**	**P**	**P**	**P**	**P**	**P**	**P**	

Tabela 6.6 - Resultados dos Requisitos das Perguntas Pareadas de 1 a 20 - MULHERES

RESULTADOS DOS REQUISITOS DOS CLIENTES - MULHERES

	Pergunta nr.										
TIPO	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**MÉDIA FINAL**
E - Encantamento	20%	10%	10%		10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
P - requisito de Performance	40%			50%	70%	50%	50%	50%	50%	70%	43%
B- requisito Básico	10%	10%	10%	20%	10%	20%	20%	20%	10%		13%
I - Indiferente	10%	60%	40%	10%			10%				13%
? - Resposta Inconsistente	20%	10%	10%	20%	10%	20%	10%	20%	30%	20%	17%
RE - Excitamento Reverso		10%	10%								2%
RP - Performance Reversa			20%								2%
RB - Básico Reverso											
REQUISITO ESCOLHIDO----->	**P**	**I**	**I**	**P**	**P**	**P**	**P**	**P**	**P**	**P**	

Tabela 6.7 - Resultados dos Requisitos das Perguntas Pareadas de 1 a 20 - GERAL

RESULTADOS DOS REQUISITOS DOS CLIENTES - GERAL

TIPO	Pergunta nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MÉDIA FINAL
E - Encantamento	13%	13%	17%	13%	20%	17%	10%	7%	10%	10%	13%
P - requisito de Performance	47%	3%	3%	43%	63%	47%	47%	53%	37%	50%	39%
B- requisito Básico	20%	10%	10%	17%	7%	23%	13%	20%	20%	3%	14%
I - Indiferente	7%	43%	43%	14%	3%	7%	23%	10%	17%	13%	18%
? - Resposta Inconsistente	13%	17%	10%	13%	7%	6%	7%	10%	16%	20%	12%
RE - Excitamento Reverso		14%	7%							3%	2%
RP - Performance Reversa			10%								1%
RB - Básico Reverso											
REQUISITO ESCOLHIDO----->	P	I	I	P	P	P	P	P	P	P	

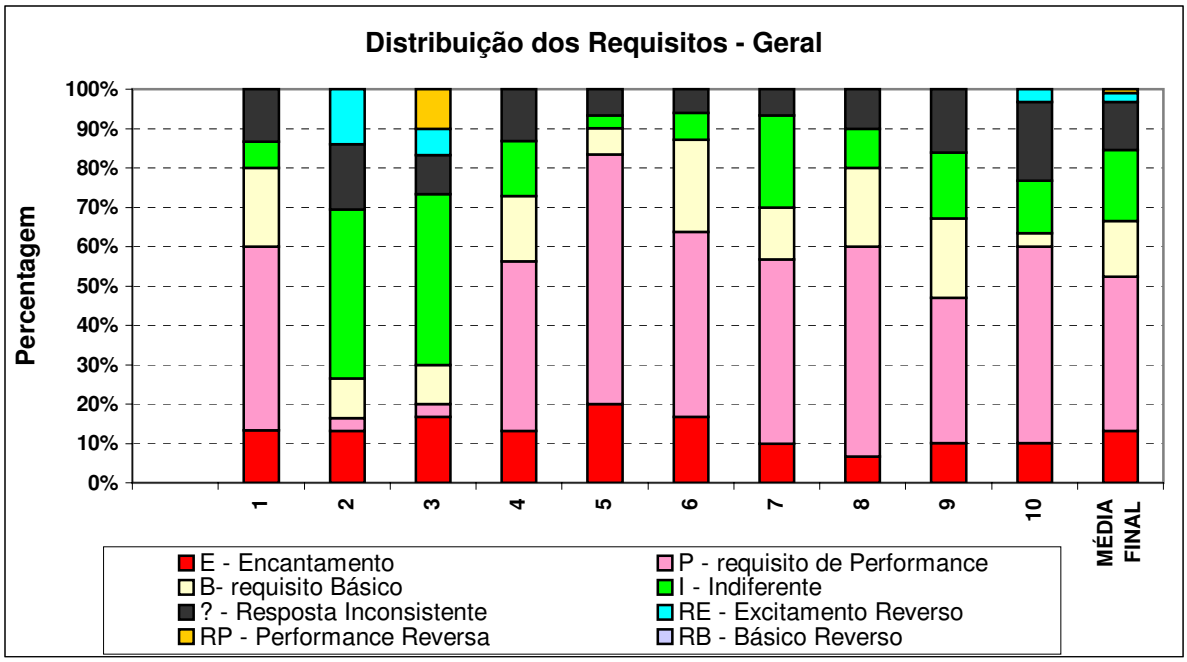


Figura 6.3 - Representação Gráfica da Distribuição Percentual dos Requisitos

Na Figura 6.4, para auxiliar na tomada de decisões, é construído um gráfico a partir dos resultados da Figura 6.3, onde a somatória das porcentagens dos requisitos de Encantamento (E), Performance (P) e Básico (B), geram a satisfação do cliente, e na contramão, tem-se a somatória dos demais requisitos que geram a insatisfação do cliente ou indiferença. Tomando-se como referência uma linha de 50% para ambos os lados, que é a média entre satisfação e insatisfação, é possível visualizar as funções críticas no sistema, segundo as perguntas realizadas, que neste caso, correspondem as perguntas 2 e 3. Na Tabela 6.8, tem-se o foco destas perguntas.

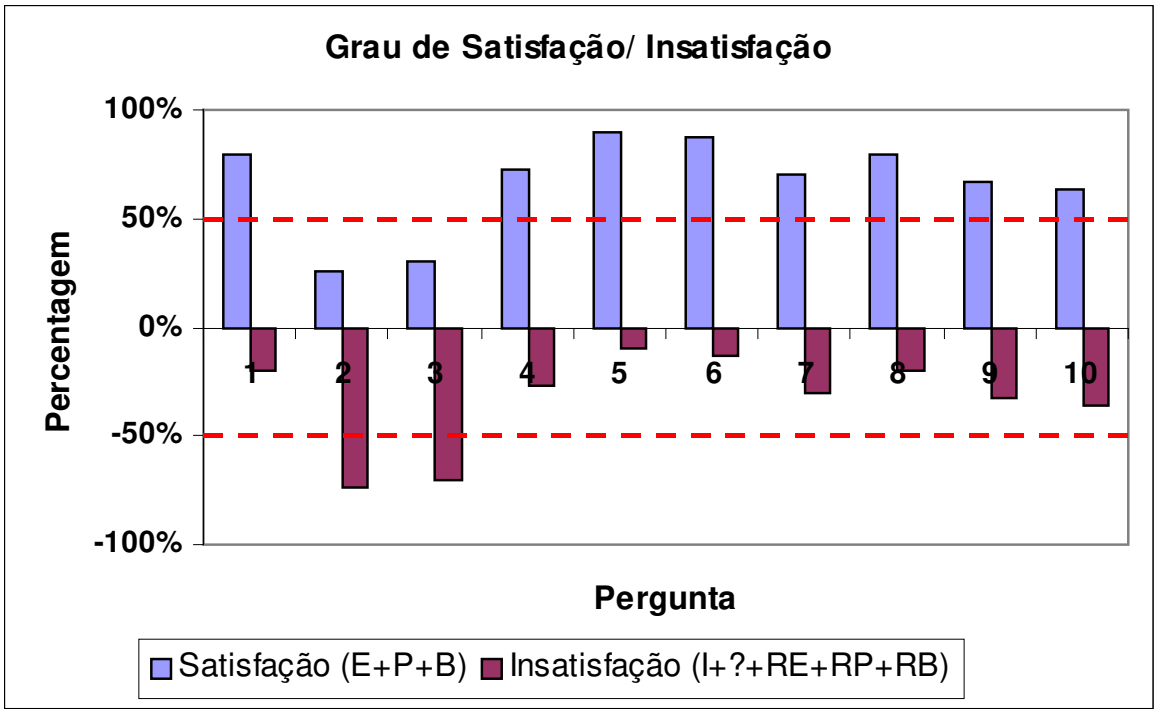


Figura 6.4 – Grau de Satisfação e Insatisfação – Perguntas Pareadas de 1 a 20

Tabela 6.8 – Foco das Perguntas Pareadas de 1 a 20

1 - Como você se sente se a embreagem tem acionamento "leve" no pedal?
2 - Como você se sente em relação à existência do pedal de embreagem?
3 - Como você se sente em relação à existência da alavanca de câmbio?
4 - Como você se sente se a embreagem não apresenta "trepidações" ao sair com o carro?
5 - Como você se sente se a embreagem não apresenta "patinação"?
6 - Como você se sente se o câmbio não "raspa" na troca de marchas?
7 - Como você se sente se a embreagem não apresenta ruído ao acionar o pedal para troca de marcha?
8- Como você se sente se o carro não apresenta ruído de câmbio quando parado em marcha lenta?
9 - Como você se sente se o carro não apresenta ruído de câmbio quando em movimento engatado?
10 - Com relação à embreagem, como você se sente se o tempo de acoplamento e desacoplamento é baixo?

Para as perguntas de priorização das funções da embreagem e requisitos dos clientes, questões de 21 a 50, foram construídas as Tabelas 6.9 e 6.10, alocando-se para cada requisito nas colunas, a nota média dada pelos entrevistados, quando comparado com os mesmos requisitos nas linhas. A média é o resultado da multiplicação entre a quantidade alocada de respostas e a nota escolhida, dividido pelo número de entrevistados.

As notas seguem o critério abaixo:

1 - Muito menos importante; 2 - Menos importante; 3- Tão importante quanto; 4 - Mais importante; 5 - Muito mais importante

Tabela 6.9 – Matriz de Priorização – Importância Relativa Perguntas de 21 a 35

Importância Relativa das Funções da Embreagem Reconhecidas pelos Clientes

	Acion.leve	Trepidações	Patinação	Ruído acion.	Ruído câmbio	Rasp.marcha
Acionamento leve pedal		2,2	2,1	1,7	1,6	1,9
Inexistência trepidações	(8x3+2x2)/10=2,8		1,7	1,5	1,8	1,8
Inexistência patinação	2,9	3,3		1,5	1,5	1,7
Inexist.ruído acionamento	3,3	3,5	3,5		2	1,8
Inexist.ruído de câmbio	3,4	3,2	3,5	3		1,8
Inexist.raspagem de marcha	3,1	3,2	3,3	3,2	3,2	
OFICINAS ----->	**3,1**	**3,08**	**2,82**	**2,18**	**2,02**	**1,80**
HOMENS ----->	**3,18**	**2,82**	**2,68**	**2,38**	**2,04**	**1,90**
MULHERES ----->	**2,75**	**2,97**	**2,68**	**2,33**	**2,20**	**2,08**
MÉDIA GERAL -------->	**3,01**	**2,96**	**2,73**	**2,3**	**2,09**	**1,93**

Tabela 6.10 – Matriz de Priorização – Importância Relativa Perguntas de 36 a 50

Importância Relativa entre Requisitos dos Clientes

	Marca	Preço	Durabilidade	Ap.Produto	Ap.Embalagem	Qualidade do Produto
Marca		0,4	1,3	1,1	1,8	1,6
Preço	(6x5+4x4)=4,6		1,9	2,1	1,6	1,9
Durabilidade	3,7	3,1		1	1,5	2
Aparência do Produdo	3,9	2,9	4		1,4	1,7
Aparência da Embalagem	3,2	3,4	3,5	3,6		2,6
Qualidade do Produto	3,4	3,1	3	3,3	2,4	
OFICINAS ----->	**3,8**	**2,6**	**2,7**	**2,2**	**1,7**	**2,0**
HOMENS ----->	**3,66**	**2,58**	**3,06**	**1,98**	**1,52**	**2,20**
MULHERES ----->	**3,46**	**2,38**	**3,32**	**1,94**	**1,10**	**2,80**
MÉDIA GERAL ----->	**3,64**	**2,52**	**3,03**	**2,04**	**1,11**	**2,33**

Para melhor visualização destes resultados, temos a representação gráfica na forma de pareto, para o resultado geral, conforme Figuras 6.5 e 6.6.

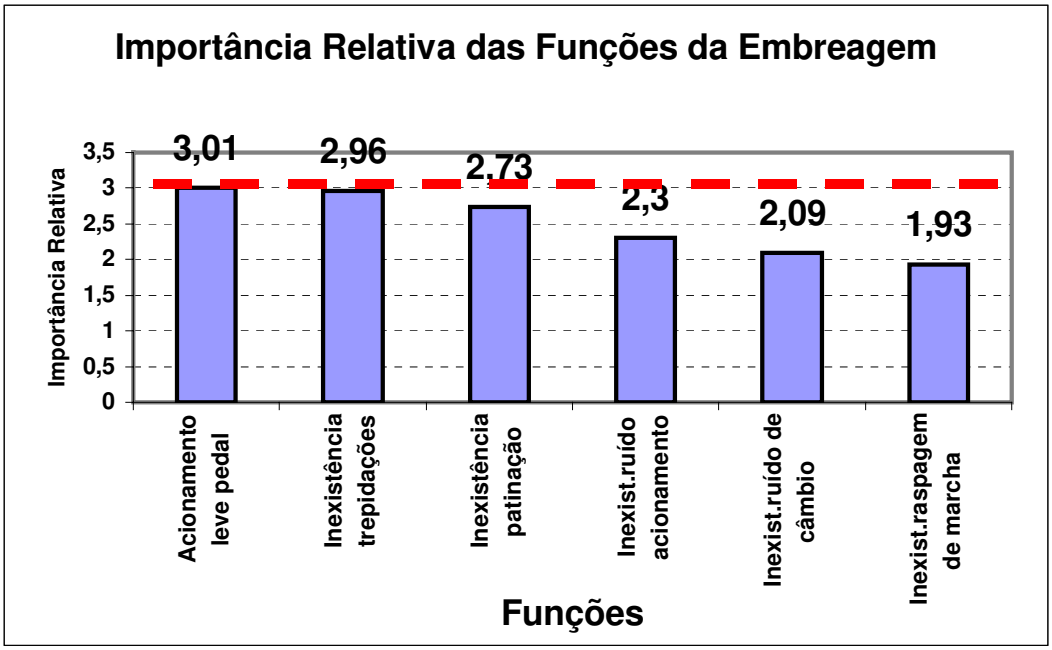


Figura 6.5 – Pareto da Importância Relativa das Funções da Embreagem

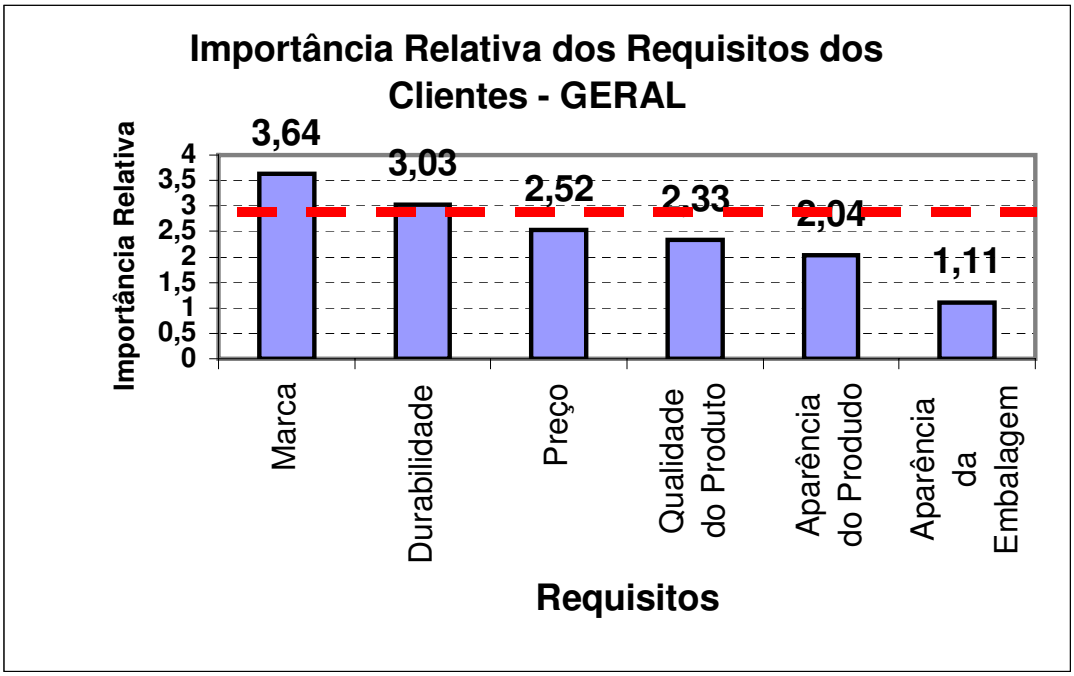


Figura 6.6 – Pareto dos Requisitos dos Clientes

Na Tabela 6.11, tem-se a comparação entre os resultados das Tabelas 6.7 e 6.9, confrontando requisito escolhido com priorização. No nosso caso, todos são de performance.

