

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA – MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM
ENGENHARIA**

**MELHORIAS NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO EM UMA
EMPRESA DA MANUFATURA DE PRODUTOS ELETROELETRÔNICOS**

Dissertação de Mestrado

João Carlos Marconcin

PORTO ALEGRE

2004

João Carlos Marconcin

**MELHORIAS NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO EM UMA
EMPRESA DA MANUFATURA DE PRODUTOS ELETROELETRÔNICOS**

Trabalho de conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, apresentado como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Engenharia – modalidade Profissionalizante –
Ênfase Qualidade e Desenvolvimento de Produto

Orientador: **José Luís Duarte Ribeiro, Dr.**

**PORTO ALEGRE
2004**

Este Trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pelo Coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. José Luiz Duarte Ribeiro, Dr
Orientador Escola de Engenharia/UFRGS

Profa. Helena Beatriz Bettella Cybis, Dra.
Coordenadora MP/Escola de Engenharia/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ph D. Flávio Sanson Fogliatto
DEPROT/UFRGS

Prof. Dr. Lori Viali
PUCRS

Prof. Dr. Carlos Honorato Schuch Santos
UCS / UNISC / UERGS

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof José L. D. Ribeiro por sua colaboração na condução do trabalho pelo caminho correto.

Aos amigos do mestrado em Curitiba e professores do PPGEP que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho.

RESUMO

Esta dissertação propõe um estudo da metodologia utilizada no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) da Siemens Metering Ltda, uma empresa do ramo eletroeletrônico, abordando o mesmo através de uma visão sistêmica, com o suporte de ferramentas de qualidade, sendo o objetivo principal a utilização integrada das ferramentas QFD e FMEA no processo de desenvolvimento de produto tornando possível a prevenção de falhas, melhorando a eficiência do processo. Para o desenvolvimento do trabalho foram efetuados estudos junto a áreas da empresa onde se identificou que o método atualmente empregado em 98% dos projetos desenvolvidos acarretava falhas no desenvolvimento e conseqüentes atrasos dos cronogramas de implantação. Outro ponto considerado foi o impacto financeiro das falhas, onde em função dos problemas ocorridos, o faturamento previsto não era cumprido, ficando em média com 2% do faturamento total da empresa, quando a previsão era de 12% em média. O impacto financeiro de reduções de custo propostas e não implementadas geraram a empresa um montante de R\$ 250.000,00 / ano, de despesas que poderiam ter sido evitadas. A proposta de melhoria consistiu em definir uma metodologia de desenvolvimento de produto com suporte de ferramentas da qualidade, QFD e FMEA. A abordagem sistêmica do processo possibilitou a identificação dos pontos relevantes do projeto, de forma a tender os requisitos do cliente, bem como a definição de ações de prevenção em pontos importantes para o projeto. A combinação destas ações possibilita que o processo de desenvolvimento de produto seja mais confiável, quanto a prazos e também em relação ao desempenho do produto resultante. Para o desenvolvimento do trabalho, foram selecionados dois projetos em desenvolvimento pela atual metodologia, onde a proposta foi aplicada, de forma que, foi possível identificar os pontos que anteriormente não haviam sido identificados como relevantes para as etapas de desenvolvimento já concluídas. A aplicação do QFD possibilitou a transformar a qualidade demandada em requisitos do produto e do processo. O FMEA, aplicado a um item de cada projeto, possibilitou a definição de ações preventivas que se implementadas com sucesso, minimizam a possibilidade de falha do produto acabado. Os resultados demonstram que a nova metodologia se aplicada na etapa inicial do processo de desenvolvimento de produto, permite um ganho de produtividade e de confiabilidade em relação aos resultados obtidos com o processo atual.

Palavras chaves: Processo Desenvolvimento de Produto (PDP), QDF, FMEA, Melhoria de Performance.

ABSTRACT

This thesis proposes a study of the methodology used in the Process of Development of Product (PDP) of Siemens Metering Ltd, a company of the electro-electronic branch, approaching the PDP through a systemic vision, with the support of quality tools. At the end, the main objective is the integrated use of the quality tools QFD and FMEA on the P&D process that turns possible the prevention of flaws, improving the efficiency of the process. Studies have been made in some areas of the company where were identified problems in 98% of the products development projects, these ones using the actual methodology, having as a consequence a delay of the implantation roadmap. Another point was the financial impact of the flaws where the foreseen revenue was not accomplished, being on average with 2% of the total revenue of the company, when the forecast was of 12% on average. The financial impact of the proposed and not implemented costs reduction generated to the company an amount of R\$ 250.000,00 per year of expenses that could have been avoid. The improvement proposal consists on defining a methodology of product development with support of the quality tools, such as QFD and FMEA. The proposed methodology makes possible the identification of the relevant points of the project, when milestones can be defined, as well as preventive actions (when necessary) in a way to reach and tend the customer's requirements. The combination of these actions makes possible the process of product development get more reliable, as for deadline as for the final developed product. For this thesis, two projects were selected. They were running by the actual methodology when the proposal was suggested and applied, so that, it was possible to identify the points that previously had not been identified as relevant for the already ended development stages. The implementation of QFD made possible to transform the customer required quality in requirements of the product and of the process. FMEA, applied to the items of these projects, made possible the definition of preventive actions that, if implemented with success, can minimize the possibility of flaw of the finished product. The results demonstrate that the new methodology, if applied in the initial stage of the product development process, allows a productivity earnings and reliability in relation to the results obtained with the current methodology.

Keywords: Product Process Development, QFD, FMEA, Improvement Performance

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração da atividade de projeto	21
Figura 2– Ilustra o ciclo de realimentação do cliente-marketing-projeto.....	22
Figura 3 – Identificação das etapas do projeto do produto/serviço	25
Figura 4 – Ilustra a origem das fontes de idéias para geração do conceito do projeto	26
Figura 5 – Ilustra a transformação de idéias em conceitos.....	27
Figura 6– Ilustra a triagem de conceitos.....	27
Figura 7 – Ilustra o processo de convergência controlada na seleção do conceito	28
Figura 8 – Ilustra um diagrama de fluxos simples	30
Figura 9 – Ilustra o processo de configuração de um produto.....	31
Figura 10 – Comparação dos processos de desenvolvimento de produto EUA x Japão.....	33
Figura 11 – Representação esquemática simplificada do processo de desenvolvimento do produto.....	35
Figura 12 – Comparativo do número de reclamações de clientes antes e após a aplicação do QFD	37
Figura 13 – Ilustra a redução de custos / perdas de produção e o aumento de investimentos na preparação, antes e depois da consolidação do QFD na Toyota	38
Figura 14 – Ilustra o fluxo das informações em uma pesquisa de mercado.....	39
Figura 15 – Modelo conceitual do fluxo de um QFD)	41
Figura 16 – Modelo esquemático da Matriz da Qualidade.....	42
Figura 17 – Ilustra a redução do custo de falhas quando aplica-se investimentos em prevenção.....	50
Figura 18 – Ilustra a seqüência de etapas na elaboração de projetos	53
Figura 19 – Formulário utilizado no manual de FMEA da norma QS 9000	54
Figura 20 – Ilustra tipos de modelos utilizados nos projetos de produtos.....	62
Figura 21 – Produtividade do processo produtivo para linha de medidores polifásicos da Siemens Metering Ltda.....	64
Figura 22 – Sistemática aplicada para o desenvolvimento de produtos	65
Figura 23 - Sistemática aplicada para o desenvolvimento de produtos.....	65
Figura 24 - Sistemática aplicada para o desenvolvimento de produtos.....	66
Figura 25 - Percentual de cumprimento de prazos para execução dos projetos	67
Figura 27 – Participação no faturamento prevista x realizada - projetos novos.....	69
Figura 28 – Demonstra dados sobre redução de custo - prevista x realizada.....	70
Figura 29 – Tabela de priorização da qualidade demandada.....	73
Figura 30– Priorização da qualidade demandada.....	74
Figura 31 – Matriz da Qualidade.....	75
Figura 32 – Priorização das características da qualidade	76
Figura 33 – Análise de correlação entre as características de qualidade.....	76
Figura 34 – Matriz do Produto	78
Figura 35 - Priorização das partes do produto.....	78
Figura 36 – Matriz das Características das partes do Produto.....	79
Figura 37 – Priorização das características das partes dos produtos	80
Figura 38 – Matriz do Processo.....	81
Figura 39 – Priorização das etapas do processo	82
Figura 40 – Matriz de Parâmetro dos Processos	83
Figura 41 – Priorização dos parâmetros do processo	83
Figura 42 – Matriz dos Recursos Humanos	85
Figura 43 – Priorização dos recursos humanos	86
Figura 44 – Matriz dos Recursos Infra-Estrutura	87

Figura 45 – Priorização dos recursos de infra-estrutura	87
Figura 46 – Matriz dos Custos.....	88
Figura 47 – Comparação entre Importância e Custos dos Processos	89
Figura 48 – Priorização das partes do produto	91
Figura 49 – Primeira parte da construção do FMEA para o projeto I	91
Figura 50 – Segunda parte da construção do FMEA para o projeto I	92
Figura 51 – Tabela de priorização da qualidade demandada.....	93
Figura 52 – Priorização dos itens da qualidade demandada.....	94
Figura 53 – Matriz da Qualidade.....	95
Figura 54 –Priorização das características de qualidade	96
Figura 55 – Análise de correlação dos itens definidos na característica da qualidade.....	96
Figura 56 – Matriz do Produto	98
Figura 57 – Priorização das partes do produto	98
Figura 58 – Matriz das Características das partes do Produto.....	99
Figura 59 – Priorização das características das partes dos produtos	100
Figura 60 – Matriz dos Processos.....	101
Figura 61 – Priorização das etapas do processo	101
Figura 62 – Matriz de Parâmetro dos Processos	103
Figura 63 – Priorização dos parâmetros do processo	103
Figura 64 – Matriz dos Recursos Humanos	105
Figura 65 – Priorização dos recursos humanos	105
Figura 66 – Matriz dos Recursos Infra-Estrutura	106
Figura 67 – Priorização dos recursos de infra-estrutura	107
Figura 68 – Matriz dos Custos.....	108
Figura 69 – Comparação entre Importância x Custos dos Processos.....	108
Figura 70 – Priorização das partes do produto	110
Figura 71 – Primeira parte da construção do FMEA para o projeto II.....	111
Figura 72 – Segunda parte da construção do FMEA para o projeto II.....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela comparativa de indicadores de desenvolvimento de produto entre montadoras Japonesas, Americanas e Européias.....	37
Tabela 2 - Tabela para a definição da severidade do projeto	57
Tabela 3 – Tabela para a definição da ocorrência do projeto.....	58
Tabela 4 – Tabela para a definição da detecção do projeto.....	59

SUMÁRIO

RESUMO.....	4
ABSTRACT	5
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABELAS.....	8
1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Comentários Iniciais.....	12
1.2 Tema e Objetivos	14
1.2.1 Tema	14
1.2.2 Objetivo geral.....	14
1.2.3 Objetivos específicos.....	14
1.2.4 Justificativa do Tema e Objetivos	15
Justificativa do Tema	15
Justificativa dos objetivos	15
1.3 Limitações	16
1.4 Método de Desenvolvimento do Trabalho.....	17
1.5 Estrutura do Trabalho	18
2. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	20
2.1 Conceitos de desenvolvimento de produto	20
2.2 Vantagem competitiva de um bom projeto	21
2.3 Definição de produto ou serviço	23
2.3.1 Clientes compram conceitos	23
2.3.2 Conceitos compreendem um pacote de produtos e serviços.....	24
2.3.3 Produtos e serviços devem ser criados – o processo	24
2.4 Etapas do projeto – do conceito a especificação	24
2.4.1 Geração do conceito	25
2.4.2 Triagem do conceito	27
Avaliação de marketing	28
Avaliação da produção.....	29
Avaliação financeira	29
Projeto preliminar	29
2.5 Avaliação de melhoria de projeto	31
2.5.1 Falhas do projeto	31

2.5.2 Desdobramento da função qualidade	32
Histórico	32
Definição do conceito.....	33
Operacionalização do QFD.....	38
Matriz da Qualidade	41
Matriz do Produto	43
Matriz dos Processos	45
Matriz dos Recursos.....	46
Planejamento da Qualidade.....	47
2.5.3 Análise de efeito e modo de falha - FMEA	48
Histórico	48
Definição do conceito.....	48
Aplicação do conceito.....	53
2.5.4 Prototipagem e projeto final.....	61
3. ANÁLISE DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ATUAL ...	63
3.1 Identificação do processo de desenvolvimento.....	63
3.2 Identificação dos custos associados a erros de projetos	68
4. PROPOSTA PARA MELHORIA DA SISTEMÁTICA DE DESENVOLVIMENTO DE	
PRODUTO.	71
4.1 Planejamento.....	71
4.2 Desenvolvimento	71
4.2.1 Desenvolvimento projeto I	72
Definição da Qualidade demandada.....	73
Matriz da Qualidade	74
Matriz do Produto	77
Matriz das Características das Partes	78
Matriz dos processos	80
Matriz dos parâmetros do processo.....	82
Matriz dos recursos	84
Matriz dos Custos	88
Planos de melhoria	89
FMEA do projeto I	89
4.2.2 Desenvolvimento do projeto II	93
Definição da Qualidade demandada.....	93
Matriz da Qualidade	94
Matriz do Produto	97
Matriz das Características das Partes	98
Matriz dos Processos	100
Matriz dos parâmetros dos processos.....	102
Matriz dos Recursos	104
Matriz dos custos	107
Planos de melhoria	109
FMEA projeto II.....	109

4.3 Discussão dos resultados	112
4.3.1 Vantagens da utilização combinada de QFD e FMEA.....	113
4.3.2 Dificuldades na implantação da metodologia proposta	114
4.3.3 Generalidade da metodologia proposta.....	115
5. COMENTÁRIOS FINAIS.....	117
5.1 Conclusões	117
5.2 Sugestões para trabalhos futuros	118
GLOSSÁRIO	120
APÊNDICE A -	122
APÊNDICE B -.....	123
REFERÊNCIAS	131

1 INTRODUÇÃO

1.1 Comentários Iniciais

Um dos maiores desafios das empresas, atualmente, é manter seus negócios em um ambiente globalizado, onde há queda de barreiras comerciais com a criação de comunidades e moedas comuns, variações das taxas de câmbio, revolução nas tecnologias de comunicação e informação. Essas mudanças têm forçado de forma abrupta a adaptação das empresas, as quais buscam sobreviver no cenário atual, caracterizado por intensa competição.

A globalização eliminou distâncias, aproximou os povos, as culturas e o perfil de consumo, potencializando a velocidade das transformações, tanto no aspecto empresarial, quanto no aspecto pessoal. Os concorrentes não são mais aqueles tradicionais. Eles podem estar em outras nações, produzir outros produtos, emergindo no cenário nacional de modo a dominar o mercado que parecia estável e seguro. O grande desafio para competir nesse novo contexto econômico, sem entraves alfandegários convencionais, com oportunidades potenciais, mas repleto de ameaças, é reestruturar a empresa, dotando-a de uma grande agilidade.

Essa premissa pode ser complementada com uma citação de Yip (1996), que indica quatro forças no processo de globalização:

- Forças de mercados: as empresas estrangeiras estão competindo com as empresas nacionais, forçando estas a atualizarem seus produtos e processos.
- Forças tecnológicas: acordos como *joint ventures*, consórcios internacionais, licenciamento tecnológico, propiciam acesso a tecnologias de ponta que contribuem para a expansão das empresas em mercados globais.
- Forças de custos: custos de mão-de-obra forçam empresas a mudarem suas atividades de um país para outro e custos de qualidade diferenciam trabalhadores e fornecedores nas empresas que competem em qualidade.
- Forças políticas e macroeconômicas: redução de políticas alfandegárias, criação de blocos comerciais, padronização de normas de segurança, variações cambiais impostos são alguns dos fatores que devem ser considerados para a criação da estratégia de globalização.

Nesse contexto, destaca-se a necessidade das empresas conviverem em um ambiente globalizado, de alta competitividade, tendo em vista que a globalização envolve: forte compe-

tição internacional, declínio de produtos manufaturados, fusões e aquisições e explosão da informática (MACEDO, 2002).

Desse modo, nos últimos anos, o Brasil tem adotado uma série de medidas para se enquadrar no figurino das nações integradas a um mundo mais aberto e globalizado. O câmbio flutuante, a abertura às importações, a modernização da indústria, as privatizações e a maior transparência nas contas públicas estão entre estas providências.

Vale ressaltar que, mesmo com todos os esforços, dentro do contexto atual de mercado pode-se identificar uma face perversa da globalização, pois com a dissolução das fronteiras nacionais e a novas tecnologias, milhares de empregos estão sendo dizimados. Mas independente de todas estas mazelas, na visão de dirigentes com expressão internacional como o Ex-Presidente Fernando Henrique Cardoso a globalização é inevitável sendo também inevitáveis suas conseqüências (LEITE, 1996).

Por outro lado à globalização também pode ser analisada como uma excelente oportunidade de desenvolvimento das competências fundamentais dos países, de modo à “fazer parte” de uma cadeia de valor global. O Brasil, por exemplo, não precisa competir no mercado internacional com tecnologia de ponta, tampouco com produtos comoditizados. Pode, entretanto, competir com seu potencial inovador e criativo, mão-de-obra com excelente proporção custo/qualificação, ou indústria de base de alta qualidade/produtividade (HASHIMOTO, 2002).

Um ponto relevante a ser considerado é que a globalização tem como característica a necessidade de mudanças cada vez mais rápidas. Assim, cada segundo passou a ser vital, resolver tudo rapidamente e, acima de tudo, corretamente, tornou-se a prioridade número um das empresas (COLOMBINI, 2002).

Tendo como base que na globalização existe à necessidade constante de busca pela competência dentro da gestão das empresas, pode-se citar o caso das quatro grandes montadoras de automóveis do país: em 2000 elas tiveram uma produtividade 88% maior do que em 1990 – com 23 000 funcionários a menos, desse modo, contata-se que a busca da produtividade, uma tendência mundial há anos, se acentuou na década de 90 no Brasil, depois da abertura comercial (COLOMBINI, 2002).

O avanço da globalização fez com que os detentores de tecnologia estrangeiros voltassem seus olhos para a formação de associações ou acordos comerciais, não mais a simples venda de tecnologia, interrompendo desta forma a via pela qual as empresas de brasileiras tinham acesso à tecnologia durante as décadas anteriores (FERRAZ, 2002).

Nesse mercado globalizado, o grande diferencial das empresas é a capacidade de inovação. Segundo Hamel (citado por FERRAZ, 2002), em sua maioria, as corporações "já exau-

riram as possibilidades de aumentar o lucro por meio de corte de custos, reengenharias e melhora da eficiência", desta forma, não se consegue criar mais lucro sem criar novas receitas. Assim, para gerar riqueza, a empresa tem de inovar.

A inovação, ingrediente fundamental, ainda está faltando nessa transformação, no que diz respeito ao mercado nacional. Quando o Brasil começou a abrir seu mercado aos produtos estrangeiros na década de 90, as empresas nacionais iniciaram uma ampla transformação interna – gerencial e tecnológica – para sobreviver. Entretanto, a maior parte das corporações do país, mesmo as subsidiárias de multinacionais, ainda conserva o velho hábito de copiar modelos e produtos de fora, algo que, se funcionou bem no passado, tende a não dar certo com o aprofundamento da globalização (FERRAZ, 2002).

Nesse contexto, pode-se afirmar que as empresas nacionais, ao atuarem em um mercado globalizado, devem eliminar falhas em seus processos, tornando-se mais ágeis e competentes. As corporações precisam focar o processo de desenvolvimento de produtos, buscando inovações eficientes e eficazes, de modo ágil visando manter-se competitivas no mercado.

1.2 Tema e Objetivos

1.2.1 Tema

Esse trabalho tem por tema o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), abordado a partir de uma visão sistêmica, considerando o suporte de ferramentas de qualidade.

1.2.2 Objetivo geral

O objetivo principal do trabalho é adotar a utilização integrada das ferramentas QFD (*Quality Function Deployment*) e FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) no Processo de Desenvolvimento de Produtos que torne possível prevenir a ocorrência de falhas, reduzindo os custos de desenvolvimento bem como o prazo de realização dos projetos melhorando a eficiência.

1.2.3 Objetivos específicos

Entre os objetivos específicos deste trabalho, destacam-se:

- Elaborar um procedimento de análise que viabilize o diagnóstico do processo atual de desenvolvimento de produtos eletroeletrônicos.
- Realizar o diagnóstico do processo atual de desenvolvimento de produtos buscando evidenciar o custo da ineficiência caso esta exista.
- Identificar os pontos deficientes do processo de desenvolvimento de produto.
- Propor ações de melhoria para o processo de desenvolvimento de produto, na empresa escolhida para esse estudo, utilizando-se de forma integrada, as ferramentas QFD e FMEA.

1.2.4 Justificativa do Tema e Objetivos

Justificativa do Tema

O interesse por este estudo esta diretamente associado à abertura do mercado brasileiro, fato este iniciado na década de 90, que afetou profundamente toda a estrutura empresarial do país, visto que, com acesso dos clientes aos produtos importados, os padrões de qualidade e tecnologia do mercado foram alterados de forma drástica (FERRAZ, 2002).

A concorrência fez com que as corporações sediadas no país passassem a alterar sua estratégia de desenvolvimento de produtos, procurando de forma prioritária a competência e agilidade neste processo. A busca desta competência e agilidade se tornou prioritária para a sobrevivência das corporações uma vez que o custo e tempo demandado, associados às falhas de desenvolvimento que afetam o lançamento do produto podem comprometer de forma significativa à imagem da empresa junto a seus clientes (FERRAZ, 2002; CUNHA, 2001).

Justificativa dos objetivos

A Siemens Metering Ltda, empresa onde será desenvolvido o trabalho, surgiu do desmembramento do parque industrial da General Electric, onde a unidade fabril da área de medição de energia ativa foi deslocada para Curitiba em 1996. Com este processo de desmembramento, a área de PDP foi reduzida a 20% de seu efetivo anterior. Outro ponto a ser considerado é a cultura de PDP trazida pelos antigos funcionários, uma vez que os mesmos não estavam habituados a metodologias de trabalho utilizadas atualmente, bem como as novas necessidades demandadas pelo mercado.

Hoje a Siemens Metering padece de um melhor desempenho nos processos de PDP, uma vez que 100% dos projetos por ela gerenciados apresentam problemas no que tange a qualidade dos mesmos gerando gastos acima do previsto e atraso na conclusão. Atualmente estão em curso projetos que podem gerar receitas da ordem de R\$ 5 000 000,00 ao ano, não tendo sido, entretanto, finalizados em função de falhas no processo de desenvolvimento (Planejamento Estratégico 2002/2003¹).

O objetivo deste trabalho é através da integração das ferramentas QFD e FMEA sanar falhas, otimizando seu processo de PDP e buscando consolidar sua posição junto ao mercado com lançamentos de produtos confiáveis e dentro de um prazo adequado. Segundo Gilberto (2001), uma das maneiras de obter-se a otimização do processo de desenvolvimento de produto é por meio de abordagem de natureza metodológica.

1.3 Limitações

O desenvolvimento das atividades se dará na Siemens Metering Ltda, empresa sediada na região metropolitana de Curitiba com faturamento anual próximo de R\$ 70 000 000,00, que atualmente conta com aproximadamente 300 colaboradores. O mercado de atuação da Siemens Metering, é composto por concessionárias de energia públicas e privadas distribuídas pelo Brasil e América Latina.

Atualmente a área de PDP da Siemens Metering Ltda é responsável pelo desenvolvimento de produtos eletrônicos e eletromecânicos voltados à medição de energia elétrica, parte dos projetos são desenvolvidos em parceria com o centro de excelência em PDP, sediado em ZUG, Suíça.

O presente trabalho visa à melhoria do PDP da Siemens Metering Ltda, considerando os processos executados no Brasil e os custos associados ao não cumprimento adequado dos prazos, bem como os associados a falhas no processo de desenvolvimento de produto.

A abordagem utilizada para a melhoria do PDP da Siemens Metering poderia ser usada, com algumas adaptações, por outras empresas que queiram fazer um diagnóstico e intervenção nos seus processos de desenvolvimento de produtos. As ações propostas, no entanto, são específicas da empresa em estudo e não poderiam ser generalizadas.

¹ Informação obtida por meio do Planejamento Estratégico 2002/2003 da Siemens Metering Ltda de Setembro/2002

1.4 Método de Desenvolvimento do Trabalho

A pesquisa é classificada quanto a sua natureza, como sendo uma Pesquisa Aplicada, uma vez que o objetivo final será a aplicação de novas metodologias na área de PDP, visando solucionar problemas atualmente detectados. Do ponto de vista da abordagem ela classifica-se como Pesquisa Quantitativa, uma vez que os dados a serem utilizados para análise de desempenho são numéricos, onde será necessária a aplicação de técnicas estatísticas para determinadas tratativas (SILVA *et al*, 2000).

Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como sendo uma Pesquisa Exploratória uma vez que o desenvolvimento das atividades será lastreado em um estudo de caso, que tem por objetivo ilustrar de forma prática os fatos dentro da situação atual bem como após a aplicação da metodologia proposta (GIL, 1991).

Em relação aos procedimentos este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa-ação, uma vez que o trabalho contempla uma proposta de utilização integrada das ferramentas QFD e FMEA no PDP da organização onde o pesquisador e os membros da empresa colaboraram na definição do problema, na busca de soluções e, simultaneamente, no aprofundamento do conhecimento científico (SANTOS, 2002).

O desenvolvimento deste estudo se dará a partir das seguintes etapas:

Etapa I – Realizar revisão bibliográfica dos conceitos de processos de desenvolvimento de produtos, buscando identificar as metodologias existentes.

Pesquisa de embasamento teórico para o desenvolvimento do trabalho, por meio da revisão bibliográfica de algumas das publicações sobre o tema abordado.

Etapa II – Investigar as causas dos problemas no processo de PDP dentro da Siemens Metering - Brasil.

A atividade de investigação compreende a análise de uma amostra de projetos realizados pela Siemens Metering, identificando os pontos não conformes que são os responsáveis pelos problemas no PDP. A investigação também compreende entrevistas com os responsáveis pela área de Engenharia de Produto, verificando pelo enfoque do colaborador quais são os pontos falhos, caso o mesmo identifique algum.

Etapa III – Definir a forma de integração das ferramentas QFD e FMEA a serem adotadas no processo de PDP na Siemens Metering – Brasil.

A pesquisa bibliográfica subsidiará a elaboração da proposta de trabalho que será aplicada na área de Engenharia de Produto da Siemens Metering. O objetivo da proposta é com a identificação das causas das não conformidades do PDP da Siemens Metering Ltda, definir-se métodos padrões de trabalho que atuem nestas falhas e por conseguinte as eliminem, tornando o PDP da Siemens Metering mais estável e confiável.

Etapa IV – Sendo o fato da pesquisa estar classificada como pesquisa-ação, proposta de trabalho definida deverá ser aplicada a dois projetos da área de PDP da Siemens Metering .

Será realizado um treinamento sobre a proposta de trabalho aos colaboradores responsáveis pelo processo de PDP da Siemens Metering, visando dar-lhes o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento de suas atividades dentro dos novos métodos. A critério dos colaboradores serão selecionados dois projetos em andamento onde será aplicada a proposta de trabalho de integração do DFQ e FMEA ao PDP da Siemens Metering Ltda.

O projeto não necessariamente deverá estar concluído para que a pesquisa esteja concluída, uma vez que a análise dos resultados deverá ser feita comparando-se o resultado inicialmente alcançado pela metodologia atualmente empregada na Siemens Metering em relação aos dados identificados pela proposta de trabalho, comprovando-se desta forma a deficiência da sistemática. O objetivo de sobrepor as metodologias visa facilitar a identificação dos pontos favoráveis e desfavoráveis de cada uma delas.

Etapa V – Avaliação de resultados.

Após a aplicação do QFD e FMEA integrados os dados de projeto resultantes devem ser analisados buscando-se a identificação dos pontos considerados favoráveis ao método de trabalho proposto.

1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho será dividido em 5 capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução com os objetivos principal e secundário. Também apresenta a justificativa do trabalho, suas limitações e os métodos de desenvolvimento do trabalho.

O segundo capítulo, trata do desenvolvimento de produtos identificando metodologias aplicadas ao PDP e fundamentando os conceitos a serem desenvolvidos no trabalho.

No terceiro capítulo, será desenvolvida uma análise do processo de desenvolvimento de produto da empresa em estudo, buscando o levantamento de fatos que comprovem os custos associados às falhas de desenvolvimento e a necessidade de intervenção (melhoria).

No quarto capítulo, será desenvolvido um plano de ação, visando superar as deficiências encontradas na fase de diagnóstico do PDP da empresa em estudo. Este capítulo também apresenta a aplicação da proposta de trabalho em dois projetos do processo de desenvolvimento de produto da empresa em estudo. Este processo irá contemplar o uso de ferramentas de qualidade e serão evidenciados os ganhos obtidos com o conceito aplicado.

O quinto capítulo apresenta um resumo das principais conclusões do trabalho, bem como sugestões para a continuidade da pesquisa.

2. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Neste capítulo, será apresentada uma metodologia de desenvolvimento de produtos, bem como serão fundamentados os conceitos necessários para o desenvolvimento do trabalho.

2.1 Conceitos de desenvolvimento de produto

Segundo Slack (1997, p.119), não existe uma definição mundial de “projeto”, pois diferentes especialistas utilizam definições diferentes, entretanto para o autor a definição de projeto pode ser descrita perfeitamente pela seguinte citação:

(...) projeto é um processo conceitual através do qual, algumas exigências funcionais de pessoas, individualmente ou em massa, são satisfeitas através do uso de um produto ou de um sistema que deriva da tradução física do sistema (...) (FINNESTON, 1987).

Tendo como base à citação acima, é possível destacar alguns pontos importantes, sendo estes:

- a) O objetivo da atividade projeto é satisfazer a necessidade do cliente

Segundo Slack (1997, p. 120), os projetistas de produto buscam satisfazer as necessidades do cliente realizando projetos esteticamente agradáveis que desempenhe sua função de forma adequada e dentro da vida útil projetada. De forma análoga os projetistas de serviços buscam elaborar um “produto” que seja percebido pelos clientes como atendendo a suas expectativas;

- b) A atividade projeto aplica-se tanto a produtos tangíveis como serviços

Para Slack (1997, p.122), tanto produtos como serviços são caracterizados dentro do conceito de projeto, pois seguem a mesma sistemática de desenvolvimento, onde se busca transformar uma “entrada” em uma “saída” que atenda as necessidades do cliente; e

- c) O projeto inicia com um conceito e termina na tradução deste em uma especificação de algo que pode ser produzido

De forma simplificada a figura 1 ilustra a atividade de projeto com um diagrama de entrada-transformação-saída. Slack (1997, p. 124) afirma que as entradas incluem recursos transformadores e recursos a serem transformados. Recursos a serem transformados consistem basicamente em dados técnicos e previsões de mercado. Re-

recursos transformadores na atividade de projeto incluem pessoal administrativo, técnico e equipamentos e projeto como CAD;

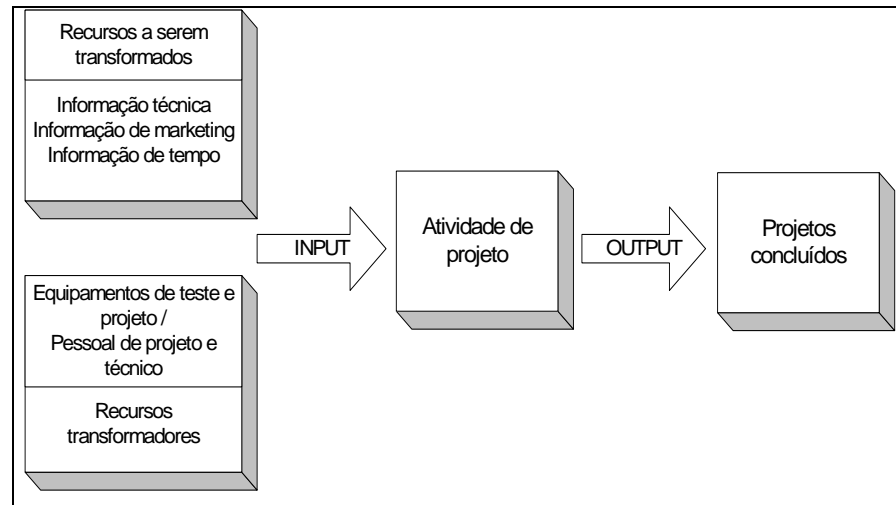


Figura 1 – Ilustração da atividade de projeto (Fonte: Adaptado de Slack, 1997, p.124)

Na visão de Baxter (2001, p.2), o desenvolvimento de novos projetos é uma atividade que envolve diversos interesses e necessidades, onde se pode destacar:

- a) Consumidores: desejam novidades, produtos melhores a preços razoáveis;
- b) Vendedores: desejam diferenciações e vantagens competitivas;
- c) Engenheiros de produção: desejam simplicidade na fabricação e facilidade de montagem;
- d) Designers: desejam experimentar novos materiais e processos; e
- e) Empresários: desejam pouco investimento e retorno financeiro rápido.

Ainda segundo Baxter (2001, p.2), a atividade de desenvolvimento de um produto requer pesquisa, planejamento, controle e o uso de métodos sistemáticos para que seja realizada com sucesso.

2.2 Vantagem competitiva de um bom projeto

Segundo Juran et al (1992, p. 4), a significativas evidencias de que muitos problemas de adequação ao uso dos produtos, se deve ao projeto dos mesmos. Os referidos problemas afetam a plena satisfação do cliente, gerando assim uma desvantagem competitiva em relação ao mercado.

Como exemplo, Juran et al (1992, p. 4) cita um estudo realizado em equipamentos eletrônicos simples, onde em 850 falhas verificou-se que 43% destas estavam relacionadas ao projeto técnico; outro exemplo citado é o estudo realizado em 7 programas espaciais, onde 35% das falhas de componentes se devem a erros de especificação ou de projeto. Desta forma pode-se evidenciar que maus projetos podem ocasionar custos relativos e conseqüentes impactos junto ao cliente.

Para Slack (1997, p. 144), o objetivo de projetar produtos e serviços é satisfazer os consumidores atendendo as suas necessidades atuais e futuras. No caso de um produto ou serviço bem sucedido, pode-se afirmar que a posição competitiva da organização pode ser melhorada. Para evidenciar a importância do cliente analisa-se o ciclo do processo de desenvolvimento de produto e serviços, onde se pode concluir que o mesmo começa e termina no cliente, pois com base em suas necessidades o produto/ serviço é desenvolvido e após a conclusão a ele são submetidos, devendo satisfazer as necessidades iniciais utilizadas como entrada para o desenvolvimento.