Tabela 6.11 – Requisitos versus Priorização das Funções da Embreagem

FUNÇÃO	Priorização	Requisito
Acionamento leve pedal	3,01	P
Inexistência trepidações	2,96	P
Inexistência patinação	2,73	P
Inexist.ruído acionamento	2,3	P
Inexist.ruído de câmbio	2,09	P
Inexist.raspagem de marcha	1,93	P

Na Tabela 6.12 e Figura 6.7, tem-se os resultados referentes às perguntas de 51 a 61, comparando o nosso fabricante de embreagem em estudo, com os concorrentes, segundo a visão dos entrevistados.

Tabela 6.12 – Comparação entre a embreagem em estudo com os concorrentes

Avaliação Comparativa da Embreagem LUK com os Concorrentes

Questão nr.	Requesito	OFICINAS	HOMENS	MULHERES	*MÉDIA GERAL*
58	Durabilidade	4,5	3,6	3	3,7
61	Qualidade	4,3	3,9	3,7	4,0
51	Esforço de Acionamento de Pedal	4,2	2,8	3,5	3,5
54	Ruído de Acionamento	4,1	3,5	3,5	3,7
60	Aparência da Embalagem	4	3,2	3,1	3,4
52	Trepidações	3,9	3,3	3,3	3,5
53	Patinação	3,9	3,6	3,7	3,7
56	Arranhar Marcha	3,9	4,1	3,5	3,8
59	Aparência do Produto	3,9	3,9	4	3,9
55	Ruído de Câmbio	3,5	3,3	3,4	3,4
57	Preço	3,1	2,5	3	2,9
	MEDIA FINAL ---------->	**4**	**3,4**	**3,4**	**3,6**

1 - Muito menor; 2 - Menor; 3 - Igual; 4 - Maior; 5 - Muito Maior

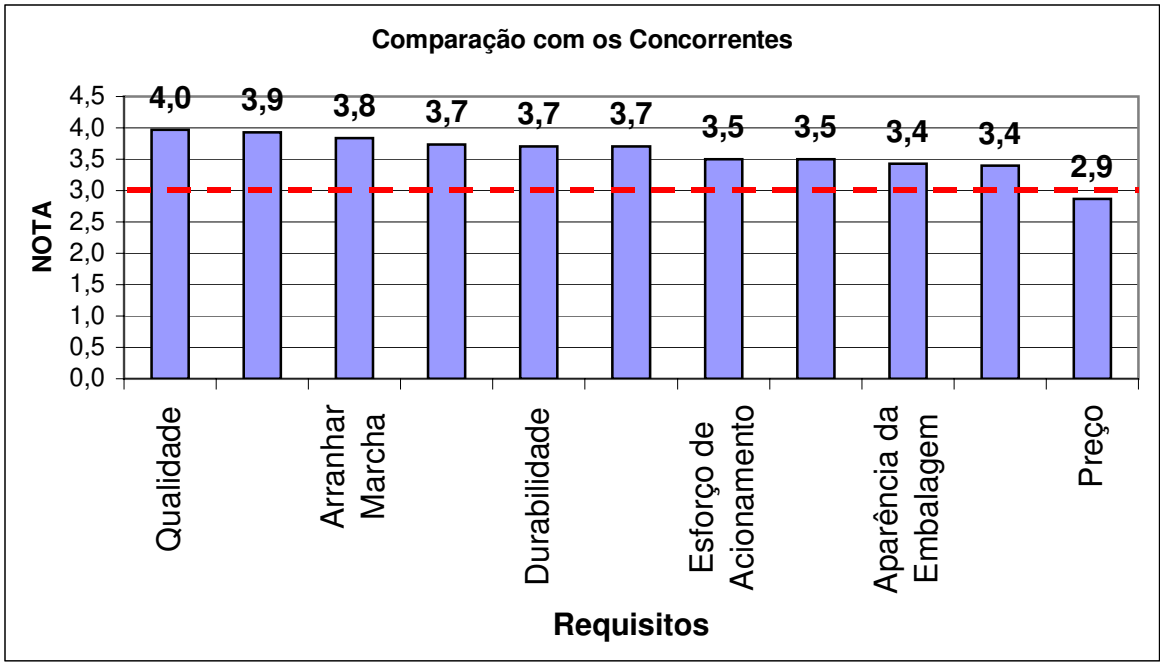


Figura 6.7 – Pareto de Comparação Geral com Concorrentes

Figura 6.8, refere-se ao resultado da pergunta n°62, da intenção de compra de um automóvel com sistema automático de troca de marchas, não pensando em preço.

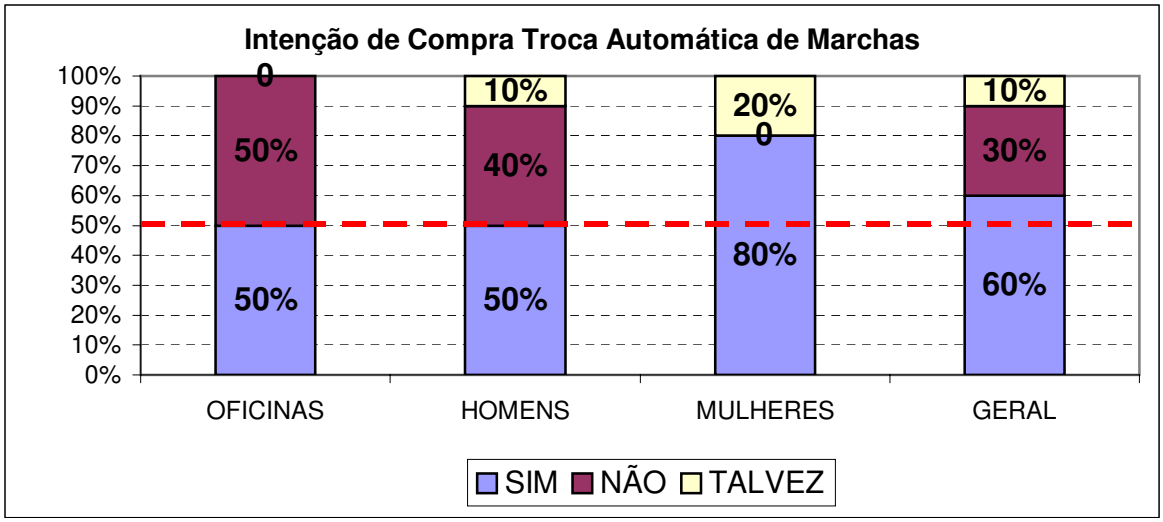


Figura 6.8 – Intenção de Compra de Sistema Automático de Troca de Marchas

Tabela 6.13, refere-se ao resultado da pergunta n°63, onde é questionado qual item o entrevistado deixaria de comprar, para adquirir um sistema automático de troca de marchas, se este fosse um opcional a ser pago.

Tabela 6.13 – Substituição na Compra de Opcionais

OPCIONAIS	OFICINAS	HOMENS	MULHERES	GERAL
Vidros elétricos e travas	10%			3,3%
Direção hidráulica				
Ar condicionado		10%	50%	20%
Pintura Metálica	80%	40%	30%	50%
Melhor Motorização	10%			3,3%
Som e Rodas		50%		16,7%
Quer todos opcionais + troca automática de marcha			20%	6,7%

Tabela 6.14, refere-se ao resultado da pergunta n°64, onde é questionado qual a durabilidade ideal em kilômetros, para o sistema de embreagem.

Tabela 6.14 – Avaliação da Durabilidade Ideal da Embreagem

	Kilometragem		
	Mínimo	Máximo	Média
OFICINAS	50.000	100.000	80.000
HOMENS	65.000	100.000	79.500
MULHERES	38.000	100.000	57.800
GERAL	38.000	100.000	72.433

Tabela 6.15, refere-se ao resultado da pergunta n°65, onde é questionado por qual item o entrevistado ficaria satisfeito se a embreagem (platô, disco, volante e rolamento) custasse, contabilizando peças e mão-de-obra de instalação.

Tabela 6.15 – Preço ideal para aquisição do sistema de embreagem

ITEM	OFICINAS	HOMENS	MULHERES	GERAL
Pastilhas + Lonas de Freio	20%	40%	90%	50%
2 pneus + balanceamento	40%	20%		20%
4 pneus + balanceamento	40%			13%
2 amortecedores + alinhamento		40%	10%	17%
4 amortecedores + alinhamento				

Tabela 6.16, refere-se ao resultado da pergunta n°66, onde é questionado por qual item o entrevistado ficaria satisfeito se a embreagem (platô, disco, volante e rolamento) apresentasse a mesma durabilidade.

Tabela 6.16 – Avaliação da Durabilidade Ideal em relação a outros componentes

ITEM	OFICINAS	HOMENS	MULHERES	GERAL
Pneus			20%	7%
Lonas e Pastilhas de Freio				
Amortecedores	40%			13%
Motor	50%	70%	60%	60%
Outros	10%	30%	20%	20%

Tabela 6.17, refere-se a resultados de perguntas gerais: idade, tempo de habilitação e quantidade de embreagens que já trocou pessoalmente em veículo próprio na vida toda. A previsão média de troca de embreagem ocorre a cada 5 anos, segundo a pesquisa.

Tabela 6.17 – Dados Gerais sobre os Entrevistados

	IDADE		
	Mínimo	Máximo	Média
OFICINAS	26	56	42
HOMENS	18	63	34
MULHERES	20	50	34
GERAL	18	63	37

	Tempo de Habilitação [anos]		
	Mínimo	Máximo	Média
OFICINAS	8	30	21
HOMENS	1	38	15
MULHERES	2	23	10
GERAL	1	38	15

	Quantidade de Trocas			Período
	Mínimo	Máximo	Média	[anos]
OFICINAS	0	6	2,30	9
HOMENS	0	5	2,10	7
MULHERES	0	2	0,33	0
GERAL	0	6	1,58	**5**

6.3. 3º Passo: Aplicação da Metodologia de Análise de Valor

Após a análise dos questionários de KANO, e determinação das importâncias relativas que os clientes dão aos requisitos do produto, inicia-se a análise de valor do produto em estudo. Na Tabela 6.18, tem-se a avaliação dos custos dos componentes por unidade, por quantidade, por custo total relativo e por peso.

Custo Total Relativo do Componente corresponde ao quanto representa percentualmente dentro do custo total do sistema.

Tabela 6.18 – Tabela de Custos dos Componentes do Sistema de Embreagem

CUSTO DOS COMPONENTES

Componente	Custo unit.	Qtde	Custo total	C.total relativo %	Peso unit.	Peso total	Custo/Kg
Mola chapa	0,051	6	0,31	0,29	0,010	0,06	5,10
Rebite da Orelha/tampa	0,025	6	0,15	0,14	0,000	0,00	0,00
Tampa	3,870	1	3,87	3,72	2,464	2,46	1,57
Anel da tampa	0,300	2	0,60	0,58	0,029	0,06	10,34
Placa de pressão	5,900	1	5,90	5,67	2,430	2,43	2,43
Mola membrana	3,440	1	3,44	3,31	0,854	0,85	4,03
Rebite da m. memb.	0,115	9	1,04	1,00	0,000	0,00	0,00
Revestimento	3,035	2	6,07	5,84	0,000	0,00	0,00
Rebite do revest.	0,009	16	0,14	0,14	0,000	0,00	0,00
Mola segmento	0,145	8	1,16	1,12	0,024	0,19	6,04
Rebite m.segm.	0,007	16	0,11	0,10	0,000	0,00	0,00
Flange	1,380	1	1,38	1,33	0,642	0,64	2,15
Mola helic.grande	0,410	4	1,64	1,58	0,051	0,20	8,04
Mola helic.pequena	0,200	4	0,80	0,77	0,000	0,00	0,00
Cubo	2,220	1	2,22	2,13	0,107	0,11	20,75
Contra-disco	0,870	1	0,87	0,84	0,316	0,32	2,75
Disco-arraste	0,960	1	0,96	0,92	0,373	0,37	2,57
Rebite dist.disco	0,045	4	0,18	0,17	0,012	0,05	3,75
Bucha cônica	0,110	1	0,11	0,11	0,000	0,00	0,00
Gaiola	0,640	1	0,64	0,62	0,000	0,00	0,00
Mola prato grande	0,200	1	0,20	0,19	0,029	0,03	6,90
Mola prato pequena	0,110	1	0,11	0,11	0,013	0,01	8,46
Anel atrito maior	0,070	1	0,07	0,07	0,000	0,00	0,00
Anel atrito menor	0,050	1	0,05	0,05	0,000	0,00	0,00
Volante	57,000	1	57,00	54,80	7,230	7,23	7,88
Rolamento	15,000	1	15,00	14,42	0,280	0,28	53,57
TOTAL	**96,16**	**92**	**104,01**	**100,00**	**14,86**	**15,30**	**6,80**
							Média

Para melhor entendimento da Tabela 6.18, tem-se a construção dos gráficos de pareto para hierarquização do Custo Total Relativo por Componente e do Custo/Kg de componente, sendo que este, representado por uma unidade monetária qualquer, conforme Figuras 6.9 e 6.10.

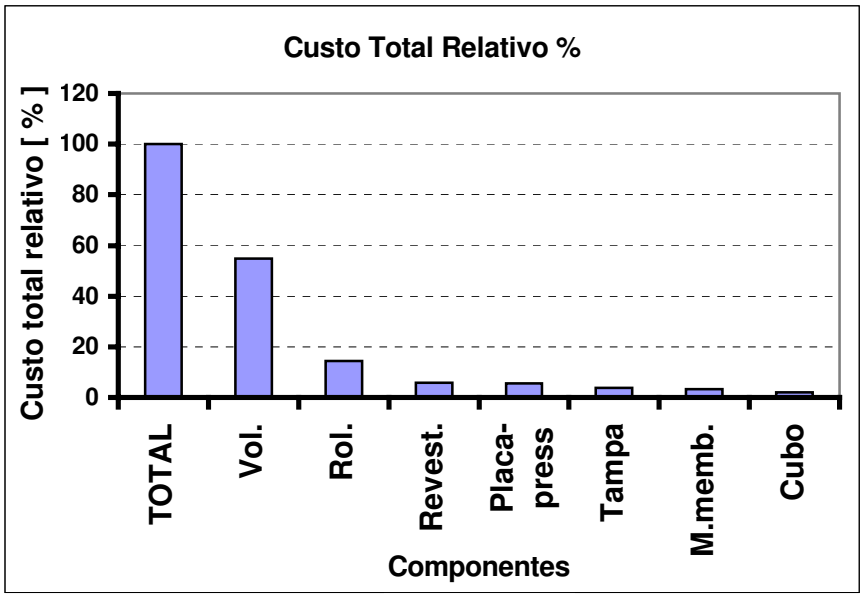


Figura 6.9 – Pareto dos Custos Relativos dos Componentes

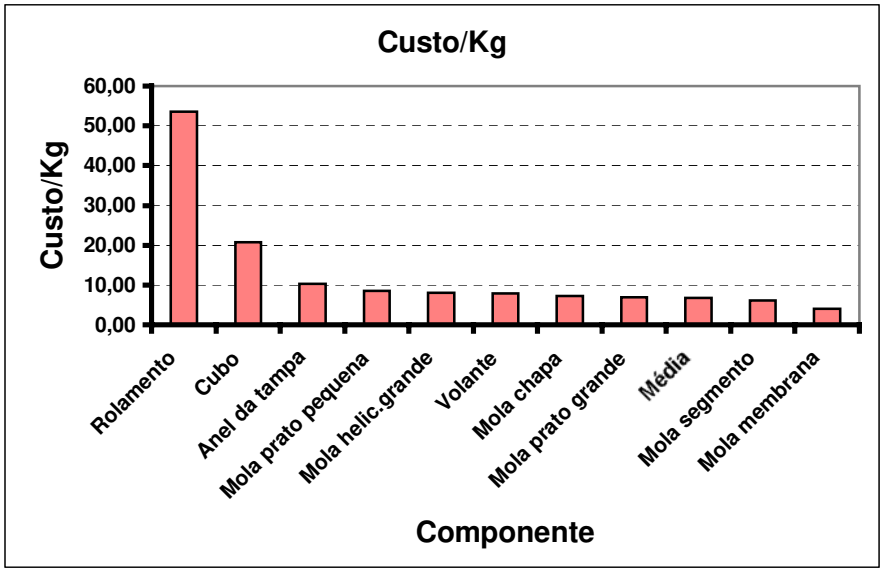


Figura 6.10 – Pareto do Custo/Kg de Componente

Na Tabela 6.19, são apresentadas as funções do sistema de embreagem e o grau de importância segundo resultados da pesquisa de KANO da Tabela 6.11, as quais foram reconhecidas pelo usuário como requisitos de performance. O grau de importância da função também está representado percentualmente e corresponde à Importância Relativa da Função. Ex.: Para a função "Transmitir o torque do motor para o câmbio", o grau de importância é 2,73 e a importância relativa da função é 21,6% (2,73/ 12,64x100)

Associados a uma função, estão os componentes, onde cada qual tem sua porcentagem de contribuição, cuja estimativa é feita através de matriz de priorização, segundo a visão do fabricante, rateando-se 100% pela importância do componente no desempenho da função. A Importância Relativa do Componente se refere à visão do consumidor, e corresponde aplicar a Importância Relativa da Função sobre a porcentagem de contribuição do componente. Ex.: Para o componente "M. chapa", que se encontra na 1ª linha da tabela, dentro da função "Transmitir o torque do motor para o câmbio", a sua porcentagem de contribuição no desempenho da função é 7% e sua importância relativa igual a 1,51% (21,6x7/100).

Um componente pode contribuir em apenas uma função ou em várias, como pode ser constatado na repetição de componentes em outras funções na Tabela 6.19.

Tabela 6.19 – Tabela de Contribuição Funcional dos Componentes no Sistema

Funções	Grau de Importância		Componentes	%Contrib.Comp.	%Importância
Transmitir o torque do motor para o câmbio	2,73	21,60 (%)	M.chapa	7	1,51
			Reb.orelha/tampa	4	0,86
			Tampa	7	1,51
			Placa-press	7	1,51
			M.memb.	7	1,51
			Reb.m.memb.	3	0,65
			Revestimento	7	1,51
			Reb.revest.	3	0,65
			M.seg.	7	1,51
			Reb.m.seg.	3	0,65
			Flange	7	1,51
			M.h.gr.	3	0,65
			M.h.pq	3	0,65
			Cubo	7	1,51
			C.disco	7	1,51
			D.arraste	7	1,51
			Reb.dist.disco	4	0,86
			Volante	7	1,51
Permitir a troca de marchas	1,93	15,27	M.chapa	25	3,82
			Reb.orelha/tampa	5	0,76
			Tampa	5	0,76
			Anel-tampa	2,5	0,38
			Placa-press	2,5	0,38
			M.memb.	25	3,82
			Reb.m.memb.	5	0,76
			M.seg.	2,5	0,38
			Volante	2,5	0,38
			Rolamento	25	3,82
Ser confortável ao acionamento	3,01	23,81	M.memb.	70	16,67
			M.seg.	20	4,76
			Rolamento	10	2,38
Ser confortável ao acoplamento	2,96	23,42	Placa-press	4	0,94
			M.memb.	20	4,68
			Revestimento	30	7,03
			M.seg.	30	7,03
			M.h.gr.	5	1,17
			M.h.pq	5	1,17
			Volante	3	0,70
			Rolamento	3	0,70
Eliminar vibrações e ruídos	2,01	15,90	M.chapa	5	0,80
			M.h.gr.	10	1,59
			M.h.pq	10	1,59
			Bucha Cônica	10	1,59
			Gaiola	12	1,91
			M.prato gr.	10	1,59
			M.prato peq.	10	1,59
			Anel atrito maior	10	1,59
			Anel atrito menor	10	1,59
			Volante	8	1,27
			Rolamento	5	0,80
	12,64	100%			100%

Na Tabela 6.20, tem-se o Índice de Valor (IV), que é o quanto de valor agregado o componente possui, ou seja, a qualidade percebida pelo cliente, e corresponde ao quociente entre

a Importância Relativa do componente (IR) da tabela da Tabela 6.19 e o Custo Relativo do componente (CR) da Tabela 6.18. Como mencionado, um componente pode desempenhar mais de uma função, logo, deve-se somar todos os IR dos componentes que estão na Tabela 6.19.

Tabela 6.20 – Tabela de Índice de Valor dos Componentes

ÍNDICE DE VALOR DOS COMPONENTES

CR = CUSTO RELATIVO
IR = IMPORTÂNCIA RELATIVA
IV = INDICE DE VALOR

IV = IR / CR

ITEM	Componente	CR	IR	IV
1	Mola membrana	3,31	26,68	8,07
2	Mola segmento	1,12	13,68	12,27
3	Rolamento	14,42	7,70	0,53
4	Mola chapa	0,29	6,12	20,80
5	Revestimento	5,84	8,54	1,46
6	Mola helic.pequena	0,77	3,41	4,43
7	Mola helic.grande	1,58	3,41	2,16
8	Placa de pressão	5,67	2,83	0,50
9	Tampa	3,72	2,28	0,61
10	Volante	54,80	3,87	0,07
11	Rebite da Orelha/tampa	0,14	1,63	11,30
12	Gaiola	0,62	1,91	3,10
13	Rebite da m. memb.	1,00	1,41	1,42
14	Anel atrito menor	0,05	1,59	33,08
15	Anel atrito maior	0,07	1,59	23,63
16	Contra-disco	0,84	1,51	1,81
17	Disco-arraste	0,92	1,51	1,64
18	Flange	1,33	1,51	1,14
19	Cubo	2,13	1,51	0,71
20	Bucha cônica	0,11	1,59	15,03
21	Mola prato pequena	0,11	1,59	15,03
22	Mola prato grande	0,19	1,59	8,27
23	Rebite dist.disco	0,17	0,86	4,97
24	Rebite m.segm.	0,10	0,65	6,21
25	Rebite do revest.	0,14	0,65	4,70
26	Anel da tampa	0,58	0,38	0,66
	TOTAL ------>	100%	100%	

Para melhor visualização da Tabela 6.20, foi construído o gráfico COMPARE, a fim de comparar o Custo Relativo do componente (Visão da Empresa) com sua Importância Relativa

(Visão do Cliente), conforme Figura 6.11. Pode-se notar, que os itens 3, 8, 9, 10 e 19 apresentam custos relativos acima da importância relativa atribuída pelo cliente ao produto, o que resulta em baixo Índice de Valor (IV) agregado ao componente, inferior a 1. Quando CR e IR são iguais, o IV é igual a 1, situação de equilíbrio do sistema.

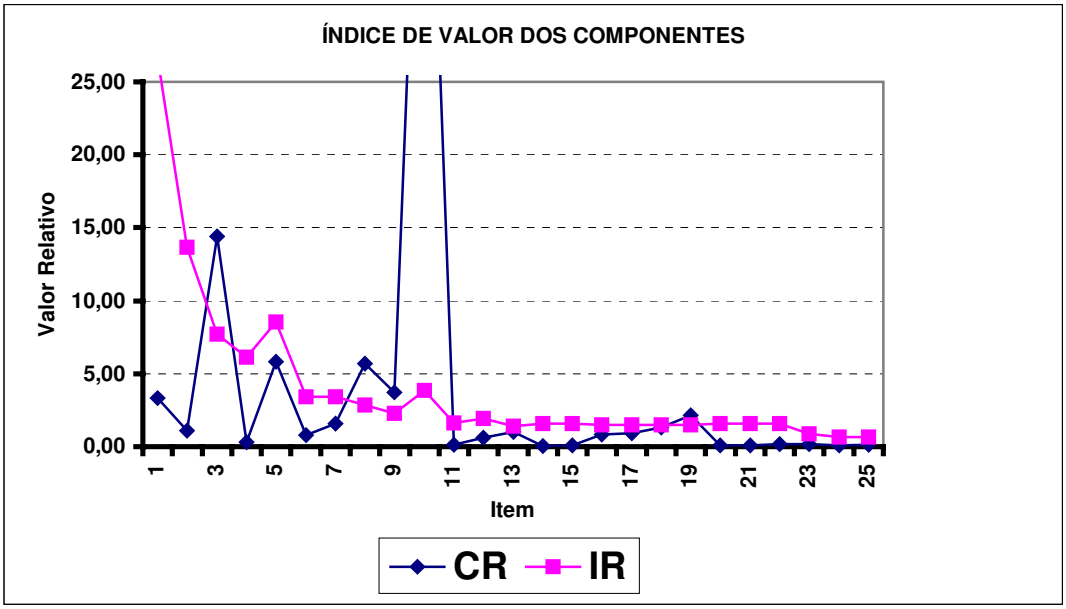


Figura 6.11 – Gráfico COMPARE dos Componentes

Na Tabela 6.21, tem-se o consumo de recursos por função, o quanto representa em termos financeiros a função dentro sistema. Essa estimativa é feita através de matriz de priorização, alocando-se percentualmente a participação dos custos do componente nas funções em que contribui, e que estão demonstradas horizontalmente nas linhas. Aplicando-se essa porcentagem sobre o custo total do componente, tem-se o consumo dentro da função. Ex. Para o item 1, "Mola membrana", seu custo total é 3,44 e 35% deste custo ("feeling" e aplicação de matriz de priorização) está voltado para a execução da função "Transmitir torque do motor para o câmbio", que resulta no custo de 1,20 (35x3,44/100).

Tabela 6.21 – Tabela de Consumo dos Recursos por Função

			CONSUMO DOS RECURSOS POR FUNÇÃO									
			Transmitir torque do motor p/câmbio		Permitir troca de marchas		Ser confortável ao acionamento		Ser confortável ao acoplamento		Eliminar vibrações e ruídos	
ITEM	Componente	Custo total do Componente	[%]	Consumo	[%]	Consumo	[%]	Consumo	[%]	Consumo	[%]	Consumo
1	Mola membrana	3,44	35	1,20	5	0,17	30	1,03	30	1,03	0	0,00
2	Mola segmento	1,16	35	0,41	5	0,06	30	0,35	30	0,35	0	0,00
3	Rolamento	15,00	0	0,00	20	3,00	5	0,75	5	0,75	70	10,50
4	Mola chapa	0,31	70	0,21	20	0,06	0	0,00	0	0,00	10	0,03
5	Revestimento	6,07	70	4,25	0	0,00	0	0,00	30	1,82	0	0,00
6	Mola helic.pequena	0,80	5	0,04	0	0,00	0	0,00	47,5	0,38	47,5	0,38
7	Mola helic.grande	1,64	5	0,08	0	0,00	0	0,00	47,5	0,78	47,5	0,78
8	Placa de pressão	5,90	80	4,72	15	0,89	0	0,00	5	0,30	0	0,00
9	Tampa	3,87	50	1,94	50	1,94	0	0,00	0	0,00	0	0,00
10	Volante	57,00	40	22,80	5	2,85	0	0,00	5	2,85	50	28,50
11	Rebite da Orelha/tampa	0,15	70	0,11	30	0,05	0	0,00	0	0,00	0	0,00
12	Gaiola	0,64	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	100	0,64
13	Rebite da m. memb.	1,04	40	0,41	60	0,62	0	0,00	0	0,00	0	0,00
14	Anel atrito menor	0,05	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	100	0,05
15	Anel atrito maior	0,07	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	100	0,07
16	Contra-disco	0,87	100	0,87	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
17	Disco-arraste	0,96	100	0,96	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
18	Flange	1,38	100	1,38	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
19	Cubo	2,22	100	2,22	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
20	Bucha cônica	0,11	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	100	0,11
21	Mola prato pequena	0,11	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	100	0,11
22	Mola prato grande	0,20	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	100	0,20
23	Rebite dist.disco	0,18	100	0,18	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
24	Rebite m.segm.	0,11	100	0,11	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
25	Rebite do revest.	0,14	100	0,14	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
26	Anel da tampa	0,60	0	0,00	100	0,60	0	0,00	0	0,00	0	0,00
	TOTAL------>	104,01		42,03		10,23		2,13		8,26		41,37
	[%] ------->	100,00		40,41		9,83		2,05		7,94		39,77

Igualmente aos componentes, é feito um gráfico COMPARE para as funções do sistema, Tabela 6.22 e Figura 6.12, pois na verdade, é o que o cliente enxerga. O conhecimento sobre o componente é de competência do fabricante.

Na Tabela 6.22, tem-se as Necessidades Relativas para a Função, que correspondem ao grau de importância relativo das funções, conforme Tabela 6.19, e o Consumo de Recursos para a Função, conforme Tabela 6.21.

Tabela 6.22 – Necessidades Relativas versus Consumo dos Recursos por Função

Função	Necessidades Relativas das Funções	Consumo de Recursos das Funções
Ser confort.acop.	23,4	7,94
Ser confort.acion.	23,8	2,05
Transmitir torque	21,6	40,41
Eliminar vib.e ruídos	15,9	39,77
Permitir troca de marchas	15,3	9,83
	100%	100%

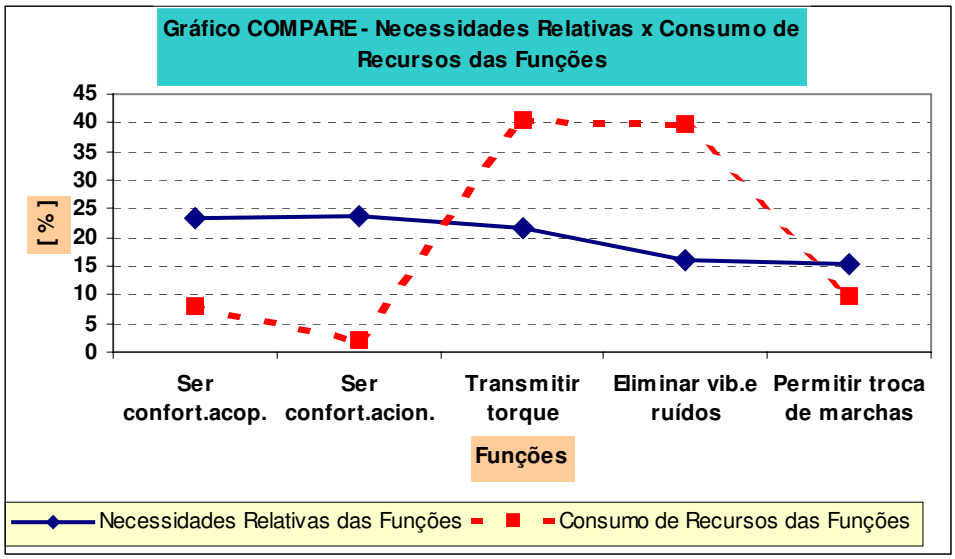


Figura 6.12 – Gráfico COMPARE das Funções do Sistema de Embreagem

Conforme Figura 6.12, as funções "Transmitir torque do motor para o câmbio" e "Eliminar vibrações e ruídos", apresentam consumo relativo de recursos elevado, em relação às necessidades relativas dos clientes.