Slack (1997, p.144) ressalta que dentro da cadeia de desenvolvimento de produtos e serviços o primeiro passo a ser dado é realizado pela área de marketing pois a mesma tem a função de reunir as informações de clientes e não clientes, compreendendo e identificando suas necessidades e expectativas, possibilitando desta forma procurar possíveis oportunidades de mercado. O projetista com base nos dados levantados, analisa as necessidades e expectativas fornecidas por marketing, criando as especificações técnicas para o produto ou serviço. A especificação gerada é então utilizada como dado de entrada para a operação que produz e fornece o produto ou serviço. A figura 2 ilustra este processo por meio de um diagrama de blocos.

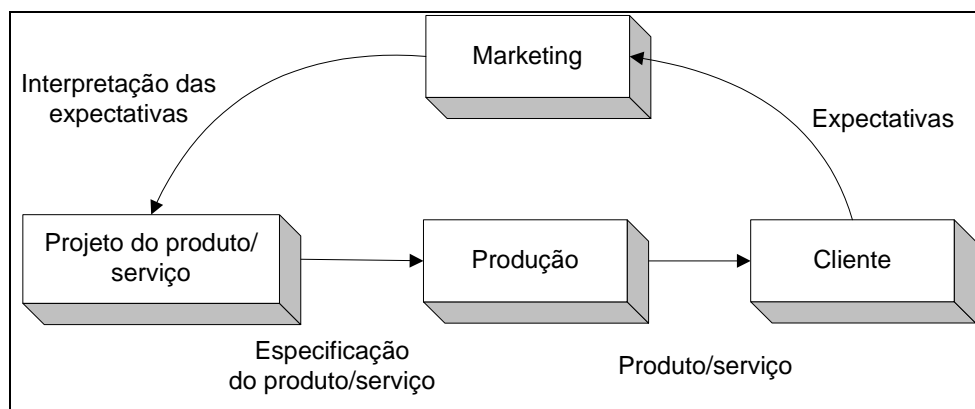


Figura 2– Ilustra o ciclo de realimentação do cliente-marketing-projeto (Fonte: Adaptado de Slack, 1997, p.145)

O desenvolvimento de produtos é considerado um processo arriscado, entretanto, se a organização seguir um método sistemático de desenvolvimento, poderá levar uma vantagem sobre os concorrentes que atuam de forma aleatória (BAXTER, 2001).

Pode-se então concluir que um processo de desenvolvimento de produtos e serviços, ao ser bem sucedido, fatalmente afetará relacionamento da corporação junto ao mercado, tornando-se uma vantagem competitiva em relação ao mercado.

2.3 Definição de produto ou serviço

Visando equalizar a definição de produto ou serviço, pode-se recorrer à abordagem de Slack (1997, p. 146), onde um produto ou serviço pode ser caracterizado por qualquer coisa que possa ser oferecida aos consumidores para satisfazer suas necessidades e expectativas. Obrigatoriamente produtos e serviços têm três aspectos:

- a) Um conceito: é o conjunto de benefícios esperados que o consumidor está comprando;
- b) Um pacote: compreende serviços e componentes que proporcionam os benefícios definidos no conceito; e
- c) O processo: pelo qual a organização produz o pacote de produtos e serviços “componentes”.

Buscando facilitar a compreensão dos itens acima mencionados, a seguir os mesmos são definidos de forma mais clara.

2.3.1 Clientes compram conceitos

Ainda segundo Slack (1997, p. 146), os clientes não compram produtos ou serviços, mas sim um conjunto de benefícios esperados para atender as suas necessidades e expectativas. O conjunto de benefícios esperados é denominado conceito do produto ou serviço, ou seja a o objetivo do produto ou serviço dentro da perspectiva do cliente. O conceito não é o conjunto de peças que forma o produto, ou mesmo as diversas etapas do serviço, mas sim um benefício esperado pelo cliente, sendo o produto ou serviço em si um meio para a realização da necessidade do cliente.

Na visão de Baxter (2001, p.21), o produto ou serviço bem sucedido é aquele que interpreta as necessidades, sonhos, desejos, valores e expectativas dos consumidores.

2.3.2 Conceitos compreendem um pacote de produtos e serviços

Segundo Slack (1997, p. 147), a palavra produto sugere um objeto físico tangível e um serviço significa uma experiência mais intangível como uma noite em um restaurante.

Atualmente, a grande maioria de tudo o que se compra é composto por produtos e serviços. Isso significa que qualquer coisa que esteja sendo projetada usualmente envolverá projetar um conjunto de produtos e serviços componentes. Esta combinação normalmente é chamada de pacote, que os consumidores comprem. Alguns dos produtos ou serviços do pacote são essenciais, fundamentais para do benefício adquirido, sendo que caso fossem removidos descaracterizariam o pacote (SLACK, 1997).

O pacote representa a vantagem que o consumidor perceberá ao adquirir o novo produto / serviço, em relação aos concorrentes, podendo ser caracterizado como benefício básico (BAXTER, 2001).

2.3.3 Produtos e serviços devem ser criados – o processo

Segundo Slack (1997, p.148), o “processo” é à parte da operação que gera bens e serviços, reúne-os em um pacote e os fornece ao cliente para satisfazer um determinado conceito. Os processo operacionalizar a realização do produto, estando envolvidos nas mais diversas etapas, como a manufatura, a venda e também o apoio à manutenção e pós-venda. Os processos podem ser divididos em sub-processos, como no caso da manufatura, onde a estamparia, fiação e usinagem que podem ser caracterizados como tal.

2.4 Etapas do projeto – do conceito a especificação

Segundo Slack (1997, p. 148), o resultado da atividade projeto é uma especificação detalhada do produto ou serviço. Para obtenção da especificação se faz necessária uma coleta de informações que definem totalmente o produto como:

- a) Seu conceito global (especificando a forma, a função e o objetivo global do projeto e os benefícios que trará);
- b) Seu pacote (especificar todo o conjunto de produtos ou serviços individuais que são necessários para preparar e apoiar o conceito); e
- c) O processo pelo qual o pacote será criado (especificando como os vários produtos e serviços individuais no pacote devem ser produzidos).

Na abordagem de Baxter (2001, p.174), a atividade projeto tem por objetivo produzir os princípios para o novo produto. Esta etapa deve ser suficiente para dar condições de satisfazer as exigências do consumidor. O projeto conceitual deve demonstrar de forma clara como o produto / serviço será feito de forma a atingir os objetivos definidos para o atendimento as necessidades do cliente.

A figura 3 ilustra as etapas de um processo de desenvolvimento de um produto e/ ou serviço. O desenvolvimento deste trabalho está sendo baseado nestas etapas de acordo com a seqüência definida. Será dada maior ênfase na etapa de avaliação de melhorias, pois as ferramentas nesta etapa descritas são objeto de estudo a ser desenvolvido na Siemens Metering Ltda. Quanto aos demais itens, será dada uma base conceitual sem aprofundamento, a título de permitir um conhecimento básico das etapas.

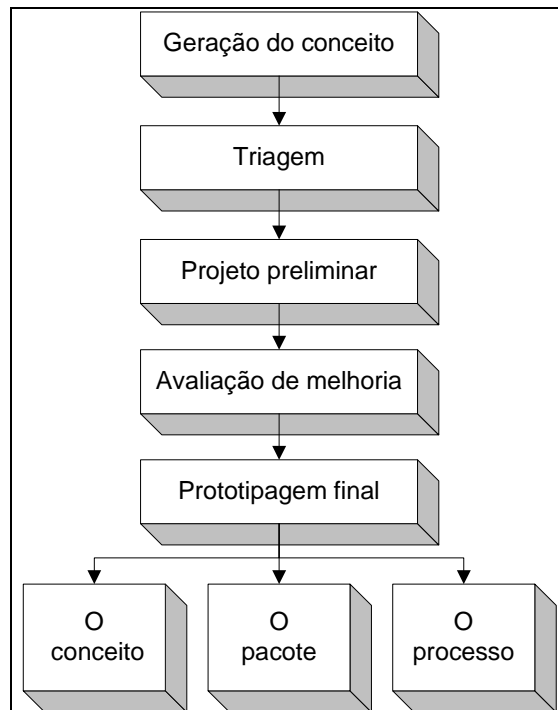


Figura 3 – Identificação das etapas do projeto do produto/serviço (Fonte: Adaptado de Slack, 1997, p.149)

2.4.1 Geração do conceito

Para a definição do conceito, pode-se utilizar a abordagem de Slack (1997, p. 149), onde as idéias para a geração de novos produtos ou serviços podem ser externas (clientes, concorrentes), ou internas (departamento de vendas, produção e pesquisa e desenvolvimento), conforme demonstrado na figura 4.

O projeto conceitual visa desenvolver as linhas básicas da forma e função do produto, produzindo um conjunto de princípios funcionais e de estilo que são derivados da proposta que o produto visa atender a fim de satisfazer as necessidades do consumidor (BAXTER, 2001).

A criação do projeto conceitual exige intuição, imaginação e raciocínio lógico, deve-se superar bloqueios à criatividade que surgem em função de pensamentos convencionais (BAXTER, 2001).

Segundo Baxter (2001, p.181), deve-se analisar a função do produto, pois esta técnica é orientada ao consumidor, onde as funções são apresentadas da forma como são percebidas por este.

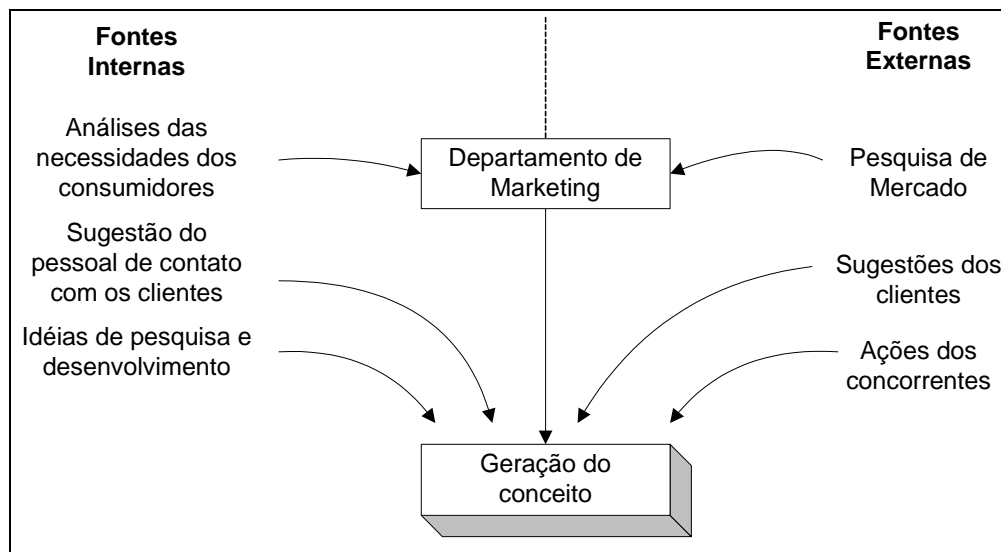


Figura 4 – Ilustra a origem das fontes de idéias para geração do conceito do projeto (Fonte: Adaptado de Slack, 1997, p.149)

Na visão de Slack (1997, p. 152), as idéias não são o mesmo que conceitos, pois as idéias necessitam serem transformadas em conceitos de forma a serem analisadas e operacionalizadas pela empresa. Conceitos diferem de idéias pelo fato de serem declarações transparentes que englobam a idéias mas também indicam sua forma, função, objetivos e benefícios globais. Este conceito pode ser mais bem visualizado por meio da figura 5.

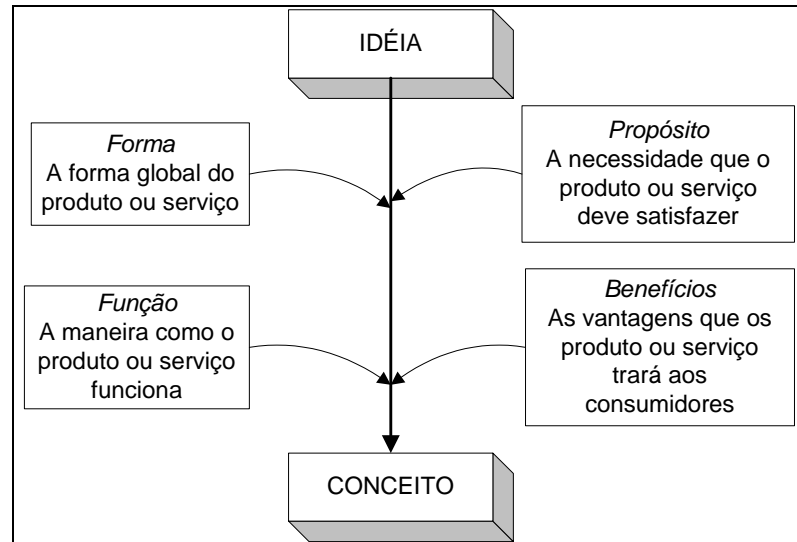


Figura 5 – Ilustra a transformação de idéias em conceitos (Fonte: Adaptado de Slack, 1997, p.152)

2.4.2 Triagem do conceito

Segundo Slack (1997, p. 153), nem todos os conceitos são necessariamente desenvolvidos, e tornam-se produtos e serviços. O objetivo desta etapa é avaliar os conceitos quanto a sua viabilidade, aceitabilidade e vulnerabilidade. Os conceitos são avaliados sob diversos critérios, como por exemplo marketing, produção e finanças, conforme demonstrado na figura 6.

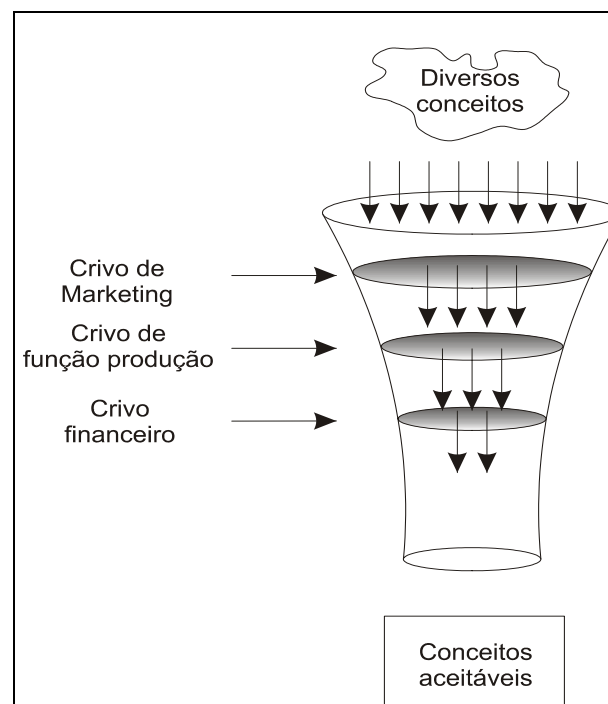


Figura 6– Ilustra a triagem de conceitos (Fonte: Adaptado de Slack, 1997, p.154)

Somente os conceitos que passam pelo crivo dos critérios acima mencionados podem efetivamente vir a tornar-se um produto ou serviço.

Na abordagem de Baxter (2001, p.195), a triagem do conceito ocorre após a geração dos mesmos, onde um dos métodos é o da convergência controlada, onde o conjunto de idéias geradas converge sistematicamente a um único conceito selecionado.

A comparação se dá com um conceito referencial, podendo ser este conceitual, ou mesmo o produto do melhor concorrente, são pontuados positivamente os conceitos propostos que superam o referencial e negativamente os que são superados por este, sendo que, desta forma, tecnicamente é selecionado o melhor conceito. A figura 7 ilustra o conceito (BAXTER, 2001).

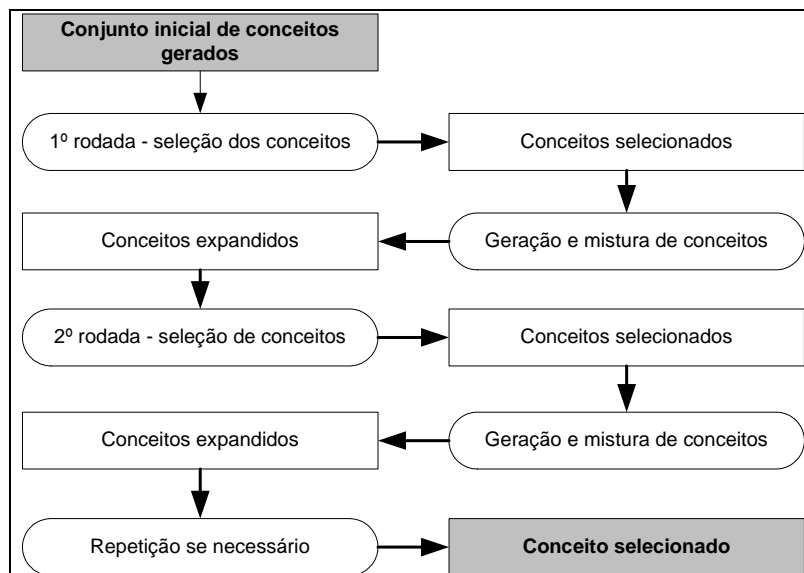


Figura 7 – Ilustra o processo de convergência controlada na seleção do conceito (Fonte: Adaptado de Baxter, 2001, p. 195)

Avaliação de marketing

Tendo como base o relacionamento com o cliente, a avaliação de marketing é capaz de eliminar conceitos que (SLACK, 1997):

- a) Não funcionarão nos mercados;
- b) São demasiado semelhantes ou diferentes em relação aos produtos e serviços dos concorrentes; e

- c) Não serão capazes de gerar demanda suficiente, que viabilize seu desenvolvimento.

Avaliação da produção

Além de prover informações a serem utilizadas na estimativa do custo do produto e/ou serviço, a produção deve focar sua análise principalmente quanto à viabilidade do conceito proposto. A análise deve considerar os seguintes tópicos (SLACK, 1997):

- a) Capacidade de produção;
- b) Habilidades e recursos humanos; e
- c) Tecnologia necessária para o desenvolvimento.

Avaliação financeira

A avaliação financeira deve, com base nos resultados reunidos junto a demais áreas, calcular as conseqüências financeiras de cada novo produto ou serviço, considerando (SLACK, 1997):

- a) Necessidades de capital e investimentos;
- b) Custos operacionais;
- c) Margens de lucro; e
- d) Provável taxa de retorno.

Projeto preliminar

Tendo sido gerado um projeto aceitável pelas diversas partes da organização, na abordagem de Slack (1997, p. 155), a próxima etapa é criar um projeto preliminar, onde o objetivo é obter a primeira versão da especificação do produto ou serviço, bem como definir os processos que gerarão o pacote.

A primeira atividade desta etapa consiste em definir exatamente o que estará incluído no produto ou serviço, ou seja, especificar os componentes do pacote.

Ainda seguindo a abordagem de Slack (1997, p.157), a próxima etapa consiste em definir como os processos reunirão os diversos componentes para produzir o produto ou serviço final. O objetivo principal desta atividade consiste em:

- a) Demonstrar o fluxo de materiais ou pessoas ou informações através da operação produtiva; e
- b) Identificar as diferentes atividades que ocorrem durante o processo.

Uma das técnicas mais comumente utilizadas é a de diagrama de fluxos simples, conforme demonstrado na figura 8.

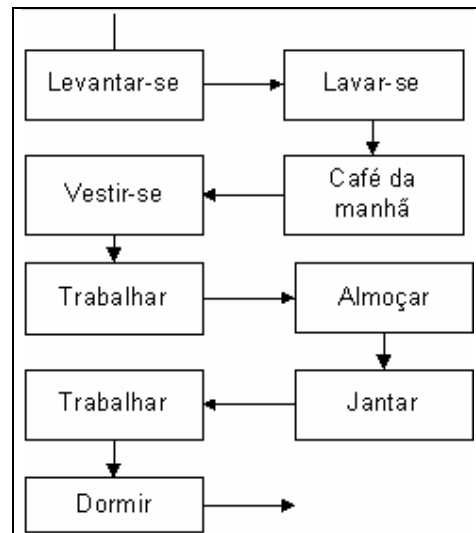


Figura 8 – Ilustra um diagrama de fluxos simples (Fonte: Adaptado de Slack, 1997, p. 157)

Segundo Baxter (2001, p.221), nesta etapa do projeto trabalha-se em cima do conceito escolhido, determinando como o mesmo será feito, definindo dentre outros fatores, as linhas gerais dos materiais e processos de fabricação. Dentro desta etapa são produzidos os documentos técnicos, como desenhos e especificações de fabricação, que são suficientes para a fabricação industrial do produto.

Dentro da proposta de Baxter (2001, p.231), a figura 9 mostra as principais entradas e os principais resultados do processo de configuração do produto, onde as entradas são os resultados obtidos das fases anteriores. Ao final do processo de configuração devem estar definidos a forma e função de cada componente, tipos de materiais e processos de manufatura a serem utilizados na produção.

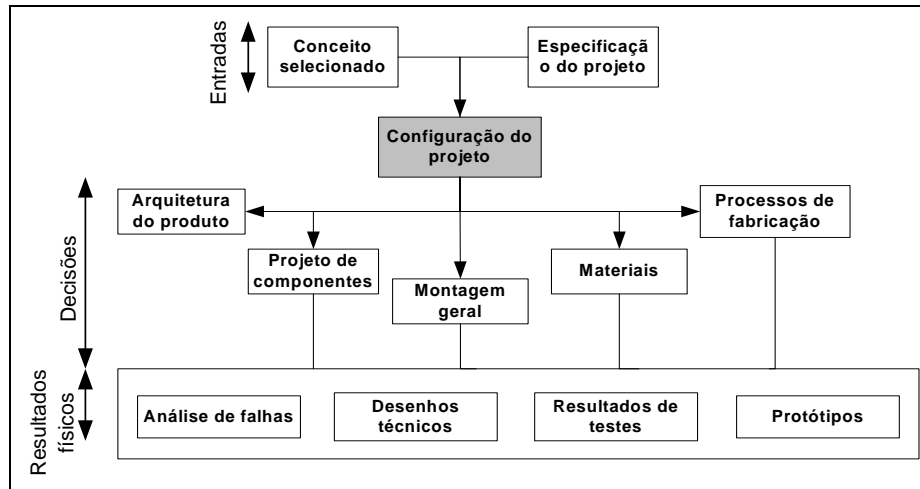


Figura 9 – Ilustra o processo de configuração de um produto (Fonte: Adaptado de Baxter, 2001, p. 232)

2.5 Avaliação de melhoria de projeto

2.5.1 Falhas do projeto

Segundo Slack (1997, p. 620), sempre existe uma probabilidade de fabricar um produto ou prestar um serviço onde ocorrem falhas não planejadas. Erros são inevitáveis, fazem parte da vida, nada é perfeito. Entretanto as organizações devem atuar de forma a minimizar as ocorrências de não conformidades em todas as etapas de seu processo, independente do grau de complexidade da falha.

A análise das falhas é um método que visa estimar as falhas potenciais de um produto, visando a sua eliminação antes que ocorram, dando desta forma mais confiabilidade ao novo produto que está sendo desenvolvido aperfeiçoando-o (BAXTER, 2001).

Em uma etapa de desenvolvimento, um projeto pode ser caracterizado como perfeito, entretanto somente quando o produto ou serviço for submetido a condições reais é que as inadequações passam a tornar-se evidentes (SLACK, 1997).

Segundo Baxter (2001, p.207), é de extrema importância que a especificação do produto seja feita de forma correta, pois somente assim o novo produto pode ser desenvolvido de forma adequada.

Segundo Slack (1997, p. 160), o objetivo desta atividade é considerando o projeto preliminar, identificar condições de melhoria do produto ou serviço antes que o mesmo seja testado no mercado.

Das diversas técnicas existentes, algumas se destacam pelo seu potencial para promover melhorias em produtos ou serviços. São elas:

- a) Desdobramento da função Qualidade (QFD – *Quality Function Deployment*); e
- b) Análise de efeito e modo de falha (FMEA – *Failure mode and effect analysis*).

Esta etapa do desenvolvimento do projeto, se utilizada adequadamente, auxilia a etapa final do desenvolvimento do produto, uma vez que serve como uma checagem do projeto antes da etapa de prototipagem e projeto final, onde possíveis distorções podem ser reduzidas eliminando-se desperdícios de recursos humanos e monetários.

Neste ponto será dada uma ênfase maior nos pontos que serão abordados no desenvolvimento deste trabalho, ou seja, a aplicação de uma FMEA e um QFD no processo de desenvolvimento do produto da Siemens Metering Ltda, buscando minimizar a ocorrência de falhas no decorrer e após a conclusão deste. A abordagem sob os dois tópicos mencionados se dará de forma a permitir o entendimento do conceito e possibilitar a aplicação destes no capítulo apropriado.

2.5.2 Desdobramento da função qualidade

Histórico

O QDF (*Quality Function Deployment* ou Desdobramento da Função Qualidade) teve início na década de 60, surgindo das palavras japonesas “*HINSHITSU KINO TENKAP*”. Nesta época a utilização ocorreu centrada no uso de cartas e matrizes que revelaram quais eram os pontos críticos para a garantia da qualidade. Os pontos deveriam ser transferidos ao longo das etapas do processo de manufatura a fim de garantir que todo o processo seria conhecedor dos pontos críticos. Visando tornar o “transporte” das informações possível, em 1972 no estaleiro Kobe foram vinculadas as matrizes então utilizadas, possibilitando que as informações fossem transmitidas de uma matriz para outra. Desta forma o QFD foi consolidado como método (RIBEIRO et al., 2000).

Segundo Akao (1996, p.19), a idéia do QFD se consolidou após a divulgação da matriz de Qualidade elaborada pelo estaleiro Kobe da Mitsubishi Heavy Industry, tendo sido esta a empresa precursora no processo de implantação da sistemática.

Ainda segundo Akao (1996, p19), desde então as atividades que garantem a qualidade passaram a ser amplamente praticada no início do processo, dando assim maior garantia de que os projetos não apresentarão falhas.

De acordo com Abreu (1997, p. 48), a disseminação do conceito se deu quando os empresários norte americanos, ao analisarem os resultados obtidos pela Toyota com a utilização do QFD, iniciaram em 1996, com a Xerox e Ford, um processo de sucesso na aplicação e adaptação do QFD à realidade das empresas ocidentais.

Segundo Ribeiro et al. (2000, p.6) os procedimentos inicialmente utilizados no Japão não são os mesmos empregados atualmente, tendo sido implantadas algumas mudanças e adaptações que se fizeram necessárias ao longo dos anos, visando aprimorar o método original, acompanhando desta forma a evolução dos métodos e processos industriais e de serviços.

Definição do conceito

Segundo Akao (1996, p.20), o ganho ao se utilizar às ferramentas da qualidade no processo de desenvolvimento de produtos, pode ser ilustrado através da figura 10, onde são comparados os processos de desenvolvimento de produtos nos EUA versus Japão. Ao se analisar o gráfico, fica evidente que no processo Japonês, o número mais significativo de alterações do projeto se dá no início do processo, enquanto que, no processo americano as alterações são realizadas por um período muito maior, inclusive após o lançamento do produto. Desta forma, pode-se evidenciar o ganho significativo ao se aplicar o QFD.

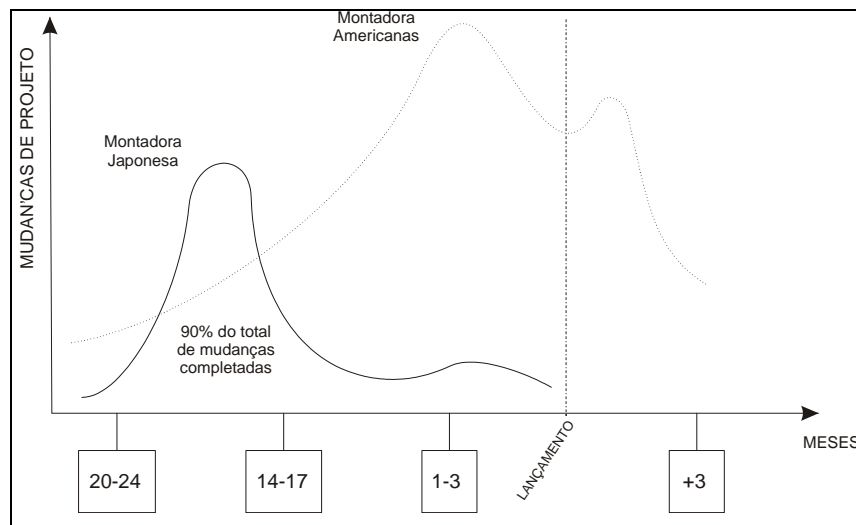


Figura 10 – Comparação dos processos de desenvolvimento de produto EUA x Japão (Fonte: Adaptado de Akao, 1996, p.21)

Segundo Slack (1997, p.160), o QFD tem por principal objetivo tentar assegurar que o projeto final de um produto ou serviço atenda às necessidades de seus clientes. Os clientes podem não ter sido considerado explicitamente desde a etapa de geração do conceito, sendo

assim, se faz adequado à verificação de que se tudo o que está sendo proposto como projeto do produto ou serviço, atenderá a estas necessidades.

De acordo com Ribeiro et al. (2001, p.7), o QFD pode ser definido de várias formas, conforme segue:

- a) É uma técnica de gestão auxiliando o gerenciamento de projetos simples e complexos;
- b) É um método de planejamento, onde esforços da Engenharia são deslocados para a fase de planejamento;
- c) É um método de solução de problemas, onde os “O QUÊ” necessita ser feito são listados, bem como de que forma devem ser feitos;
- d) Auxilia a modelagem do conhecimento, descobrindo o conhecimento técnico da equipe;
- e) Auxiliar a documentação das informações através do uso das matrizes de dados;
- f) Auxilia no transporte das informações em função do relacionamento das matrizes que utilizam uma linguagem lógica e comum no preenchimento; e
- g) Em função da Engenharia Simultânea obtêm-se abertura a criatividade e inovações através das discussões multisetoriais.

Ainda segundo Ribeiro et al. (2001, p.7), o QFD transporta as informações do cliente ao longo de todo o processo, de maneira a entregar novamente ao cliente um produto ou serviço que esteja de acordo com o pretendido por este.

Para Abreu (1997, p.48), o QFD, se implementado corretamente, passa a ser uma parte significativa da competência da empresa, pois auxilia a entender e atender o cliente com qualidade superior, superando desta forma a concorrência.

Juran, citado por Akao (1996, p. 35), afirma que o desdobramento da função qualidade é definido como sendo “funções que formam a qualidade”.

Para o próprio Akao (1996, p.36) o desdobramento da função qualidade é converter a exigência dos usuários em características de qualidade, definindo a qualidade do projeto do produto acabado, desdobrando esta qualidade em qualidades de outros itens como de partes, peças e processos.

No caso de produtos mecânicos, o próprio produto constitui um sistema, sendo a qualidade deste assegurada pela qualidade de seus subsistemas e estes pelos elementos de seus respectivos processos (AKAO, 1996). Segundo Mizuno, citado por Akao (1996, p. 36), o QFD: “É o desdobramento, em detalhes, das funções profissionais ou dos trabalhos que formam a qualidade, seguindo a lógica de objetivos e meios”.

Segundo Cheng et al. (1995, p. 21), o QDF foi criado visando auxiliar o processo de gestão de desenvolvimento do produto, denominado ação gerencial do planejamento da qualidade. A ação pode ser de forma simplificada seqüenciada conforme as etapas a seguir:

1. Finalidade do produto.
2. Identificação das características do produto.
3. Identificação dos processos.
4. Plano tentativo de fabricação.

Seguindo esta seqüência de 1 para 4, pelo menos dois recursos são necessários para que ocorra o sucesso do processo, são eles, informação e trabalho humano. A necessidade das pessoas age como informação da entrada, e obtém-se ao final do processo o conhecimento tecnológico como saída. As atividades necessárias para realizar esta transformação são coletar, processar e dispor informações conforme demonstrada na figura 11 (CHENG, 1995).

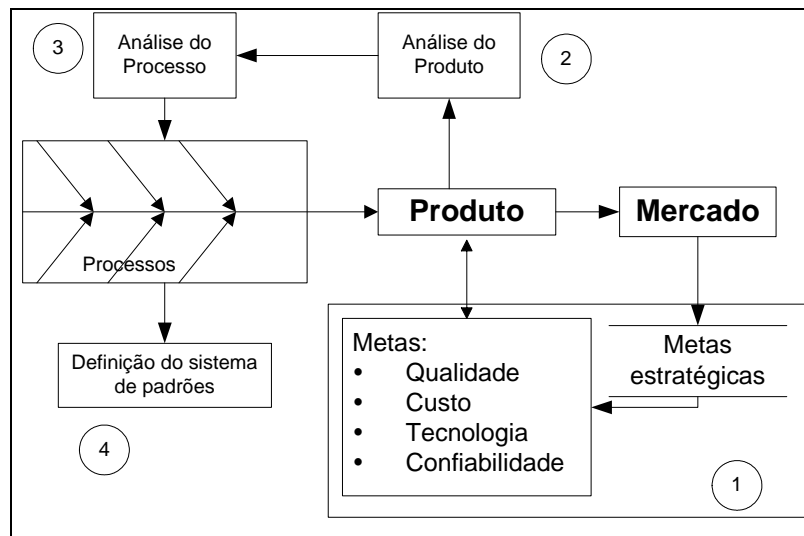


Figura 11 – Representação esquemática simplificada do processo de desenvolvimento do produto (Fonte: Adaptado de Cheng, 1995, p.22)

Ainda segundo Cheng et al. (1995, p.22) fazendo-se uma analogia do acima exposto ao trabalho humano, tem-se como ponto de partida o trabalho proposto e ao final o trabalho executado. Dentro deste conceito para operacionalizar o trabalho proposto as atividades necessárias seriam:

- a) Desdobrar: Parcelar o trabalho;
- b) Alocar: Quem;
- c) Organizar: Como e quando; e
- d) Executar: Realizar a atividade.

O método do QFD pode ser aplicado tanto a serviços como a produtos, sejam estes, relacionados ao cliente final, ou internos à organização. Pode também ser aplicado na remodelagem ou na melhoria de produtos existentes. Basicamente o método de QFD objetiva duas finalidades específicas, sendo a primeira, auxiliar no processo de desenvolvimento do produto buscando, traduzindo e transmitindo a necessidade do cliente, e sendo a segunda, garantir a qualidade durante o processo de desenvolvimento de produto (CHENG, 1995).

Segundo Cheng et al. (1995, p.26), dentre as diversas formas de gerenciamento do processo de desenvolvimento do produto, são as barreiras erguidas entre as áreas funcionais, sendo estas barreiras, muitas vezes menos perceptíveis do que barreiras físicas, que dificultam e às vezes até não permitem que o resultado desejado seja alcançado.

Dentre as principais conseqüências de um mau gerenciamento do planejamento, pode-se destacar: 1- alto número de mudanças de projeto; 2- lançamento do produto além do prazo; 3-alto custo de projeto, em função dos retrabalhos; 4- possibilidade do não atendimento as necessidades do cliente; 5- em função dos conflitos, baixo moral do grupo executor (CHENG, 1995).

Ainda segundo Cheng et al. (1995, p.27), pode-se comprovar os benefícios do QFD comparando-se fabricantes japoneses de automóveis que aplicam QFD em relação a americanos e europeus que não o aplicavam, conforme demonstrado na tabela 1, onde se pode verificar através da análise das linhas 1 e 2 uma redução do tempo de desenvolvimento significativa para os fabricantes japoneses. Através da figura 10 pode-se ilustrar a redução ao número de mudanças no decorrer do processo de desenvolvimento do produto. Na figura 12 pode ser evidenciada a redução da reclamação dos clientes no período após a aplicação do QFD, comparando-se em relação ao antes da utilização da ferramenta. Na figura 13 é evidenciada a redução de custos / perdas de produção e o aumento de investimentos na preparação na Toyota, antes e após a consolidação do método de QFD.

Tabela 1 – Tabela comparativa de indicadores de desenvolvimento de produto entre montadoras Japonesas, Americanas e Europeias (Fonte: Adaptado de Cheng, 1995, p.27)

Critérios / Países	Japoneses	EUA	Grandes Europeus	Europeus Especialistas
Média das horas de Eng. por novo carro (em milhões).	1,7	3,1	2,9	3,1
Tempo de desenvolvimento médio por novo carro (em milhões).	46,2	60,4	57,3	59,9
Nº funcionários nas equipes de projeto.	485	903	904	904
Tipos de carroceria por novo carro	2,3	1,7	2,7	1,3
Percentual médio das peças compartilhadas.	18%	38%	28%	30%
Participação dos fornecedores na Engenharia.	51%	14%	37%	32%
Nº de produtos com atraso.	1/6	1/2	1/3	1/3
Participação dos custos das mudanças no custo total dos moldes.	10-20%	30-50%	10-30%	10-30%
Tempo de desenvolvimento dos moldes (meses).	13,8	25	28	28
Tempo de fabricação dos protótipos (meses).	6,2	12,4	10,9	10,9
Tempo em início da produção e 1ª venda (meses).	1	4	2	2
Retorno à produtividade normal após novo modelo.	4	5	12	12
Retorno à qualidade normal após novo modelo (meses).	1,4	11	12	12

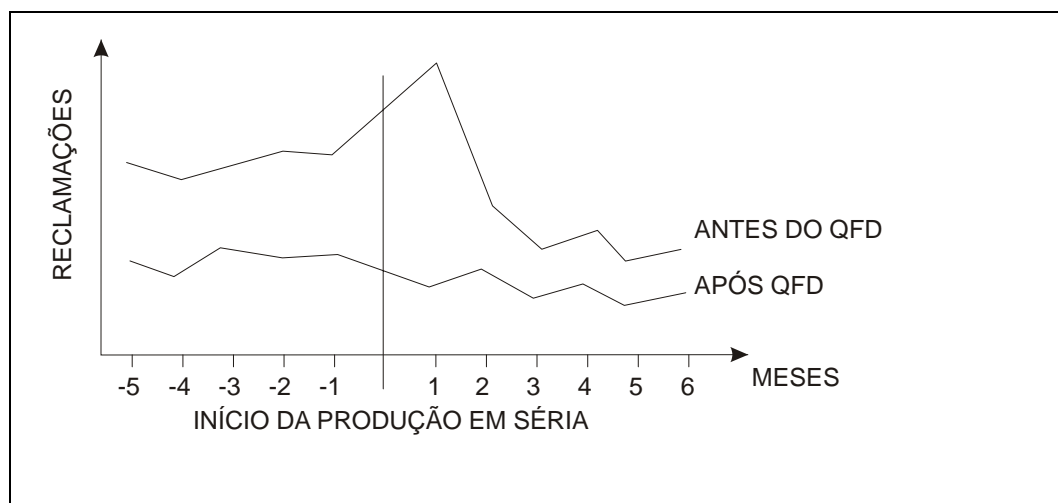


Figura 12 – Comparativo do número de reclamações de clientes antes e após a aplicação do QFD (Fonte: Adaptado de Cheng, 1995, p.28)

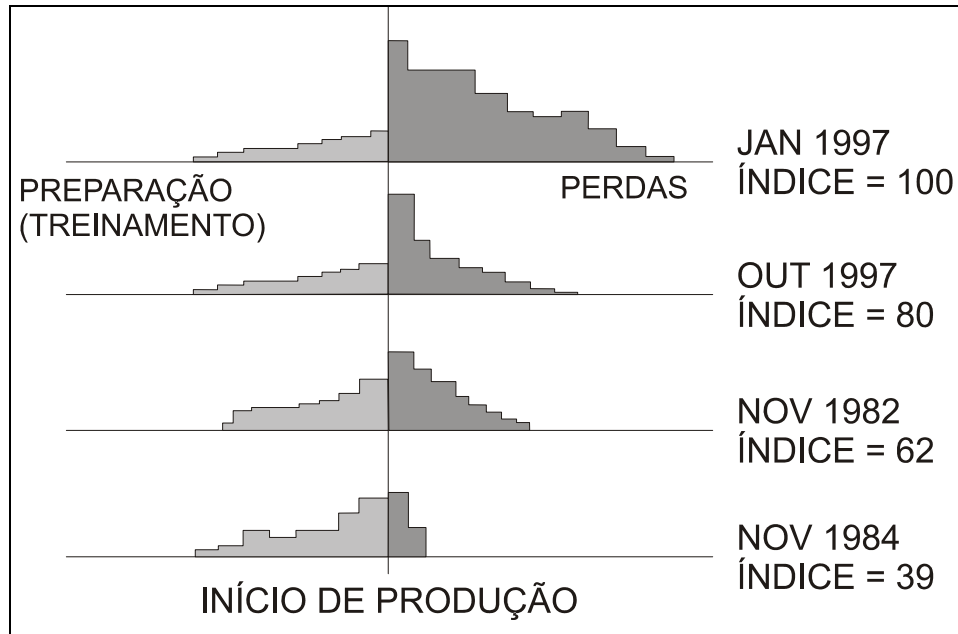


Figura 13 – Ilustra a redução de custos / perdas de produção e o aumento de investimentos na preparação, antes e depois da consolidação do QFD na Toyota (Fonte: Adaptado de Cheng, 1995, p.28)

Os princípios básicos do QFD são a Subdivisão e Unificação, Pluralização e Visibilidade e Totalização e Parcelamento, sendo cada um deles descritos a seguir (CHENG, 1995).

Subdivisão e unificação: são processos de análise e síntese. Para realização do trabalho se faz necessário conhecer de forma mais detalhada tanto a qualidade quanto o próprio trabalho a ser realizado, para posteriormente uni-los em grupos, classificando-os, como por exemplo à identificação das funções de um determinado produto, que necessitam ser detalhadas, agrupadas e hierarquizadas em níveis (CHENG, 1995).

Pluralização e Visibilidade: Este princípio permeia a própria natureza do trabalho interfuncional do QFD. Consiste na consideração das matrizes sob perspectivas distintas, tais como mercado e engenharia e tecnologia. A visibilidade está presente como fomentadora da explicitação e visualização das informações, a operacionalização deste princípio elimina as deficiências e aumenta o potencial de acerto do planejamento da qualidade (CHENG, 1995).

Totalização e Parcelamento: Este princípio está presente em todo o processo de operacionalização do QFD, pois se faz necessário ter uma visão do todo sem entretanto perder de vista as partes mais importantes, onde após estas serem identificadas passa-se a ampliá-las, visando conhecer profundamente seus detalhes (CHENG, 1995).

Operacionalização do QFD

O modelo de aplicação do QFD selecionado para o desenvolvimento deste trabalho é o definido por Ribeiro (2000).

Segundo Cheng et al. (1995, p.33), a operacionalização do QFD se dá com a definição de um conjunto de metas, para o produto ou família deste.

Segundo Ribeiro et al. (2000, p.9), a pesquisa de mercado pode ser utilizada como uma fase inicial do desdobramento da qualidade, onde devem ser superadas algumas etapas, sendo estas:

- a) Identificação do cliente;
- b) Ouvir a voz do cliente, pesquisa de mercado;
- c) Desdobramento da qualidade demandada pelo cliente; e
- d) Importância dos itens de qualidade demandada.

Ainda segundo Ribeiro et al. (2000, p.9), quando uma empresa não possui o conhecimento completo das necessidades do cliente, ou mesmo quando desconhece a importância relativa desses itens, deve ser realizada uma pesquisa de mercado, que visa revelar e priorizar a demandas da qualidade, que é o ponto de partida para o desdobramento da qualidade.

Segundo Cheng et al. (1995, p.66), a qualidade do projeto que está sendo desenvolvido depende diretamente da qualidade dos dados que serão obtidos na pesquisa, o produto será bom se os dados nos quais se baseou também o forem. A figura 14 demonstra de forma gráfica uma proposta de qual seria o fluxo das informações.

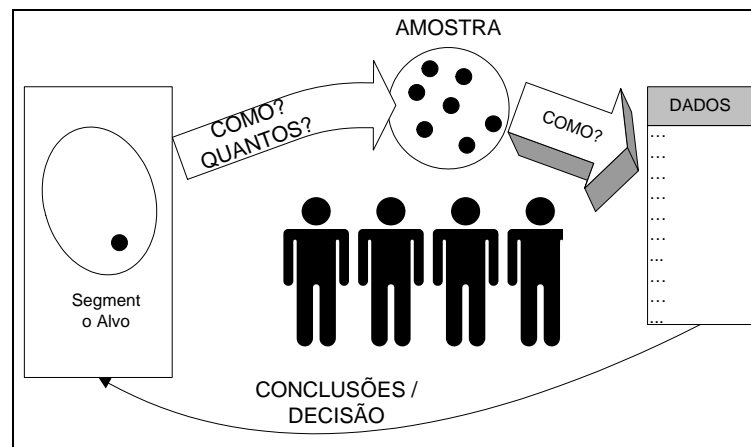


Figura 14 – Ilustra o fluxo das informações em uma pesquisa de mercado (Fonte: Adaptado de Cheng, 1995, p.27)

De acordo com Cheng et al. (1995, p.66), uma pesquisa de mercado focada no levantamento da qualidade demandada, deve responder as seguintes perguntas:

1. Qual é o público alvo?

É a definição das pessoas de quem se deseja obter as informações, deve-se estar atento para não incluir pessoas de opinião irrelevante para a pesquisa, ou principalmente para não excluir aquelas pessoas que possuem uma opinião relevante.

2. Qual técnica será utilizada para obtenção das informações?

A seleção da técnica mais adequada depende da informação desejada e do orçamento disponível, sendo que técnicas qualitativas permitem a geração de idéias e o aprofundamento do ponto de vista do usuário, enquanto que técnicas quantitativas, permitem obter informações numéricas tais como, avaliação do desempenho do produto, grau de satisfação ou similaridade entre produtos.

3. Qual será o tamanho da amostra?

O tamanho da amostra deve levar em consideração a precisão estatística e confiança desejada, bem como, o objetivo da empresa e possíveis restrições orçamentárias. Técnicas qualitativas produzem bons resultados com amostras pequenas, enquanto que a pesquisa quantitativa exige amostras maiores para que se obtenha a precisão adequada.

4. Como as pessoas serão selecionadas?

Devem ser utilizadas técnicas de amostragem, onde se recomenda utilizar amostras aleatórias, escolhendo o tipo mais apropriado dependendo do público-alvo.

Segundo Ribeiro et al. (2000, p.17), tendo como base o resultado da pesquisa realizada junto ao mercado, pode-se organizar as respostas através de uma estrutura de árvore, chamada de árvore da qualidade demandada, que reflete o desdobramento da qualidade demandada. Desta forma é organizada a estrutura hierárquica os itens demandados pelo cliente, sendo que, estes podem ser contemplados em níveis primários, secundários e terciários.

A equipe que desenvolve o trabalho de pesquisa, pode também contribuir para completar o questionário de forma a cobrir eventuais quesitos que não tenham sido contemplados. Deve-se então pesquisar os “porquês” das exigências definidas, buscando as verdadeiras necessidades que devem compor a tabela de desdobramento da qualidade exigida, sendo desta forma priorizadas as demandas de qualidade (CHENG, 1995).

Após a conclusão da etapa de definição das necessidades do cliente, é necessária a continuação do processo, onde um modelo conceitual proposto por Ribeiro et al. (2000, p. 34) para a utilização em manufatura pode ser visualizado através da figura 15. O modelo é composto por quatro matrizes principais, sendo estas: 1- matriz da qualidade, que é construída a partir do desdobramento da qualidade demandada e das características de qualidade; 2- matriz do produto, construída a partir do desdobramento do produto e suas partes constituintes; 3-

matriz dos processos, que se constitui a partir do desdobramento dos processos e suas etapas individuais; 4- matriz de recursos, que se obtém com o desdobramento dos itens de pessoal e infra-estrutura que serão necessários para a realização dos processos.

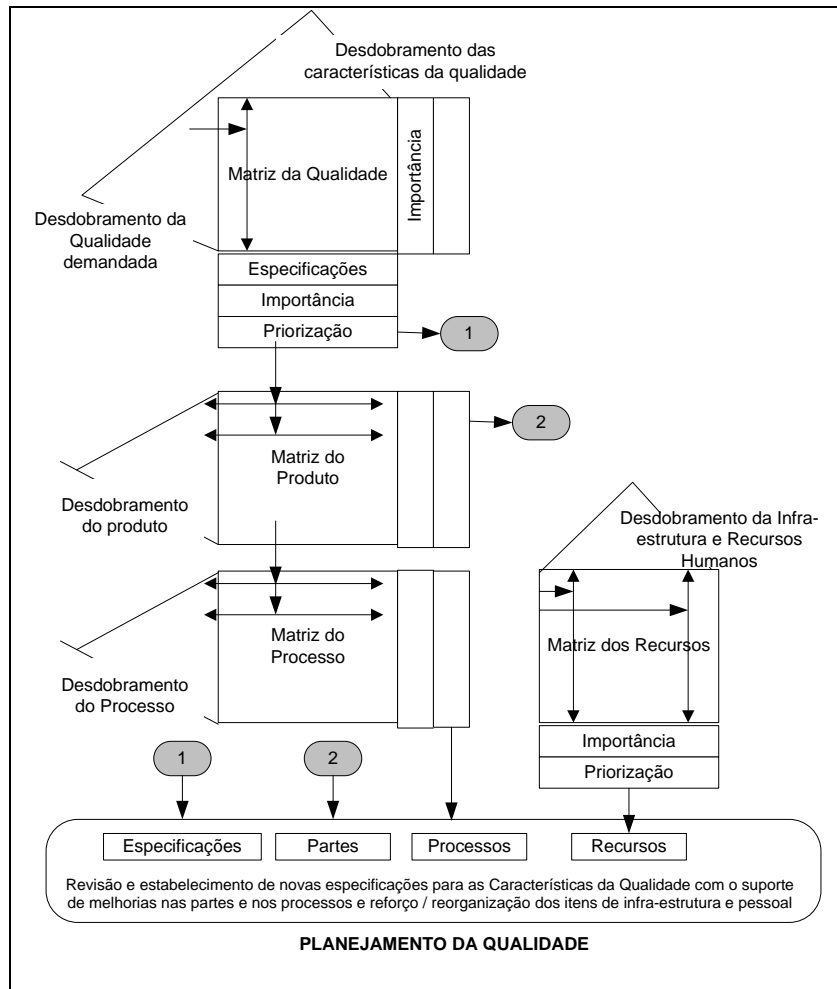


Figura 15 – Modelo conceitual do fluxo de um QFD (Fonte: Adaptado de Ribeiro, 2000, p.34)

Matriz da Qualidade

Segundo Cheng et al. (1995, p.94), a matriz da qualidade possui um papel muito importante dentro da atividade de desenvolvimento do produto. Sua utilização permite que as informações e pontos de vista das diferentes áreas envolvidas, como Marketing, P&D, etc., sejam coordenados gerando produtos que reflitam a necessidade do cliente.

A figura 16 representa de forma esquemática a matriz da qualidade, demonstrando quais são as entradas e saídas. A saída da matriz da qualidade é o índice de priorização das

características da qualidade, que permite identificar quais são as características da qualidade que terão maior impacto sobre a satisfação do cliente (RIBEIRO et al., 2000).

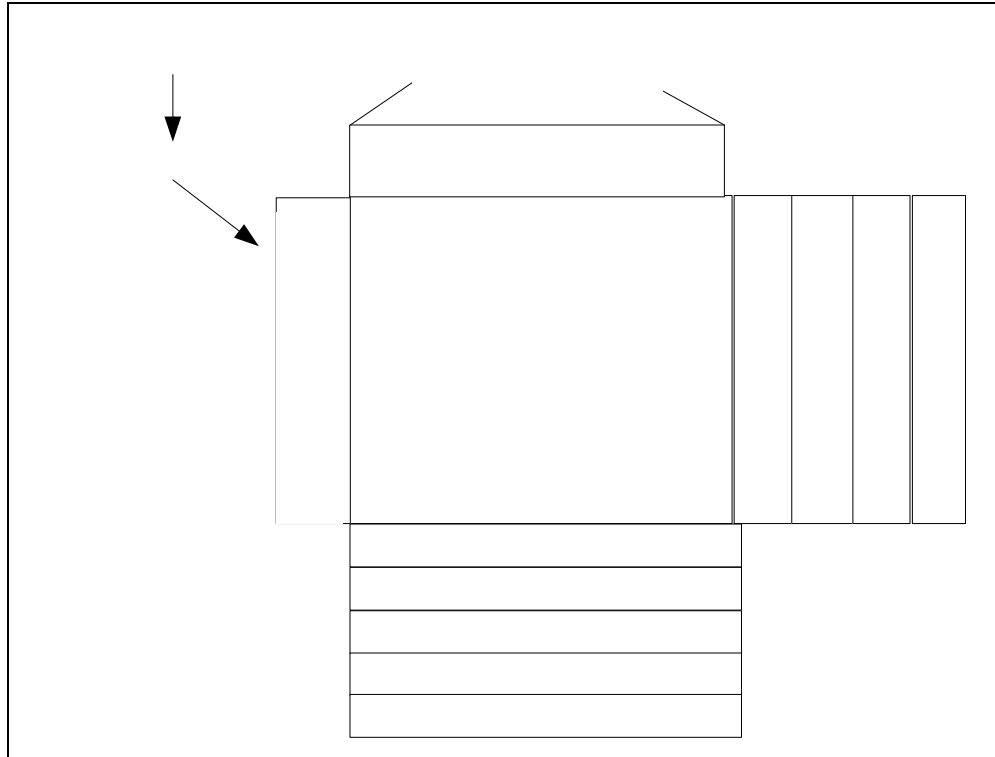


Figura 16 – Modelo esquemático da Matriz da Qualidade (Fonte: Adaptado de Ribeiro, 2000, p.36)

Segundo a abordagem de Ribeiro et al. (2000, p.35), a matriz da qualidade ao ser desenvolvida possui as seguintes atividades a serem cumpridas:

1. Desdobramento da qualidade demandada.

Esta etapa constitui a base para execução do QFD, pois visa identificar as demandas do cliente, onde se busca identificar os aspectos que ele valoriza.

2. Priorização da qualidade demandada

O índice de priorização é calculado levando-se em consideração a importância de cada item, a importância estratégica, a avaliação competitiva e outras avaliações que podem ser pertinentes em aplicações específicas.

3. Desdobramento das características da qualidade

As características da qualidade são associadas às demandas da qualidade e visam traduzir as demandas em requisitos técnicos, mensuráveis e objetivos.

4. Relacionamento da qualidade demandada com as características da qualidade.

Nesta etapa os itens da qualidade demandada são cruzados com os itens das características de qualidade, onde se estabelecem as intensidades dos relacionamentos.

Identificação o

Ouvir a voz d

5. Especificações atuais para as características da qualidade.
Nesta etapa são listadas as especificações atualmente utilizadas na empresa relacionadas com as características de qualidade listadas.
6. Importância das características da qualidade.
Nesta etapa é feita a determinação da importância de cada característica de qualidade, onde são considerados os relacionamentos que as características mantêm com os itens da qualidade demandada, bem como a importância relativa destes últimos.
7. Avaliação da dificuldade de atuação sobre as características da qualidade.
Deve-se avaliar a dificuldade de modificar as especificações das características de qualidade, onde deve ser utilizada uma escala pré-definida.
8. Avaliação competitiva das características da qualidade.
Consiste em um *Benchmark* técnico, onde o produto da empresa é comparado com a concorrência, considerando-se as características técnica da qualidade, ou seja, aspectos técnicos.
9. Priorização das características da qualidade.
É realizada através do índice de importância corrigido, este é calculado considerando a importância das características da qualidade, a dificuldade de atuação sobre estas características e o resultado da avaliação competitiva. Identifica os itens de maior impacto sobre a satisfação do cliente.
10. Identificação das correlações entre as características da qualidade.
Tem por objetivo verificar o grau de influência e o sentido de uma característica de qualidade sobre as outras. Algumas características possuem correlação negativa, ou seja, ao buscar a melhoria de desempenho de uma categoria, pode-se piorar o desempenho de outra.

Matriz do Produto

Segundo Cheng et al. (1995, p.123), a partir da matriz da qualidade, a qualidade exigida pelo cliente deve ser desdobrada ao longo do detalhamento do projeto do produto, onde a comunicação entre as áreas envolvidas é fundamental. Desta forma, o projeto de cada componente deve ser elaborado de modo a atender a Qualidade Projetada para o produto final, considerando-se também o custo final e a confiabilidade.

A matriz do produto desdobra o produto nas diferentes partes que o compõem, desta forma é possível destacar quais partes estão relacionadas às características de qualidade definidas na Matriz da Qualidade. Com base nesta informação se torna possível priorizar as partes e peças consideradas críticas, aprimorando seu desenvolvimento (RIBEIRO et al., 2000).

Segundo a abordagem de Ribeiro et al. (2000, p.35), a matriz do produto ao ser desenvolvida possui os seguintes itens a serem avaliados:

1. Desdobramento do produto em suas partes.

Todos os componentes do produto final devem ser identificados de forma a assegurar que nenhum deixará de ser estudado. O estudo tem por objetivo identificar os componentes críticos para a qualidade.

2. Relacionamento das características da qualidade com suas partes.

Consiste em identificar o grau de relacionamento entre as partes e as características da qualidade, onde se pode verificar quais são as partes do produto que estão mais fortemente relacionadas ao atendimento das características da qualidade.

3. Importância das partes.

Com base na intensidade dos relacionamentos calcula-se a importância das partes, que visa fornecer uma medida concreta do quanto cada parte está associada à obtenção das características da qualidade.

4. Avaliação da dificuldade e tempo de implementação de melhorias nas partes.

Tem por objetivo categorizar a dificuldade de implantação e o tempo necessário para que seja realizada, esta informação também irá compor o índice de priorização das partes.

5. Priorização das partes.

Para a priorização das partes são considerados os aspectos relativos a importância aferida a cada parte, bem como o tempo e a dificuldade de implementação.

6. Matriz das características das partes.

A matriz de características das partes permite o cruzamento das partes mais importantes com suas características de qualidade, permitindo desta forma visualizar as características a serem controladas nas partes críticas para a qualidade.

Matriz dos Processos

Segundo Cheng et al. (1995, p.143), a matriz de processos visa identificar se os processos disponíveis são capazes de produzir de acordo com as características de qualidade pretendidas.

Para Ribeiro et al. (2000, p.47), a matriz de processos visa identificar os processos que estão associados com as características de qualidade destacadas na matriz de qualidade. Desta forma é possível identificar os processos críticos para a qualidade do produto, possibilitando desta forma evidenciar os processos que necessitam de monitoramento ou otimização.

Segundo a abordagem de Ribeiro et al. (2000, p.35), a matriz dos processos ao ser desenvolvida possui os seguintes itens a serem avaliados:

1. Desdobramento dos processos em suas etapas.
Todos os processo devem ser considerados na análise. Após o desdobramento os processo ou etapas devem ser organizados em uma árvore lógica, onde formarão o cabeçalho das linhas da matriz dos processos.
2. Relacionamento das características da qualidade com os processo.
Consiste em avaliar o grau de relacionamento entre os processos e as características da qualidade. Esta avaliação permite evidenciar quais processos estão mais fortemente relacionados ao atendimento das características da qualidade.
3. Importância dos processos.
Visa fornecer uma medida concreta da associação de cada processo em relação às características da qualidade, permitindo a visualização dos processos de maior importância para a qualidade. Desta forma conduz-se a melhoria da qualidade do produto final.
4. Avaliação da dificuldade e tempo de implementação de melhorias nos processos.
Tem por objetivo categorizar a dificuldade de implantação e o tempo necessário para que seja realizada, esta informação também irá compor o índice de priorização das partes.
5. Priorização dos processos.
A priorização dos processos considera a importância do processo em questão, bem como o tempo e a dificuldade de implementação de melhorias.

6. Matriz dos parâmetros do processo.

Após a priorização dos processos as informações devem ser organizadas em na matriz dos parâmetros do processo. Esta matriz permite identificar os principais parâmetros a serem controlados.

Matriz dos Recursos

Segundo a abordagem de Ribeiro et al. (2000, p.52), a matriz de produto engloba tanto os recursos humanos como os de infra-estrutura, possibilitando o relacionamento dos diferentes processos aos recursos de infra-estrutura e humanos. Estando os processos relacionados às características de qualidade, acaba-se de forma indireta relacionando estas aos recursos necessários para a sua realização.

Segundo a abordagem de Ribeiro et al. (2000, p.35) a matriz de recursos ao ser desenvolvida possui os seguintes itens a serem avaliados:

1. Desdobramento da Infra-estrutura e Recursos humanos.

Devem ser listados todos os componentes e recursos humanos necessários para atender o processo produtivo. Devem ser priorizados aqueles componentes que auxiliem na execução dos processos mais importantes para a qualidade.

2. Relacionamento dos processos com os itens de infra-estrutura e recursos humanos.

Consiste no cruzamento dos processos com os itens de infra-estrutura e recursos humanos onde a intensidade dos relacionamentos é avaliada.

3. Importância dos itens de infra-estrutura e recursos humanos.

A definição da importância permite avaliar com que intensidade estes itens contribuem para a melhoria dos processos e conseqüentemente do produto manufaturado.

4. Avaliação do custo e dificuldade de implantação dos itens de infra-estrutura e recursos humanos.

Visa identificar a relação custo benefício em relação aos itens avaliados, devendo este fator ser considerado na priorização dos fatores.

5. Priorização dos itens de infra-estrutura e recursos humanos.

Através da priorização é possível identificar quais são os itens que implementados trarão maiores vantagens na realização das etapas do processo que compõem a manufatura.

6. Matriz dos custos.

A matriz de custos permite realizar uma avaliação aproximada do custo mensal de cada processo, sendo assim possível comparar os resultados entre a importância de cada processo e seu respectivo custo. Desta forma é possível corrigir eventuais distorções, onde processos considerados muito importantes podem estar recebendo poucos recursos, enquanto que processos sem qualquer importância podem estar sendo beneficiados com mais recursos, devendo esta situação ser corrigida.

Planejamento da Qualidade

Segundo a abordagem de Ribeiro et al. (2000, p.60), é por meio do planejamento da qualidade que se concretiza o planejamento das melhorias que irão reforçar o sistema de qualidade existente. Levando em consideração o exposto nos itens anteriores, pode-se afirmar que o planejamento é realizado considerando-se aspectos como a voz do cliente, a concorrência e a dificuldade de implantação e custo. É nesta etapa que se define de forma clara as características da qualidade que serão controladas bem como suas especificações, onde se elabora um plano de melhorias envolvendo todas as partes consideradas significativas para o sucesso do projeto.

A matriz de recursos ao ser desenvolvida possui os seguintes itens a serem avaliados:

1. Plano de melhoria das especificações.

Em função de um estudo das características da qualidade priorizadas pode-se estabelecer novas especificações para estas, em função do resultado do estudo. O objetivo do estudo é adequar as especificações de forma a atender a demanda do cliente, obtendo também uma vantagem competitiva.

2. Plano de melhoria das partes.

Em paralelo ao estudo das especificações podem correr estudos de melhoria das partes, que basicamente visam melhorar as especificações. O plano deve ser focado nas partes que foram priorizadas na etapa de desdobramento do produto.

3. Plano de melhoria dos processos.

Também em paralelo ao plano de melhoria das especificações deve ser elaborado um plano de melhoria dos processos, pois muitas das especificações finais fatalmente dependerão da capacidade dos processos de manufatura. Deve-se atuar nos processos que foram priorizados na etapa de desdobramento dos processos.

4. Plano de melhoria da infra-estrutura e recursos humanos.

Para a implantação de melhorias nos processos de manufatura, se faz necessária uma estrutura de pessoal e infra-estrutura condizente, desta forma o plano de melhoria para recursos humanos e infra-estrutura se faz necessário. O plano deve ser baseado nos itens priorizados na matriz de recursos.

2.5.3 Análise de efeito e modo de falha - FMEA

Histórico

A metodologia FMEA foi desenvolvida pelo exército dos Estados Unidos da América em 1949 através do procedimento MIL-P-1629 “*Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*”, tendo como objetivo classificar o efeito de falhas em equipamentos e sistemas na segurança dos soldados, bem como no sucesso de missões militares. A FMEA dentro do contexto atual sofreu mudanças no enfoque, onde a atual prioridade é a satisfação e segurança do cliente (Fonte: <http://www.fmeca.com/ffmethod/history.htm> em 28/09/2003).

Em 1988, tendo por objetivo padronizar o sistema de qualidade dos fornecedores, as três grandes montadoras de automóveis americanas, Chrysler Corporation, Ford Motor Company, e General Motors Corporation, desenvolveram os requisitos da norma QS9000, onde dentre outras metodologias foi incorporado a FMEA (Fonte: <http://www.fmeca.com/ffmethod/history.htm> em 28/09/2003).

Em 1993, a “*Automotive Industry Action Group*” (AIAG) e a “*American Society for Quality Control*” (ASQC) desenvolveram a norma para metodologia FMEA, sendo esta equivalente ao procedimento SAE J-1739. da “*Society of Automotive Engineers*”. A norma está presente no manual da FMEA aprovado e utilizado pelas três montadoras de automóveis (Fonte: <http://www.fmeca.com/ffmethod/history.htm> em 28/09/2003).

Definição do conceito

Tradicionalmente, a comercialização de bens e serviços utiliza o conceito de garantia, onde dentro de um determinado período de tempo, o fornecedor se responsabiliza por problemas no produto originados no fabricante (HELMAN et al., 1995).

Ainda segundo Helman et al. (1995, p.1), independente do compromisso do fabricante, o fato do cliente identificar problemas no produto quando da utilização fatalmente gera uma

insatisfação do mesmo, pois suas necessidades não foram plenamente atingidas. Outro ponto a ser considerado é o perfil da utilização do produto, onde dependendo da localização, como o motor de um barco em uma pescaria em alto mar, ou do quão crítica, radar de um avião por exemplo, a falha não pode ser admitida.

Para Helman et al. (1995, p.19), muitas empresas têm utilizado a técnica de FMEA não somente como um meio de previsão de falhas, mas também como técnicas de solução de problemas bem como ferramentas auxiliares no processo de desdobramento da função qualidade.

Ainda segundo Helman et al. (1995, p.19), a FMEA pode ser aplicado nas seguintes situações:

- a) Na melhoria de produtos já existentes a partir da identificação das falhas ocorridas e seu posterior bloqueio;
- b) Na detecção e bloqueio de causas e falhas potenciais, em produtos que estão em operação; e
- c) Na detecção e bloqueio das causas de falhas potenciais em produtos ainda em fase de projeto.

É importante ressaltar que, à medida que as causas das falhas são eliminadas, a confiabilidade do produto ou sistema aumenta consideravelmente.

Segundo Palady (1997, p.5), a FMEA é uma das técnicas mais eficientes de mais baixo risco para prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes em termos de custos.

Para Palady (1997, p.6), a FMEA é um processo altamente subjetivo e requer um trabalho considerável de suposição em relação às possibilidades e à sua prevenção. Essa suposição é feita pelos especialistas no assunto, que acumulam experiência prática no projeto, processo ou serviço. Normalmente a equipe utiliza dados históricos de desempenho para realização do estudo.

Palady (1997, p.10) afirma que, a FMEA permite que sejam mensurados os benefícios obtidos com sua implantação. Se for realizado com eficácia o retorno do investimento será percebido pelo cliente e pela organização sob a forma da redução do custo de falhas, conforme exposto da figura 17 onde:

- a) Barras “1”: Representam uma organização que investe pouco em prevenção, sendo portanto forçada a alocar grande parte de seus recursos posteriormente no item relativo ao custo da falhas;

- b) Barras “2”: Exemplificam uma organização que investe pouco em prevenção com retornos significativos na redução do custo das falhas; e
- c) Barras “3”: Representa uma organização que investe de forma significativa em treinamento e prevenção, sendo que entretanto sem uma implementação eficaz.

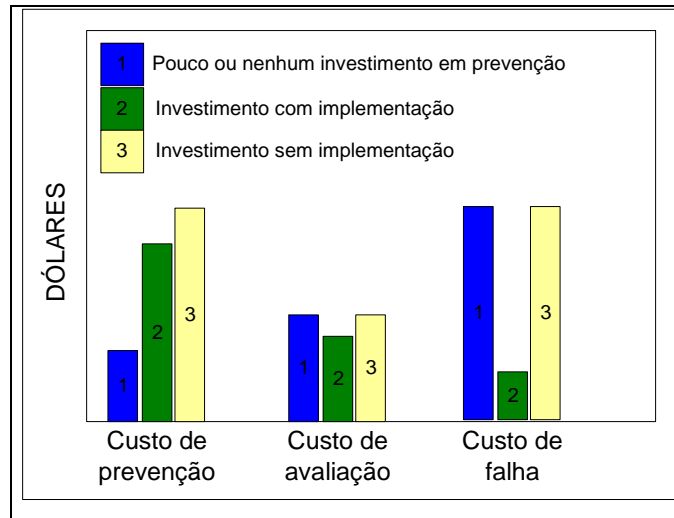


Figura 17 – Ilustra a redução do custo de falhas quando aplica-se investimentos em prevenção (Fonte: Adaptado de Palady, 1997, p.11)

A FMEA pode contribuir de forma eficiente na etapa de busca das causas de problemas que já aconteceram, seja em produtos, ou serviços (HELMAN et al., 1995).

Em função da atual tendência da indústria que em geral visa melhorar continuamente seus produtos, utilizar a FMEA para identificar e minimizar problemas potenciais é muito importante. Um dos fatores chaves para o sucesso na implementação de um programa da FMEA, é o momento oportuno de sua execução. A FMEA pode ser uma ação “antes-do-evento” e não um exercício “pós-o-fato” (INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. Manual de Referência para QS 9000 FMEA, 2002, p. 2).