6.4. 4º Passo: Determinação do Custo Meta (Target Cost)

Após a Análise de Valor do sistema de embreagem, é possível estimar o Custo Meta para o produto em estudo, baseado nestas informações e nas coletadas na pesquisa de KANO.

Custo Meta = Preço Meta (Mercado) - Margem de Lucro Meta (Empresa)

O Preço Meta corresponde ao que o mercado está disposto a pagar pelo produto, e que no nosso caso, como não dispomos deste valor, aproveitamos os resultados comparativos com outros produtos, vindos da Tabela 6.15, para elaborar a Tabela 6.23. Nesta tabela, alocou-se preços estimados de mercado para os produtos em referência, sendo que cada qual, contribuirá na formação do preço meta do nosso produto embreagem, dependendo da taxa de ocupação dos pesquisados. Ex. Para Pastilhas + Lonas de Freio, houve uma taxa de ocupação de 50%, que

corresponde ao percentual de entrevistados que se sentem satisfeitos se o sistema de embreagem custar igual a este item, gerando uma participação no preço meta igual a 100 (50x200/100).

Tabela 6.23 – Determinação do Preço Meta do Sistema de Embreagem

ITEM	Preço do Item	Taxa de Ocupação	Participação
Pastilhas + Lonas de Freio	200	50%	100
2 pneus + balanceamento	500	20%	100
4 pneus + balanceamento	1000	13%	130
2 amortecedores + alinhamento	300	17%	51
4 amortecedores + alinhamento	600	0,00%	0
		PREÇO META ------->	365

O Preço Meta do Sistema de Embreagem é então 365, e se no caso, a Cadeia de Valor, à qual pertence o produto embreagem, quiser ter uma margem de lucro de 10%, o Custo Meta será de 328,5 (365-10%) o qual deverá ser diluído aos integrantes da cadeia.

Se ao fabricante de embreagem lhe for atribuído um Custo Meta de 80, este deverá adequá-lo aos seus custos internos de fabricação. No nosso caso, temos os custos atuais de fabricação alocados por função conforme Tabela 6.21, e o Custo Meta será a porcentagem de necessidade relativa (Tabela 6.22) em relação ao valor 80. No gráfico da Figura 6.13, temos a comparação entre Custo Atual e Custo Meta para cada função do sistema, e na Tabela 6.24, o plano de ação a ser executado para atingir a Meta. O Custo Meta para os componentes (Tabela 6.25), é calculado com base na Importância Relativa (IR) (Tabela 6.20).

É importante salientar, que qualquer modificação a ser realizada no projeto, para adequação do Custo Meta, deve ser criteriosa, pois existem outros requisitos aos quais o cliente dá valor, como por exemplo, a durabilidade, que ficou em 2º lugar só perdendo para Marca, na Pesquisa de Kano do passo 2. Obviamente, inicia-se pelas funções e componentes que necessitam de redução de custos, mas aquelas funções que podem sofrer aumento de valor, também podem ser úteis no incremento das vendas, depende da estratégia da empresa.

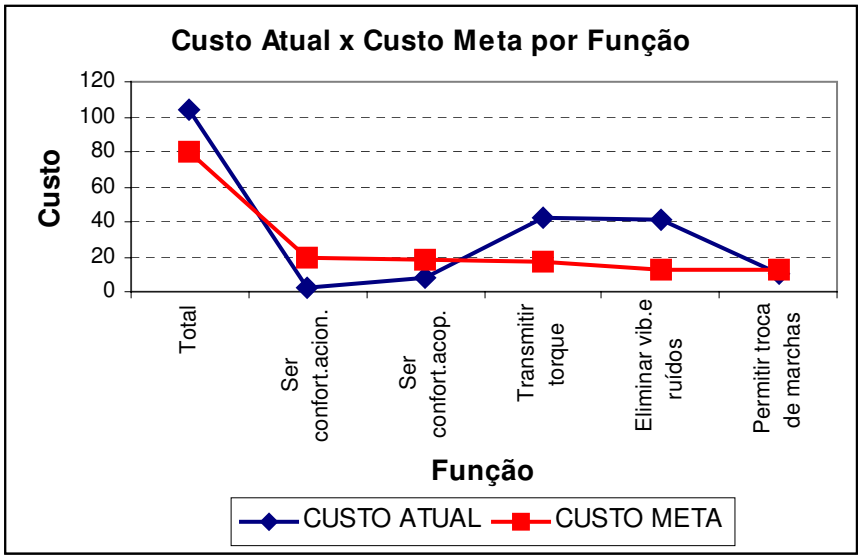


Figura 6.13 – Gráfico Comparativo entre Custo Atual e Custo Meta por Função

Tabela 6.24 – Plano de Ação para Custo Meta

Função	PLANO DE AÇÃO
Ser confort.acion.	Pode aumentar 737,5%
Ser confort.acop.	Pode aumentar 226,6%
Transmitir torque	Reduzir 58,9%
Eliminar vib.e ruídos	Reduzir 69,25%
Permitir troca de marchas	Pode aumentar 19,65%
Custo Total	Reduzir 23,08%

Tabela 6.25 – Custo Meta para os Componentes

Componente	IR	CUSTO META	CUSTO ATUAL	REDUÇÃO [%]	AUMENTO [%]
Mola membrana	26,68	26,68% de 80=21,34	3,44		620,35
Mola segmento	13,68	10,94	1,16		843,45
Rolamento	7,70	6,16	15	58,93	
Mola chapa	6,12	4,90	0,31		1479,35
Revestimento	8,54	6,83	6,07		12,55
Mola helic.pequena	3,41	2,73	0,8		241,00
Mola helic.grande	3,41	2,73	1,64		66,34
Placa de pressão	2,83	2,26	5,9	61,63	
Tampa	2,28	1,82	3,87	52,87	
Volante	3,87	3,10	57	94,57	
Rebite da Orelha/tampa	1,63	1,30	0,15		769,33
Gaiola	1,91	1,53	0,64		138,75
Rebite da m. memb.	1,41	1,13	1,04		8,46
Anel atrito menor	1,59	1,27	0,05		2444,00
Anel atrito maior	1,59	1,27	0,07		1717,14
Contra-disco	1,51	1,21	0,87		38,85
Disco-arraste	1,51	1,21	0,96		25,83
Flange	1,51	1,21	1,38	12,46	
Cubo	1,51	1,21	2,22	45,59	
Bucha cônica	1,59	1,27	0,11		1056,36
Mola prato pequena	1,59	1,27	0,11		1056,36
Mola prato grande	1,59	1,27	0,2		536,00
Rebite dist.disco	0,86	0,69	0,18		282,22
Rebite m.segm.	0,65	0,52	0,11		372,73
Rebite do revest.	0,65	0,52	0,14		271,43
Anel da tampa	0,38	0,30	0,6	49,33	

É preciso salientar, que antes da execução do plano de ação, torna-se necessária uma análise crítica junto ao cliente, para assegurar-se do atendimento aos requisitos do mesmo.

6.5. 5º Passo: Construção da Árvore de Falhas do Sistema (FTA)

Nesta fase, são identificados os componentes críticos no sistema, através da construção da árvore de falhas, onde se inicia pelo evento de topo "Falha da Embreagem", ramificando-se até os eventos inferiores, que são as causas. A ocorrência dos eventos inferiores, conforme Figura 6.14, conduzem ao não atendimento das funções reconhecidas pelo cliente.

Os dados, para auxiliar na construção da árvore de falhas, provem de testes acelerados em laboratório ou de falhas em campo, e serão tratados nos passos seguintes.

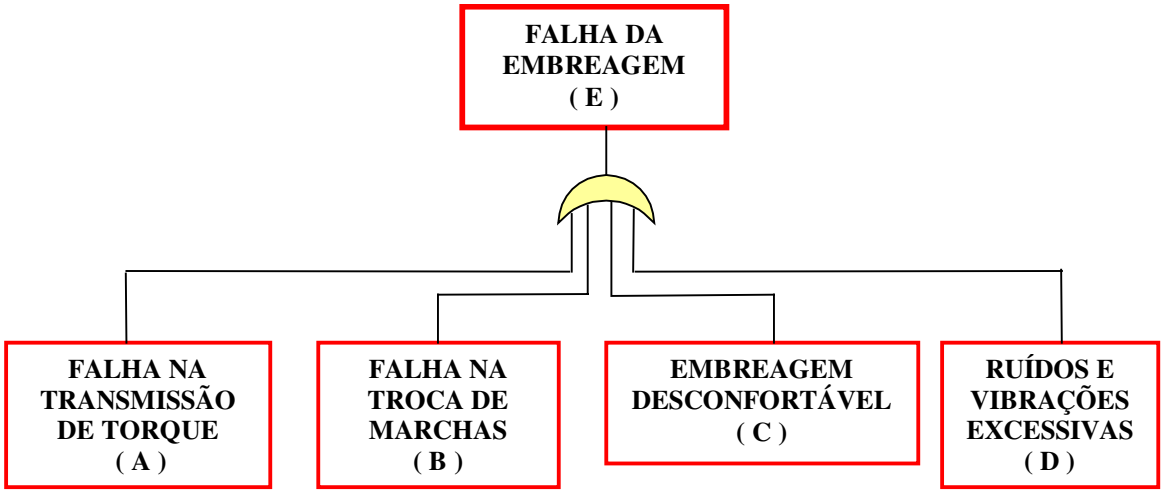


Figura 6.14 – Árvore de Falhas Principal do Sistema de Embreagem

Desdobrando-se cada evento inferior chega-se ao evento "causa raiz", conforme Figura 6.15, onde se tem o desdobramento do evento "Falha na Transmissão de Torque". Como se pode notar pela simbologia, todos os eventos estão em série, ou seja, se um evento ocorrer, o evento principal "Falha da Embreagem" ocorrerá.

Para os demais eventos, o procedimento é o mesmo, e após a determinação das causas básicas, os componentes responsáveis pelo evento de topo "Falha da Embreagem", constrói-se uma matriz de correlação, conforme Tabela 6.26.

Tabela 6.26 – Matriz de Correlação entre Causas Básicas, Componentes e Eventos

			EVENTOS DE TOPO				
			(A) Falha na	(B) Falha na	(C) Embreagem Desconfortável		(D) Ruídos e Vibrações
SUB-CONJ.	COMPONENTE	CAUSAS BÁSICAS	Transmissão de Torque	Troca de Marchas	(C1)Aumento de Força	(C2) Trepidação	Excessivas
DISCO	(1) Revestimento	(1.1) Desgaste Prematuro	X		X		
		(1.2) Ruptura	X	X			
		(1.3) Perda Coef.atrito	X				
		(1.4) Coef.atrito não uniforme				X	
	(2) Mola Segmento	(2.1) Quebra	X	X	X		
		(2.2) Perda de Característica			X	X	
	(3) Molas Helicoidais	(3.1) Perda de Comprimento					X
		(3.2) Quebra					X
	(4) Flange	(4.1) Ruptura	X				
	(5) Cubo	(5.1) Ruptura	X				
PLATÔ	(6) Mola Membrana	(6.1) Perda de Força	X				
		(6.2) Quebra	X	X			
	(7) Mola Chapa	(7.1) Quebra	X	X			
	(8) Placa de Pressão	(8.1) Quebra	X	X			
ROLAMENTO	(9) Rolamento	(9.1) Várias	X	X	X	X	X
VOLANTE	(10) Volante	(10.1) Quebra	X				
		(10.2) Inércia inadequada					X

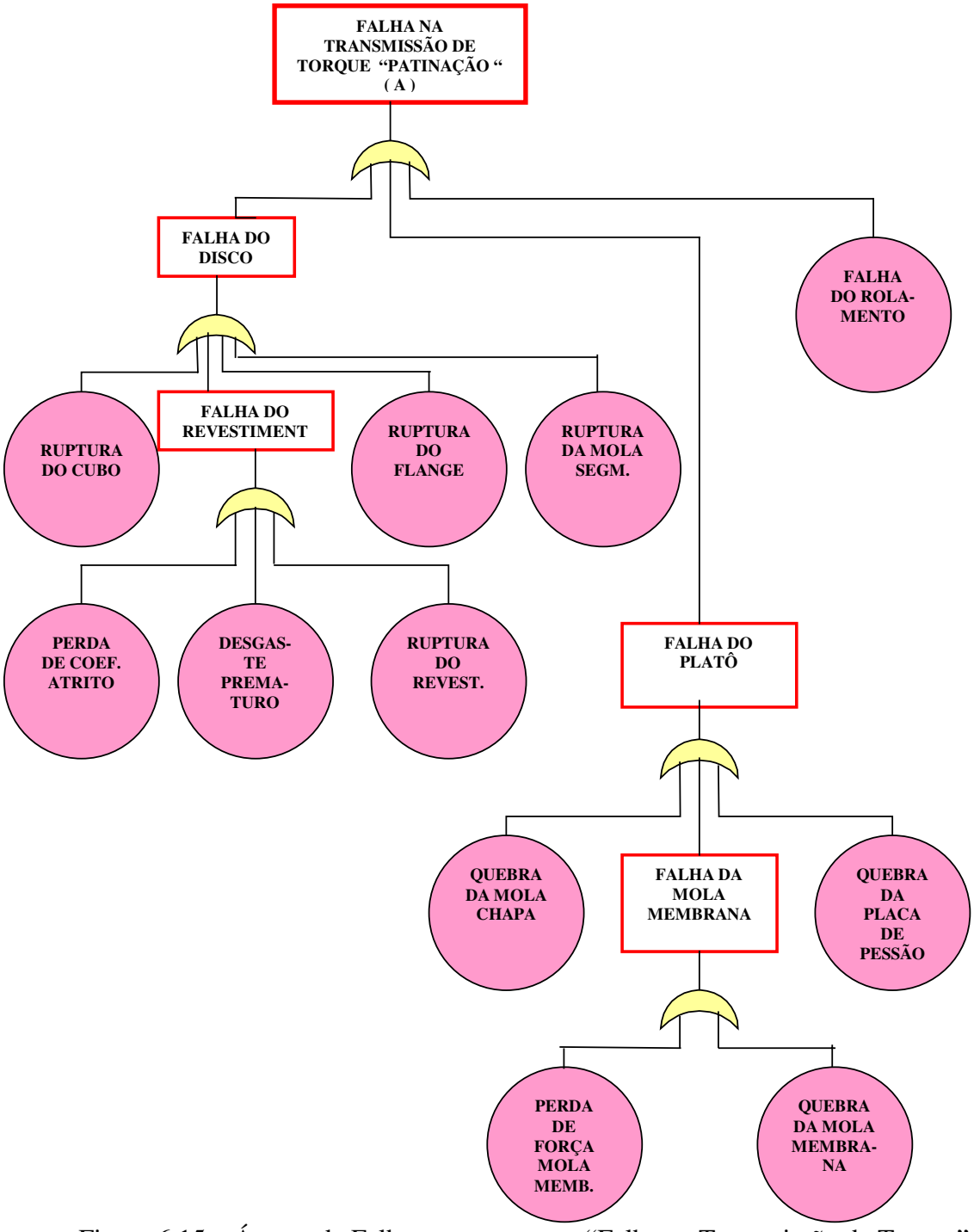


Figura 6.15 – Árvore de Falhas para o evento "Falha na Transmissão de Torque"

6.6. 6º Passo: Avaliação do Histórico de Garantia do Produto

A análise de produtos que retornaram de campo, dentro do período de garantia, é fator chave para aumento de conhecimento e melhoria do mesmo, já que representa a realidade de uso, e a árvore de falhas pode ser modificada se ocorrer uma falha inédita.