Segundo Slack (1997, p. 629), o objetivo da análise do efeito e modo falhas consiste em identificar a característica do produto ou serviço que é crítica em relação aos vários tipos de falhas a que estão sujeitos. É uma ferramenta que permite a identificação da falha antes que ela ocorra, atuando de forma preventiva se utilizada no processo de desenvolvimento do produto.

Gurgel (2001, p. 269), indica que as experiências adquiridas no decorrer da aplicação da sistemática reforçam o conhecimento da equipe de trabalho. Com o decorrer de tempo a capacitação da equipe de desenvolvimento atinge um patamar de conhecimento que permite a

criação de novos projetos de forma direcionada a ponto de, praticamente não existirem pontos de falha, satisfazendo de forma plena o cliente.

Como definição uma FMEA pode ser descrito também como um grupo sistemático de atividades que se destina a reconhecer e avaliar a falha potencial de um produto ou processo e os efeitos desta falha, identificar ações que podem eliminar ou minimizar a possibilidade de ocorrência de uma falha potencial, documentar todo o processo (INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. Manual de Referência para QS 9000 FMEA, 2002, p. 1).

A FMEA é uma técnica que fornece de maneira metódica um exame de um projeto preliminar quanto aos possíveis modos em que falhas podem ocorrer. Na aplicação da metodologia, as falhas em potencial são identificadas, em termos de modo de falha. Para cada modo estuda-se o efeito colateral no sistema, para finalmente definir ações preventivas que tem por objetivo minimizar a probabilidade da falha ou de seu efeito (JURAN et al., 1992).

Ainda a FMEA tem por objetivo criar produtos de desempenho superior, uma vez que potenciais falhas serão eliminadas, desta forma, a base da empresa também se fortalece, tornando-a mais competitiva no mercado em função da característica de seus produtos que potencialmente tendem a apresentar menos problemas em relação aqueles da concorrência que por ventura não apliquem ferramentas da qualidade (BONGIORNO, s.d.).

A metodologia de FMEA deve ser aplicada no momento adequado dentro do processo de desenvolvimento de produto, visando criar o maior impacto possível. A técnica deve preferencialmente ser iniciada antes finalização do conceito do projeto e finalizada antes da liberação dos desenhos para construção de ferramentas no caso de produtos (BONGIORNO, s.d.).

Segundo Bongiorno (s.d., p.2), a FMEA possibilita que sejam estabelecidos novos requerimentos para o produto após a fase de projeto, onde através do cumprimento destes, poderão ser garantidas características importantes do produto.

No decorrer do processo de desenvolvimento do produto, é de extrema importância que sejam analisados, se possível, dados históricos relativos a problemas em produtos similares, legislação, características e desempenho da concorrência, custos de falhas internas e falhas externas, onde se entende, por falhas internas aquelas ocorridas no processo fabril e falhas externas as que possam vir a ocorrer junto ao cliente (BONGIORNO, s.d.).

Uma FMEA de projeto tem por finalidade assegurar que em um projeto, na extensão do possível, os modos de falhas potenciais bem como suas causas, tenham sido considerados e abordados. A FMEA de projeto dá suporte no processo de desenvolvimento de projeto, reduzindo os riscos de falhas, com resultados indesejáveis (INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. Manual de Referência para QS 9000 FMEA, 2002, p. 9).

Abaixo são citadas algumas das vantagens do uso da FMEA:

- a) Auxilia na avaliação objetiva do projeto incluindo requisitos funcionais e alternativos do projeto;
- b) Permite avaliar o projeto preliminar em relação aos requisitos de manufatura;
- c) Aumenta a possibilidade de que os modos de falhas potenciais e seus efeitos tenham sido considerados no processo de desenvolvimento do produto;
- d) Fornece informações adicionais que auxiliam no planejamento completo do projeto;
- e) Proporciona uma forma de documentação aberta para recomendações bem como rastrear ações para redução de risco; e
- f) Proporciona referências que no futuro ajudarão na análise de problemas de campo, na avaliação de alterações de projeto e no desenvolvimento de projetos avançados.

Na visão de Palady (1997, p.13), a FMEA traz alguns benefícios se implantada de forma adequada, sendo estes:

- a) Economiza custo e tempo de desenvolvimento;
- b) Serve como guia para o planejamento de testes mais eficazes;
- c) Ajuda a manter sistemas eficazes de manutenção preventiva;
- d) Fornece idéias para testes incorporados ao projeto;
- e) Reduz eventos não previstos durante o planejamento do processo;
- f) Fornece uma referência rápida para resolução de problemas;
- g) Reduz mudanças de engenharia;
- h) Aumenta a satisfação do cliente;
- i) Serve como chave para acompanhar o projeto e atualizá-lo em toda a organização;
- j) Reduz controle de custos desnecessários ao processo;
- k) Indica as preocupações de segurança a serem abordadas;
- l) Fornece idéias para projetos robustos, contra hábitos do cliente;
- m) Salva-guarda a repetição dos mesmos erros no futuro; e
- n) Captura e mantém o conhecimento do produto e do processo da organização.

Dentro da metodologia proposta por Helman et al. (1995, p.6) visando assegurar que o projeto do produto ou serviço venha a atender as expectativas do cliente, se faz necessário raciocinar de acordo com os seguintes passos:

1. Conhecimento das expectativas do cliente.
2. Desdobramento da qualidade.
3. Elaboração dos projetos preliminares dos produtos e processos.

4. Elaboração dos projetos detalhados dos produtos e processos.
5. Aplicação de FMEA nos projetos detalhados.
6. Incorporação aos projetos das sugestões indicadas.
7. Elaboração e teste de protótipos.
8. Revisão total do projeto.
9. Elaboração da forma final do projeto, liberação para fabricação.

Através do fluxograma apresentado na figura 18 pode-se visualizar de forma resumida este conceito.

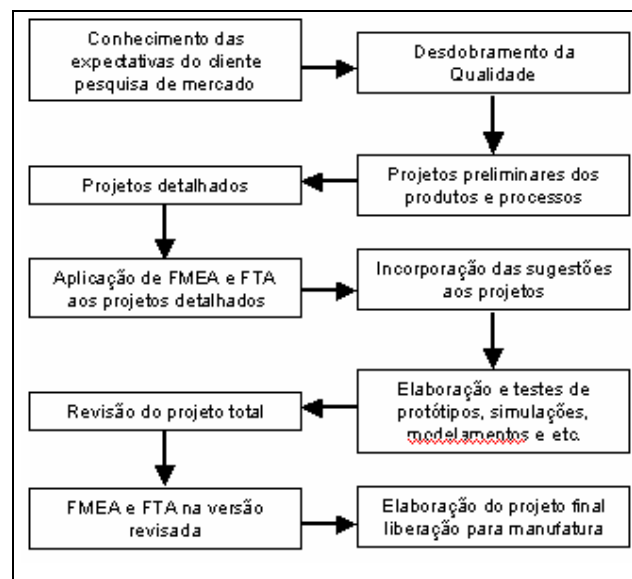


Figura 18 – Ilustra a seqüência de etapas na elaboração de projetos (Fonte: Adaptado de Helman, 1995, p.7)

De forma resumida, pode-se dizer que a FMEA é um método analítico padronizado para detectar e eliminar problemas potenciais de forma sistemática e completa (HELMAN et al., 1995).

Aplicação do conceito

Ao se analisar as bibliografias consultadas foi possível verificar que existem formulários com diferenças sutis para aplicação da FMEA em projeto, sendo que entretanto o conceito se mantém independente do modelo escolhido.

Para o desenvolvimento da proposta deste trabalho, foi selecionado o formulário definido no manual de FMEA, figura 19, que é parte integrante da norma QS 9000, tendo sido este escolhido por se apresentar de forma mais completa.

Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA de Projeto)

FMEA número: (1)
 Preparado por: (4)
 Data FMEA: (7)

Responsável pelo projeto: (3)
 Data teste: (6)
 Revisão: (8)

Componente: (2)
 Localização: (5)

Autor do teste: (10)
 Equipe:

(9) Item	(12) Descrição da falha potencial	(11) Causas	(13) Condições de teste	(14) Efeitos	(15) Condições de teste	(16) Condições de teste	(17) Condições de teste	(18) Condições de teste	(19) Condições de teste	(20) Condições de teste	(21) Condições de teste	(22) Condições de teste
	Falha (X)											

Figura 19 – Formulário utilizado no manual de FMEA da norma QS 9000

A seguir é apresentada uma explicação para o preenchimento dos campos, conforme a numeração do formulário utilizado como exemplo.

(1) Número do FMEA.

Normalmente a FMEA recebe um número que permite a rastreabilidade do documento, bem como é uma forma de organização.

(2) Sistema, subsistema, ou nome número dos componentes.

A equipe de desenvolvimento da FMEA deve definir como se caracterizam sistemas, subsistemas e componentes, para que no preenchimento deste campo não ocorram dúvidas.

Para uma FMEA de sistema, que vem a ser constituído de vários subsistemas, deve-se assegurar que todas as interfaces e interações estão adequadamente cobertas.

Para uma FMEA de subsistema, que normalmente é um subconjunto de um sistema maior, é importante assegurar que todas as interfaces e interações dos componentes que constituem o subsistema, estão cobertas.

Uma FMEA de componente normalmente é focada no subconjunto de um subsistema.

(3) Responsável pelo projeto.

Deve ser preenchido com o nome da área responsável pela execução do projeto sob análise.

(4) Preparado por.

Nome da pessoa responsável pela execução da FMEA, deve discriminar de forma adequada, possibilitando a correta identificação.

(5) Ano/ Modelo/ Programa.

Se aplicável deve-se especificar o ano, modelo do produto que será afetado pelo projeto que está sendo analisado.

(6) Data chave.

Data prevista para a conclusão da FMEA, esta não deve sob qualquer hipótese ultrapassar a data da liberação programada para o desenho.

(7) Data FMEA.

Este campo deve ser preenchido com a data inicial em que a FMEA foi compilada e a data de sua última revisão.

(8) Equipe.

Neste campo devem ser listados o nome das pessoas e respectivos departamentos. As pessoas escolhidas devem ter capacidade e autoridade para identificar e/ou realizar as tarefas.

(9) Item/Função.

Este campo deve ser preenchido com o nome e outras informações pertinentes do item a ser analisado. A nomenclatura utilizada deve respeitar o especificado em desenho de engenharia.

Deve ser preenchido também da forma mais concisa possível, informa a função do item em análise. Devem ser incluídas as informações relativas ao ambiente no qual o sistema opera. Caso o item venha a ter mais de uma função com diferentes modos de falha potenciais, as funções devem ser listadas separadamente.

(10) Modo de falha potencial.

O modo da falha é definido como a maneira pela qual um componente, subsistema ou sistema potencialmente falharia ao entrar em operação.

O modo de falha pode ser também a causa de uma falha potencial em um sistema ou subsistema, podendo também ser o efeito quando relacionado a um componente.

Cada modo de falha potencial deve ser listado, e associado ao item em particular e sua função. Uma estratégia chave para o processo é a análise de problemas passados, relatórios, e a discussão em equipe.

Modos de falha que por ventura possam ocorrer somente sob determinadas condições de trabalho, também devem ser considerados.

Como modos de falha típicos cita-se: trincado, solto, engripado, deformado, oxidado, vazando e etc.

(11) Efeito potencial da falha.

Efeitos potenciais da falha são definidos como os efeitos do modo de falha na função, como o cliente percebe a falha.

Deve ser descrito em termos que o cliente possa perceber ou experimentar a falha. Em caso de possível descumprimento de regulamentos ou legislação ou em caso que afete a segurança, o modo de falha deve ser descrito detalhadamente. Os efeitos devem sempre ser definidos em termos de um sistema, subsistema ou componente que está sob análise. O objetivo é prever os efeitos da falha ao nível do conhecimento da equipe.

Como efeitos de falha típicos cita-se, barulho, operação defeituosa, aspereza, efeito térmico, vazamentos e etc.

(12) Severidade.

É a classificação associada ao efeito mais grave para um dado modo de falha. A severidade é um índice relativo dentro do escopo da FMEA individual. É importante ressaltar que a redução da severidade somente pode ser realizada através de uma revisão de projeto. A tabela 2 define o critério a ser adotado para a definição da severidade do projeto.

Tabela 2 - Tabela para a definição da severidade do projeto (Fonte: Adaptado do Manual de FMEA da norma QS 9000, 2002, p.19)

Efeito	Critério: Severidade do Efeito	Índice de severidade
Perigoso sem aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança da operação, ou envolve não-conformidade com a legislação governamental sem aviso prévio.	10
Perigo com aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança da operação, ou envolve não-conformidade com a legislação governamental com aviso prévio.	9
Muito alto	Item inoperável, perda da função primária.	8
Alto	Item operável, mas com nível de desempenho reduzido. Cliente bastante insatisfeito.	7
Moderado	Item operável, mas com o item de Conforto/ Conveniência inoperável. Cliente insatisfeito.	6
Baixo	Item operável, mas com itens de conforto/ conveniência operável com nível de desempenho reduzido. Cliente um tanto insatisfeito.	5
Muito baixo	Itens de ajuste: Acabamento / aparência não-conformes. Defeito notado pela maioria dos clientes (mais de 75%).	4
Menor	Itens de ajuste: Acabamento / aparência não-conformes. Defeito notado por 50% dos clientes.	3
Muito menor	Itens de ajuste: Acabamento / aparência não-conformes. Defeito notado por 25% dos clientes.	2
Nenhum	Sem efeito perceptível.	1

(13) Classificação.

Esta coluna é utilizada para classificar qualquer característica especial do produto que requeira controles adicionais do projeto ou processo.

Esta coluna pode também ser utilizada para destacar modos de falha altamente prioritários para avaliações de engenharia, caso a equipe de FMEA, ache necessário.

(14) Causa e mecanismo potencial da falha.

A causa potencial da falha pode ser definida como uma indicação de uma deficiência de projeto, que tem por consequência o modo de falha.

Deve ser listado da forma mais completa possível, onde devem constar todos os mecanismos e/ou causas potenciais de falha para cada modo de falha.

Como exemplo de causas típicas cita-se:

- a) Especificação incorreta do material;
- b) Considerações inadequadas da vida do projeto; e

c) Tolerância especificada imprópria e etc.

Mecanismos de falhas típicos podem incluir:

- a) Escoamento;
- b) Fadiga;
- c) Desgaste;
- d) Corrosão; e
- e) Oxidação química.

(15) Ocorrência.

É a probabilidade de que um mecanismo causa específico irá ocorrer durante a vida do projeto. A única maneira de reduzir efetivamente o índice de ocorrência é prevenindo ou controlando as causas e mecanismos do modo de falha, através de alterações de projeto ou processo.

Um sistema consistente para o índice de ocorrência deve ser usado para garantir a continuidade. O valor associado na classificação de ocorrência é um índice relativo dentro do escopo da FMEA, podendo desta forma não refletir a real probabilidade de ocorrência. A tabela 3 define o critério a ser adotado para a definição da ocorrência do projeto.

Tabela 3 – Tabela para a definição da ocorrência do projeto (Fonte: Adaptado do Manual de FMEA da norma QS 9000, 2002, p.23)

Frequência da falha	Taxas de falha possíveis	Índice de ocorrência
Muito alta: Falha persistente	≥ 100 por mil itens	10
	50 por mil itens	9
Alta: Falhas freqüentes	20 por mil itens	8
	10 por mil itens	7
Moderada: Falhas ocasionais	5 por mil itens	6
	2 por mil itens	5
	1 por mil itens	4
Baixa: Relativamente poucas falhas	0,5 por mil itens	3
	0,1 por mil itens	2
Remota: Falha improvável	$\leq 0,010$ por mil itens	1

(16) Controles atuais do projeto.

Devem ser listadas todas as ferramentas atualmente utilizadas no processo de desenvolvimento do projeto, que visam garantir a adequação do projeto para o modo de falha e/ou causa mecanismo que está sob consideração. A equipe deve estar sempre focada em melhorar os controles de projeto, caso seja aplicável.

Existem dois tipos de projetos a considerar, sendo estes:

- a) Prevenção: Previne a ocorrência da causa/mecanismo de falha ou do modo de falha, reduzindo a taxa de ocorrência; e
- b) Detecção: Detecta a causa/mecanismo da falha ou modo de falha, antes do item ser liberado para a produção.

A abordagem preferencial é utilizar os controles de prevenção.

O formulário de FMEA proposto para o desenvolvimento das atividades possui duas colunas para os controles de projeto, visa desta forma auxiliar a equipe a distinguir claramente entre os dois tipos de controle de projeto, permitindo uma rápida visualização de que ambos os tipos de controle estão sendo considerados.

Após a identificação dos controles de projeto deve-se analisar criticamente todos os controles de prevenção visando determinar se algum índice de ocorrência precisa ser revisado.

(17) Detecção.

É a classificação associada com o melhor controle de detecção listado no controle de projeto. Detecção é um índice relativo dentro do escopo do FMEA individual. Para alcançar um índice menor geralmente o controle do planejamento do projeto deve ser melhorado. A tabela 4 define o critério para definição do índice de detecção.

Tabela 4 – Tabela para a definição da detecção do projeto (Fonte: Adaptado do Manual de FMEA da norma QS 9000, 2002, p.27)

Detecção	Critério: Probabilidade de detecção pelo controle de projeto	Índice de detecção
Absoluta incerteza	Controle de projeto não pode detectar a causa potencial e subsequente modo de falha, ou não existe Controle de Projeto	10
Muito remota	Possibilidade muito remota que o controle de projeto irá detectar uma causa potencial e subsequente modo de falha	9
Remota	Possibilidade remota que o controle de projeto irá detectar uma causa potencial e subsequente modo de falha	8
Muito baixa	Possibilidade muito baixa que o controle de projeto irá detectar uma causa potencial e subsequente modo de falha	7
Baixa	Possibilidade baixa que o controle de projeto irá detectar uma causa potencial e subsequente modo de falha	6
Moderada	Possibilidade moderada que o controle de projeto irá detectar	5

	uma causa potencial e subsequente modo de falha	
Moderadamente alta	Possibilidade moderadamente alta que o controle de projeto irá detectar uma causa potencial e subsequente modo de falha	4
Alta	Possibilidade alta que o controle de projeto irá detectar uma causa potencial e subsequente modo de falha	3
Muito alta	Possibilidade muito alta que o controle de projeto irá detectar uma causa potencial e subsequente modo de falha	2
Quase certamente	O controle de projeto irá quase certamente detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha	1

Após a classificação da detecção a equipe deve analisar criticamente a classificação da ocorrência assegurando que a mesma ainda é apropriada.

(18) Número de prioridade de risco (NPR).

O número de prioridade de risco é o produto dos índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D).

$$(S) \times (O) \times (D) = NPR$$

Dentro do escopo da FMEA este valor pode ser utilizado para priorizar as deficiências do projeto.

(19) Ações recomendadas.

A avaliação da engenharia para a ação preventiva/corretiva deve ser primeiramente direcionada para as altas severidades, alto NPR e outros itens designados pela equipe. Toda a ação recomendada deve ter por objetivo reduzir os índices na seguinte ordem: severidade, ocorrência e detecção.

Em todos os casos onde o efeito de um modo de falha potencial identificado puder ser perigoso para o usuário final, ações preventivas e corretivas devem ser consideradas para evitar o modo de falha, eliminando, aliviando ou controlando a causa.

O objetivo primário das ações recomendadas é reduzir os riscos e aumentar a satisfação do cliente através do aperfeiçoamento do projeto.

Somente revisões do projeto podem trazer reduções no índice de severidade. Reduções no índice de ocorrência podem ser obtidas, removendo-se ou controlando-se uma ou mais causas mecanismos do modo de falha através de uma revisão do projeto. Aumento nas ações de validação/verificação do projeto, resultarão somente na redução do índice de detecção.

(20) Responsável pela ação recomendada.

Este campo deve ser preenchido com o nome de cada responsável pela execução da ação recomendada, definindo inclusive de forma clara o prazo para a execução da mesma.

(21) Ação tomada.

Após a conclusão das ações, este campo deve ser preenchido com uma breve descrição da ação tomada, bem como da data de sua efetivação.

(22) Resultado da ação.

Após execução das ações preventivas/corretivas, deve-se estimar e registrar os índices resultantes de severidade, ocorrência e detecção, calculando o NPR resultante.

Todos os índices revisados devem ser analisados criticamente, sendo que, se uma ação adicional se fizer necessária, a análise deve ser repetida. O foco principal deve sempre ser a melhoria contínua.

2.5.4 Prototipagem e projeto final

Segundo Slack (1997, p. 167), a última etapa na atividade de projeto, com base no projeto melhorado, é criar um protótipo que possa ser testado. Este procedimento é utilizado visando avaliar na prática se todos os conceitos teóricos correspondem adequadamente.

Na visão de Baxter (2001, p.243), após a conclusão da configuração do produto, se faz necessário verificar se a solução atende aos objetivos propostos. A maneira pela qual são realizadas as avaliações se dá através da construção de protótipos que são testados visando validar as soluções propostas.

Os protótipos podem também ser utilizados com outras finalidades de apresentar o produto aos consumidores e outras empresas, bem como, permite ao projetista que sejam aprimoradas algumas idéias iniciais, principalmente quando se trata de produtos com grande complexidade tridimensional. Podem também ser utilizados para a avaliação da integração com outros componentes (BAXTER, 2001).

Existem diversos tipos de modelos de produtos que podem ser construídos de acordo com o objetivo do projetista. Quanto à necessidade é o estudo da forma global do produto, um modelo simples em papelão, argila ou gesso por exemplo pode ser construído. Os modelos gerados com essa finalidade, com materiais diferentes dos especificados para o produto final, geralmente são chamados de maquetes ou *mock-ups*. Um protótipo para testes, é construído com os mesmos materiais do produto final e tem os mecanismos necessários que o fazem funcionar. A figura 20 ilustra alguns tipos de modelos utilizados na execução de um projeto de produto.

Representação estrutural	Representação estrutural e funcional	Representação funcional
Modelo de representação Forma física e aparência (mas não funcional)	Protótipo de pré-produção Modelo completo de um produto para fabricação (tamanho, forma e função)	Protótipo experimental Funções principais (mas sem tamanho e forma)
Modelo de forma Tamanho físico e forma (mas não função nem aparência)	Protótipo de produção Materiais e processos iguais aos da produção industrial	Protótipo teste Funções específicas (mas não tamanho e forma)

Figura 20 – Ilustra tipos de modelos utilizados nos projetos de produtos (Fonte: Adaptado de Baxter, 2001, p.244)

Dentro dos princípios do desenvolvimento de protótipos, Baxter (2001) recomenda, que o mesmo seja criado somente se realmente for necessário, pois sua construção demanda tempo e recursos. Desta forma é necessário que os responsáveis pelo desenvolvimento do projeto ponderem sobre o fato definindo pela sua realização ou não (BAXTER, 2001).

Ainda na abordagem de Baxter (2001, p.244), sugere-se que os protótipos nas fases iniciais do projeto devem ser simples e baratos, pois nesta etapa se tem pouca certeza do sucesso comercial do produto. O objetivo desta fase é verificar a aceitação da idéia pelos consumidores, e grupo de desenvolvimento da empresa.

À medida que o projeto de desenvolvimento vai se desenvolvendo, as informações coletadas aumentam e os riscos diminuem. Nesta etapa surge a necessidade de respostas a questões específicas, onde a ferramenta utilizada é o aumento da complexidade dos protótipos, para responder a estas questões (BAXTER, 2001).

A construção de protótipos físicos foi facilitada pelo uso de novas tecnologias, como o projeto auxiliado por computador CAD, que permite a simulação do uso do produto diretamente no computador, podendo seu desempenho ser testado com alto grau de exatidão. As simulações são também realizadas para diversos serviços como treinamento de pilotos e no atendimento de clientes em um posto bancário, como exemplo (SLACK, 1997).

3. ANÁLISE DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ATUAL

Neste capítulo, será apresentada a metodologia atual de desenvolvimento de produtos da Siemens Metering Ltda, enfatizando a identificação de possíveis custos associados a processos ineficientes que possam ser minimizados.

3.1 Identificação do processo de desenvolvimento

A Siemens Metering Ltda atua na manufatura de produtos eletrônicos e eletromecânicos, tendo como principal característica a excelência operacional no processo produtivo, conforme demonstrado através de indicadores de desempenho apresentados na figura 21. Esta excelência operacional se dá através do controle sistemáticos dos processos envolvidos para realização do produto, onde procedimentos definidos são cumpridos, através do monitoramento, treinamento dos envolvidos e comprometimento dos colaboradores.

A ênfase na excelência operacional ocorreu em função da característica do mercado de medidores de energia ativa, onde o produto não passou por alterações de tecnologia significativas, onde as concessionárias de energia prezam a durabilidade, o produto deve durar aproximadamente 25 anos, o custo deve estar situado no intervalo entre R\$ 35,00 a R\$ 100,00 dependendo do modelo. Este cenário de poucas alterações tecnológicas vinha enfraquecendo assim a Engenharia de Desenvolvimento. Atualmente, contudo, o mercado demanda a substituição de tecnologia, medidor eletromecânico pelo eletrônico, forçando, desta forma, que os fabricantes de medidores busquem novas soluções. A partir do uso do medidor eletrônico, os produtos terão mais funções agregadas a medição de energia ativa, como qualidade de energia, leitura remota, corte e religamento do consumidor, etc.

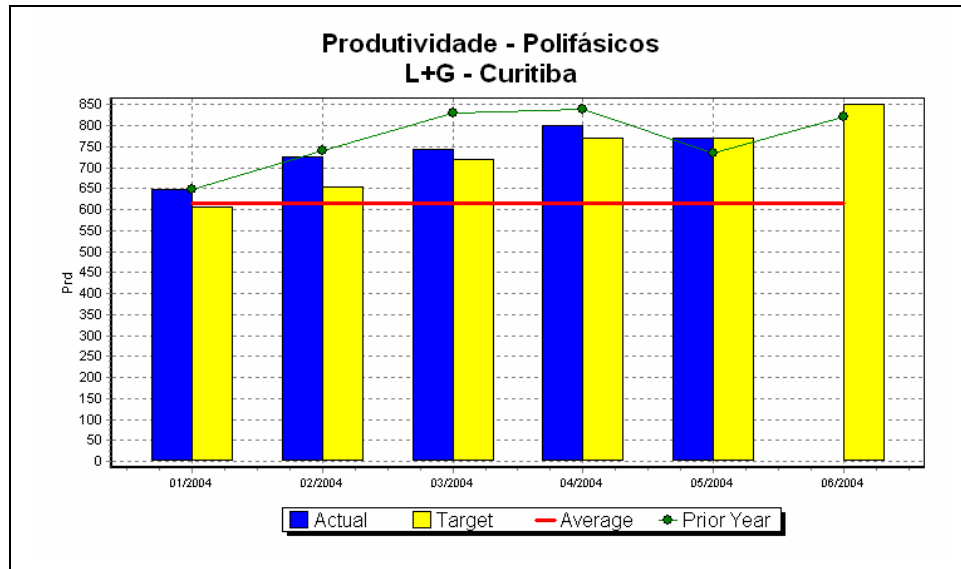


Figura 21 – Produtividade do processo produtivo para linha de medidores polifásicos da Siemens Metering Ltda (Fonte: Software de gestão de indicadores utilizado na empresa)

Ao se analisar o processo de desenvolvimento do produto, pode-se identificar que o perfil da Siemens Metering Ltda, precisa ser ajustado para se adequar à execução deste processo. A empresa possui uma estrutura de gerenciamento que consiste de quatro engenheiros, sendo estes os responsáveis pela coordenação dos projetos. Para a realização da atividade de desenvolvimento, as áreas da empresa interagem de acordo a competência de cada uma, conforme ilustrado nas figuras 22 a 24.

Na figura 22 pode ser vista a etapa de identificação das necessidades do cliente, as entradas do projeto, a definição da equipe executora, a autorização de abertura e o planejamento formal do projeto.

A figura 23 contempla a especificação do produto, a execução do projeto e ações de outras áreas como suprimentos no desenvolvimento de fornecedores, e engenharia industrial para o desenvolvimento do processo industrial, as ações para o desenvolvimento do produto e as entradas para os demais processos não estão claramente definidas, ficando a critério do grupo executor a tomada de decisões, sem o suporte de ferramentas que auxiliem neste processo.

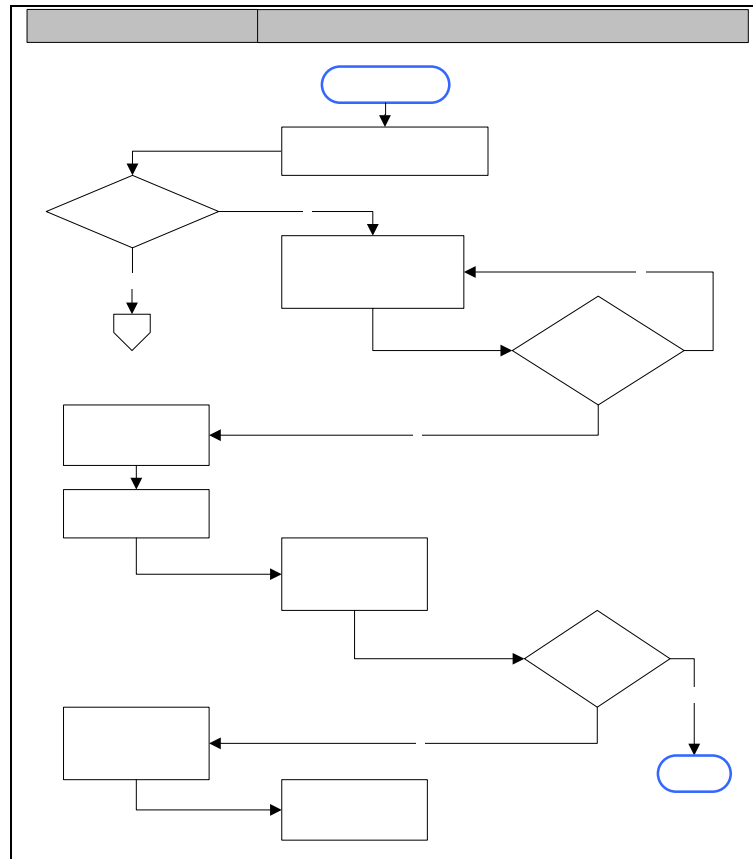


Figura 22 – Sistemática aplicada para o desenvolvimento de produtos (Fonte: Fluxograma SGQ – Siemens Metering Ltda)

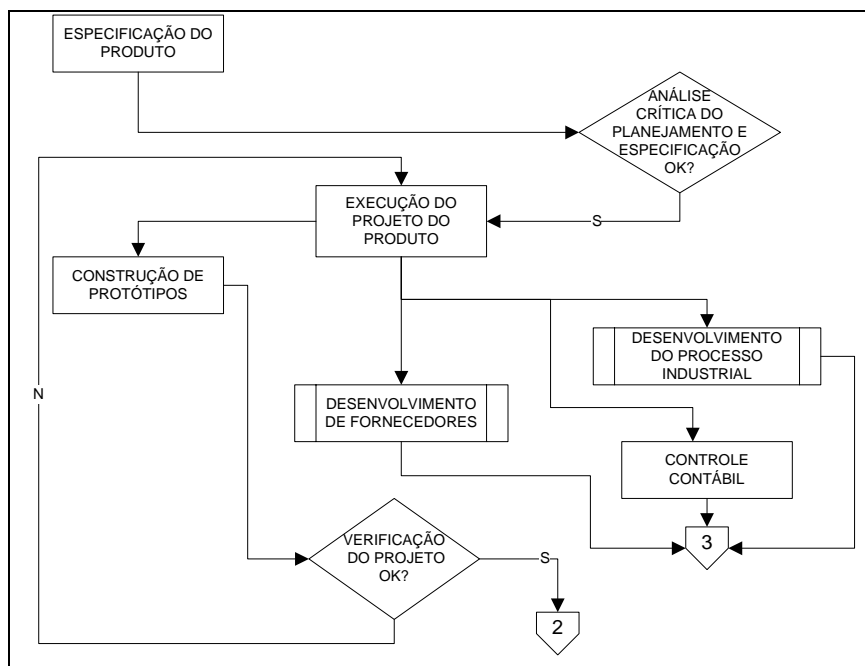


Figura 23 - Sistemática aplicada para o desenvolvimento de produtos (Fonte: Fluxograma SGQ – Siemens Metering Ltda)

A figura 24 contempla a aprovação final do produto e a liberação da documentação e definição dos critérios para inspeção do projeto concluído.

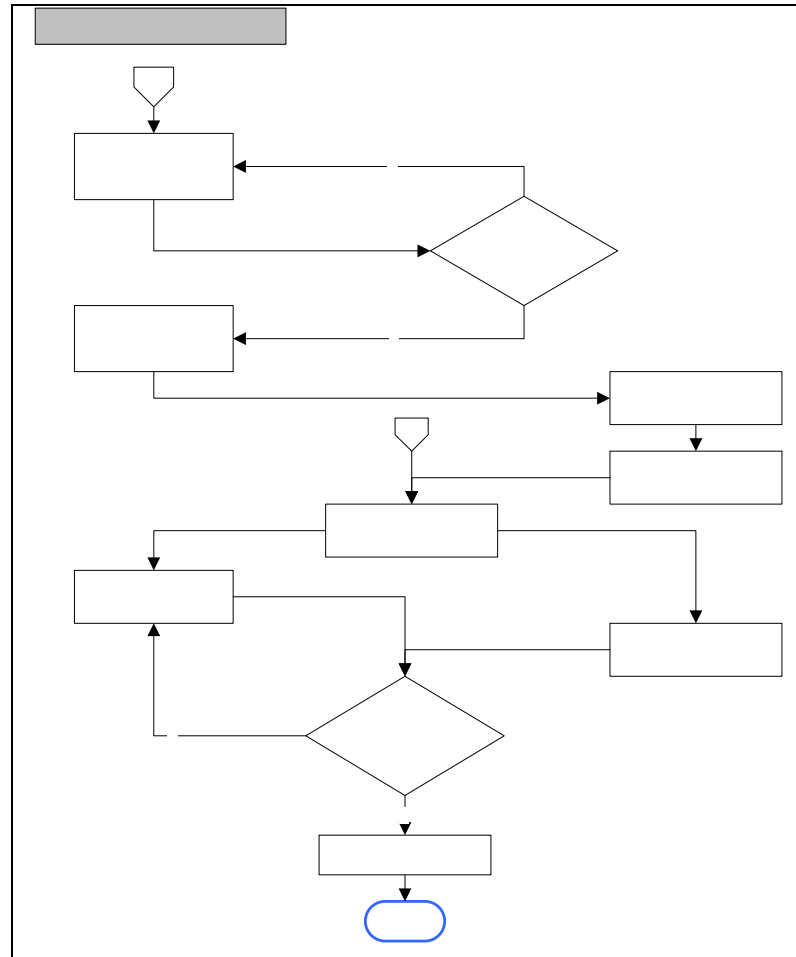


Figura 24 - Sistemática aplicada para o desenvolvimento de produtos (Fonte: Fluxograma SGQ – Siemens Metering Ltda)

A atual metodologia aplicada ao processo de desenvolvimento de produtos não contempla as ações de prevenção de falhas, pois não são empregadas ferramentas sistemáticas de análise. Como evidência das falhas na sistemática atual, analisa-se a estatística de cumprimento de prazos dos projetos realizados, sendo que, mesmo quando são divididos em “novos projetos”, projetos que consistem em produtos não existentes na carteira de pedidos atual, e “melhoria de projetos”, projetos que consistem em alterações e/ ou melhorias de produtos já existentes, o percentual de atendimento aos prazos é baixo, como pode ser visto na Figura 25.

O diagnóstico das causas dos atrasos e falhas demonstra que a sistemática atualmente empregada não possui as ferramentas necessárias que auxiliem a prevenção dos problemas citados, gerando, desta forma, um ponto permanente e potencial de falha, que influencia o desempenho da empresa.

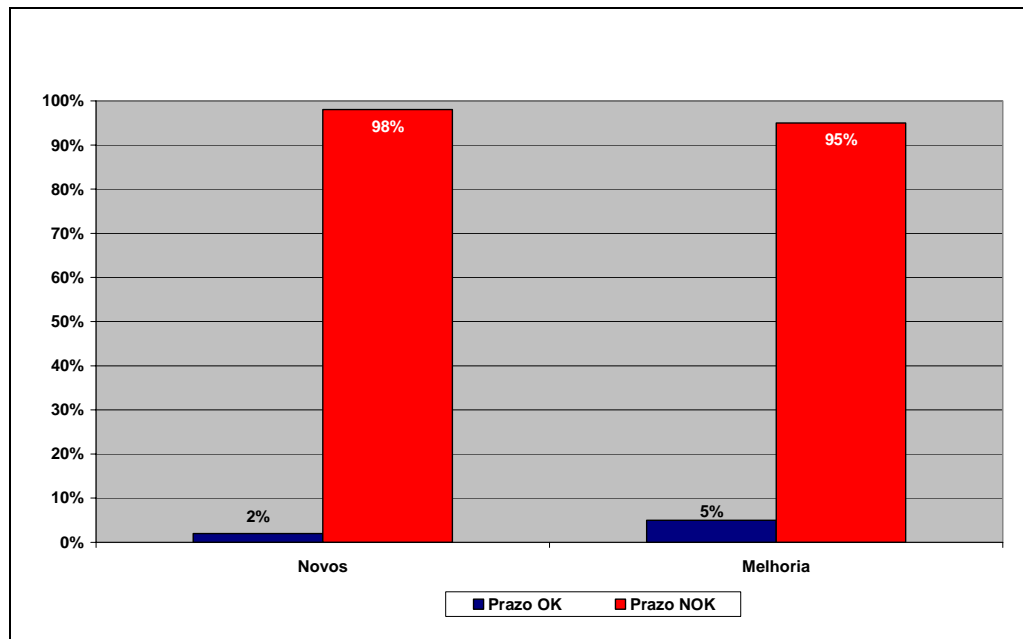


Figura 25 - Percentual de cumprimento de prazos para execução dos projetos (Fonte: Controle de Projetos - Siemens Metering Ltda)

Tendo por base os dados dos projetos atrasados, foi efetuada uma análise das causas do não cumprimento dos prazos, a qual está apresentada no apêndice I. O diagnóstico das causas revela que a raiz do problema para todos os dados analisados é falha na sistemática atual. Assim sendo, caso tivessem sido empregadas às ferramentas adequadas no decorrer do processo de desenvolvimento de produto, haveria uma grande possibilidade de sucesso na realização do mesmo.

O apêndice I apresenta uma relação dos projetos analisados, contendo informações pertinentes como nome do projeto, descrição, motivo do atraso/ problema e a identificação da causa raiz da falha. Entende-se como causa raiz, aquela que poderia ter evitado qualquer não conformidade no decorrer do desenvolvimento do projeto. A tabela também demonstra o prazo estimado de conclusão dos referidos projetos comparando com o realizado, onde se evidencia as falhas neste processo, pois existem projetos com até seis anos de atraso.

Em função do diagnóstico realizado através dos dados contidos no apêndice I, decidiu-se adotar as ferramentas FMEA e QFD, sendo esta a proposta deste trabalho. Conforme amplamente divulgado na literatura, essas técnicas auxiliam na redução da probabilidade de falhas, diminuem retrabalhos e aceleram diversas fases do desenvolvimento de produto.

3.2 Identificação dos custos associados a erros de projetos

Tendo como objetivo a identificação dos custos associados a erros no processo de desenvolvimento de produtos, foram selecionados oito projetos para a realização deste estudo de caso. Assim, esses projetos foram analisados buscando identificar os custos provenientes de falhas na execução de etapas do processo de desenvolvimento do produto. O foco da análise foi restrito aos itens que melhor demonstrem as perdas financeiras agregadas, sendo eles:

- a) Atendimento ao prazo; e
- b) Impacto financeiro da falha para a empresa.

Para coleta de dados foi elaborada a planilha que consta no apêndice I, que possibilita a visualização dos objetivos e resultados de cada projeto. O preenchimento foi realizado em conjunto com o Engenheiro de Produto. Sendo este o responsável pelo projeto, foi possível obter informações pertinentes ao desenvolvimento do produto. O apêndice II contém informações sobre cada projeto.

Buscando obter informações sobre o impacto no faturamento, foi realizado um levantamento de dados junto à área Comercial, onde às informações obtidas, demonstraram que, em função da expectativa de conclusão de projetos, foram considerados no planejamento estratégico da área, faturamentos relativos aos produtos resultantes da conclusão destes, sendo que, a não conclusão dos projetos e conseqüente não realização das vendas previstas, gerou um impacto negativo no faturamento.

Outra abordagem adotada para o levantamento de dados foi analisar a melhoria de projeto, onde o foco principal é a redução de custo. O insucesso na implementação de determinado projeto reflete no não atendimento da meta proposta de redução de custo, privando a empresa de obter ganhos diretos, comprometendo o resultado financeiro.

Esta metodologia foi adotada para a obtenção de informações referentes ao impacto financeiro resultante da não conclusão dos projetos dentro do prazo estabelecido.

A figura 27 foi construída com o objetivo de demonstrar que o planejamento e execução de um projeto geram um resultado financeiro significativo em uma organização. Tendo por base o cronograma de execução de projeto o departamento de vendas considera dentro do *budget* a realização de vendas do referido projeto. Um insucesso na conclusão ocasiona a perda de receita, conforme demonstrado no gráfico. Os projetos analisados são identificados na tabela como “projetos novos” no campo “nome/ tipo”.

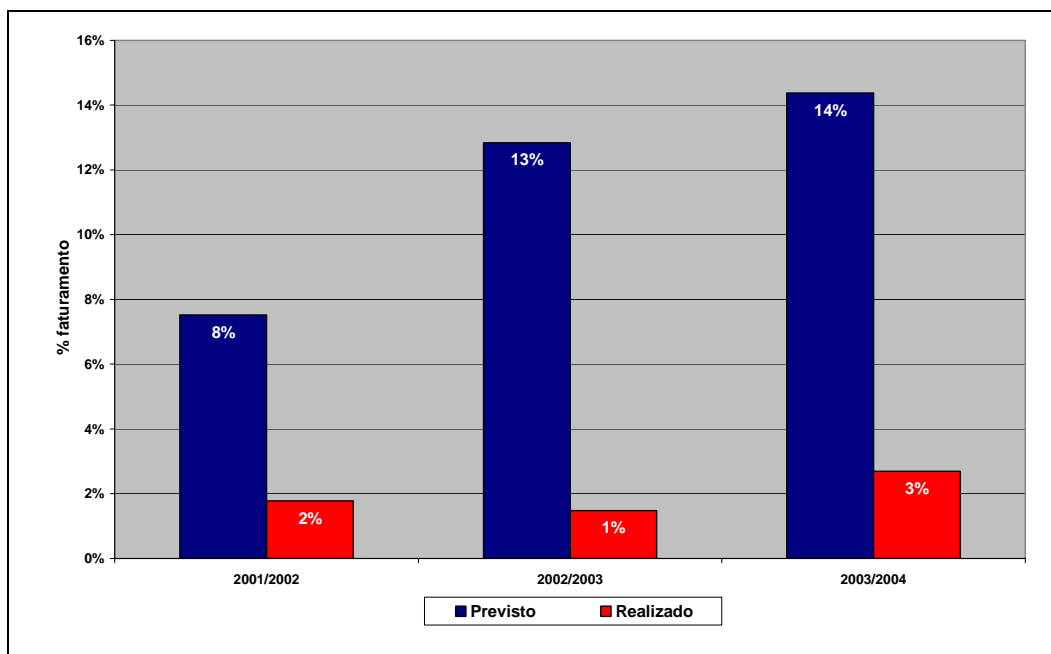


Figura 26 – Participação no faturamento prevista x realizada - projetos novos (Fonte: Controle de Projetos - Siemens Metering Ltda)

A figura 28 demonstra o retorno financeiro previsto para os projetos de redução de custo, caso os mesmos fossem implementados com sucesso no prazo definido. A não conclusão faz com que a previsão de redução seja considerada no próximo período e assim sucessivamente. Quando ocorrem desvios em dois ou mais projetos a previsão de redução se acumula, conforme demonstrado no gráfico a partir do período de 2000/2001.

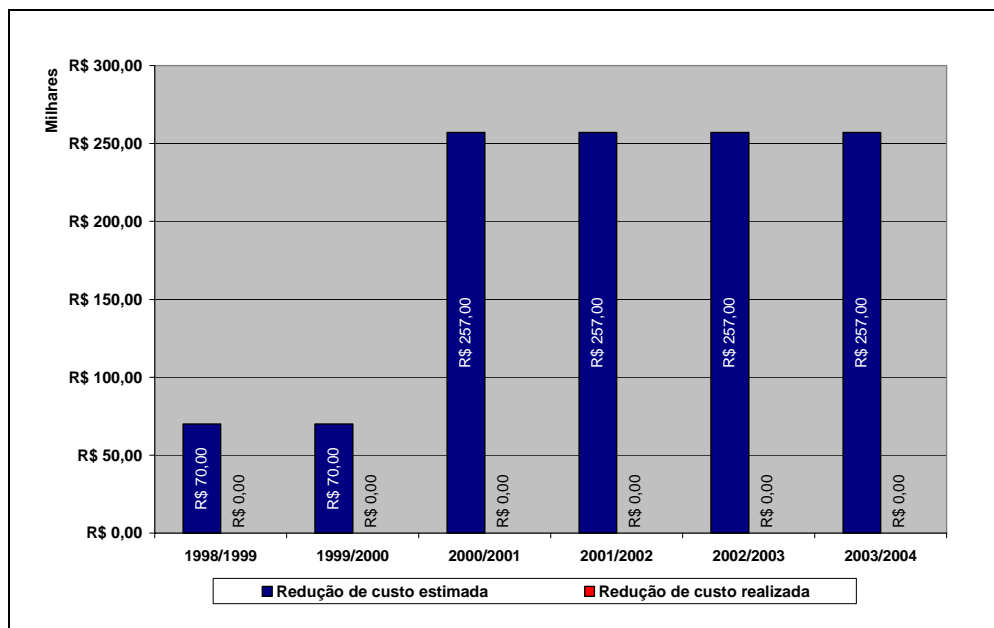


Figura 27 – Demonstra dados sobre redução de custo - prevista x realizada (Fonte: Controle de Projetos - Siemens Metering Ltda)

Considerando os dados analisados neste tópico, identifica-se que as falhas na execução de projetos, seja para novos produtos, seja para melhoria dos já existentes, implicam em um significativo resultado negativo para a empresa. Também é possível identificar que os problemas na execução dos projetos são recorrentes, e o índice de sucesso é baixo. Ao se analisar a causa raiz das falhas ocorridas identifica-se que o problema é sistemático, podendo desta forma ser corrigido, conforme será demonstrado no próximo subitem.

4 PROPOSTA PARA MELHORIA DA SISTEMÁTICA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO.

Neste capítulo, será apresentada a proposta de melhoria do processo de desenvolvimento de produtos da Siemens Metering Ltda. Essa proposta visa definir de forma sistemática um método para o processo de desenvolvimento de produto que minimize a possibilidade de ocorrerem falhas.

4.1 Planejamento

A proposta de trabalho consiste em aplicar duas ferramentas de qualidade, FMEA e QFD, em projetos não concluídos, a fim de identificar em que pontos existem oportunidades de ganhos. Os pontos relevantes serão evidenciados através de um comparativo entre as duas metodologias, a atual e a proposta.

Tendo em vista a necessidade de uma estratégia de implementação do projeto, será gerado um cronograma de atividades, onde serão definidos os responsáveis e prazos para a realização de cada etapa. Os tópicos principais para a implementação consistem em:

- a) Treinamento dos colaboradores quanto à metodologia;
- b) Seleção de projetos para aplicação;
- c) Realização de uma aplicação supervisionada nos projetos selecionados; e
- d) Mensuração do resultado de cada projeto.

4.2 Desenvolvimento

Tendo em vista a aplicação de melhorias no processo de desenvolvimento de produtos, dois projetos de produto não concluídos foram selecionados a fim de aplicar as ferramentas FMEA e QFD. O Critério de seleção dos projetos foi identificar aqueles que, em função do atual estágio de desenvolvimento, obtivessem ganhos em função dos resultados identificados pela metodologia aplicada.

Utilizando-se a tabela do apêndice I, como referência, os projetos selecionados foram:

- a) Medidor monofásico eletrônico E22, e
- b) Medidor eletromecânico base metálica M12M.

A opção dos dois modelos se deve a fato de cada produto pertencer a uma tecnologia diferente, eletrônica e eletromecânica, sendo desta forma, possível efetuar-se a comparação entre estas. Outro ponto considerado são as particularidades de cada projeto, que também poderão ser identificadas na aplicação das ferramentas em cada projeto.

A proposta de trabalho não permite que sejam identificados os resultados efetivos da aplicação da metodologia proposta, uma vez que, outros fatores influenciam o andamento das próximas etapas dos referidos projetos. Pode-se citar como exemplo para estes fatores o econômico e o estratégico.

Independente da possibilidade de análise dos resultados finais, o objetivo da sistemática proposta é criar uma metodologia que abranja os pontos falhos da sistemática atual, permitindo minimizar a possibilidade de falhas ocorridas que prejudicam o processo de desenvolvimento do produto. As falhas são mencionadas no apêndice I onde é possível se identificar à falta de uma sistemática adequada de desenvolvimento de projetos, validando assim a necessidade de avaliar-se a proposta de implantação de ferramentas como QFD e FMEA.

Na primeira etapa da implementação para os dois projetos selecionados foi aplicado o QFD, de onde foram tiradas as informações necessárias para a implementação do FMEA. A informação consiste na identificação na matriz do produto da parte prioritária, possibilitando desta forma que esta seja analisada em detalhe através do FMEA.

Para o projeto I, a análise da parte selecionada foi priorizada porque o software e o firmware são desenvolvidos em outra unidade fabril da empresa, localizada na França. Desta forma, o item selecionado foi o shunt de corrente, sendo este o primeiro item físico priorizado, conforme demonstrado na figura 35.

Visando um melhor rendimento da metodologia proposta, inicialmente foi necessária à definição das equipes executoras, sendo que, para os membros escolhidos, os conceitos de QFD e FMEA, foram disseminados, uma vez que nem todos os participantes haviam tido contato com a metodologia. A equalização do conceito se faz necessária a fim de um melhor rendimento da atividade.

4.2.1 Desenvolvimento projeto I

O primeiro projeto selecionado para o teste de metodologia é o projeto do medidor eletrônico E22, ver característica no apêndice II, visto que, este projeto encontra-se em fase final de desenvolvimento, possibilitando assim a implementação de melhorias que não foram evidenciadas no transcorrer da metodologia atual de desenvolvimento de produtos. O fato de

serem identificados pontos de melhoria no atual estágio de desenvolvimento, demonstra a necessidade de aprimoramento no procedimento atualmente utilizado.

Definição da Qualidade demandada

Tendo em vista a dificuldade na identificação da qualidade demandada por parte de clientes através da entrevista destes, a análise foi realizada através de um levantamento junto à equipe da área Comercial da Siemens Metering, uma vez que esta tem por função, através de visitas frequentes, ser a voz do cliente dentro da empresa, desta forma foi possível identificar a qualidade demandada pelo cliente, bem como a importância destes itens.

A figura 29 demonstra a análise dos dados provenientes da pesquisa realizada com todos os colaboradores responsáveis pelo contato com o cliente. Ela é constituída de dois níveis, sendo nível primário a qualidade demandada pelo cliente e o secundário resume-se a característica da qualidade associada àquela demandada.

A figura 30 demonstra os itens priorizados e ordenados, onde se pode identificar como mais prioritário o item precisão da medição e o menos prioritário durabilidade. Estas informações foram utilizadas para a elaboração da matriz da qualidade.

Medidor E22 - eletrônico							
Nível primário							Nível secundário
Demanda da Qualidade	Peso	Peso %	IDi	Ei	Mi	IDi*	Característica da qualidade associada
Precisão da medição	2	33%	33	2	1	46,67	Classe de exatidão do medidor Calibração entre margens da norma Classe de exatidão do equipamento utilizado Resistência da embalagem
Segurança	1,5	25%	25	1,5	1	30,62	Passar no teste Hi-pot Treinamento dos colaboradores
Durabilidade	1	17%	17	1	1	17,00	Classe de exatidão do medidor Medidas anti ESD Robustez do projeto do produto
Anti-fraude	1,5	25%	25	1,5	1	30,62	Treinamento dos colaboradores Resistência do adesivo utilizado

Figura 28 – Tabela de priorização da qualidade demandada [Fonte: elaborada pelo autor]

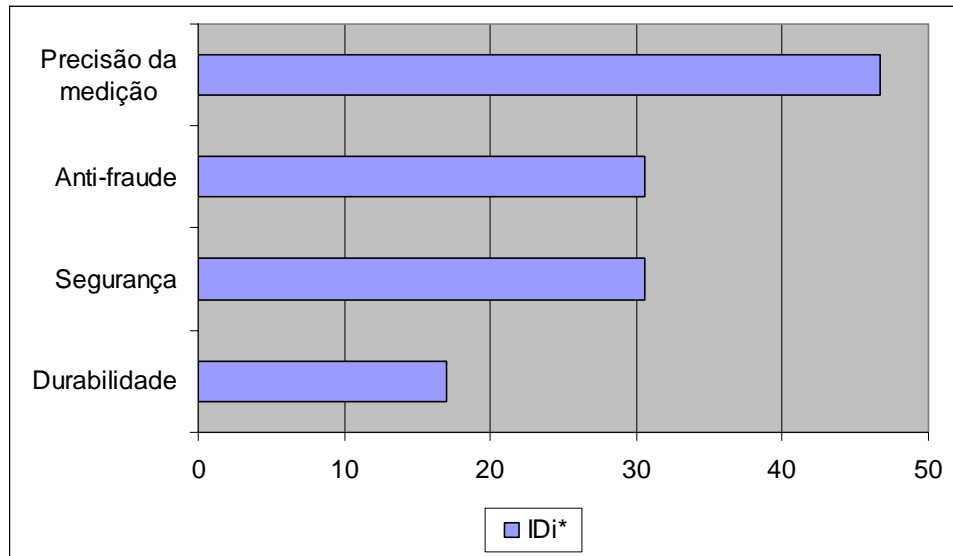


Figura 29– Priorização da qualidade demandada [Fonte: elaborada pelo autor]

Matriz da Qualidade

Para a elaboração da matriz da qualidade foram utilizados os conceitos definidos no capítulo 2 deste trabalho. Os dados obtidos na pesquisa junto à área Comercial da empresa, que teve por objetivo identificar a qualidade demandada para o projeto I, foram utilizados na matriz da qualidade, onde foram cruzados com as características de qualidade relacionadas. Na matriz da qualidade, foi possível, através da atribuição de pesos, utilizando-se uma escala pré-definida, identificar a intensidade do relacionamento entre a qualidade demandada e as características de qualidade.

A priorização dos itens da qualidade demandada corrigida IDi^* , foi obtida através da utilização da equação 1. Para a correção dos pesos utilizados no cálculo da qualidade demandada IDi^* , foram utilizadas dois fatores, sendo estes, a avaliação competitiva (Mi) e a avaliação estratégica (Ei), os resultados obtidos constam da tabela da figura 31.

$$IDi^* = IDi \times \sqrt{Ei} \times \sqrt{Mi} \quad (\text{eq. 1})$$

A priorização da qualidade demandada corrigida IDi^* , possibilitou a priorização das características da qualidade. Para o cálculo da priorização das características da qualidade IQj foi utilizada a equação 2.

Para o cálculo do índice de priorização da característica da qualidade corrigida IQ_j^* , utiliza-se a equação 3, onde são considerados para o cálculo, os fatores de correção, que consideram a dificuldade de atuação (D_j) que identifica a dificuldade de atuação nas especificações das características da qualidade, e a avaliação da competitividade (B_j) onde o produto é avaliado em relação à concorrência. A figura 32 demonstra os itens priorizados e ordenados.

$$IQ_j = \sum_{i=1}^n ID_i \times DQ_{ij} \quad (\text{eq. 2})$$

$$IQ_j^* = IQ_j \times \sqrt{D_j} \times \sqrt{B_j} \quad (\text{eq. 3})$$

O resultado da priorização demonstra que os itens mais importantes são calibração dentro da norma, classe de exatidão do medidor e classe de exatidão dos equipamentos utilizados, sendo que o item mais importante é a calibração entre as margens da norma.

MATRIZ DE QFD		MATRIZ DA QUALIDADE													
MEDIDOR E22		Característica da Qualidade								IDi	Ei	Mi	IDi*		
		Classe de exatidão do medidor	Calibração entre margens da norma	Classe de exatidão do equipamento utilizado	Resistência da embalagem	Resistência do adesivo utilizado	Passar no teste Hi-pot	Robustez do projeto do produto	Treinamento dos colaboradores					Medidas anti ESD	
Qualidade Demandada	Durabilidade	9	9	9				3	1	1	17	1	1	17	
	Segurança						9		3		25	1,5	1	31	
	Anti-fraude					9			3		25	1,5	1	31	
	Precisão da medição	9	3		3			9	1	9	33	2	1	47	
															0
															0
															0

Especificações	Especificações de projeto	Margens de +- 1,5%	Dentro da classe do medidor < 2%	Onda simples e gramatura X	Durabilidade "X"	1,5kV por 10"	Durabilidade > 5 anos	Atendimento aos métodos do processo	Especificações de projeto
IQj	573	293	153	140	276	276	471	247	437
Dificuldade de atuação (Dj)	1	2	1,5	1,5	0,5	2	1	2	1
Análise competitiva (Bj)	1	1	1	1,5	1	1	1	1	1
IQj*	57	41	19	21	19	39	47	35	44

Figura 30 – Matriz da Qualidade [Fonte: adaptada pelo autor]

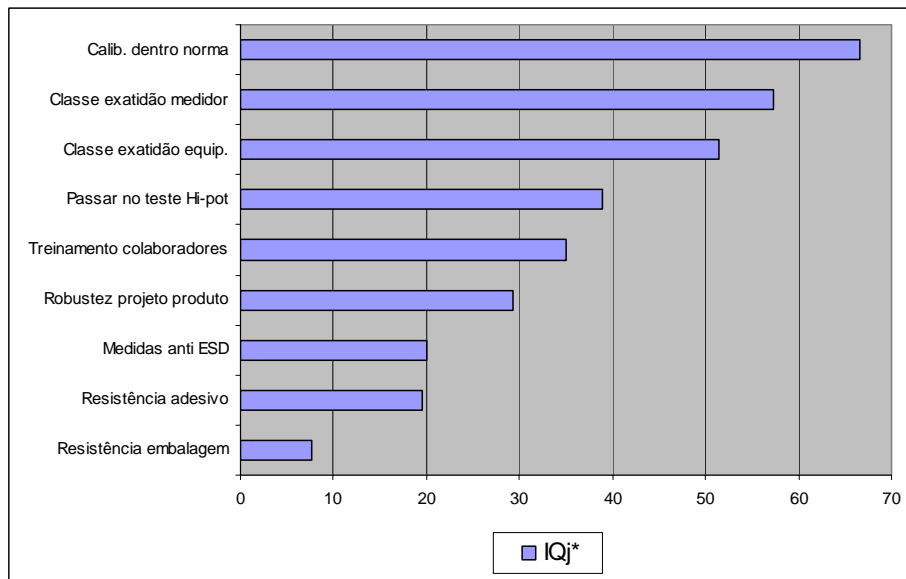


Figura 31 – Priorização das características da qualidade [Fonte: elaborada pelo autor]

A análise de correlação das características da qualidade, conforme demonstrado na figura 33, permite identificar o relacionamento entre elas, sendo este um ponto a ser considerado. Sempre que existir correlação, se alguma característica tenha seus parâmetros alterados, pode afetar de forma significativa outra característica. Como exemplo, verificou-se que a característica da qualidade “calibração entre margens da norma”, influencia e é influenciada por três outras características da qualidade.

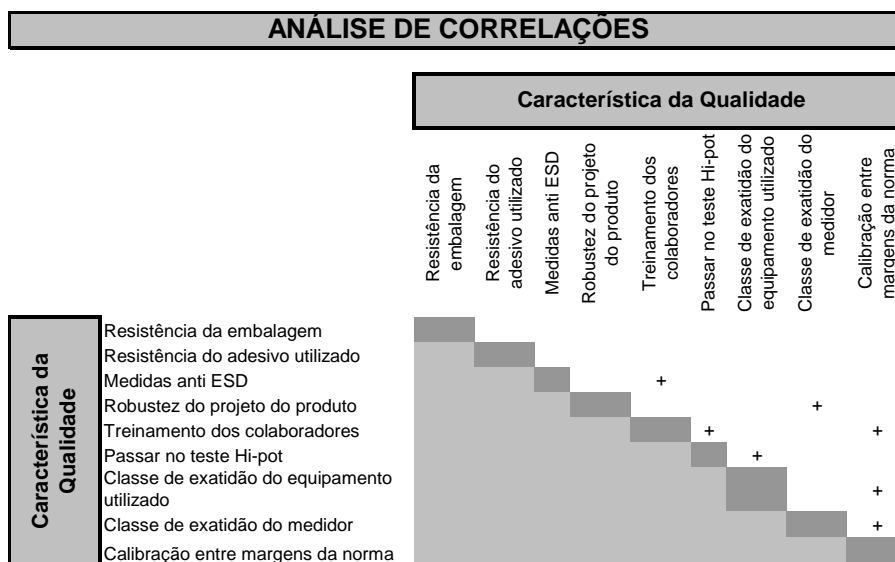


Figura 32 – Análise de correlação entre as características de qualidade [Fonte: elaborada pelo autor]

Matriz do Produto

Para a elaboração da matriz do produto, foram utilizados os conceitos definidos no capítulo 2. A matriz do produto tem por finalidade correlacionar as características da qualidade com as partes do produto. São atribuídos pesos para identificar a intensidade do relacionamento entre as partes do produto e as características da qualidade que estão sendo analisadas.

Para o cálculo da priorização das partes do produto foi considerado o fator de priorização das características da qualidade corrigido, IQj^* , bem como os pesos utilizados para demonstrar o relacionamento com as partes do produto, equação 4.

$$IPi = \sum_{j=1}^n PQij \times IQj^* \quad (\text{eq. 4})$$

Para o cálculo do fator de priorização corrigido IPi^* foi utilizada a equação 5, a qual considera os fatores de priorização das partes do produto IPi , bem como fatores de correção como a dificuldade de implantação (Fi) e o tempo de implantação (Ti). O fator corrigido é utilizado para a priorização das partes do produto.

$$IPi^* = IPi \times \sqrt{Fi} \times \sqrt{Ti} \quad (\text{eq. 5})$$

A figura 34 apresenta a matriz de produto onde se visualiza a intensidade dos relacionamentos entre as partes do produto e as características da qualidade. O fator de priorização corrigido das partes do produto (IPi^*) também pode ser visualizado.

A figura 35 apresenta as partes do produto priorizadas e ordenadas. Como pode ser visto, as partes mais importantes, que exercem maior influência sobre as características de qualidade do produto final, são nesta ordem: software e firmware, shunt de corrente e componentes eletrônicos.

MATRIZ DE QFD		MATRIZ DO PRODUTO												
		Característica de Qualidade												
		Classe de exatidão do medidor	Calibração entre margens da norma	Classe de exatidão do equipamento utilizado	Resistência da embalagem	Resistência do adesivo utilizado	Passar no teste Hi-pot	Robustez do projeto do produto	Treinamento dos colaboradores	Medidas anti ESD	IPi	Fi	Ti	IPi*
IQj*		57	41	19	21	19	39	47	35	44				
Partes do produto	Placa de circuito eletrônico	1	1					3		1	28	1	1	28
	Componentes eletrônicos	9	3				9	9		3	155	1	1	155
	Base Noryl						1	1		1	13	2	1,5	22
	Tampa de policarbonato						1	1			9	2	1,5	15
	Adesivo selante					9					18	1,5	1,5	26
	Shunt de corrente	9	9					9			131	1	1,5	161
	Software/ Firmware	9	9	9				9			148	1,5	1,5	222
	Embalagem				9				1	3	36	2	2	71

Figura 33 – Matriz do Produto [Fonte: elaborada pelo autor]

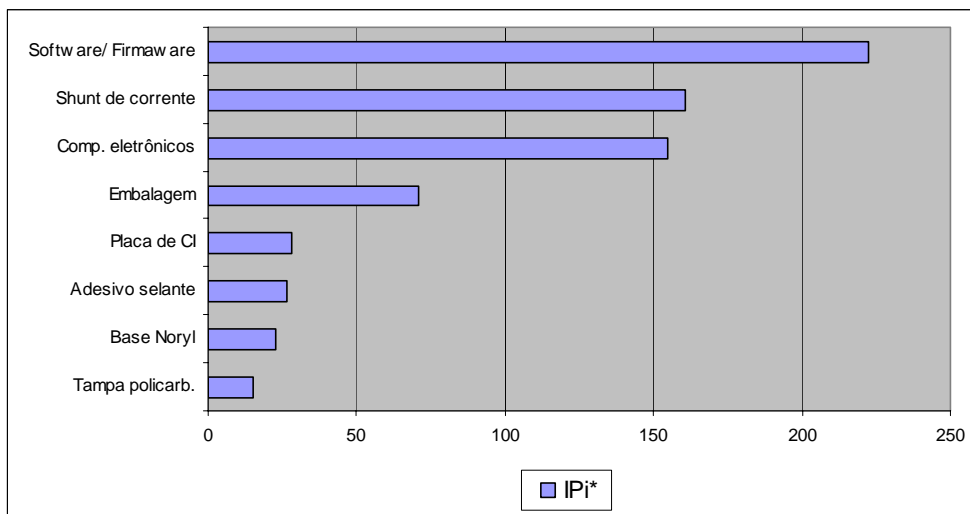


Figura 34 - Priorização das partes do produto [Fonte: elaborada pelo autor]

Matriz das Características das Partes

A matriz das características das partes tem por objetivo cruzar as partes mais importantes com as suas respectivas características da qualidade, os conceitos aplicados foram descritos no capítulo 2.

São atribuídos pesos para identificar a intensidade do relacionamento entre as características das partes e as partes do produto. Quanto maior a intensidade do relacionamento maior será o peso atribuído.

Para o cálculo do fator de priorização foi utilizada a equação 6. Considera-se na fórmula o fator de priorização corrigido das partes do produto (IPi*). A fim de correlacionar de forma adequada às partes do produto com as características das partes.

$$Priorização = \sum_{i=1}^n PCij \times IPi^* \quad (\text{eq. 6})$$

A figura 36 ilustra a construção da matriz das características das partes, onde pode ser visualizada a intensidade dos relacionamentos entre as partes do produto e as características das partes. O fator de priorização das características da partes pode ser visualizado.

A figura 37 demonstra as características das partes do produto priorizadas e ordenadas. As características mais importantes são nesta ordem: software e firmware validado, dimensional e relação da corrente(A) x tensão (mV).

MATRIZ DE QFD		MATRIZ DAS CARACTERÍSTICAS DAS PARTES								
	IPi*	Características das partes								
		Software / firmware validado	Relação corrente / mV dentro do especificado	Valor dos componentes de acordo com a especificação	Gramatura	Livre de oxidações	Resistência mecânica	Resistência mecânica	Resistência mecânica	Dimensional
Partes do produto	Software/ Firmware	222	9							
	Shunt de corrente	161		9						6
	Componentes eletrônicos	155			9					
	Embalagem	71				9				6
	Placa de circuito eletrônico	28					9			6
	Adesivo selante	26						9		
	Base Noryl	22							9	6
	Tampa de policarbonato	15								9
Priorização		20	14	14	6	3	2	2	1	18

Figura 35 – Matriz das Características das partes do Produto [Fonte: elaborada pelo autor]

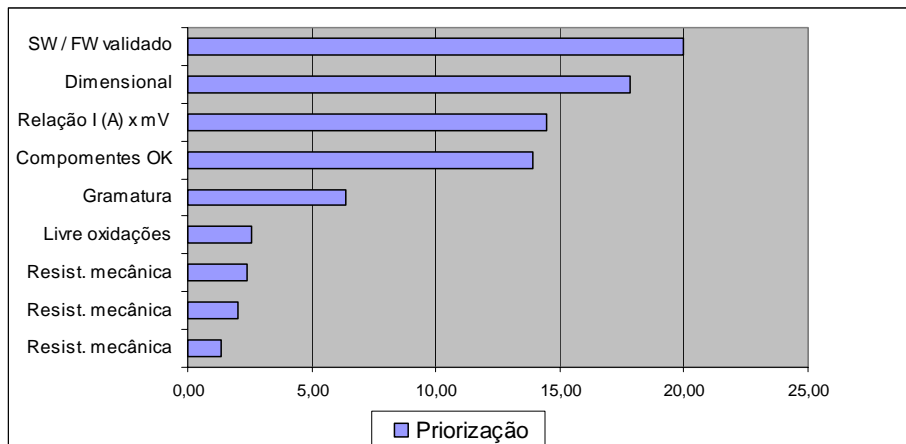


Figura 36 – Priorização das características das partes dos produtos [Fonte: elaborada pelo autor]

Matriz dos processos

A matriz dos processos tem por objetivo correlacionar as características da qualidade com etapas de processo, buscando desta forma identificar os processos considerados críticos para a qualidade do produto, possibilitando a priorização destes. Os conceitos aplicados foram descritos no capítulo 2.