No gráfico da Figura 6.16, tem-se um histórico de ocorrência das principais causas básicas do sistema de embreagem, em relação a um determinado período, e contabilizando todos os modelos de produtos que retornaram na garantia. Na Figura 6.17, tem-se a ocorrência por tipo de componente.

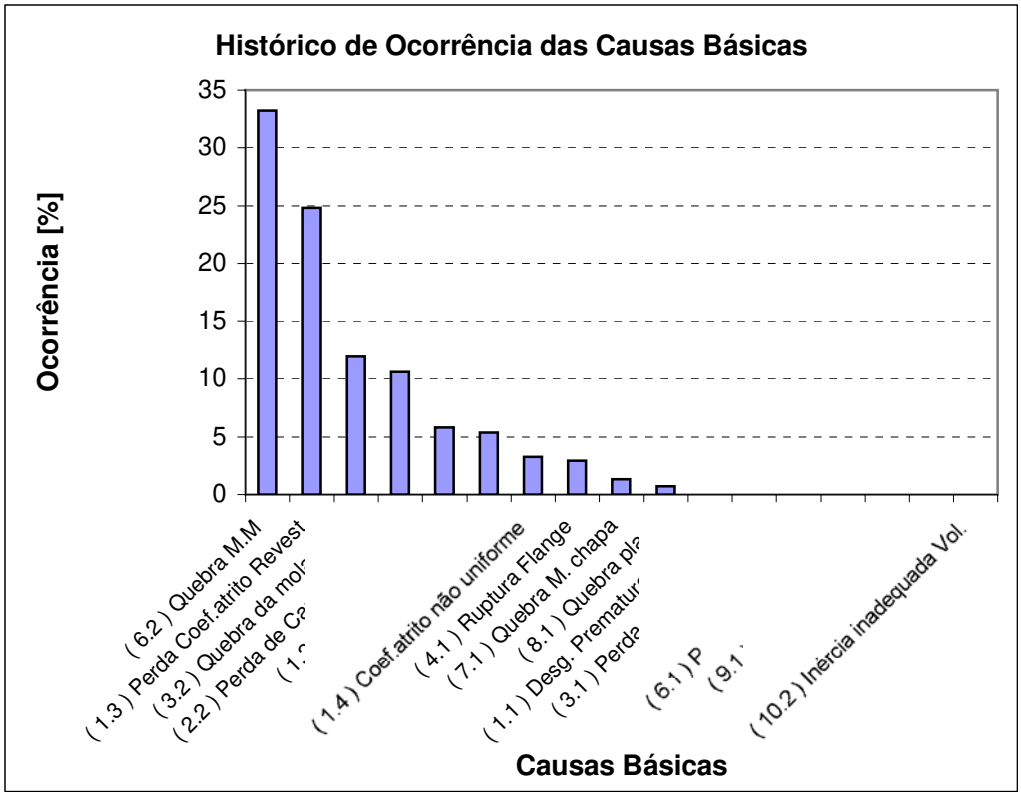


Figura 6.16 – Histórico de Ocorrência das Causas Básicas no Período de Garantia

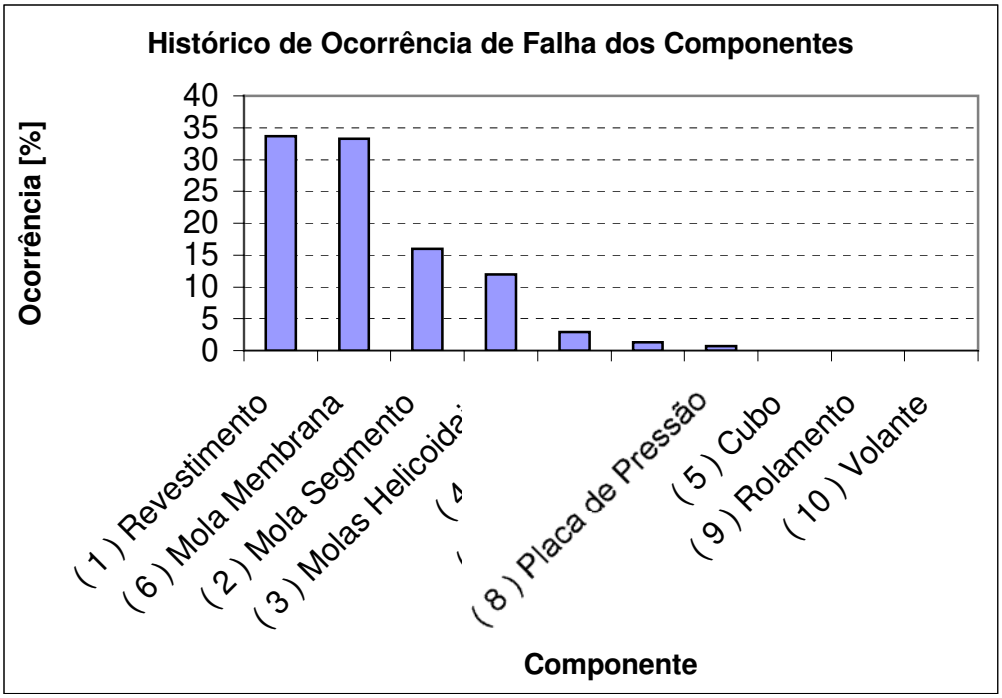


Figura 6.17 – Histórico de Ocorrência de Falha dos Componentes

Outras informações úteis, que os retornos de garantia fornecem, são o tempo de uso e a kilometragem alcançada até a falha. Na Figura 6.18, tem-se o gráfico de probabilidade de quebra de peças que retornaram de campo, de um determinado modelo de embreagem, construído a partir dos valores individuais de kilometragem alcançada. Na Figura 6.19, tem-se o gráfico de sobrevivência ou de confiabilidade, e na Tabela 6.27, tem-se os valores de confiabilidade para melhor entendimento. Ex. A probabilidade média, do referido modelo alcançar 5.000Km sem quebras, é de 98,95%. Para 50.000Km é de 0,23%.

Da mesma forma, temos os gráficos de confiabilidade em relação ao tempo de uso até a falha, Figura 6.20, e um gráfico de kilometragem anual prevista de uso, Figura 6.21.

Para a construção dos gráficos, utilizaram-se apenas os dados das peças que retornaram com falha no período de garantia, não havendo, portanto, censuras. Para uma correta avaliação, deve ser acrescentado também, as kilometragens das peças que estão em funcionamento no campo, ou estimá-las, caso não se tenha esses valores, e censurando-os no cálculo.

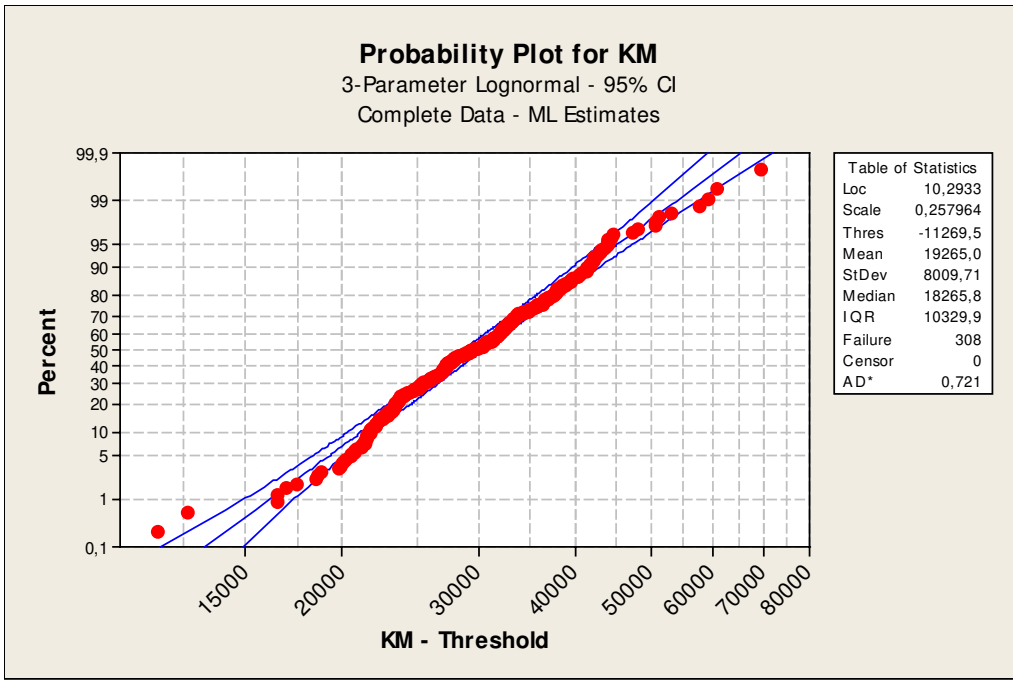


Figura 6.18 – Gráfico de Probabilidade de Quebra – Dados de Campo

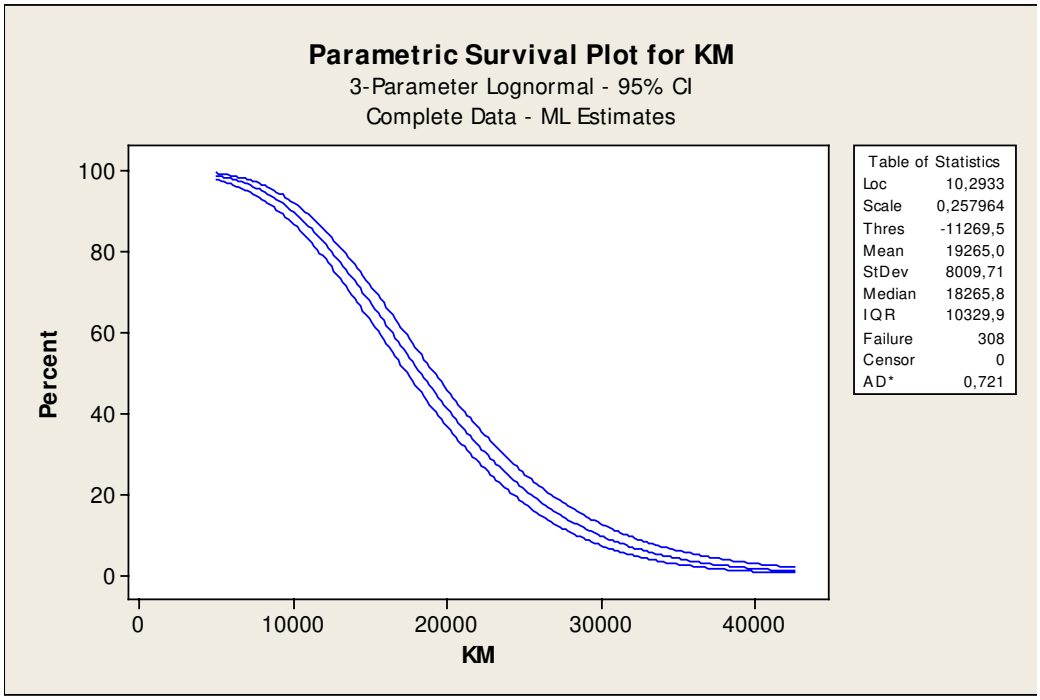


Figura 6.19 – Gráfico de Confiabilidade do Produto em função da kilometragem

Tabela 6.27 – Tabela de Confiabilidade em função da kilometragem

Table of Survival Probabilities

		95,0% Normal CI	
Km	Probability	Lower	Upper
5000	0,989598	0,978986	0,995199
10000	0,898438	0,868971	0,922756
15000	0,675171	0,630203	0,717720
20000	0,412475	0,367369	0,458768
25000	0,212958	0,177589	0,252128
30000	0,097343	0,073351	0,126644
35000	0,040916	0,026678	0,060779
40000	0,016261	0,008802	0,028583
45000	0,006233	0,002703	0,013363
50000	0,002337	0,000788	0,006263

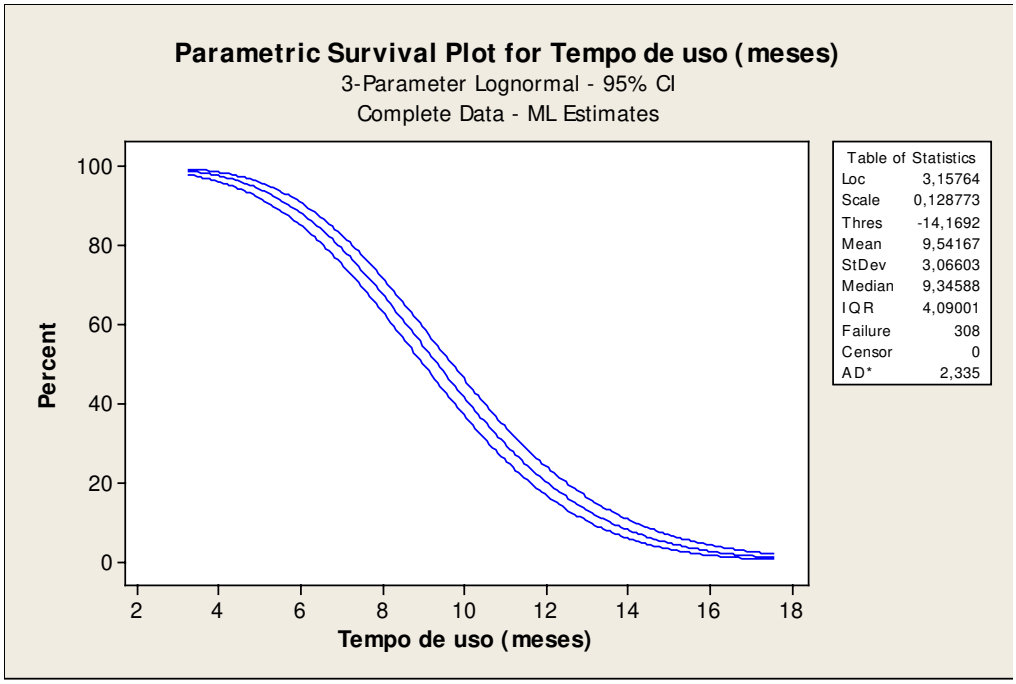


Figura 6.20 – Confiabilidade em função do tempo de uso

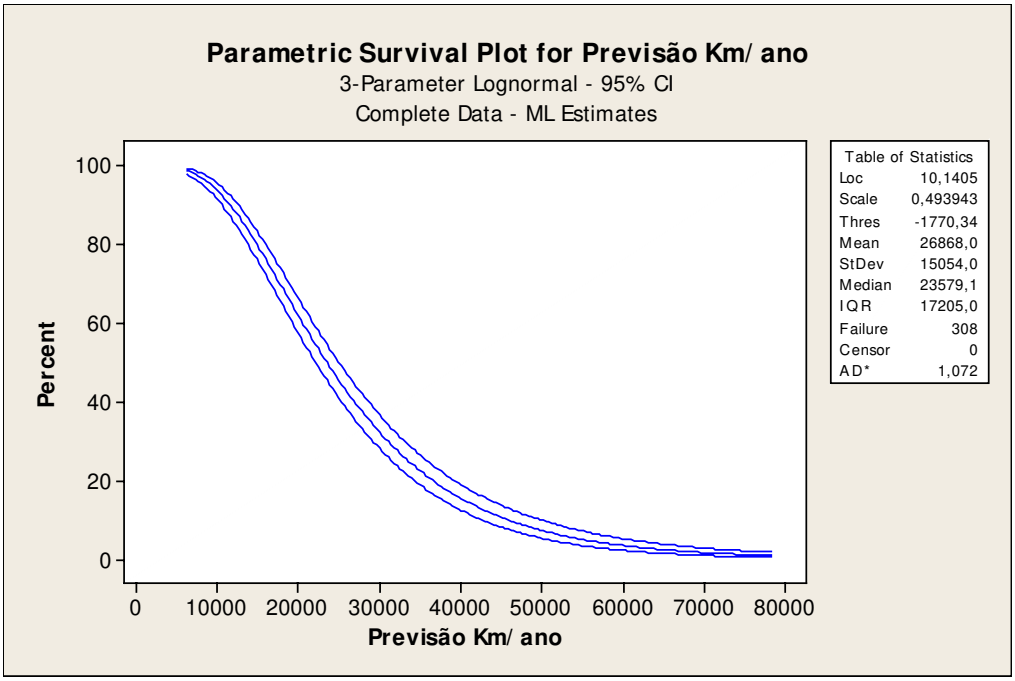


Figura 6.21 – Confiabilidade em função da previsão da kilometragem anual de uso

Tabela 6.28 – Tabela de Confiabilidade em função da previsão da kilometragem anual