A análise da intensidade do relacionamento das etapas dos processos em relação às características da qualidade é feita utilizando uma escala previamente estabelecida, onde quando maior o valor atribuído, mais forte será a relação entre os itens analisados.

Para o cálculo da priorização das etapas do processo, IP_i , considera-se o fator de priorização das características da qualidade corrigido, IQ_j^* , bem como os pesos utilizados para demonstrar o relacionamento com as partes do produto, a fórmula utilizada é a equação 7.

$$IP_i = \sum_{j=1}^n PQ_{ij} \times IQ_j^* \quad (\text{eq. 7})$$

Para o cálculo do fator de priorização corrigido IP_i^* foi utilizada a equação 8, onde foram considerados os fatores de priorização das etapas do processo IP_i , bem como fatores de correção como a dificuldade de implantação (F_i) e o tempo de implantação (T_i). O fator corrigido é utilizado para a priorização das etapas do processo.

$$IPi^* = IPi \times \sqrt{Fi} \times \sqrt{Ti} \quad (\text{eq. 8})$$

A figura 38 apresenta a matriz do processo onde se visualiza a intensidade dos relacionamentos entre as características da qualidade e as etapas do processo relacionadas. O fator de priorização corrigido das etapas do processo (IPi^*) também pode ser visualizado. A figura 39 demonstra as etapas do processo priorizadas e ordenadas. Como pode ser observado, as etapas mais importantes são nesta ordem: inspeção final, testes funcionais e claibração.

MATRIZ DE QFD		MATRIZ DO PROCESSO													
		Característica de Qualidade										IPi	Fi	Ti	IPi*
		Classe de exatidão do medidor	Calibração entre margens da norma	Classe de exatidão do equipamento utilizado	Resistência da embalagem	Resistência do adesivo utilizado	Passar no teste Hi-pot	Robustez do projeto do produto	Treinamento dos colaboradores	Medidas anti ESD					
IQj*		57	41	19	21	19	39	47	35	44					
Etapas do Processo	Desenvolvimento do produto	9	3		6	6	9	9			1658	0,5	1	12	
	Recebimento de materiais e subconjuntos	3			6	6	1				454	1	1,5	6	
	Setup de linha / definição de equipamentos		6	9			3			6	796	1,5	1,5	12	
	Definição do método de trabalho		6				1		9	6	865	2	1,5	15	
	Montagem mecânica	3	3				3		3		518	1,5	1,5	8	
	Montagem eletrônica	3	3						3	9	794	1,5	1,5	12	
	Inspeção de processo	3	6	3	1	1	1		1	6	853	1,5	1,5	13	
	Testes de funcionais	9	9	6			3		3	3	1354	1,5	1,5	20	
	Calibração	9	9	6					1	1	1080	1,5	1,5	16	
	Inspeção final	9	9	3	1	1	3		1	6	1399	1,5	1,5	21	
	Expedição				9				3		294	2	2	6	

Figura 37 – Matriz do Processo [Fonte: elaborada pelo autor]

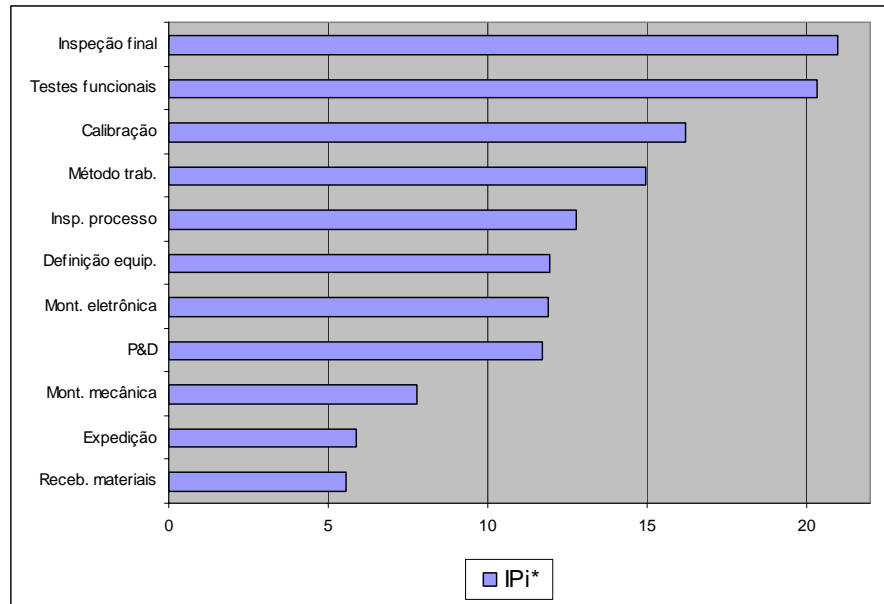


Figura 38 – Priorização das etapas do processo [Fonte: elaborada pelo autor]

Matriz dos parâmetros do processo

A matriz dos parâmetros dos processos tem por objetivo correlacionar as etapas de processo com os principais parâmetros dos processos, buscando desta forma identificar os parâmetros dos processos considerados críticos para a qualidade do produto, possibilitando a priorização destes. Os conceitos aplicados foram descritos no capítulo 2.

A análise da intensidade do relacionamento das etapas dos processos em relação aos parâmetros dos processos se é feita utilizando uma escala previamente estabelecida, onde quando maior o valor atribuído, mais forte será a relação entre os itens analisados.

Para o cálculo do fator de priorização foi utilizada a equação 9. Considera-se na fórmula o fator de priorização corrigido das etapas do processo (IPi*). A fim de correlacionar de forma adequada os parâmetros dos processos com as etapas dos processos.

$$\text{Priorização} = \sum_{i=1}^n EPI_{ij} \times IPi^* \quad (\text{eq. 9})$$

A figura 40 apresenta a matriz dos parâmetros dos processos, onde se visualizada a intensidade dos relacionamentos entre as etapas dos processos e os parâmetros dos processos. O fator de priorização dos parâmetros dos processos pode ser visualizado.

A figura 41 apresenta os parâmetros dos processos priorizados e ordenados. Observe-se que os parâmetros mais importantes são nesta ordem: instruções de trabalho, especificações de projeto e o percentual de rejeição na inspeção do processo.

MATRIZ DE QFD		MATRIZ DAOS PARÂMETROS DO PROCESSO											
	IPI*	Parâmetros do Processo											
		Critérios da norma NBR 14521	Especificação de projeto	Instruções de trabalho	Definição dos equipamentos	Requisitos/ Dispositivos - ESD	Tempo no desenvolvimento	Nº falhas por projeto	Informações da OV	% de rejeição no recebimento	Valores entre +- 1,5%	% de rejeição inspeção final	% de rejeição inspeção do processo
Etapas do Processo	Inspeção final	21	9	3	1				1		6	9	
	Testes de funcionais	20	9	9	6							9	
	Calibração	16	9	9	6						9	9	
	Definição do método de trabalho	15		9		6						9	
	Inspeção de processo	13		6	9	9	9		6			9	
	Setup de linha / definição de equipamentos	12			6	9	6						3
	Montagem eletrônica	12		6	9	6	9						3
	Desenvolvimento do produto	12		9		6		9	9				
	Montagem mecânica	8		6	9	6							3
	Expedição	6			9					3			
	Recebimento de materiais e subconjuntos	6		6			3		3	9			
	Priorização		52	73	79	41	40	11	11	13	5	27	19

Figura 39 – Matriz de Parâmetro dos Processos [Fonte: elaborada pelo autor]

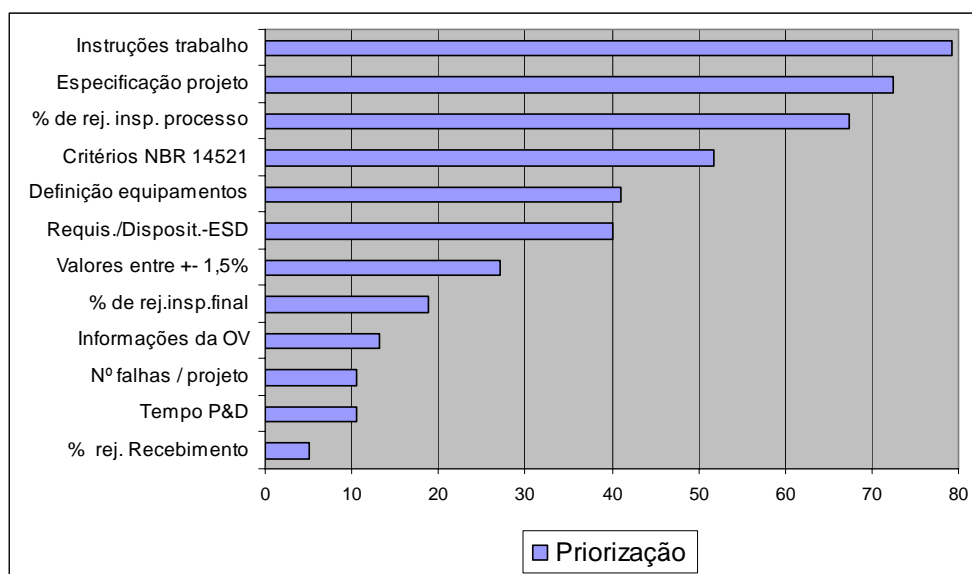


Figura 40 – Priorização dos parâmetros do processo [Fonte: elaborada pelo autor]

Matriz dos recursos

A matriz dos recursos tem por objetivo correlacionar as etapas de processo com os recursos de infra-estrutura e humanos, buscando desta forma identificar os recursos considerados críticos para a qualidade do produto, possibilitando a priorização destes. Os conceitos aplicados foram descritos no capítulo 2.

A análise da intensidade do relacionamento das etapas dos processos em relação aos recursos é feita utilizando uma escala previamente estabelecida, onde quando maior o valor atribuído, mais forte será a relação entre os itens analisados.

Para o cálculo do fator de priorização dos recursos humanos é utilizada a equação 10. Considera-se na fórmula o fator de priorização corrigido das etapas do processo (IPi^*). A fim de correlacionar de forma adequada os recursos humanos com as etapas dos processos.

$$IRj = \sum_{j=1}^n PRij \times IPi^* \quad (\text{eq. 10})$$

Para o cálculo do fator de priorização corrigido IRj^* , foi utilizada a equação 11, onde, foram considerados os fatores de priorização dos recursos humanos IRj , bem como fatores de correção como os custos de implantação do recurso humano (Cj) e dificuldade de implantação dos recursos humano (Lj). O fator corrigido é utilizado para a priorização dos recursos humanos.

$$IRj^* = IRj \times \sqrt{Cj} \times \sqrt{Lj} \quad (\text{eq. 11})$$

A figura 42 apresenta a matriz dos recursos humanos, onde se visualizada a intensidade dos relacionamentos entre as etapas dos processos e o recurso humano analisado. O fator de priorização dos recursos humanos pode ser visualizado.

A figura 43 apresenta os recursos humanos priorizados e ordenados. Nesse caso observa-se como itens mais importantes nesta ordem: montador III, líder de montagem e técnico de métodos e processos.

MATRIZ DE QFD		MATRIZ DOS RECURSOS HUMANOS								
		Recursos Humanos								
		IPi*	Inspetor de qualidade	Técnico Qualidade	Técnico Métodos e Processos	Eng de Produto	Lider de montagem	Almoxarife	Encarregado expedição	Montador II
Etapas do processo	Inspeção final	21	1	9						
	Testes de funcionais	20	3		3	1	6			9
	Calibração	16			3	1	6			9
	Definição do método de trabalho	15			9	6	3			1
	Inspeção de processo	13	9	3		1	6			6
	Setup de linha / definição de equipamentos	12	1		9	1	6			1
	Montagem eletrônica	12	1		3	6	9			9
	Desenvolvimento do produto	12		3	3	9	3			1
	Montagem mecânica	8		3	3	9	3			1
	Expedição	6	1				3		9	
	Recebimento de materiais e subconjuntos	6	9	1		1		9		
Importância (IRj*)		28	29	45	40	60	5	5	56	
Quantidade		1	1	1	1	1	1	1	1	
Salário + Encargos		1,6	3,6	3	9	4,2	1,6	2,1	1,6	
% tempo dedicado		100%	35%	30%	35%	100%	20%	25%	100%	
Custo Mensal		1,60	1,26	0,90	3,15	4,20	0,32	0,53	1,60	
Custo corrigido Cj		1,84	1,88	1,93	1,64	1,50	2,00	1,97	1,84	
Dificuldade implementação Lj		2	1,5	1,5	1	1,5	2	1,5	1,5	
IRj*		53	49	76	52	89	10	9	93	

Figura 41 – Matriz dos Recursos Humanos [Fonte: elaborada pelo autor]

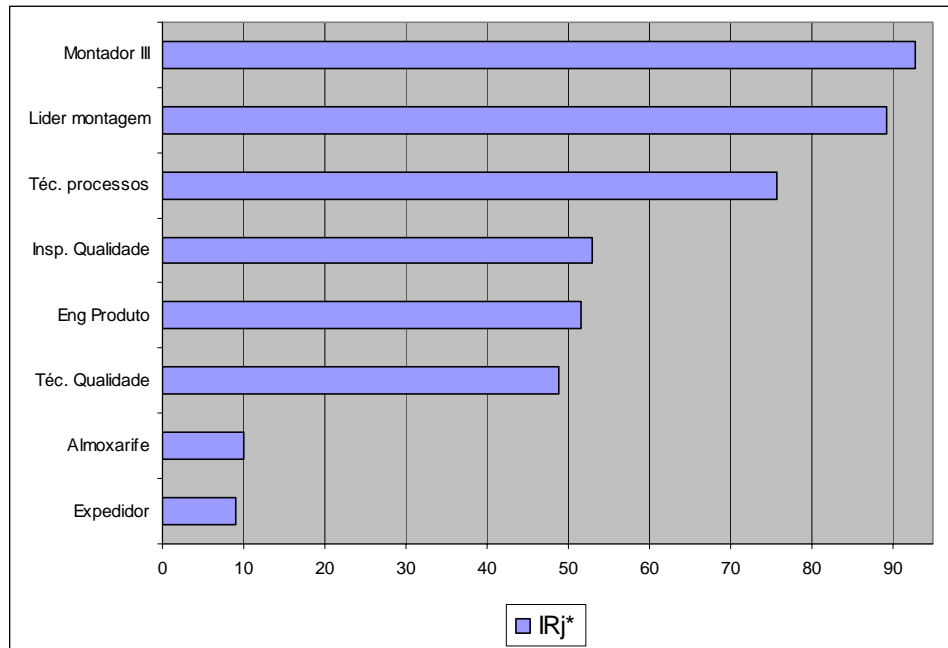


Figura 42 – Priorização dos recursos humanos [Fonte: elaborada pelo autor]

Para o cálculo do fator de priorização dos recursos de infra-estrutura é utilizada a equação 10. Considera-se na fórmula o fator de priorização corrigido das etapas do processo (IP_i^*). A fim de correlacionar de forma adequada os recursos humanos com as etapas dos processos.

Para o cálculo do fator de priorização corrigido IR_j^* , utiliza-se a equação 11, onde, foram considerados os fatores de priorização dos recursos de infra-estrutura IR_j , bem como fatores de correção como os custos de implantação do recurso de infra-estrutura (C_j) e dificuldade de implantação do recurso de infra-estrutura (L_j). O fator corrigido é utilizado para a priorização do recurso de infra-estrutura.

A figura 44 apresenta a matriz dos recursos de infra-estrutura, onde se visualizada a intensidade dos relacionamentos entre as etapas dos processos e o recurso de infra-estrutura analisado. O fator de priorização dos recursos de infra-estrutura pode ser visualizado. A figura 45 apresenta os recursos humanos priorizados e ordenados. Os itens priorizados foram nesta ordem: bancadas de produção, salas de climatizadas e padrões de Wh aferidos.

MATRIZ DE QFD		MATRIZ RECURSOS - INFRA-ESTRUTURA									
		Recursos de Infra-estrutura									
		IPi*	Salas climatizadas	Equipamentos e padrões de Wh aferidos	Bancada de produção	Software de simulação do processo	Dispositivos Anti - ESD	Software CAD/CAM	Ferramentas manuais gerais	Instrumentos de medição mecânica	Dispositivos para embalagem
Etapas do processo	Inspeção final	21	9	9							
	Testes de funcionais	20	9	9	9				3		
	Calibração	16	9	9	9						
	Definição do método de trabalho	15	3		6	9	9		9		
	Inspeção de processo	13					9		3	6	
	Setup de linha / definição de equipamentos	12	3		6	9					
	Montagem eletrônica	12	9		9	6	9		6		
	Desenvolvimento do produto	12						9			
	Montagem mecânica	8							9		
	Expedição	6									9
	Recebimento de materiais e subconjuntos	6					1			9	

Importância	71	52	60	31	36	11	38	13	5
Custo do Equipamento	10	10	35	40	5	8	0,8	3	0,2
Tempo de amortização (ano)	10	5	10	5	5	5	5	5	5
Custo de op e manut (mês) KR\$	0,25	0,291	0,25	0,42	0,083	0,42	0,08	0,041	0,05
Tempo de uso (%)	100%	60%	100%	2%	100%	20%	60%	30%	35%
Custo mensal	0,33	0,27	0,54	0,02	0,17	0,11	0,06	0,03	0,02
Custo corrigido (Cj)	0,33	0,16	0,54	0,00	0,17	0,02	0,03	0,01	0,01
Dificuldade implementação Lj	0,5	1,5	1,5	1	1,5	1	2	1,5	2
IRj*	29	26	54	1	18	2	10	1	1

Figura 43 – Matriz dos Recursos Infra-Estrutura [Fonte: elaborada pelo autor]

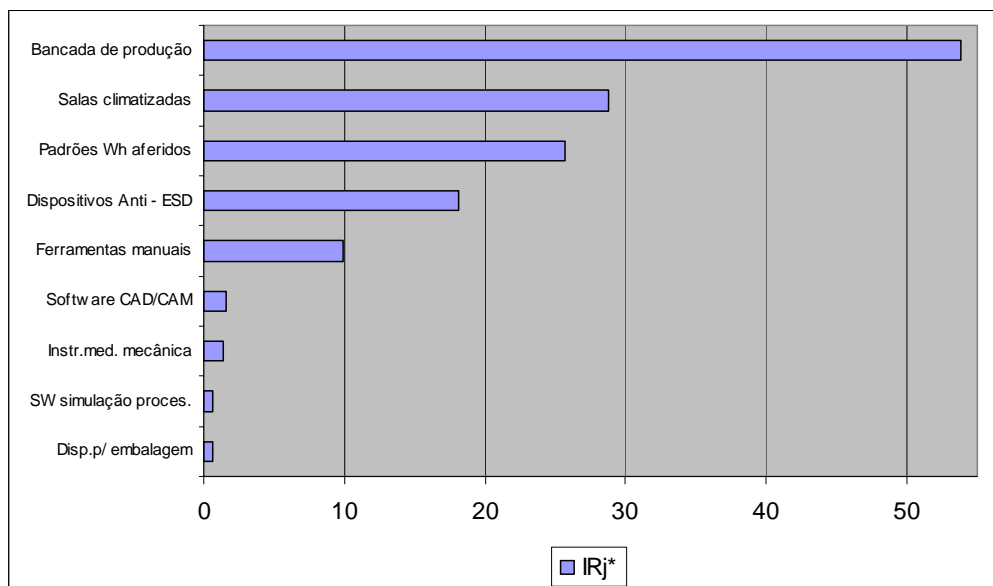


Figura 44 – Priorização dos recursos de infra-estrutura [Fonte: elaborada pelo autor]

Matriz dos Custos

A matriz dos custos tem por objetivo custear as etapas de processo tendo por base a análise efetuada na elaboração da matriz dos recursos humanos e na matriz dos recursos de infra-estrutura. O preenchimento da matriz é realizado tomando como base os custos e a intensidade de relacionamento identificada nas matrizes dos recursos. Os conceitos aplicados foram descritos no capítulo 2. O preenchimento da matriz dos custos é demonstrado na figura 46.

Após o preenchimento da matriz dos custos é efetuada uma comparação entre a importância e o custo de cada processo, a qual está apresentada na figura 47. O objetivo desta comparação é avaliar a coerência na alocação de recursos, uma vez que processo com maior grau de importância deve ter um maior investimento alocado, evitando que ocorram distorções como a aplicação de muitos recursos em processos de pouca importância. Esse processo auxilia o planejamento, identificando os pontos que eventualmente devam ser corrigidos.

MATRIZ DE QFD		MATRIZ DOS CUSTOS																	
RECURSOS	Inspeção de qualidade	Técnico Qualidade	Técnico Métodos e Processos	Eng de Produto	Líder de montagem	Almoxarife	Encarregado expedição	Montador III	Salas climatizadas	Equipamentos e padrões de Vm aferidos	Bancada de produção	Software de simulação do processo	Dispositivos Anti- ESD	Software CAD/CAM	Ferramentas manuais gerais	Instrumentos de medição mecânica	Dispositivos para embalagem	Custo mensal dos processos	
																			CUSTOS (RH + INFR)
ETAPAS DO PROCESSO		IP1*																	
Inspeção final	21	0,07	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,055	0	0	0	0	0	0	0	0	1,09
Testes de funcionais	20	0,22	0,00	0,18	0,05	0,20	0,00	0,45	0,07	0,055	0,125	0	0	0	0,003	0	0	1,34	
Calibração	16	0,00	0,00	0,18	0,05	0,20	0,00	0,45	0,07	0,055	0,125	0	0	0	0	0	0	1,12	
Definição do método de trabalho	15	0,00	0,00	0,53	0,28	0,10	0,00	0,05	0,02	0	0,083	0,000	0,053	0	0,010	0	0	1,13	
Inspeção de processo	13	0,66	0,30	0,00	0,05	0,20	0,00	0,30	0	0	0	0	0,053	0	0,003	0,003	0	1,56	
Setup de linha / definição de equipamentos	12	0,07	0,00	0,53	0,05	0,20	0,00	0,05	0,02	0	0,083	0,000	0	0	0	0	0	1,00	
Montagem eletrônica	12	0,07	0,00	0,18	0,28	0,30	0,00	0,45	0,07	0	0,125	0,000	0,053	0	0,007	0	0	1,53	
Desenvolvimento do produto	12	0,00	0,30	0,18	0,42	0,10	0,00	0,05	0	0	0	0	0	0,022	0	0	0	1,06	
Montagem mecânica	8	0,00	0,30	0,18	0,42	0,10	0,00	0,05	0	0	0	0	0	0	0,010	0	0	1,05	
Expedição	6	0,07	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	1,97	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,007	2,15	
Recebimento de materiais e subconjuntos	6	0,66	0,10	0,00	0,05	0,00	2,00	0,00	0	0	0	0	0,006	0	0	0,005	0	2,82	

Figura 45 – Matriz dos Custos [Fonte: elaborada pelo autor]

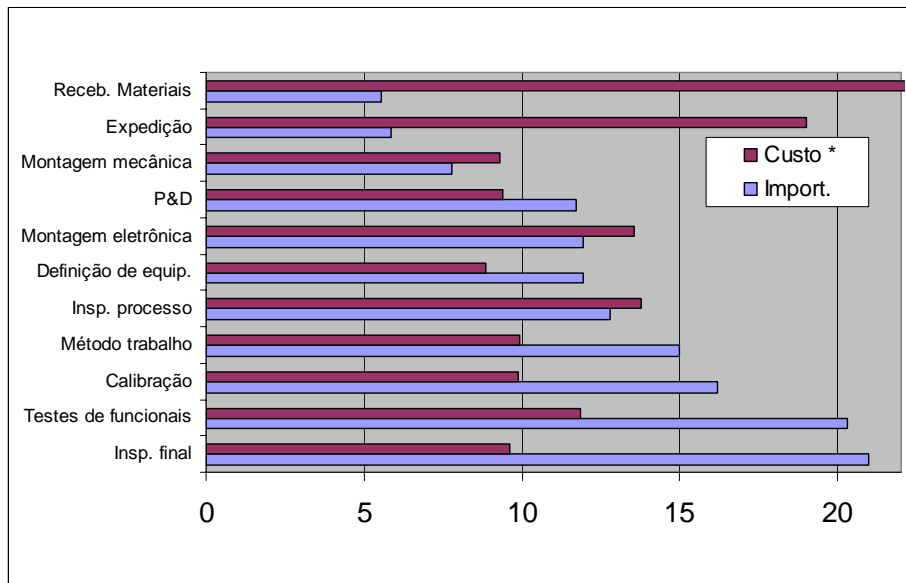


Figura 46 – Comparação entre Importância e Custos dos Processos [Fonte: elaborada pelo autor]

Os pontos que apresentam maior distorção, onde os custos envolvidos são pequenos comparados à importância do item, são os itens inspeção final, testes funcionais, calibração, definição de equipamentos e P&D. Em contrapartida pode-se analisar processos onde o custo envolvido pode ser considerado excessivo em relação à importância do processo, como exemplo recebimento de materiais, expedição, montagem mecânica, montagem eletrônica e inspeção no processo.

Planos de melhoria

Tendo por base as informações contidas no processo de desenvolvimento do QFD para o projeto I, os dados serão utilizados para que se efetuem análises nos itens priorizados dos processos, especificações técnicas/ requisitos técnicos, partes de produto e recursos, a fim de que etapas do desenvolvimento do projeto anteriormente executadas sejam revistas contemplando os resultados do QFD.

FMEA do projeto I

O conceito aplicado para o desenvolvimento do FMEA de projeto está descrito no capítulo 2 deste trabalho.

Para o desenvolvimento do FMEA para o projeto I foram utilizados dados obtidos no desenvolvimento do QFD, matriz do produto figuras 34 e 35 deste trabalho. Ao analisar a figura 48, pode-se identificar que na aplicação do QFD o item considerado prioritário foi software/ firmware, sendo que, todo o processo de desenvolvimento deste item, é de responsabilidade de outra unidade fabril do grupo da Siemens Metering situada na França, a unidade brasileira não possui gerenciamento sobre o referido processo, impossibilitando a utilização para aplicação do FMEA.

Para o desenvolvimento do trabalho foi selecionado o segundo item em ordem de prioridade, no caso o shunt de corrente. A título de aplicação da sistemática, permitindo a comparação em relação à metodologia atual, o FMEA não foi desenvolvido para os demais itens em função de o projeto encontrar-se em uma fase avançada de desenvolvimento, podendo em alguns casos gerar retrabalhos que a empresa não se dispôs a aceitar.

O objetivo da aplicação da metodologia FMEA é possibilitar a equipe executora do projeto identificar os potenciais pontos de falha antes que estes sejam efetivamente incorporados ao projeto do produto. Em tese todos os componentes do novo projeto devem ser analisados sob a óptica do FMEA, entretanto como a base deste trabalho é efetuar uma comparação entre as metodologias de trabalho, a atual e a nova, não se faz necessário o desenvolvimento de FMEA's para todos os itens.

A figura 49 apresenta o FMEA do projeto I. Na montagem do FMEA a equipe executora efetuou o estudo do shunt do medidor eletrônico E22, tendo este sido priorizado em função do exposto nos parágrafos acima.

No estudo realizado, foram identificados pontos a serem melhorados, pontos estes que afetam diretamente o desempenho do componente, demonstrando desta forma a necessidade de aplicação da metodologia proposta em substituição a atualmente empregada. Para o desenvolvimento do trabalho foram priorizados os três itens mais significativos, a fim de que sejam encaminhadas as devidas ações de melhoria para estes pontos. Os pontos que foram objeto de melhoria foram: inspeções de qualidade no processo, treinamentos *in company* e inspeções do recebimento de materiais.

Com base nas ações definidas, estimou-se através de uma nova análise dos critérios estabelecidos no FMEA, qual seria o grau de priorização final após a implementação das ações. Constatou-se que, se todos os pontos fossem devidamente tratados, a criticidade dos itens irá diminuir significativamente. Isso pode ser parcialmente confirmado através da análise dos índices de priorização obtidos no preenchimento do FMEA (ver figuras 49 e 50), onde se ob-

serva que com a implementação efetiva das ações serão obtidos valores significativamente melhores do que os anteriores.

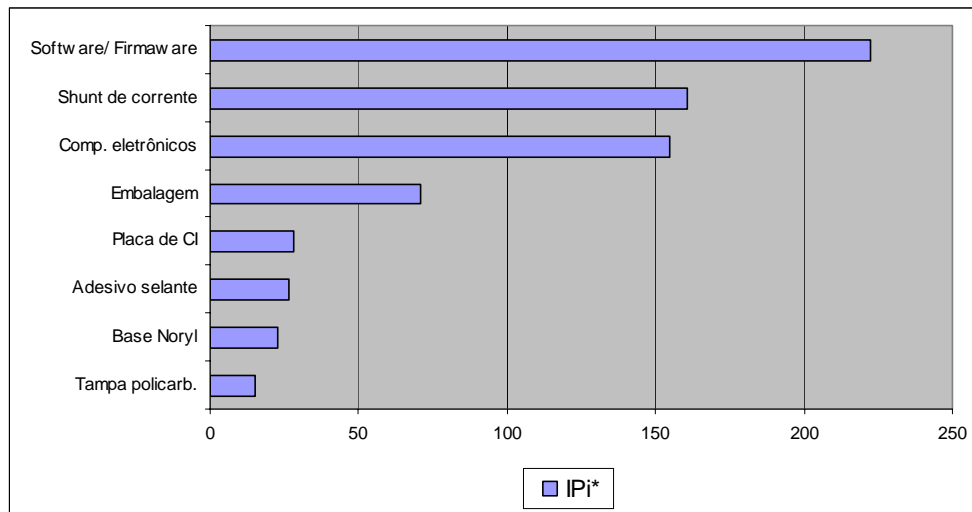


Figura 47 – Priorização das partes do produto [Fonte: elaborada pelo autor]

ANÁLISE DO MODO E EFEITO DA FALHA POTENCIAL									
(FMEA DE PROJETO)									
FMEA número:		001/2004							
Componente / Item		SHUNT-MEDIDOR ELETRÔNICO E22							
Responsável pelo projeto		Ivo Claudino							
Equipe executora		João C. Marconin / Antônio A Lourenço / Paulo Santos / Charlston Hass / Carlos Iescheck							
ITEM / FUNÇÃO	MODO DE FALHA POTENCIAL	EFEITOS POTENCIAIS DA FALHA	SEVER.	CLASS.	CAUSA E MECANISMO POTENCIAL DA FALHA	OCORR.	CONTROLES ATUAIS DO PROJETO PREVENÇÃO	DETECÇ.	NPR
Medição da corrente que circula no circuito onde o medidor está conectado	erro na medição de corrente no circuito por falha na especificação do shunt	Impossibilidade de efetuar a medição da energia	8	Crítico para qualidade	Falha na especificação do shunt	3	Ensaio de laboratório	2	48
	Falha de montagem do shunt no medidor				5	Inspeções de processo qualidade.	5	200	
	Utilização inadequada do shunt quando instalado no medidor				5	Treinamentos "in company"	6	240	
	Interrupção do circuito de corrente				2	Testes de qualidade, desenvolvimento de fornecedor	5	80	
Permitir as conexões elétricas do circuito do medidor.	Falha de conexão elétrica, interrompendo o circuito, por problemas de montagem	Impossibilidade de conexão ao circuito, deixando o mesmo "aberto"	8	Crítico para qualidade	Falha no treinamento, erro de montagem	5	Inspeções de processo qualidade.	5	200
	Sobreaquecimento das conexões				Aumento do consumo de energia em função da energia dissipada em forma de calor	6	Inspeção de recebimento de materiais	5	240
	Oxidação nos terminais prejudicando a conexão elétrica				Problemas de qualidade do material recebido.	6	Inspeção de recebimento de materiais	5	240
Conversão de sinais analógicos para sinais digitais, permitindo a medição eletrônica	Erro na medição eletrônica de energia	Falha da medição de energia, sendo esta medida de forma errônea	6	Crítico para qualidade	Qualidade dos componentes utilizados	6	Inspeção de recebimento de materiais, ensaios de laboratório	5	180
	Falha na elaboração do projeto eletrônico				Execução do projeto eletrônico de forma inadequada	5	Ensaio de validação e fluxo de trabalho	3	90
	Problemas de conexão interferindo no sinal digital, montagem/ mau contato				Falha de montagem	5	Inspeções de processo qualidade.	5	150
Dissipação de calor dentro do estabelecido em normas	Sobreaquecimento do shunt, falha na dissipação de calor	Aumento do consumo de energia em função da energia dissipada em forma de calor	7	Crítico para qualidade	Falha na especificação do shunt erro de projeto	5	Ensaio de laboratório	3	105
	Dimensionamento errado do Shunt				Falha no treinamento, erro de montagem	5	Inspeções de processo qualidade.	5	175

Figura 48 – Primeira parte da construção do FMEA para o projeto I [Fonte: elaborada pelo autor]

AÇÕES RECOMENDADAS							RESPONSÁVEL E PRAZO	AÇÕES TOMADAS	SEVER.	OCORR.	DETECÇ.	NPR
NENHUMA							NENHUMA	NENHUMA				
1 - Montagem de equipes que atuem gerenciando suas atividades, self-control. 2 - Exigência de grau mínimo de escolaridade p/ os operadores, segundo grau, cursando ou completo.							Antônio Lourenço - Fev/2005		7	3	3	63
1 - Criar manual de instalação do equipamento. 2 - Criar setor de suporte técnico que poderá ser acessado por telefone, e-mail ou outro.							Ivo Claudino - Jan/2005					
NENHUMA							NENHUMA	NENHUMA				
1 - Montagem de equipes que atuem gerenciando suas atividades, self-control. 2 - Exigência de grau mínimo de escolaridade p/ os operadores, segundo grau, cursando ou completo.							Antônio Lourenço - Fev/2004		7	3	3	63
1 - Melhoria no processo de desenvolvimento de fornecedores, avaliando a capacidade de fornecimento dos mesmos. 2 - Aprimoramento do processo de aprovação de amostras / lote piloto, evitando a utilização de itens não aprovados.							João C. Marconcin - Dez/2004					
NENHUMA							NENHUMA	NENHUMA				
NENHUMA							NENHUMA	NENHUMA				

Figura 49 – Segunda parte da construção do FMEA para o projeto I [Fonte: elaborada pelo autor]

4.2.2 Desenvolvimento do projeto II

O segundo projeto selecionado para o teste de metodologia é o projeto do medidor eletromecânico M12M, ver característica no apêndice II, visto que, este projeto encontra-se em fase final de desenvolvimento, possibilitando assim a implementação de melhorias que não foram evidenciadas no transcorrer da metodologia atual de desenvolvimento de produtos. O fato de serem identificados pontos de melhoria no atual estágio de desenvolvimento demonstra a necessidade de aprimoramento no procedimento atualmente utilizado.

Definição da Qualidade demandada

Tendo em vista a dificuldade na identificação da qualidade demanda por parte de clientes através da entrevista destes, a análise foi realizada através de um levantamento junto à equipe da área Comercial da Siemens Metering, uma vez que esta tem por função, através de visitas frequentes, ser a voz do cliente dentro da empresa, desta forma foi possível identificar a qualidade demandada pelo cliente, bem como a importância destes itens.

A figura 51 demonstra a análise dos dados provenientes da pesquisa realizada com todos os colaboradores responsáveis pelo contato com o cliente, ela é constituída de dois níveis, sendo nível primário a qualidade demandada pelo cliente e o secundário resume-se a característica da qualidade associada àquela demandada.

A figura 52 demonstra os itens priorizados e ordenados, onde se pode identificar como mais prioritário o item precisão da medição e o menos prioritário durabilidade. Estas informações foram utilizadas para a elaboração da matriz da qualidade.

Medidor M12M - Monofásico eletromecânico base metálica							
Nível primário							Nível secundário
Demanda da Qualidade	Peso	Peso %	IDi	Ei	Mi	IDi*	Característica da qualidade associada
Precisão da medição	2	33%	33	2	1	47	Classe de exatidão do medidor Calibração entre margens da norma Classe de exatidão do equipamento utilizado Resistência da embalagem
Segurança	1,5	25%	25	1,5	1	31	Passar no teste Hi-pot Treinamento dos colaboradores
Durabilidade	1	17%	17	1	1	17	Classe de exatidão do medidor Robustez do projeto do produto
Anti-fraude	1,5	25%	25	1,5	1	31	Treinamento dos colaboradores Resistência do adesivo utilizado

Figura 50 – Tabela de priorização da qualidade demandada [Fonte: elaborada pelo autor]

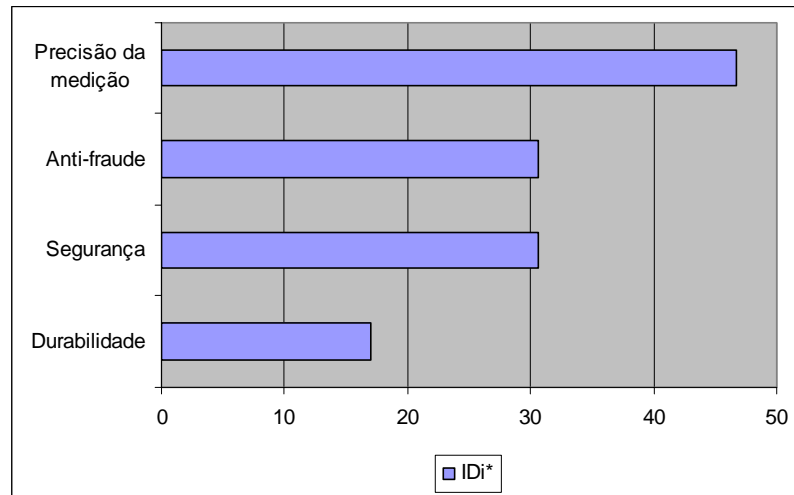


Figura 51 – Priorização dos itens da qualidade demandada [Fonte: elaborada pelo autor]

Matriz da Qualidade

Para a elaboração da matriz da qualidade foram utilizados os conceitos definidos no capítulo 2 deste trabalho. Os dados obtidos na pesquisa junto à área Comercial da empresa, que teve por objetivo identificar a qualidade demandada para o projeto II, foram utilizados na matriz da qualidade, onde foram cruzados com as características de qualidade relacionadas. Na matriz da qualidade, foi possível, através da atribuição de pesos, utilizando-se uma escala pré-definida, identificar a intensidade do relacionamento entre a qualidade demandada e as características da qualidade demandada.

A priorização dos itens da qualidade demandada corrigida IDi^* , foi obtida através da utilização da equação 12. Para a correção dos pesos utilizados no cálculo da qualidade demandada IDi^* , foram utilizadas dois fatores, sendo estes, a avaliação competitiva (Mi) e a avaliação estratégica (Ei), os resultados obtidos constam da tabela da figura 53.

$$IDi^* = IDi \times \sqrt{Ei} \times \sqrt{Mi} \quad (\text{eq. 12})$$

A priorização da qualidade demandada corrigida IDi^* , possibilitou a priorização das características da qualidade. Para o cálculo da priorização das características da qualidade IQj é utilizada a equação 13.

Para o cálculo do índice de priorização da característica da qualidade corrigida IQj^* , utiliza-se a equação 14, onde são considerados para o cálculo, os fatores de correção, que consideram a dificuldade de atuação (Dj) que identifica a dificuldade de atuação nas especifica-

ções das características da qualidade, e a avaliação da competitividade (Bj) onde o produto é avaliado em relação à concorrência. A figura 54 demonstra os itens priorizados e ordenados.

$$IQj = \sum_{i=j}^n IDi * \times DQij \quad (\text{eq. 13})$$

$$IQj^* = IQj \times \sqrt{Dj} \times \sqrt{Bj} \quad (\text{eq. 14})$$

O resultado da priorização demonstra que os itens mais importantes são a classe de exatidão do medidor, robustez do projeto e calibração dentro da norma.

MATRIZ DE QFD		MATRIZ DA QUALIDADE											
MEDIDOR M12M		Característica da Qualidade								IDi	Ei	Mi	IDi*
Qualidade Demandada		Classe de exatidão do medidor	Calibração entre margens da norma	Classe de exatidão do equipamento utilizado	Resistência da embalagem	Resistência do adesivo utilizado	Passar no teste Hi-pot	Robustez do projeto do produto	Treinamento dos colaboradores				
	Durabilidade	9	9	9				3	1	17	1	1	17
	Segurança						9		3	25	1,5	1	31
	Anti-fraude					9			3	25	1,5	1	31
	Precisão da medição	9	3		3			9	1	33	2	1	47
													0
													0
													0
													0
													0

Especificações	Especificações de projeto	Margens de + - 1,5%	Dentro da classe do medidor < 2%	Onda simples e gramatura X	Durabilidade "X"	1,5kV por 10"	Durabilidade > 5 anos	Atendimento aos métodos do processo
IQj	573	293	153	140	276	276	471	247
Dificuldade de atuação (Dj)	1	2	1,5	1,5	0,5	2	1	2
Análise competitiva (Bj)	1	1	1	1,5	1	1	1	1
IQj*	57	41	19	21	19	39	47	35

Figura 52 – Matriz da Qualidade [Fonte: elaborada pelo autor]

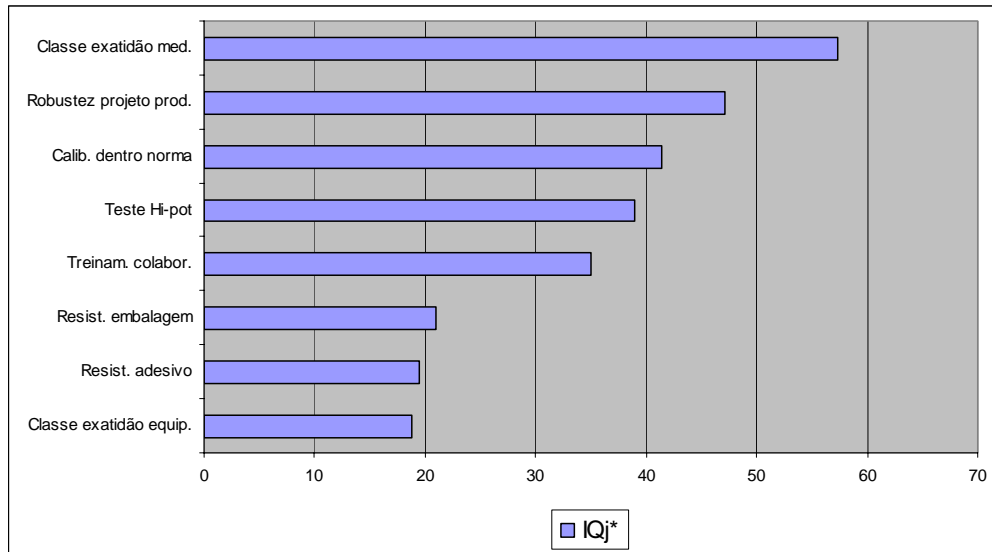


Figura 53 –Priorização das características de qualidade [Fonte: elaborada pelo autor]

A análise de correlação das características da qualidade, conforme demonstrado na figura 55, permite identificar a o relacionamento entre elas, sendo este um ponto a ser considerado, pois caso alguma característica tenha seus parâmetros alterados, pode afetar de forma significativa outra característica. Como exemplo, verificou-se que a característica da qualidade “classe de exatidão do equipamento utilizado”, influencia e é influenciada por duas outras características da qualidade, “classe de exatidão do medidor” e “calibração entre margens da norma”.

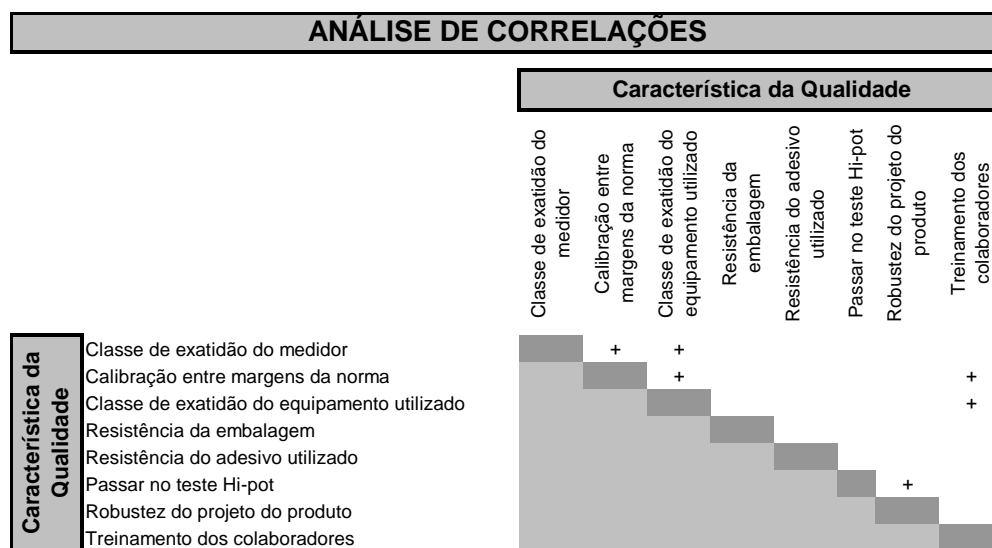


Figura 54 – Análise de correlação dos itens definidos na característica da qualidade [Fonte: elaborada pelo autor]

Matriz do Produto

Para a elaboração da matriz do produto, foram utilizados os conceitos definidos no capítulo 2.

A matriz do produto tem por finalidade, correlacionar as características da qualidade com as partes do produto. São atribuídos pesos para identificar a intensidade do relacionamento entre as partes do produto e as características da qualidade que estão sendo analisadas.

Para o cálculo da priorização das partes do produto foi considerado o fator de priorização das características da qualidade corrigido, IQj^* , bem como os pesos utilizados para demonstrar o relacionamento com as partes do produto, a equação 15 foi utilizada para o cálculo.

$$IPi = \sum_{j=1}^n PQij \times IQj^* \quad (\text{eq. 15})$$

Para o cálculo do fator de priorização corrigido IPi^* , ver equação 16, foram considerados os fatores de priorização das partes do produto IPi , bem como fatores de correção como a dificuldade de implantação (Fi) e o tempo de implantação (Ti). O fator corrigido é utilizado para a priorização das partes do produto.

$$IPi^* = IPi \times \sqrt{Fi} \times \sqrt{Ti} \quad (\text{eq. 16})$$

A figura 56 ilustra a construção de uma matriz de produto onde se visualiza a intensidade dos relacionamentos entre as partes do produto e as características da qualidade. O fator de priorização corrigido das partes do produto (IPi^*) também pode ser visualizado. A figura 57 demonstra as partes do produto priorizadas e ordenadas. As partes mais importantes são nesta ordem: bobina de potencial, bobina de corrente e elemento móvel.

MATRIZ DE QFD		MATRIZ DO PRODUTO											
		Característica de Qualidade											
		Classe de exatidão do medidor	Calibração entre margens da norma	Classe de exatidão do equipamento utilizado	Resistência da embalagem	Resistência do adesivo utilizado	Passar no teste Hi-pot	Robustez do projeto do produto	Treinamento dos colaboradores	IPi	Fi	Ti	IPi*
IQj*		57	41	19	21	19	39	47	35				
Partes do produto	Elemento frenador	1	9					3		57	1	1	57
	Elemento móvel	3	3					6		58	1	1	58
	Base metálica						1	1		9	2	1,5	15
	Tampa de policarbonato						1	1		9	2	1,5	15
	Adesivo selante					9				18	1,5	1,5	26
	Bobina de corrente		6				9	1		65	1	1,5	79
	Bobina de potencial		6				9	1		65	1,5	1,5	97
	Embalagem				9				1	22	2	2	45

Figura 55 – Matriz do Produto [Fonte: elaborada pelo autor]

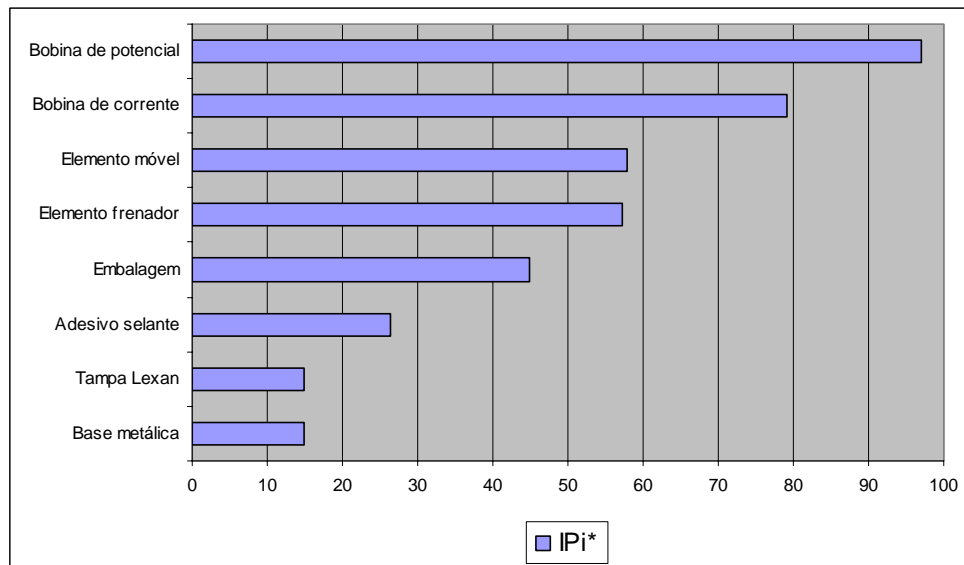


Figura 56 – Priorização das partes do produto [Fonte: elaborada pelo autor]

Matriz das Características das Partes

A matriz das características das partes tem por objetivo cruzar as partes mais importantes com as suas respectivas características da qualidade, os conceitos aplicados são descritos no capítulo 2.

São atribuídos pesos para identificar a intensidade do relacionamento entre as características das partes e as partes do produto. Quanto maior a intensidade do relacionamento maior será o peso atribuído.

Para o cálculo do fator de priorização é utilizada a equação 17. Considera-se na fórmula o fator de priorização corrigido das partes do produto (IPi^*). A fim de correlacionar de forma adequada às partes do produto com as características das partes.

$$Priorização = \sum_{i=1}^n PCij \times IPi^* \quad (\text{eq. 17})$$

A figura 58 ilustra a construção da matriz das características das partes onde se visualiza a intensidade dos relacionamentos entre as partes do produto e as características das partes. O fator de priorização das características da partes pode ser visualizado. A figura 59 demonstra as características das partes do produto priorizadas e ordenadas.

MATRIZ DE QFD		MATRIZ DAS CARACTERÍSTICAS DAS PARTES									
		Características das partes									
		IPi^*	Dimensional	Resistência ôhmica	Empeno máximo admissível	Estabilização magnética do ímã	Livre de oxidações	Resistência mecânica	Resistência mecânica	Resistência mecânica	Gramatura
Partes do produto	Bobina de potencial	97	6	9							
	Bobina de corrente	79	9				3				
	Elemento móvel	58	9		9		1				
	Elemento frenador	57	9			9	6				
	Embalagem	45	6								9
	Adesivo selante	26						9			
	Tampa Lexan	15	9						9		
	Base metálica	15	9				6			9	
Priorização			28,7	8,7	5,2	5,1	7,3	2,4	1,3	1,3	4,0

Figura 57 – Matriz das Características das partes do Produto [Fonte: elaborada pelo autor]

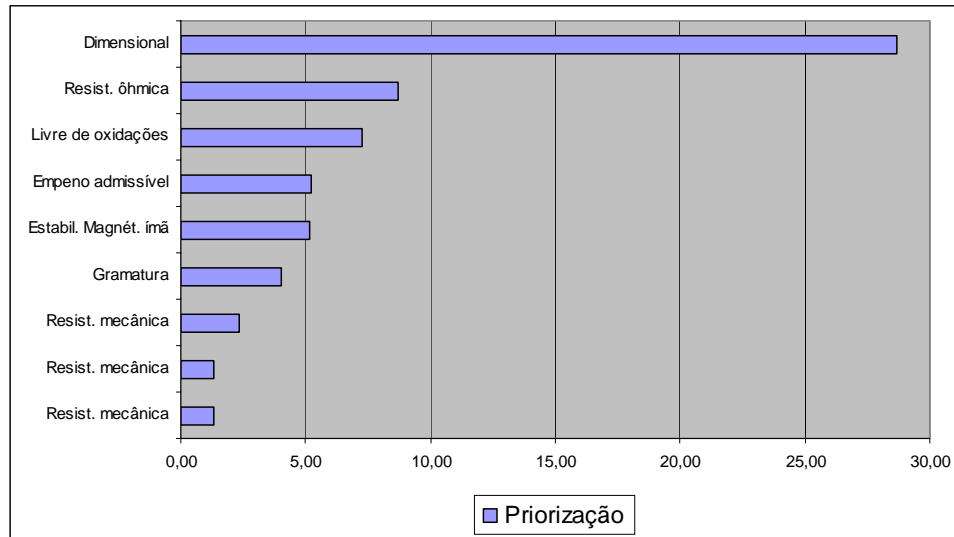


Figura 58 – Priorização das características das partes dos produtos [Fonte: elaborada pelo autor]

Matriz dos Processos

A matriz dos processos tem por objetivo correlacionar as características da qualidade com etapas de processo, buscando desta forma identificar os processos considerados críticos para a qualidade do produto, possibilitando a priorização destes. Os conceitos aplicados são descritos no capítulo 2.

A análise da intensidade do relacionamento das etapas dos processos em relação às características da qualidade se dá pela utilização de uma escala previamente estabelecida, onde quando maior o valor atribuído, mais forte será a relação entre os itens analisados.

Para o cálculo da priorização das etapas do processo considera-se o fator de priorização das características da qualidade corrigido, IQj^* , bem como os pesos utilizados para demonstrar o relacionamento com as partes do produto, ver equação 18.

$$IPi = \sum_{j=1}^n PQij \times IQj^* \quad (\text{eq. 18})$$

Para o cálculo do fator de priorização corrigido IPi^* , foi utilizada a equação 19, onde, foram considerados os fatores de priorização das etapas do processo IPi , bem como fatores de correção como a dificuldade de implantação (Fi) e o tempo de implantação (Ti). O fator corrigido é utilizado para a priorização das etapas do processo.

$$IPi^* = IPi \times \sqrt{Fi} \times \sqrt{Ti} \quad (\text{eq. 19})$$

A figura 60 ilustra a construção de uma matriz do processo onde se visualiza a intensidade dos relacionamentos entre as características da qualidade e as etapas do processo relacionadas. O fator de priorização corrigido das etapas do processo (IPi*) também pode ser visualizado. A figura 61 demonstra as etapas do processo priorizadas e ordenadas. As etapas mais importantes são nesta ordem: testes funcionais, inspeção final e calibração.

MATRIZ DE QFD		MATRIZ DO PROCESSO											
		Característica de Qualidade											
		Classe de exatidão do medidor	Calibração entre margens da norma	Classe de exatidão do equipamento utilizado	Resistência da embalagem	Resistência do adesivo utilizado	Passar no teste Hi-pot	Robustez do projeto do produto	Treinamento dos colaboradores				
IQj*		57	41	19	21	19	39	47	35	IPi	Fi	Ti	IPi*
Etapas do Processo	Desenvolvimento do produto	9	3		6	6	9	9		1658	0,5	1	12
	Recebimento de materiais e subconjuntos	3			6	6	1			453,8	1	1,5	5,6
	Setup de linha / definição de equipamentos		6	9			3			534,2	1,5	1,5	8
	Definição do método de trabalho		6				1	9		602,5	2	1,5	10
	Montagem mecânica de subconjuntos	3	3				3		3	518,1	1,5	1,5	7,8
	Montagem mecânica do medidor	3	3				3		3	518,1	1,5	1,5	7,8
	Inspeção de processo	3	6	3	1	1	1	1	1	591,2	1,5	1,5	8,9
	Testes de funcionais	9	9	6			3		3	1223	1,5	1,5	18
	Calibração	9	9	6					1	1036	1,5	1,5	16
	Inspeção final	9	9	3	1	1	3		1	1137	1,5	1,5	17
	Expedição				9				3	294	2	2	5,9

Figura 59 – Matriz dos Processos [Fonte: elaborada pelo autor]

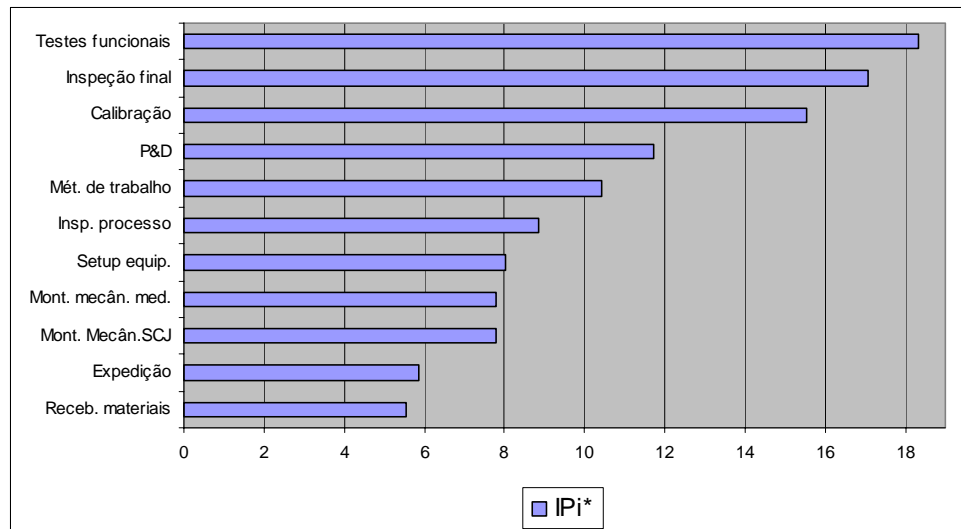


Figura 60 – Priorização das etapas do processo [Fonte: elaborada pelo autor]

Matriz dos parâmetros dos processos

A matriz dos parâmetros dos processos tem por objetivo correlacionar as etapas de processo com os principais parâmetros dos processos, buscando desta forma identificar os parâmetros dos processos considerados críticos para a qualidade do produto, possibilitando a priorização destes. Os conceitos aplicados são descritos no capítulo 2.

A análise da intensidade do relacionamento das etapas dos processos em relação aos parâmetros dos processos se dá pela utilização de uma escala previamente estabelecida, onde quando maior o valor atribuído, mais forte será a relação entre os itens analisados.

Para o cálculo do fator de priorização é utilizada a equação 20. Considera-se na fórmula o fator de priorização corrigido das etapas do processo (IPi^*). A fim de correlacionar de forma adequada os parâmetros dos processos com as etapas dos processos.

$$Priorização = \sum_{i=1}^n EPI_{ij} \times IPi^* \quad (\text{eq. 20})$$

A figura 62 ilustra a construção da matriz dos parâmetros dos processos, onde se visualizada a intensidade dos relacionamentos entre as etapas dos processos e os parâmetros dos processos. O fator de priorização dos parâmetros dos processos pode ser visualizado. A figura 63 demonstra os parâmetros dos processos priorizados e ordenados. Observa-se que os parâmetros mais importantes são nesta ordem: instruções de trabalho, requisitos de montagem e critérios da NBR 5426.

MATRIZ DE QFD		MATRIZ DAOS PARÂMETROS DO PROCESSO													
		Parâmetros do Processo													
		IPi*	Critérios da norma NBR 5426	Especificação de projeto	Instruções de trabalho	Definição dos equipamentos	Requisitos de montagem p/ subconjuntos	Tempo no desenvolvimento	Nº falhas por projeto	Informações da OV	% de rejeição no recebimento	Valores entre +- 1,5%	% de rejeição inspeção final	% de rejeição inspeção do processo	
Etapas do Processo	Testes de funcionais	18			9	3	6							3	
	Inspeção final	17	9			3				6		9	9		
	Calibração	16	6	1	6	1	1			1		9		6	
	P&D	12	6	9			3	9	6						
	Método de trabalho	10		3	9	6	6								
	Insp. processo	9	3	1	6	3	6			3				9	
	Setup equip.	8			3	9	3								
	Mont. mecân. med.	8		1	9					3					6
	Mont. Mecân.SCJ	8		1			9			3					6
	Expedição	6								9					
	Receb. materiais	6		3								9			
	Priorização			34	19	50	28	37	11	7	24	5	29	15	32

Figura 61 – Matriz de Parâmetro dos Processos [Fonte: elaborada pelo autor]

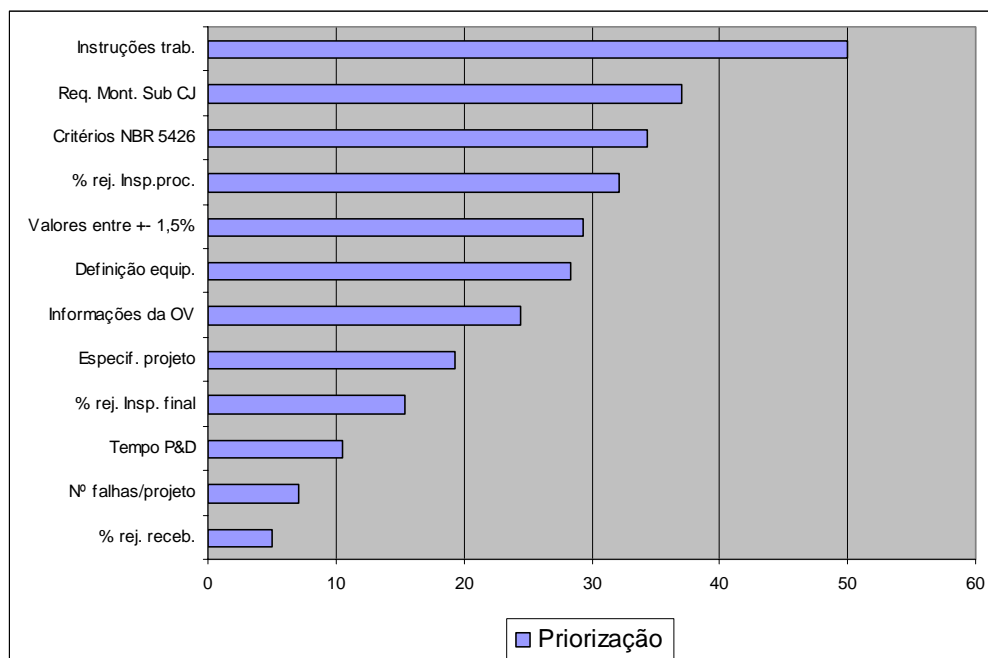


Figura 62 – Priorização dos parâmetros do processo [Fonte: elaborada pelo autor]

Matriz dos Recursos

A matriz dos recursos tem por objetivo correlacionar as etapas de processo com os recursos de infra-estrutura e humanos, buscando desta forma identificar os recursos considerados críticos para a qualidade do produto, possibilitando a priorização destes. Os conceitos aplicados são descritos no capítulo 2.

A análise da intensidade do relacionamento das etapas dos processos em relação aos recursos se dá pela utilização de uma escala previamente estabelecida, onde, quanto maior o valor atribuído, mais forte será a relação entre os itens analisados.

Para o cálculo do fator de priorização dos recursos humanos é utilizada a equação 21. Considera-se na fórmula o fator de priorização corrigido das etapas do processo (IPi^*). A fim de correlacionar de forma adequada os recursos humanos com as etapas dos processos.

$$IRj = \sum_{j=1}^n PRij \times IPi^* \quad (\text{eq. 21})$$

Para o cálculo do fator de priorização corrigido IRj^* , ver equação 22, onde, foram considerados os fatores de priorização dos recursos humanos IRj , bem como fatores de correção como os custos de implantação do recurso humano (Cj) e dificuldade de implantação dos recursos humano (Lj). O fator corrigido é utilizado para a priorização dos recursos humanos.

$$IRj^* = IRj \times \sqrt{Cj} \times \sqrt{Lj} \quad (\text{eq. 22})$$

A figura 64 ilustra a construção da matriz dos recursos humanos, onde se visualizada a intensidade dos relacionamentos entre as etapas dos processos e o recurso humano analisado. O fator de priorização dos recursos humanos pode ser visualizado. A figura 65 demonstra os recursos humanos priorizados e ordenados. Como pode ser visto, os itens que se destacaram foram nesta ordem: montador III, líder de montagem e técnico de método e processos.

MATRIZ DE QFD		MATRIZ DOS RECURSOS HUMANOS								
		Recursos Humanos								
		IPi*	Inspetor de qualidade	Técnico Qualidade	Técnico Métodos e Processos	Eng de Produto	Lider de montagem	Almoxarife	Encarregado expedição	Montador III
Etapas do processo	Testes de funcionais	18	6			1	6			9
	Inspeção final	17		9		1				
	Calibração	16			3	1	6			9
	P&D	12			3	9				
	Método de trabalho	10			9	3	3			1
	Insp. processo	9	9	1			3			
	Setup equip.	8	1		9	1	3			
	Mont. mecân. med.	8		1	1	1	6			9
	Mont. Mecân.SCJ	8		1	1	1	6			9
	Expedição	6							9	
	Receb. materiais	6	6					9		

Importância (IRj*)	23	18	26	21	38	5	5	46
Quantidade	1	1	1	1	1	1	1	1
Salário + Encargos	1,6	3,6	3	9	4,2	1,6	2,1	1,6
% tempo dedicado	100%	35%	30%	35%	100%	20%	25%	100%
Custo Mensal	1,60	1,26	0,90	3,15	4,20	0,32	0,53	1,60
Custo corrigido Cj	1,8	1,9	1,9	1,6	1,5	2,0	2,0	1,8
Dificuldade de implementação Lj	2	1,5	1,5	1	1,5	2	1,5	1,5
IRj*	44	30	45	27	57	10	9	76

Figura 63 – Matriz dos Recursos Humanos [Fonte: elaborada pelo autor]

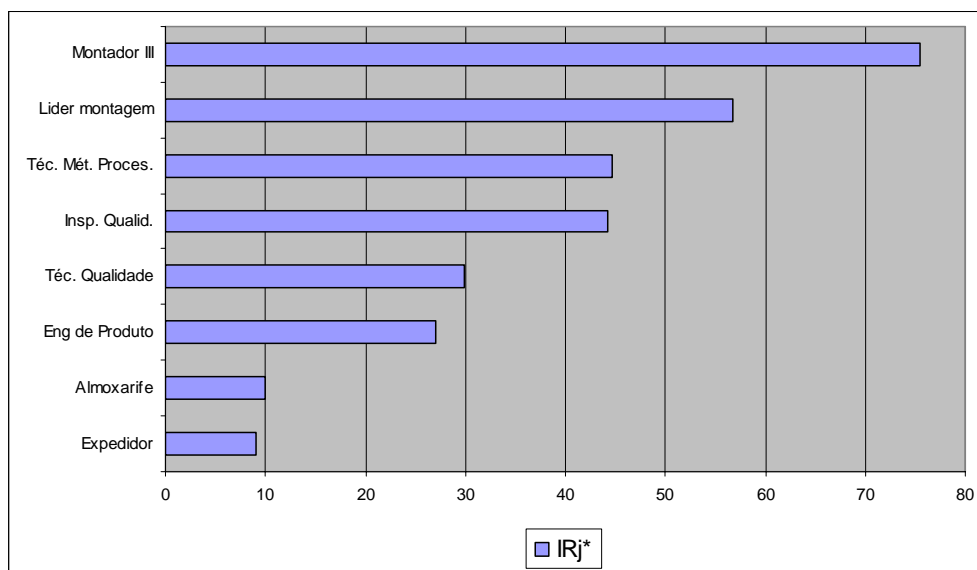


Figura 64 – Priorização dos recursos humanos [Fonte: elaborada pelo autor]

Para o cálculo do fator de priorização dos recursos de infra-estrutura é utilizada a equação 21. Considera-se na fórmula o fator de priorização corrigido das etapas do processo (IPi*). A fim de correlacionar de forma adequada os recursos humanos com as etapas dos processos.

Para o cálculo do fator de priorização corrigido IRj*, ver equação 22, onde, foram considerados os fatores de priorização dos recursos de infra-estrutura IRj, bem como fatores de correção como os custos de implantação do recurso de infra-estrutura (Cj) e dificuldade de implantação do recurso de infra-estrutura (Lj). O fator corrigido é utilizado para a priorização do recurso de infra-estrutura.

A figura 66 ilustra a construção da matriz dos recursos de infra-estrutura, onde se visualizada a intensidade dos relacionamentos entre as etapas dos processos e o recurso de infra-estrutura analisado. O fator de priorização dos recursos de infra-estrutura pode ser visualizado. A figura 67 demonstra os recursos humanos priorizados e ordenados. A análise revelou que os itens mais importantes são nesta ordem: bancada de produção, salas climatizadas e dispositivos para montagem de sub-conjuntos.