Table of Survival Probabilities

		95,0% Normal CI	
Km	Probability	Lower	Upper
5000	0,996239	0,990806	0,998595
10000	0,939808	0,916924	0,957433
15000	0,798541	0,759855	0,833228
20000	0,621015	0,575845	0,664588
25000	0,456040	0,411187	0,501460
30000	0,323802	0,282564	0,367326
35000	0,225727	0,189548	0,265517
40000	0,155981	0,125356	0,191167
45000	0,107486	0,082299	0,137802
50000	0,074139	0,053893	0,099737
60000	0,035680	0,023211	0,053175
70000	0,017561	0,010168	0,029125
80000	0,008869	0,004560	0,016397
90000	0,004599	0,002099	0,009477
100000	0,002446	0,000992	0,005614

Conforme Tabela 6.28, a probabilidade média de um individuo rodar 50.000Km/ ano é de 7,4% e para 100.00Km/ ano é de 0,24%. Esta previsão se refere exclusivamente ao comportamento do

indivíduo, independente de falha ou não do sistema, e válido apenas para esta amostragem de peças de garantia.

Na Tabela 6.14, pesquisa de Kano, a kilometragem média ideal para vida do sistema de embreagem é de 72.433Km conforme opinião dos usuários. Se adotarmos este valor como limite de vida, corremos o risco de termos retornos dentro do período de garantia, pois conforme a Tabela 6.28, há a probabilidade de 0,88% dos usuários atingirem 80.000Km/ano.

Esse valor de 72.433Km, também não será cumprido pelo produto em estudo, conforme Tabela 6.27, pois após 50.000Km praticamente não haverá sobreviventes.

6.7. 7º Passo: Avaliação da Confiabilidade dos Componentes em Ensaios Acelerados

Após a otimização do projeto, a fim de atender o plano de ação do Custo Meta, os componentes modificados, sejam em geometria, mudança de material ou fornecedor, devem passar por ensaios de durabilidade acelerada, de modo a avaliar a confiabilidade ao atendimento dos requisitos dos clientes, principalmente itens críticos de histórico de garantia conforme gráficos das Figuras 6.16 e 6.17.

Como exemplo, iremos descrever o procedimento para avaliação da confiabilidade do componente "Mola Helicoidal", responsável pelo amortecimento torsional do disco de embreagem. A mesma foi confeccionada em dois materiais distintos para comparação, que chamaremos de A e B.

O fator de estressamento para este componente, será a tensão de trabalho, ou seja, o curso em que a mesma é oscilada, pois deste resulta a causa básica "quebra". Como queremos acelerar os resultados do ensaio, as molas serão submetidas em níveis superiores de tensão do que a normal de trabalho no veículo, e através da regressão dos valores obtidos, estima-se a confiabilidade em campo. Tanto o material A quanto o material B, foram ensaiados em 4 níveis de tensão, sendo 6 molas por tensão, à uma mesma freqüência de acionamento na máquina de ensaio. Durante os ensaios, foram anotados os valores de quebra das molas para cada nível de

tensão, os quais estão dentro de intervalos de inspeção. Adotaram-se inspeções a cada 30min aproximadamente, onde eram anotados os valores de ciclagem (acionamentos) efetuados nas molas, cujos intervalos das quebras estão na Tabela 6.29. Os valores com asterístico referem-se as molas que não apresentaram quebras ao final do ensaio, por isso são ditos dados suspensos.

Tabela 6.29 – Tabela de Inspeção das ciclagens de quebras de molas helicoidais

Tensão [N/mm2]	START (A)	END (A)	START (B)	END (B)
1194	84270	101590	52370	67310
1194	84270	101590	139100	151770
1194	196720	228720	191220	198970
1194	316220	334330	85460	94140
1194	261310	268820	151770	158920
1194	482220	490800	139100	151770
1157	284320	289390	94140	111250
1157	289390	295340	198970	218830
1157	509830	525900	151770	158920
1157	384140	407800	139100	151770
1157	575820	592570	111250	131690
1157	455930	482220	94140	111250
1114	1164250	1185000	360560	375740
1114	794500	801180	191220	198970
1114	896000	903870	218830	241060
1114	1023500	1053680	218830	241060
1114	670830	701380	176200	191220
1114	735000	745410	395840	415560
1077	3300280	*	581240	606520
1077	1185000	1197000	265410	284400
1077	1283430	1296490	315770	332070
1077	2800750	2826480	1137730	1177700
1077	1435680	1454000	3385000	*
1077	3300280	*	284400	301420

Os dados foram introduzidos no software estatístico para análise, tendo como primeiro procedimento, a escolha do modelo que melhor representa a distribuição de vida para cada tensão, utilizando-se o estimador de Máxima Verossimilhança. O melhor modelo é aquele que possui o menor coeficiente de adesão AD, ou seja, cujos pontos estiverem mais próximo da reta. Conforme Figura 6.22, para o material A, o melhor modelo é o Lognormal.

Em seguida, é possível a construção de outras curvas, como a de probabilidade de falha e a de sobrevivência ou confiabilidade, conforme Figuras 6.23 e 6.24. Foi adotado 95% de confiança para os intervalos dos gráficos (limites de confiança).

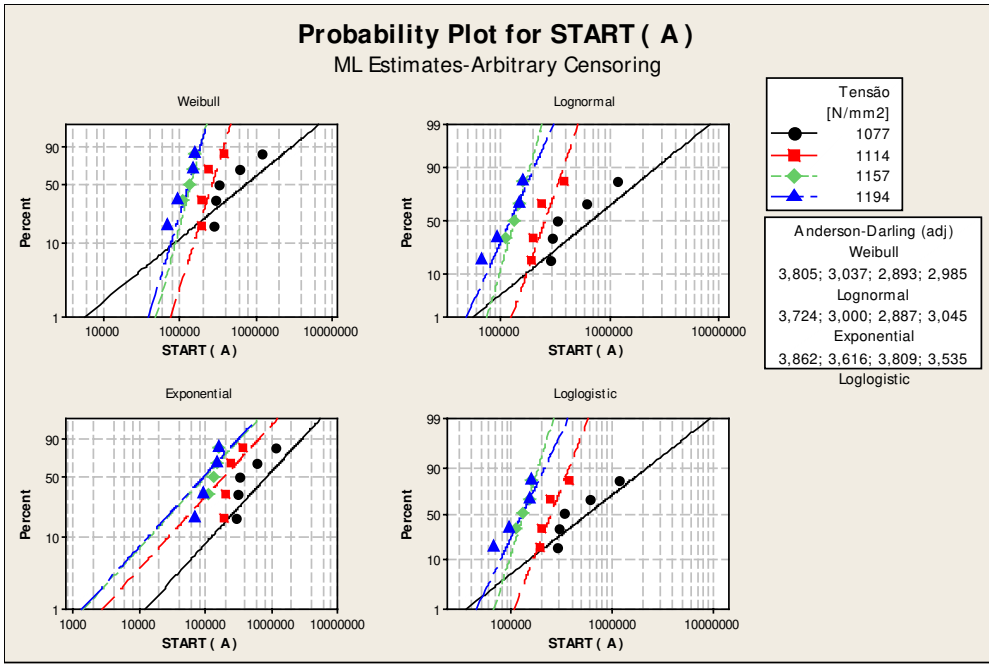


Figura 6.22 – Escolha do modelo probabilístico

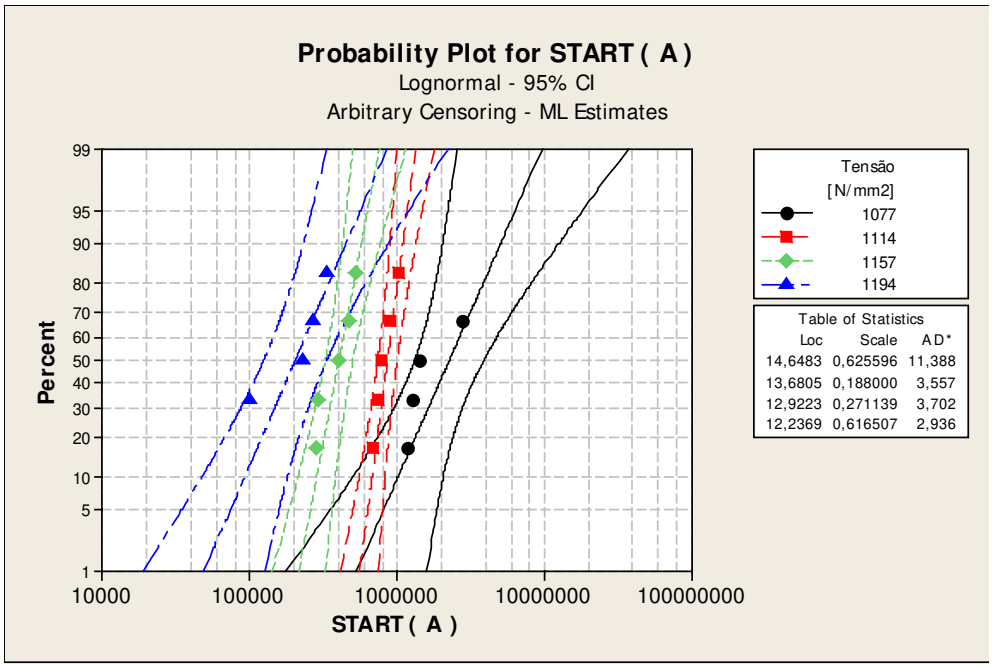


Figura 6.23 – Gráfico de Probabilidade de Falha

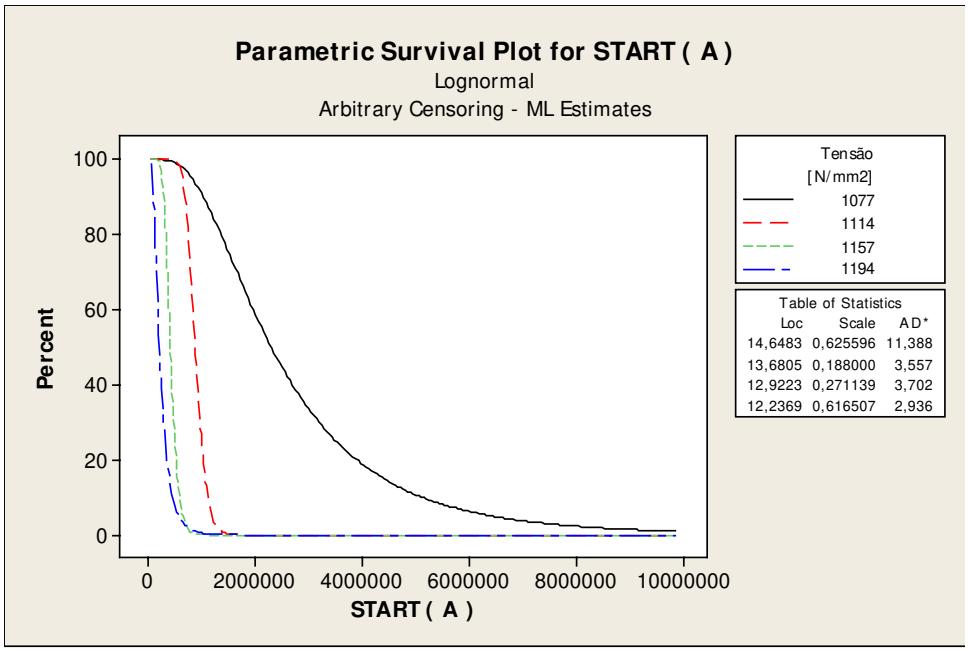


Figura 6.24 – Gráfico de Sobrevivência ou Confiabilidade

Para o material B, o procedimento é o mesmo, sendo que após esta etapa, torna-se possível a construção do gráfico de regressão para comparação de ambos os materiais, conforme Figura 6.25.

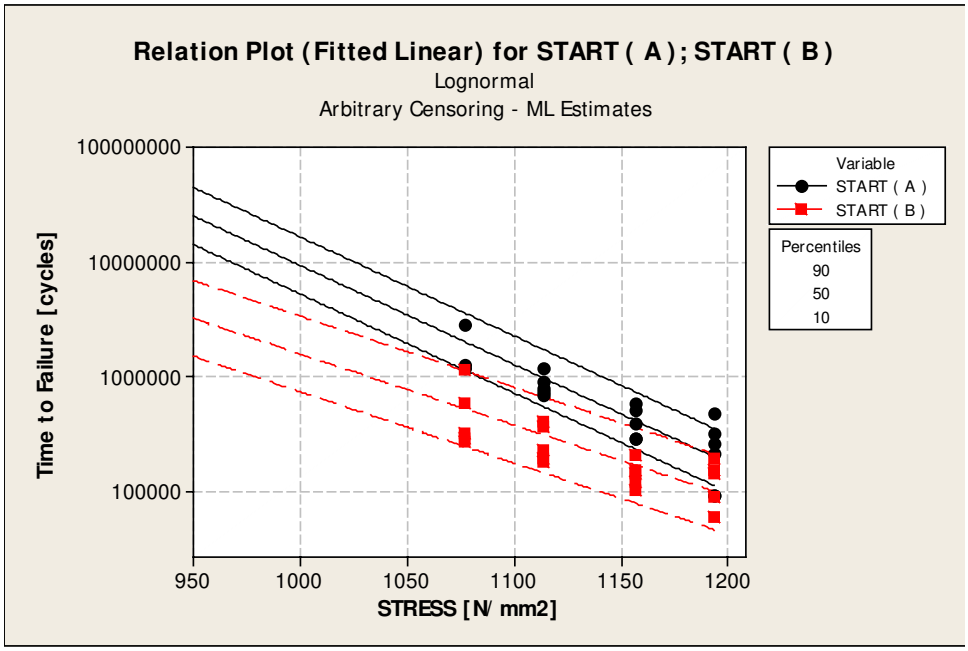


Figura 6.25 – Gráfico de Regressão

Se adotarmos 950N/mm2, como tensão de trabalho no veículo, e que a mola seja solicitada 10 ciclos/ Km, temos que, para uma durabilidade média de 75.000 Km, a mola precisa suportar 750.000 ciclos sem falhas. Se calcularmos a confiabilidade para 750.000 ciclos para ambos os materiais, temos 99,98% para o material A e 97,87% para o material B, conforme Tabelas 6.30 e 6.31. Neste caso, o material A é o que melhor atende a especificação de 75.000 Km.

Tabela 6.30 – Tabela de Confiabilidade do Material A

Table of Survival Probabilities - MATERIAL A

			95,0% Normal CI	
Time	Stress [	Probability	Lower	Upper
150000,0	950,0000	1,0000	0,9997	1,0000
300000,0	950,0000	1,0000	0,9990	1,0000
450000,0	950,0000	0,9999	0,9981	1,0000
600000,0	950,0000	0,9999	0,9969	1,0000
750000,0	950,0000	0,9998	0,9954	1,0000
900000,0	950,0000	0,9997	0,9938	1,0000
1500000	950,0000	0,9989	0,9848	0,9999
2000000	950,0000	0,9978	0,9747	0,9998

Tabela 6.31 – Tabela de Confiabilidade do Material B

Table of Survival Probabilities - MATERIAL B

			95,0% Normal CI	
Time	Stress [	Probability	Lower	Upper
150000,0	950,0000	0,9978	0,9673	0,9999
300000,0	950,0000	0,9941	0,9323	0,9995
450000,0	950,0000	0,9896	0,8966	0,9990
600000,0	950,0000	0,9844	0,8608	0,9984
750000,0	950,0000	0,9787	0,8251	0,9976
900000,0	950,0000	0,9725	0,7899	0,9967
1500000	950,0000	0,9443	0,6560	0,9922
2000000	950,0000	0,9175	0,5553	0,9875

Os demais componentes do sistema de embreagem seguem a mesma analogia, mudando apenas o tipo de estressamento, níveis e quantidades de ciclos requeridos.

6.8. 8º Passo: Avaliação da Confiabilidade do Sistema de Embreagem e Melhor Relação Custo x Benefício

Após avaliação da confiabilidade de todos os componentes que fazem parte do sistema de embreagem, ou pelo menos dos considerados críticos, é possível a avaliação da confiabilidade geral do sistema como um todo.

Conforme já demonstrado na árvore de falhas, o sistema está em série, ou seja, basta um componente falhar para que o sistema como um todo falhe. Na Figura 6.26, tem-se o Diagrama de Blocos e o cálculo da confiabilidade geral, que corresponde ao produto das confiabilidades individuais dos componentes.

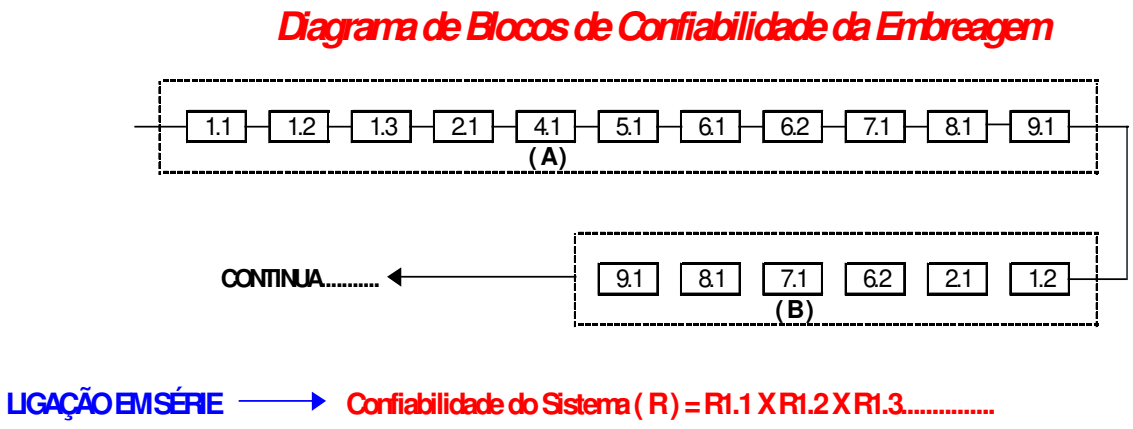


Figura 6.26 – Diagrama de Blocos de Confiabilidade da Embreagem

Como exemplo, calcula-se a confiabilidade para o sistema de embreagem, onde 3 tipos de componentes podem variar de materiais, sendo que os demais componentes do sistema apresentam confiabilidade igual a 1, para uma kilometragem de 100.000 Km. Na Tabela 6.32, tem-se os componentes, materiais, confiabilidade e custo.

Tabela 6.32 – Tabela de Confiabilidade dos Componentes x Kilometragem

		CONFIABILIDADE (R) DOS COMPONESTES X KM					
COMPONENTE	MATERIAL	45000	60000	75000	90000	105000	CUSTO
Revestimento	1	1	0,99	0,9	0,55	0,25	8
	2	1	0,98	0,8	0,32	0,05	6
Mola Helicoidal	A	1	0,99	0,98	0,96	0,94	2,2
	B	1	0,99	0,95	0,93	0,9	1,7
Mola Membrana	X	1	0,99	0,97	0,94	0,9	4
	Y	1	0,98	0,95	0,9	0,85	3,4

Na Tabela 6.33, tem-se as combinações possíveis entre os materiais dos componentes. A confiabilidade do sistema formado é a multiplicação dos valores individuais de confiabilidade desses componentes. É calculado também, o índice de desempenho (ID) do sistema para cada kilometragem, que corresponde a razão entre a confiabildade do sistema formado e o custo do mesmo. Quanto maior o ID, significa que o sistema formado possui maior desempenho, pois precisa de menos recurso para obtenção da confiabilidade.

Tabela 6.33 – Tabela de Confiabilidade dos Sistemas x Kilometragem

	CONFIABILIDADE (R) DOS SISTEMAS X KM										
SISTEMA	30000	ID-30000	45000	ID-45000	60000	ID-60000	75000	ID-75000	90000	ID-90000	CUSTO
1AX	1	0,070	0,9703	0,068	0,8555	0,060	0,4963	0,035	0,2115	0,015	14,2
1AY	1	0,074	0,9605	0,071	0,8379	0,062	0,4752	0,035	0,1997	0,015	13,6
1BX	1	0,073	0,9703	0,071	0,8293	0,061	0,4808	0,035	0,2025	0,015	13,7
1BY	1	0,076	0,9605	0,073	0,8122	0,062	0,4603	0,035	0,1912	0,015	13,1
2AX	1	0,082	0,9605	0,079	0,7605	0,062	0,2888	0,024	0,0423	0,003	12,2
2AY	1	0,086	0,9508	0,082	0,7448	0,064	0,2765	0,024	0,0399	0,003	11,6
2BX	1	0,073	0,9605	0,070	0,7372	0,054	0,2797	0,020	0,0405	0,003	13,7
2BY	1	0,090	0,9508	0,086	0,722	0,065	0,2678	0,024	0,0382	0,003	11,1

Na Figura 6.27, tem-se o gráfico de confiabilidade para os sistemas e na Figura 6.28, as curvas de índice de desempenho. O sistema 1AX, possui a maior confiabilidade em relação aos demais, porém, seu ID só será o melhor após os 75.000 Km. Já o sistema 2BY, possui a menor confiabilidade, porém, até 75.000 Km, é o de melhor ID. O sistema 2BY em relação ao 1AX, no estágio dos 75.000 Km, que é praticamente o ponto de equilíbrio entre ambos ID, tem

confiabilidade 15,8% menor, porém, seu custo tem uma redução de 21,8%, tendo, portanto, a melhor relação custo versus benefício.

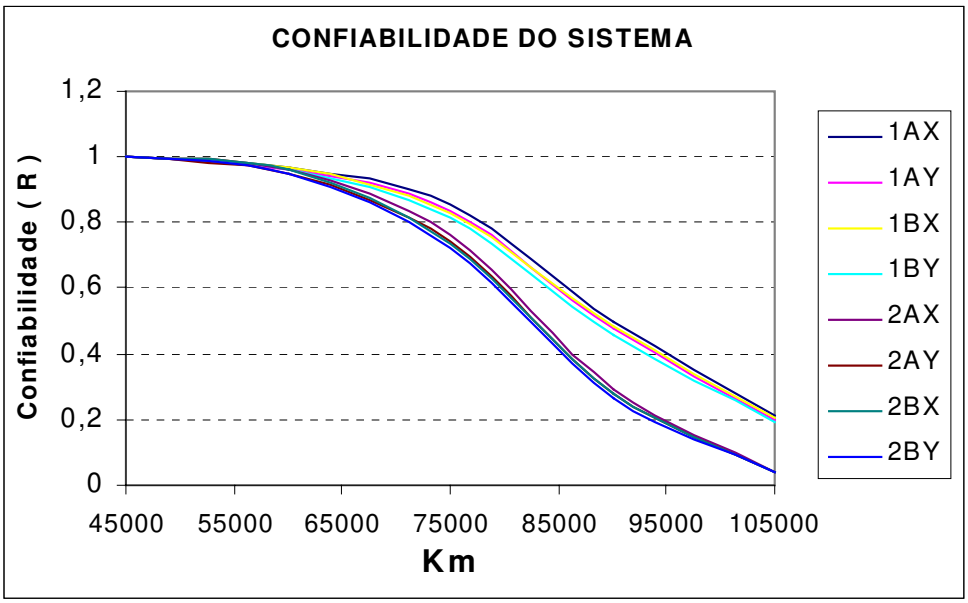


Figura 6.27 – Gráfico de Confiabilidade dos Sistemas

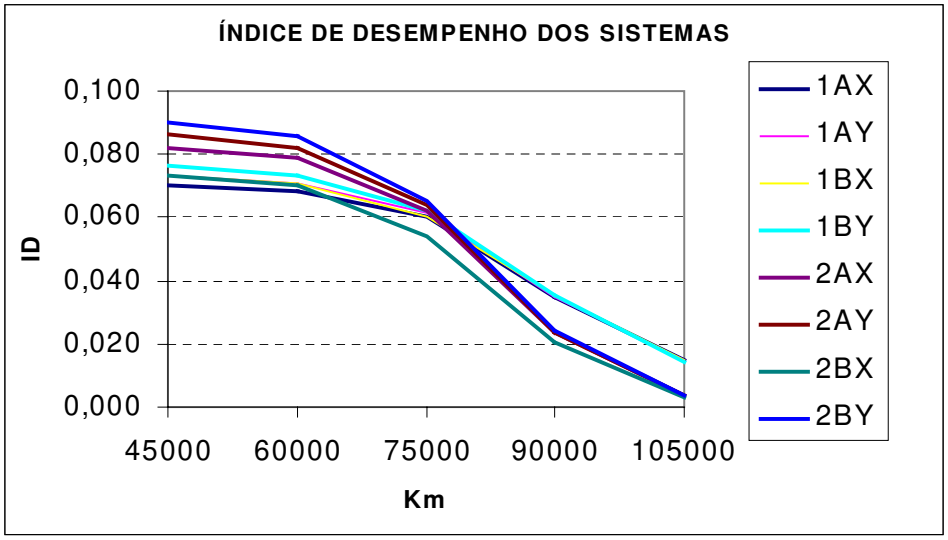


Figura 6.28 – Gráfico de Índice de Desempenho dos Sistemas

A avaliação do custo benefício para os componentes individualmente segue a mesma lógica aplicada na avalição dos sistemas.

Capítulo 7

Análise dos Resultados

REQUISITOS DOS CLIENTES – Na pesquisa de KANO, nota-se diferença nos resultados entre as 3 categorias de pesquisados, relacionada ao entendimento, grau de exigência e quantidade de entrevistados. Os seguintes pontos foram levantados:

Classificação dos Requisitos do Produto - Foram no geral, considerados requisitos de Performance.

Oportunidade de Eliminação - A alavanca de câmbio e o pedal de embreagem causam a insatisfação em mais da metade dos pesquisados.

Priorização dos Requisitos do Produto – Em 1º lugar aparece "acionamento leve do pedal", o que explica a insatisfação com o pedal de embreagm, seguido de "ausência de trepidações" e "ausência de patinação".

Priorização dos Requisitos Gerais para Compra - em 1º lugar "Marca", seguido de "Durabilidade" e "Preço". Os itens de aparência ficaram em segundo plano.

Oportunidade de Futuros Projetos – Mais da metade dos entrevistados compraria um sistema automático de troca de marchas dependendo do preço, e que trocaria pela pintura

metálica, se este fosse um opcional. Isto explica a insatisfação com o pedal e a alavanca de câmbio e é uma oportunidade de futuros projetos.

Situação no Mercado – As notas estão acima da média para o fabricante em estudo, em relação aos concorrentes.

Durabilidade Requerida – Na média, os entrevistados ficariam satisfeitos se o sistema de embreagem durasse 72.433 Km ou igual à vida do motor, segundo 60% dos pesquisados.

Preço Requerido – Metade dos entrevistados ficariam satisfeitos se o sistema de embreagem custasse igual ao sistema formado por pastilhas+lonas de freio.

Demanda de Mercado – Em geral, os entrevistados trocam de embreagem a cada 5 anos.

ANÁLISE DE VALOR

Consumo Relativo de Recursos para os Componentes – Os componentes volante e rolamento, são os que apresentam o maior consumo de recursos em relação às necessidades relativas, merecendo, portanto, otimização.

Consumo Relativo de Recursos para as Funções – As funções, "transmitir torque" e "eliminar vibrações e ruídos", são as que apresentam o maior consumo de recursos em relação às necessidades relativas, merecendo, portanto, otimização.

CUSTO META – As duas funções citadas na Análise de Valor terão que sofrer modificações, pois não atendem ao custo meta calculado com base nas informações de preço requerido na pesquisa de KANO.

ÁRVORE DE FALHAS – O Sistema de Embreagem apresenta ligação em série, ou seja, basta um componente falhar para que a embreagem como um todo falhe.

HISTÓRICO DE GARANTIA – Os componentes mais críticos são: revestimento, mola membrana, mola segmento e mola helicoidal. Cerca de 0,24% dos indivíduos podem rodar 100.000 Km/ ano, logo, é preciso precaver-se para que o projeto atenda este requisito, ou seja, estipulada uma kilometragem limite dentro do período de garantia.

AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE

Componentes – Deve-se tomar cuidado para as estimações de confiabilidade via regressão nos ensaios acelerados, pois podem conduzir a erros grosseiros. É interessante ter valores em condições reais de trabalho para ajustar a curva.

Sistemas – O melhor sistema não é aquele que apresenta a maior confiabilidade, e sim o que apresenta o melhor custo benefício, pois em mercados de pleno consumo e ciclo de vida reduzido, não é interessante pagar mais por um carro indestrutível, e sim o justo para um determinado tempo de operação.

Capítulo 8

Conclusão

O método proposto demonstrou-se eficiente, pois conseguiu avaliar desde os requisitos tangíveis e intangíveis dos clientes, até o desempenho final do produto, sempre buscando a melhor relação custo x benefício, pois em mercados consumistas de intensas mudanças, também não se espera produtos indestrutíveis, salvo itens de segurança. Foram considerados basicamente requisitos de Performance.

É preciso que os integrantes da cadeia de valor cooperem mutuamente não só para atender o custo meta, mas também a confiabilidade meta, sem, contudo, gerar aumento de recursos, ou seja, resultando em inovações tecnológicas.

Na Priorização dos Requisitos do Produto o "acionamento leve do pedal" tem maior importância, seguido de "ausência de trepidações" e "ausência de patinação". Mais da metade dos entrevistados compraria um sistema automático de troca de marchas, que trocaria pela pintura metálica do veículo, caso fosse um opcional. Tais informações indicam que a insatisfação com o pedal e com a alavanca de câmbio configuram uma oportunidade de futuros projetos.

Os componentes volante e rolamento apresentam o maior consumo de recursos em relação às necessidades relativas, merecendo, portanto, otimização. Da mesma forma, as funções,

“transmitir torque” e “eliminar vibrações e ruídos”, são as que apresentam o maior consumo de recursos em relação às necessidades relativas.

Os componentes mais críticos são: revestimento, mola membrana, mola segmento e mola helicoidal. Cerca de 0,24% dos indivíduos podem rodar 100.000 Km/ ano, logo, o objetivo é atender este requisito, ou seja, uma kilometragem limite dentro do período de garantia.

O melhor sistema não é aquele que apresenta a maior confiabilidade, e sim o que apresenta a melhor relação custo X benefício, pois em mercados de pleno consumo e ciclo de vida reduzido, é interessante pagar para se ter um veículo bom num tempo determinado.

Nos dias atuais, Qualidade e Confiabilidade, mais do que nunca, andam juntas, e o cliente não difere uma da outra, é uma coisa só. Elas podem ser empregadas para produtos, serviços, organizações e pessoas, e sobreviverá aquele que tiver excelência, melhor conhecimento e aplicação, o saber interpretar dos desejos do cliente.

Mais uma vez, é preciso salientar que o cliente não pode pagar pelos descuidos das organizações, pois estas possuem a estrutura tecnológica, conhecimento do produto e técnicas para desenvolvê-lo. Possuem as interfaces de desenvolvimento e visão de processos e custos, ou seja, o como fazer. O cliente entra com a liberdade de escolha entre os produtos existentes no mercado, críticas, reprovações, boicotes e, se a organização estiver no caminho certo, a consagração do produto.

Referências Bibliográficas

Akao, Y. Introdução ao desdobramento da qualidade, Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996, 187p.

Araújo, A M. H. B, Marques, R. R, Silva, C. A T, Custo Meta: Um Estudo de sua Aplicabilidade nas Empresas, VIII Congresso Brasileiro de Custos, São Leopoldo, RS, UNISINOS, 2001.

Bacic, M.J., Vasconcelos L.A.T., Principais Questões Conceituais e Práticas da Gestão de Custos, Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas, 2002.

Billinton R., Allan R.N., Reliability Evaluation of Engineering Systems, England: The Bath Press, Avon, 1987, 349p.

Campos, V. F. TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês), Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992, 229p.

Cavalca, K.L. Confiabilidade em Engenharia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000, 110p.

Coit, D.W., Dey, K. A. , Analysis of grouped data from field-failure reporting systems, Reliability Engineering and System Safety 65 (1999) 95-101.

Csillag, J. M. Análise do valor: metodologia do valor: engenharia do valor, Gerenciamento do valor, redução de custos, racionalização administrativa, 3.ed. São Paulo: Atlas, 1991, 303p.

Dellaretti Filho, O. As sete ferramentas do planejamento da qualidade, Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996, 183p.

Deming, W. E. Qualidade: A revolução da Administração, Rio de Janeiro: Ed.Marques Saraiva, 1990, 367p.

Dias, A., Metodologia para Análise da Confiabilidade em Freios Pneumáticos Automotivos, Tese de Doutorado da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Campinas, 1996, p.8-17.

Eisele, J.S., et al., The impact of improved vehicle design on highway safety, Reliability Engineering and System Safety 54 (1996) 65-76.

Feingenbaum, A. V. Total quality control, 3.ed., McGraw-Hill, Inc, 1991, 58-73p, 570-612p.

Ferraz, J.C, Kupfer, D., Haguenauer, L., Made in Brazil: Desafios competitivos para a Indústria, Rio de Janeiro: Ed.Campus, 1997, 1-32p, 166-189p.

Fiedler, R.M, Knoblauch, V., Reliability aspects of microsensors and micromechatronic actuators for automotive applications, Microelectronics Reliability 43 (2003) 1085-1097

Finkelstein, M.S., Modeling lifetimes with unknown initial age, Reliability Engineering and System Safety 76 (2002) 75-80.

Freitas, M. A, Colosimo, E. A. Confiabilidade: análise de tempo de falha e testes de vida acelerados, Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1997, 326p.

Guida, M., Pulcini, G. Automotive reliability inference based on past data and technical knowledge, Reliability Engineering and System Safety 76 (2002) 129-137.

Helman, H., Andery, P.R.P. Análise de Falhas (Aplicação dos métodos de FMEA e FTA), Belo Horizonte, MG: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995, 156p.

Juran, J. M. A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da Qualidade em produtos e serviços, São Paulo: Pioneira, 1992, 551p.

Juran, J. M. Planejando para a Qualidade, São Paulo: Pioneira,1992, 394p.

Majeske, K.D. A Mixture model for automobile warranty data, Reliability Engineering and System Safety 81 (2003) 71-77.

Maucher, P. Dimensionamento Otimizado da Embreagem, 1º Simpósio sobre Embreagens no Brasil, Empresa Luk Embreagens, 1987.

Miguel, P. A. C. Qualidade: enfoques e ferramentas, São Paulo: Artliber, 2001,263p.

Molenaar, P.A et al., Why do quality and reliability feedback loops not always work in practice: a case study, Reliability Engineering and System Safety 75 (2002) 295-302.

Monden, Y., Sakurai, M., Japanese Management Accouting A worl class Approach to Profit Management, Portland, Oregon: Productivity Press, 1989, 49-71p.

Oakland, J. Gerenciamento da qualidade total, São Paulo: Nobel, 1994, 459p.

Oh, Y.S., Bai, D.S. Field data analyses with additional after-warranty failure data, Reliability Engineering and System Safety 72 (2001) 1-8

Perera, H.S.C., et al., Component part standardization: A way to reduce the life-cycle costs of products, International Journal of Production Economics 60-61 (1999) 109-116.

Petenate, A. Fundamentos de Técnicas Estatísticas, Instituto de Estatística da Universidade de Campinas, 2003.

Rai, B., Singh, N., Hazard rate estimation from incomplete and unclean warranty data, Reliability Engineering and System Safety 81 (2003) 79-92.

Ramakumar, R. Engineering Reliability: Fundamentals and Applications, Oklahoma: Prentice-Hall International, 482p. 1993.

Reay, K.A., Andrews, J.D., A fault tree analysis strategy using binary decision diagrams, Reliability Engineering and System Safety 78 (2002) 45-56.

Reik, W. Vibrações de Torção e Ruídos no Câmbio, 1º Simpósio sobre Embreagens no Brasil, Empresa Luk Embreagens, 1987.

Rocha, W., Martins, E.A. Custeio – Alvo, V Congresso Brasileiro de Gestão Estratégica de Custos, Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1998.

Silva, C. L. Gestão Estratégica de Custos em Cadeias de Valor, VI Congresso Brasileiro de Custos, São Paulo, Universidade de São Paulo, 1999.

Terninko, J. Step-by-Step QFD – Customer-Driven Product Design, Florida: St.Lucie Press, 1997, 224p.

Zhao, Y.X., et al., An approach for determining an appropriate assumed distribution of fatigue life under limited data, Reliability Engineering and System Safety 67 (2000) 1-7.

Zou, T., et al., Reliability analysis of automotive body-door subsystem, Reliability Engineering and System Safety 78 (2002) 315-324.

Anexo

PESQUISA PARA MELHORIA CONTÍNUA DE PRODUTOS

Nome do pesquisado:
Empresa:

1 – Como você se sente se a embreagem tem acionamento “leve” no pedal?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

2 – Como você se sente em relação à existência do pedal de embreagem?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

3 – Como você se sente em relação à existência da alavanca de câmbio?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

4 – Como você se sente se a embreagem não apresenta “trepidações” ao sair com o carro?
( ) Eu realmente gosto

( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

5 – Como você se sente se a embreagem não apresenta “patinação”?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

6 – Como você se sente se o câmbio não “raspa” na troca de marchas?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

7 – Como você se sente se a embreagem não apresenta ruído ao acionar o pedal para troca de marcha?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

8 – Como você se sente se o carro não apresenta ruído de câmbio quando parado e em marcha lenta (“ponto morto”)?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

9 – Como você se sente se o carro não apresenta ruído de câmbio quando em movimento engatado?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

10 – Como relação à embreagem, como você se sente se o tempo de acoplamento e desacoplamento é baixo?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

11 – Como você se sente se a embreagem não tem acionamento “leve” no pedal?
( ) Eu realmente gosto

( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

12 – Como você se sente se não houvesse o pedal de embreagem?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

13 – Como você se sente se não houvesse a alavanca de câmbio?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

14 – Como você se sente se a embreagem apresenta "trepidações" ao sair com o carro?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

15 – Como você se sente se a embreagem apresenta "patinação"?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

16 – Como você se sente se o câmbio "raspa" na troca de marchas?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

17 – Como você se sente se a embreagem apresenta ruído ao acionar o pedal para troca de marcha?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

18 – Como você se sente se o carro apresenta ruído de câmbio quando parado e em marcha lenta ("ponto morto")?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto

( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

19 – Como você se sente se o carro apresenta ruído de câmbio quando em movimento engatado?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

20 – Como relação à embreagem, como você se sente se o tempo de acoplamento e acionamento é alto?
( ) Eu realmente gosto
( ) Eu gosto
( ) Tanto faz
( ) Eu não gosto
( ) Eu realmente não gosto

21 – Para você, o grau de importância de acionamento "leve" do pedal em relação à inexistência de "trepidações" é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

22 – Para você, o grau de importância de acionamento "leve" do pedal em relação à inexistência de patinação é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

23 – Para você, o grau de importância de acionamento "leve" do pedal em relação à inexistência de ruído de acionamento é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

24 – Para você, o grau de importância de acionamento "leve" do pedal em relação à inexistência de ruído de câmbio é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

25 – Para você, o grau de importância de acionamento “leve” do pedal em relação à inexistência de “raspagem de marcha” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

26 – Para você, o grau de importância da inexistência de “trepidações” em relação à inexistência de “patinação” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

27 – Para você, o grau de importância da inexistência de “trepidações” em relação à inexistência de “ruído de acionamento” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

28 – Para você, o grau de importância da inexistência de “trepidações” em relação à inexistência de “ruído de câmbio” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

29 – Para você, o grau de importância da inexistência de “trepidações” em relação à inexistência de “raspagem de marcha” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

30 – Para você, o grau de importância da inexistência de “patinação” em relação à inexistência de “ruído de acionamento” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

31 – Para você, o grau de importância da inexistência de “patinação” em relação à inexistência de “ruído de câmbio” é:

( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

32 – Para você, o grau de importância da inexistência de “patinação” em relação à inexistência de “raspagem de marcha” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

33 – Para você, o grau de importância da inexistência de “ruído de acionamento” em relação à inexistência de “ruído de câmbio” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

34 – Para você, o grau de importância da inexistência de “ruído de acionamento” em relação à inexistência de “raspagem de marcha” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

35 – Para você, o grau de importância da inexistência de “ruído de câmbio” em relação à inexistência de “raspagem de marcha” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

36 – Para você, o grau de importância da “marca do produto”, no caso a embreagem, em relação ao “preço” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

37 – Para você, o grau de importância da “marca do produto” em relação à “durabilidade” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor

( ) Muito menor

38 – Para você, o grau de importância da “marca do produto” em relação à “aparência do produto” (acabamento, materiais, cor, formato, oxidação) é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

39 – Para você, o grau de importância da “marca do produto” em relação à “aparência da embalagem” (acabamento, cor, formato, tamanho, material) é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

40 – Para você, o grau de importância da “marca do produto” em relação à “qualidade requerida” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

41 – Para você, o grau de importância do “preço do produto” em relação à “durabilidade” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

42 – Para você, o grau de importância do “preço do produto” em relação à “aparência do produto” (acabamento, materiais, cor, formato, oxidação) é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

43 – Para você, o grau de importância do “preço do produto” em relação à “aparência da embalagem” (acabamento, materiais, cor, formato, tamanho) é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

44 – Para você, o grau de importância do “preço do produto” em relação à “qualidade requerida” é:
( ) Muito maior
( ) Maior

( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

45 – Para você, o grau de importância da “durabilidade” em relação à “aparência do produto” (acabamento, materiais, cor, formato, oxidação) é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

46 – Para você, o grau de importância da “durabilidade” em relação à “aparência da embalagem” (acabamento, materiais, cor, formato, tamanho) é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

47 – Para você, o grau de importância da “durabilidade” em relação à “qualidade requerida”:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

48 – Para você, o grau de importância da “aparência do produto” em relação à “aparência da embalagem” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

49 – Para você, o grau de importância da “aparência do produto” em relação à qualidade requerida é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

50 – Para você, o grau de importância da “aparência da embalagem” em relação à “qualidade requerida” é:
( ) Muito maior
( ) Maior
( ) Igual
( ) Menor
( ) Muito menor

51 – Com relação aos concorrentes, a embreagem Luk no quesito esforço de acionamento do pedal é:
( ) Muito melhor

( ) Melhor
( ) Igual
( ) Pior
( ) Muito pior

52 – Com relação aos concorrentes, a embreagem Luk no quesito “trepidações” é:
( ) Muito melhor
( ) Melhor
( ) Igual
( ) Pior
( ) Muito pior

53 – Com relação aos concorrentes, a embreagem Luk no quesito “patinação” é:
( ) Muito melhor
( ) Melhor
( ) Igual
( ) Pior
( ) Muito pior

54 – Com relação aos concorrentes, a embreagem Luk no quesito “ruído de acionamento” é:
( ) Muito melhor
( ) Melhor
( ) Igual
( ) Pior
( ) Muito pior

55 – Com relação aos concorrentes, a embreagem Luk no quesito “ruídos de câmbio” é:
( ) Muito melhor
( ) Melhor
( ) Igual
( ) Pior
( ) Muito pior

56 – Com relação aos concorrentes, a embreagem Luk no quesito “arranhar marcha” é:
( ) Muito melhor
( ) Melhor
( ) Igual
( ) Pior
( ) Muito pior

57 – Com relação aos concorrentes, a embreagem Luk no quesito “Preço” é:
( ) Muito melhor
( ) Melhor
( ) Igual
( ) Pior
( ) Muito pior

58 – Com relação aos concorrentes, a embreagem Luk no quesito “Durabilidade” é:
( ) Muito melhor
( ) Melhor
( ) Igual

( ) Pior
( ) Muito pior

59 – Com relação aos concorrentes, a embreagem Luk no quesito “Aparência do Produto” é:
( ) Muito melhor
( ) Melhor
( ) Igual
( ) Pior
( ) Muito pior

60 – Com relação aos concorrentes, a embreagem Luk no quesito “Aparência da Embalagem” é:
( ) Muito melhor
( ) Melhor
( ) Igual
( ) Pior
( ) Muito pior

61 – Com relação aos concorrentes, a embreagem Luk no quesito “Qualidade” é:
( ) Muito melhor
( ) Melhor
( ) Igual
( ) Pior
( ) Muito pior

62 – Sem pensar em preço, você compraria um carro que trocasse as marchas automaticamente?
( ) Sim
( ) Talvez
( ) Não

63 – Se este sistema automático de troca de marchas fosse um opcional a ser pago ao adquirir um automóvel, você escolheria ao invés de qual item abaixo:
( ) Vidros elétricos e travas
( ) Direção hidráulica
( ) Ar condicionado
( ) Pintura metálica
( ) Melhor motorização
( ) Outros escrever →

64 – Para você, qual é a durabilidade ideal para uma embreagem em quilômetros? Escreva:

65 – Comparando a embreagem (platô, disco, volante e rolamento) com outros componentes de troca de um automóvel, você ficaria satisfeito se ela custasse contabilizando peça e mão de obra de colocação igual a qual item abaixo:
( ) Pastilhas + lonas de freio
( ) 2 pneus + balanceamento e alinhamento
( ) 4 pneus + balanceamento e alinhamento
( ) 2 amortecedores + alinhamento
( ) 4 amortecedores + alinhamento
( ) Outros escrever→

66 – Com relação à durabilidade da embreagem (platô, disco, volante e rolamento), você ficaria satisfeito se fosse igual à qual item abaixo:
( ) Pneus
( ) Lonas e Pastilhas de Freio
( ) Amortecedores
( ) Motor
( ) Outros escrever →