MATRIZ DE QFD		RECURSOS DE INFRA-ESTRUTURA									
		Recursos de Infra-estrutura									
		IPi*	Salas climatizadas	Equipamentos e padrões de Wh aferidos	Bancada de produção	Dispositivos p/ montagem de sub-conjuntos	Software de simulação do processo	Software CAD/CAM	Ferramentas manuais gerais	Instrumentos de medição mecânica	Dispositivos para embalagem
Etapas do processo	Testes funcionais	18	6		9	3			1		
	Inspeção final	17	9	9						6	
	Calibração	16	9	9	9				1		
	P&D	12						9			
	Mét. de trabalho	10					9				
	Insp. processo	9			3	3			1	9	
	Setup equip.	8			1	1	9		1		
	Mont. mecân. med.	8				9			9		
	Mont. Mecân.SCJ	8				9			9		
	Expedição	6									9
	Receb. materiais	6							1	9	
Importância		40	29	34	23	17	11	20	23	5	
Custo do Equipamento		10	10	35	40	5	8	0,8	3	0,2	
Tempo amortização (ano)		10	5	10	10	5	5	5	5	5	
Custo op/ manut mês KR\$		0,25	0,291	0,25	0,25	0,42	0,42	0,083	0,041	0,05	
Tempo de uso (%)		100%	60%	100%	70%	2%	20%	60%	30%	35%	
Custo mensal		0,33	0,27	0,54	0,41	0,01	0,11	0,06	0,03	0,02	
Custo corrigido (Cj)		0,33	0,16	0,54	0,29	0,00	0,02	0,03	0,01	0,01	
Dificuldade de implementação Lj			0,5	1,5	1,5	1,5	1	1	2	1,5	2
IRj*		16,5	14,6	30,6	15,0	0,2	1,6	5,2	2,6	0,6	

Figura 65 – Matriz dos Recursos Infra-Estrutura [Fonte: elaborada pelo autor]

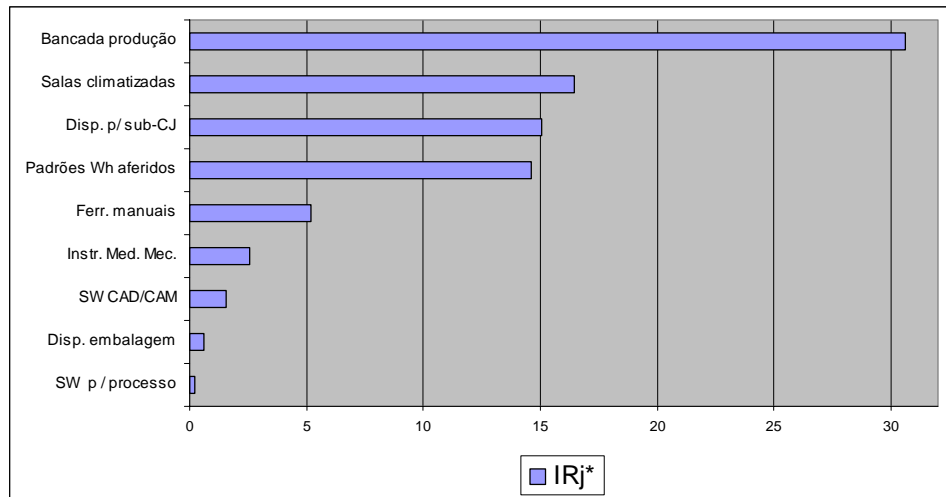


Figura 66 – Priorização dos recursos de infra-estrutura [Fonte: elaborada pelo autor]

Matriz dos custos

A matriz dos custos tem por objetivo custear as etapas de processo tendo por base a análise efetuada na elaboração da matriz dos recursos humanos e na matriz dos recursos de infra-estrutura. O preenchimento da matriz é realizado tomando como base os custos e a intensidade de relacionamento identificada nas matrizes dos recursos. Os conceitos aplicados são descritos no capítulo 2. O preenchimento da matriz dos custos é demonstrado na figura 68.

Após o preenchimento da matriz dos custos é efetuada uma comparação entre a importância e o custo de cada processo, apresentada na figura 69. O objetivo desta comparação é avaliar a coerência na alocação de recursos, uma vez que processo com maior grau de importância deve ter um maior investimento alocado, evitando que ocorram distorções como a aplicação de muitos recursos em processos de pouca importância. Esse processo auxilia o planejamento identificando os pontos que eventualmente devam ser corrigidos.

MATRIZ DE QFD		MATRIZ DOS CUSTOS																
RECURSOS	Inspetor de qualidade	Técnico Qualidade	Técnico Métodos e Processos	Eng de Produto	Lider de montagem	Almoxarife	Encarregado expedição	Montador III	Salas climatizadas	Equipamentos e padrões de Wh alterados	Bancada de produção	Dispositivos p/ montagem de sub-conjuntos	Software de simulação do processo	Software CAD/CAM	Ferramentas manuais gerais	Instrumentos de medição mecânica	Dispositivos para embalagem	Custo mensal dos processos
	CUSTOS (RH + INFR)	1,84	1,88	1,93	1,64	1,50	2,00	1,97	1,84	0,33	0,16	0,54	0,29	0,00	0,02	0,03	0,01	
SOMATÓRIA (RH + INFR)	22	12	26	18	33	9	9	37	24	18	22	25	18	9	23	24	9	
ETAPAS DO PROCESSO	IPi*																	
Testes de funcionais	18	0,50	0,00	0,00	0,09	0,27	0,00	0,00	0,45	0,08	0,00	0,22	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	1,7
Inspeção final	17	0,00	1,41	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,7
Calibração	16	0,00	0,00	0,22	0,09	0,27	0,00	0,00	0,45	0,13	0,08	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,5
P&D	12	0,00	0,00	0,22	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	1,1
Método de trabalho	10	0,00	0,00	0,67	0,27	0,14	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,1
Insp. processo	9	0,75	0,16	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	1,2
Setup equip.	8	0,08	0,00	0,67	0,09	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,0
Mont. mecân. med.	8	0,00	0,16	0,07	0,09	0,27	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,01	0,00	1,2
Mont. Mecân.SCJ	8	0,00	0,16	0,07	0,09	0,27	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,01	0,00	1,2
Expedição	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2,0
Receb. materiais	6	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,5

Figura 67 – Matriz dos Custos [Fonte: elaborada pelo autor]

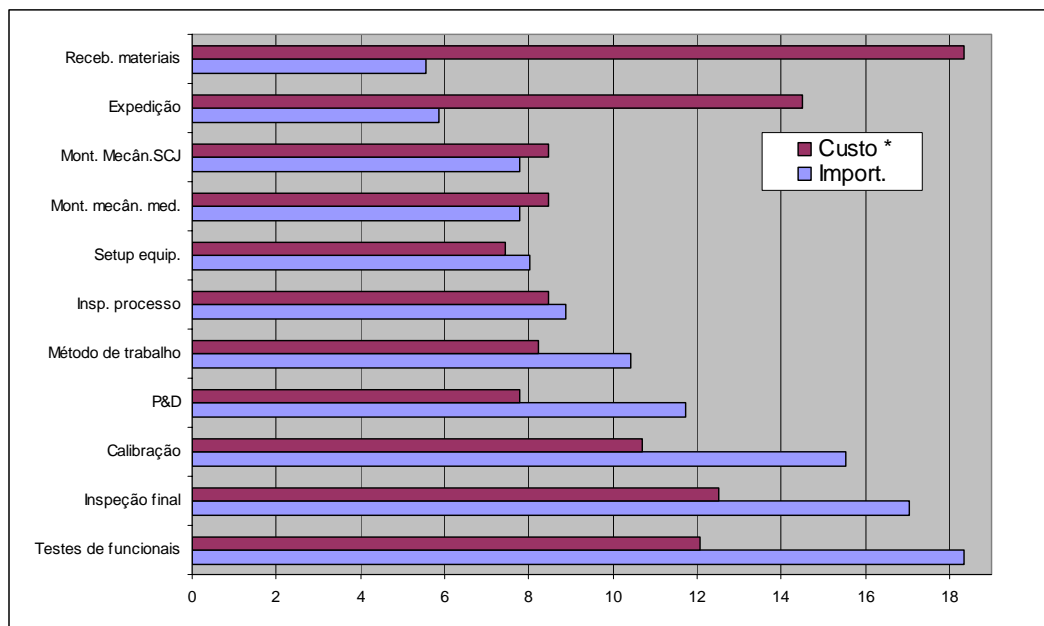


Figura 68 – Comparação entre Importância x Custos dos Processos [Fonte: elaborada pelo autor]

Os pontos que apresentam maior distorção, onde os custos envolvidos são pequenos comparados à importância do item, são os itens inspeção final, testes funcionais, calibração,

método de trabalho, P&D, inspeção no processo e setup de equipamento . Em contrapartida pode-se analisar processos onde o custo envolvido pode ser considerado excessivo em relação à importância do processo, como exemplo recebimento de materiais, expedição, montagem mecânica SCJ e montagem mecânica medidor.

Planos de melhoria

Tendo por base as informações contidas no processo de desenvolvimento do QFD para o projeto II, os dados serão utilizados para que se efetuem análises nos itens priorizados dos processos, especificações técnicas/ requisitos técnicos, partes de produto e recursos, a fim de que etapas do desenvolvimento do projeto anteriormente executadas sejam revistas contemplando o resultados do QFD

FMEA projeto II

O conceito aplicado para o desenvolvimento do FMEA de projeto está descrito no capítulo 2 deste trabalho.

Para o desenvolvimento do FMEA para o projeto II, foram utilizados dados obtidos no desenvolvimento do QFD, matriz do produto figuras 56 e 57 deste trabalho. Ao analisar a figura 70, pode-se identificar que na aplicação do QFD o item considerado mais prioritário foi à bobina de potencial do medidor M12M. O FMEA não foi desenvolvido para os demais itens em função do projeto encontrar-se em uma fase avançada de desenvolvimento, podendo em alguns casos gerar retrabalhos que a empresa não se dispôs a aceitar.

O objetivo da aplicação da metodologia FMEA é possibilitar a equipe executora do projeto identificar os potenciais pontos de falha antes que estes sejam efetivamente incorporados ao projeto do produto. Em tese, todos os componentes do novo projeto devem ser analisados sob a óptica do FMEA, entretanto como a base deste trabalho é efetuar uma comparação entre as metodologias de trabalho, a atual e a nova, não se faz necessário o desenvolvimento de FMEA's para todos os itens.

A figura 71 ilustra a construção do FMEA do projeto II. Na montagem do FMEA a equipe executora efetuou o estudo do item bobina de potencial do medidor M12M, tendo este sido priorizado em função do exposto nos parágrafos acima.

No estudo realizado, foram identificados pontos a serem melhorados, pontos estes que afetam diretamente o desempenho do componente, demonstrando desta forma a necessidade de aplicação da metodologia proposta em substituição a atualmente empregada. Para o desenvolvimento do trabalho foram priorizados os dois itens mais significativos, a fim de que sejam dadas as devidas ações de correção para estes pontos. Com base nas ações definidas estimou-se através de uma nova análise dos critérios estabelecidos no FMEA, qual seria o grau de priorização final após implementações, onde se constatou que se todos os pontos fossem devidamente tratados, a criticidade dos itens diminui significativamente. Esses dados podem ser comprovados através da análise dos índices de priorização demonstrados na elaboração inicial do FMEA, figuras 71 e 72, quando se estima que com a implementação efetiva das ações serão obtidos valores significativamente melhores do que os anteriores.

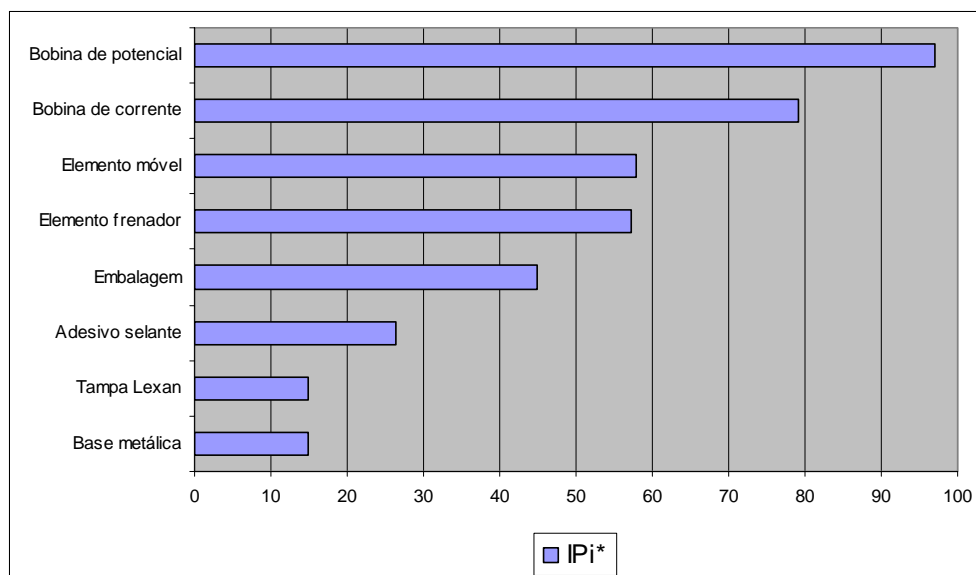


Figura 69 – Priorização das partes do produto [Fonte: elaborada pelo autor]

ANÁLISE DO MODO E EFEITO DA FALHA POTENCIAL									
(FMEA DE PROJETO)									
FMEA número:		002/2004							
Componente / Item		Bobina de potencial - Medidor Eletromecânico M12M							
Responsável pelo projeto		Humberto Pozzato							
Equipe executora		João C. Marconcin / Antônio A Lourenço / Jorge Carvalho / Élcio Zanlorenzi / Daniely Martins							
ITEM / FUNÇÃO	MODO DE FALHA POTENCIAL	EFETOS POTENCIAIS DA FALHA	SEVER.	CLASS.	CAUSA E MECANISMO POTENCIAL DA FALHA	OCORR.	CONTROLES ATUAIS DO PROJETO PREVENÇÃO	DETECC.	NPR
Gerar torque para o elemento móvel, criando o conjugado motor, através da tensão utilizada no circuito	Não gerar torque, impossibilidade de medição da energia consumida	Impossibilidade da medição da energia consumida	9	Crítico para Qualidade	Bobina de potencial interrompida	6	Ensaio de produção e inspeção de processo	4	216
	Gerar torque insuficiente p/ a característica do medidor	Medição da energia consumida é realizada de forma incorreta	7		Enrolamento da bobina de potencial incorreto	5		4	140
	Parada de funcionamento do medidor no circuito de potencial	Impossibilidade da medição da energia consumida	9		Bobina de potencial interrompida	6		4	216
	Problemas de qualidade com a laminação de aço silício	Medição da energia consumida é realizada de forma incorreta	7		Qualidade do material recebido de fornecedores	4	Desenvolvimento dos fornecedores e inspeções de recebimento do material recebido	5	140
Conexão elétrica entre as partes do circuito	Não permitir a conexão elétrica entre as partes, medidor e circuito	Impossibilidade da medição da energia consumida	9	Crítico para Qualidade	Falha na fabricação da bobina de potencial	4	Desenvolvimento dos fornecedores e inspeções de recebimento do material recebido	4	144
	Conexão elétrica frouxa, falha intermitente	Medição da energia consumida é realizada de forma incorreta	7		Falhas de montagem da bobina no medidor de energia ativa	4		Ensaio de produção e inspeção de processo	5
Suporte para a armadura do medidor e ponto de fixação mecânico a base	Desalinhamento da armadura quando fixada a bobina de potencial	Medição da energia consumida é realizada de forma incorreta	7	Crítico para Qualidade	Falhas de montagem dos conjuntos	4	Ensaio de produção e inspeção de processo	3	84
	Desalinhamento do CJ elemento motor quando fixado a base								
	Problemas dimensionais	Impossibilidade de fixação da armadura e da base	7		Qualidade do material recebido de fornecedores	4	Desenvolvimento dos fornecedores e inspeções de recebimento do material recebido	5	140
Identificação secundária da tensão nominal do medidor	Falta da identificação secundária	Dificuldade de identificação da tensão da bobina de potencial	5	Alterada a condição de uso	Falha operacional na fabricação dos conjuntos	3	Ensaio de produção e inspeção de processo	3	45
	Identificação secundária incorreta	Possibilidade da medição da energia consumida ser realizada de forma incorreta	4						
	Identificação secundária ilegível	Dificuldade de identificação da tensão da bobina de potencial	5						

Figura 70 – Primeira parte da construção do FMEA para o projeto II [Fonte: elaborada pelo autor]

AÇÕES RECOMENDADAS						
AÇÕES RECOMENDADAS	RESPONSÁVEL E PRAZO	AÇÕES TOMADAS	SEVER.	OCORR.	DETECÇ.	NPR
Implementar estudo de capacidade do processo produtivo do fornecedor. Melhorar o desempenho de qualidade do fornecedor	Elcio - Fev/2005		7	3	2	42
NENHUMA	NENHUMA					
Implementar estudo de capacidade do processo produtivo do fornecedor. Melhorar o desempenho de qualidade do fornecedor	Elcio - Fev/2005		7	3	2	42
NENHUMA	NENHUMA					
NENHUMA	NENHUMA					
NENHUMA	NENHUMA					
NENHUMA	NENHUMA					
NENHUMA	NENHUMA					
NENHUMA	NENHUMA					
NENHUMA	NENHUMA					

Figura 71 – Segunda parte da construção do FMEA para o projeto II [Fonte: elaborada pelo autor]

4.3 Discussão dos resultados

A estratégia adotada para o desenvolvimento do trabalho, foi, selecionar dois projetos em desenvolvimento dentro da Siemens Metering Ltda, aplicando a proposta de trabalho que utiliza o QFD e o FMEA integrados, viabilizando a comparação dos resultados e permitindo a identificação de melhorias no processo de desenvolvimento de produto.

Após a aplicação do QFD e FMEA para os projetos I e II, foi possível identificar nos dois projetos a vantagem da metodologia proposta em relação à atualmente utilizada pela empresa, esta vantagem se traduz na identificação de pontos como a qualidade demandada pelo

cliente que no processo de desenvolvimento do QFD pode ser transformada em requisitos do produto, processo ou infra-estrutura, focando o desenvolvimento nas necessidades do cliente. O FMEA permite que sejam executadas ações preventivas, no produto ou processo, buscando minimizar a possibilidade do aparecimento de falhas, de forma a dar mais confiabilidade ao projeto.

A proposta consiste em uma combinação das duas ferramentas, para o desenvolvimento de projetos. A primeira fase consiste em aplicar o QFD e tendo por base os dados da matriz do produto e do processo, as partes do produto e processo já priorizadas, aplica-se o FMEA de acordo com o critério de priorização. O objetivo da combinação das ferramentas consiste em otimizar a utilização das mesmas, uma vez que após o desenvolvimento do QFD, dados de entrada para o FMEA estarão disponíveis para serem utilizados no desenvolvimento deste.

Com o resultado final do trabalho, através da análise dos resultados que o projeto desenvolvido através da proposta de trabalho possui uma gama maior de informações. Essas informações, ao serem tratadas de forma sistemática, possibilitam uma análise mais abrangente. Assim, através do QFD é possível desenvolver o projeto em sintonia com a necessidade do cliente, qualidade demandada. Paralelamente, com o uso do FMEA é possível agir preventivamente, evitando falhas de projeto ou processo que comprometam o desempenho do produto final.

Quanto à metodologia atual, em função da inexistência de um método de trabalho adequado para o processo de desenvolvimento de produto, pontos importantes deixam de ser considerados, tendo em vista, os resultados encontrados na aplicação do QFD e FMEA integrados, que identificou pontos não tratados pelo método atual, como priorização dos processos das partes do produto, recursos e etc, através do QFD. Através dos resultados das ações propostas pelo FMEA, identifica-se que a metodologia atual não desenvolve atividade similar que permita a análise dos pontos relevantes do projeto, de forma a se prevenir falhas.

Tendo em vista o exposto nos parágrafos acima, pode-se concluir que o projeto desenvolvido utilizando o método proposto tende a ser mais confiável quanto a seus resultados, onde através da utilização combinada das ferramentas QFD e FMEA, as informações do projeto são tratadas de forma sistemática, minimizando a possibilidade de falha.

4.3.1 Vantagens da utilização combinada de QFD e FMEA

A vantagem na utilização combinada de ferramentas como QFD e FMEA é a padronização na execução do processo de desenvolvimento de projeto, onde, através de uma sistemá-

tica de trabalho focada no desdobramento da função qualidade (QFD) e na análise do modo e efeito de falhas potenciais (FMEA), obtém-se um projeto mais consistente. Dessa forma, minimiza-se a possibilidade de falhas, seja no planejamento, prazos e datas, ou no desempenho do produto.

O QFD permite a transformação de forma sistemática da necessidade do cliente levantada através da qualidade demandada, para algo efetivamente entendido e realizável pela organização, uma vez que através do desenvolvimento da metodologia todos os pontos relevantes são abordados. Os itens de produto, processo e infra-estrutura necessária para o atendimento destas necessidades são devidamente analisados, conduzindo a um produto que traduz as necessidades do cliente em relação a seu entendimento da qualidade demandada.

O FMEA permite a identificação de pontos relevantes do produto ou processo que são estudados e aprimorados de forma a prevenir falhas potenciais, tornando o projeto do produto mais robusto e confiável, evitando assim que estas falhas sejam incorporadas ao produto ou processo quando de sua implementação.

A metodologia atual depende da capacidade de análise da equipe executora do projeto, uma vez que pontos considerados relevantes podem ou não ser analisados. Essa decisão depende de fatores não controlados pela metodologia, como conhecimento e critério dos colaboradores envolvidos, desta forma o processo passa a não ser confiável, embutido de uma série de potenciais pontos de falha.

A proposta de trabalho faz com que os membros do grupo envolvido no processo de desenvolvimento do produto sigam uma metodologia onde as ferramentas utilizadas, QFD e FMEA, permitem que os estudos sejam direcionados de forma técnica e sistemática, minimizando a possibilidade do aparecimento de não conformidades.

4.3.2 Dificuldades na implantação da metodologia proposta

A proposta de mudança na metodologia de trabalho enfrentou dificuldades no nível gerencial da área de Engenharia de Desenvolvimento, basicamente o ponto considerado para justificar esta resistência consistia na preocupação do tempo demandado para o desenvolvimento dos trabalhos com a aplicação da nova técnica. Outro motivo da resistência foi o desconhecimento inicial dos benefícios obtidos com a utilização de ferramentas como QFD e FMEA. Foi necessária a realização de um trabalho de base, palestras, treinamentos e disponibilização de material de consulta para o corpo gerencial da empresa a fim de que os pares ao

identificarem a relação custo benefício do projeto aprovassem sua implementação de acordo com a proposta descrita neste trabalho.

A falta de informação e a resistência a mudanças dificultaram o andamento do trabalho, pois mesmo com a implementação aprovada, a área de Engenharia de Desenvolvimento atrasou o andamento das atividades, impondo barreiras para o andamento do projeto, como na coleta de dados sobre os projetos, como custo, prazos, responsáveis e eventos significativos, que foram utilizados para o desenvolvimento deste projeto.

Em função destas barreiras, o cronograma do projeto foi alterado, visto que, não haviam sido previstas etapas relacionadas ao convencimento do corpo gerencial da empresa, bem como na colaboração de uma das áreas envolvidas. As ações possíveis para contornar estas situações consistiram em procurar uma abordagem sempre pró-ativa evitando situações de atrito que viessem a prejudicar ainda mais o andamento deste trabalho.

Outra dificuldade encontrada na implantação da metodologia proposta consistiu em uniformizar o conhecimento na aplicação das ferramentas QDF e FMEA, uma vez que a equipe participante do desenvolvimento de projeto não detinha o conhecimento suficiente para tal. A uniformização consistiu em treinamentos a respeito das ferramentas a serem aplicadas, simulações de aplicação em menor escala e a disponibilização de farto material para consulta.

A equipe de desenvolvimento de produtos da empresa recebeu o suporte necessário do para o desenvolvimento das atividades relacionadas à aplicação das ferramentas QFD e FMEA.

4.3.3 Generalidade da metodologia proposta

O objeto deste trabalho consiste em uma metodologia de desenvolvimento de projetos que contempla a utilização de ferramentas consagradas no meio industrial como QFD e FMEA, possibilitando desta forma definir um padrão de trabalho reconhecidamente eficaz quanto aos resultados que apresenta.

Uma das características da metodologia proposta é a facilidade de sua aplicação, podendo ser desenvolvida em empresas do mesmo segmento ou até mesmo de outros setores. O QFD e o FMEA são técnicas de uso muito abrangente, podendo ser aplicadas em produtos ou serviços. De modo que acredita-se que o procedimento adotado poderia ser replicado em outras empresas exigindo poucas adaptações.

O sucesso da implantação, por sua vez, depende do comprometimento dos envolvidos, bem como da capacitação dos mesmos em relação à proposta de trabalho. O planejamento da

implementação da metodologia deve considerar um trabalho de base junto aos colaboradores, tendo por objetivo dar fundamentação teórica, a fim de que os mesmos possam extrair o máximo das ferramentas utilizadas no processo de desenvolvimento de produtos.

5 COMENTÁRIOS FINAIS

Neste capítulo será apresentada um resumo das principais conclusões do trabalho, bem como sugestões para a continuidade da pesquisa.

5.1 Conclusões

Esta dissertação apresentou a proposta de melhoria na sistemática de desenvolvimento de produto na Siemens Metering Ltda. O objeto desta proposta foi a aplicação de um novo método de desenvolvimento de produto que contempla a utilização integrada de ferramentas como FMEA e QFD, visto que a metodologia anterior apresentava uma série de falhas, no que diz respeito a atendimento a prazos e confiabilidade dos projetos desenvolvidos. Muitos projetos não atendiam os prazos previamente estabelecidos e em alguns casos tinham seu desempenho comprometido.

O desafio da aplicação da proposta consistiu em romper os paradigmas existentes em alguns níveis hierárquicos da empresa bem como na uniformização do conhecimento necessário para o grupo participante, uma vez que em sua maioria não haviam tido contato com as ferramentas utilizadas, QFD e FMEA.

O resultado da aplicação da proposta de trabalho foi de grande valia para a empresa pois através dela foi possível identificar de forma clara as falhas decorrentes da metodologia atual, bem como a possibilidade de solução para os problemas encontrados.

Os projetos analisados sob o método de trabalho proposto estavam em fase de desenvolvimento, sendo que, os pontos levantados no desenvolvimento do QFD e FMEA, serão considerados. O fato dos projetos estarem em fase de desenvolvimento quando da aplicação da ferramenta dificultou a obtenção dos resultados de forma plena uma vez que decisões já tomadas deveriam ser revistas. A decisão referente à implantação das ações ficou a cargo do responsável pelo projeto, uma vez que devem ser considerados fatores importantes como custo e prazos.

Os resultados encontrados demonstram que caso seja aplicada no início do desenvolvimento, a proposta de integração de QFD e FMEA propiciará resultados melhores do que os atualmente obtidos. A proposta foi aplicada em projetos em andamento e revelou falhas que deveriam ser tratadas. O uso do QFD e FMEA revelou várias oportunidades de melhoria, que não seriam exploradas caso a análise tivesse ficado restrita ao uso da metodologia anterior.

Pretende-se que com a metodologia aplicada neste estudo de caso passe a ser adotada como prática comum na empresa no processo de desenvolvimento de produto, permitindo desta forma a redução dos prazos de desenvolvimento de produto, minimizando a possibilidade do aparecimento de falhas e permitindo a elaboração de projetos mais consistentes.

A utilização do QFD permitiu que a qualidade demandada pelos clientes pudesse ser traduzida em requisitos do produto e processo. Desta forma os pontos relevantes do projeto são estudados e avaliados antecipadamente de forma a permitir uma maior consistência do projeto em desenvolvimento. Outro ponto favorável da aplicação do QFD foi à atuação em conjunto das áreas envolvidas no processo no desenvolvimento dos estudos, desta forma a troca de experiências e informações foi mais eficaz do que a metodologia anteriormente desenvolvida. Outro ponto favorável ao uso do QFD foi à definição de um padrão de trabalho no processo de desenvolvimento, que englobe de forma abrangente a atividade, considerando não somente o produto, mas também o processo e focado na transformação das características da qualidade em requisitos que atendam a estas características.

A utilização do FMEA em componentes dos projetos I e II permitiu a elaboração de um plano de ação, visando melhorias nos respectivos produtos. A elaboração destes planos e sua implementação permitem conferem maior confiabilidade referente ao resultado final do projeto. O trabalho envolvendo diversas áreas é favorável para o resultado final do projeto, uma vez que, a análise dos dados é mais abrangente com a visão de outras áreas, dando maior consistência às decisões tomadas.

Apesar dos contratempos encontrados no desenvolvimento deste trabalho, foi possível comprovar a eficiência da metodologia proposta através dos resultados obtidos. A expectativa da equipe participante da análise dos projetos I e II é que a nova metodologia seja adotada em todos os novos projetos de responsabilidade da Siemens Metering. Além disso, espera-se que novas ferramentas venham a ser agregada, buscando sempre a melhoria contínua dos processos. Também ficou evidente para a equipe a necessidade de treinamento e atualização contínua, para capacitar a equipe ao uso de novas técnicas que venham a surgir.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

A partir das considerações acima, algumas recomendações podem ser feitas para trabalhos futuros.

- Utilização da metodologia de análise de valor, buscando identificar as ações que agregam maior valor ao projeto em estudo;
- Desenvolvimento do trabalho com uma abordagem alternativa, onde sejam escolhidos projetos antes do início dos mesmos. Desta forma será possível selecionar dois ou mais projetos e desenvolvê-los de forma simultânea, aplicando as duas metodologias. Assim, será mais fácil comprovar a diferença de desempenho entre as metodologias.

Deve ser considerado no planejamento do trabalho o tempo demandado na conscientização do corpo gestor da empresa, visto que, as decisões são tomadas por estes colaboradores. Assim, poderiam ser desenvolvidos estudos referentes à capacitação da equipe gerencial, visando a excelência no desenvolvimento de produtos.

GLOSSÁRIO

Base de Noryl - Componente do medidor composto de plástico de engenharia utilizado como carcaça do produto, parte externa do medidor.

Base metálica - Componente do medidor composto de alumínio utilizado como carcaça do produto, parte externa do medidor, variante da base em noryl.

Bobina de corrente - Componente do medidor utilizado para gerar o fluxo magnético através da corrente.

Bobina de potencial - Componente do medidor utilizado para gerar fluxo magnético com a tensão da rede ao qual o medidor está conectado.

CAD / CAM - Softwares para o desenvolvimento de projetos e fabricação de partes e peças.

Componentes eletrônicos – Componente utilizado na fabricação de equipamentos eletrônicos, requer requisitos específicos de manuseio.

Concessionária de energia - Empresa responsável pela provisão de energia para os consumidores de determinada região.

Corte de energia - Ação de desligamento da unidade consumidora em função de problemas técnico ou financeiro.

Elemento frenador - Componente do medidor utilizado para a redução da velocidade do elemento móvel.

Elemento Móvel - Componente do medidor com a função de transformar o fluxo magnético gerado em movimento mecânico.

Ensaio de Hi pot - Ensaio de validação das características dielétricas, do produto.

Estabilização magnética do ímã - Processo que visa evitar a perda de carga do ímã do medidor.

Firmware - Rotina elaborada para a execução de determinada atividade, programação de baixo nível.

Leitura remota de energia - Processo de obtenção de dados sem a necessidade de deslocamento até o ponto que está sendo verificado.

Medição de energia elétrica - Processo de medição de uma grandeza elétrica, relacionada ao consumo desta.

Medidas Anti ESD - Procedimentos preventivos que visam minimizar a possibilidade de dano aos componentes eletrônicos.

Norma NBR - Referência técnica para a construção, validação e aprovação do produto medidor de energia.

Padrão de Wh - Referência para a medição da grandeza elétrica Wh.

Placa de CI - Componente utilizado em aparelhos eletrônicos.

Produtos eletromecânicos - Produto com características construtivas relacionadas a área elétrica e mecânica.

Produtos eletrônicos - Produto com características construtivas relacionadas a área eletrônica.

Qualidade de energia - Avaliação do sistema de distribuição de energia.

Religamento de energia - Procedimento relacionado uma ativação de unidade consumidora.

Resistência ôhmica - Medição de grandeza elétrica relacionada a característica de um determinado componente.

Shunt de corrente - Componente utilizado na medição da corrente de um determinado circuito, convertendo esta para um valor de referência em mV.


Software - Rotina responsável pela realização de determinada função. Programação de alto nível.

Tampa de Policarbonato - Componente do medidor utilizado como cobertura para a parte interna, fabricado em plástico de engenharia.

Apêndice A - Análise da causa raiz das falhas de execução de projetos

Prazo		Projeto				Falhas	
Previsto	Realizado	Fonte	Nome	Descrição	Motivo atraso	Causa RAIZ	
30/06/2002	ago/04	Plan/2001	Medidor ZMD 128	Medidor eletrônico para o mercado residencial	Falha na prospeção do mercado e na conclusão do projeto em função da dificuldade de aprovação de partes mecânicas, qualificação de fornecedores	Falta de sistemática adequada para o desenvolvimento de projeto.	
31/05/2003		Plan/2003	Medidor ZMD reativo	Medidor eletrônico para o mercado residencial reativo	Falha na prospeção do mercado e na conclusão do projeto em função da dificuldade de aprovação de partes mecânicas, qualificação de fornecedores	Falta de sistemática adequada para o desenvolvimento de projeto.	
31/03/2003	ago/04	Plan/2003	Medidor E21	Medidor híbrido, medição eletrônica, registrador mecânico	Falha na prospeção do mercado e na conclusão do projeto em função da dificuldade de aprovação de partes mecânicas, qualificação de fornecedores	Falta de sistemática adequada para o desenvolvimento de projeto.	
30/01/2004		Plan/2004	Medidor E22	Medidor eletrônico monofásico	Falha na prospeção do mercado e na conclusão do projeto em função da dificuldade de aprovação de partes mecânicas, qualificação de fornecedores	Falta de sistemática adequada para o desenvolvimento de projeto.	
30/07/2000	ago/04	Plan/2001	SIMEC	Sistema de medição integrada	Falha na prospeção do mercado e na conclusão do projeto em função da dificuldade de aprovação de partes mecânicas, qualificação de fornecedores	Falta de sistemática adequada para o desenvolvimento de projeto.	
31/03/2001		Plan/2001	M12 M	Desenvolver o medidor monofásico com a base metálica	Falta de sistemática para validação do projeto. Falhas projeto de componentes. Falhas no gerenciamento do projeto, atrasando prazos p/ a confecção dos moldes.	Falta de sistemática adequada para o desenvolvimento de projeto.	
30/09/1998	ago/04	Plan/1998	Auto empilhamento	Redução de custo	Falta de sistemática para validação do projeto. Falha no gerenciamento do projeto que levou a construção errada de parte da ferramenta. Reprojeto dos componentes.	Falta de sistemática adequada para o desenvolvimento de projeto.	
30/06/2001	ago/04	Plan/2001	Encapsulamento manual das bobinas de potencial	Redução de custo	Demora na aprovação final dos clientes, falhas na elaboração do projeto, identificando possibilidade de falhas.	Falta de sistemática adequada para o desenvolvimento de projeto.	

Apêndice B – Apresentação dos produtos/ itens utilizados na elaboração deste trabalho

Medidor Eletrônico ZMD 128

<p>Apresentação A família de medidores Z_D128A representa o estado da arte em medidores eletrônicos. São fabricados no Brasil com a tecnologia Landis+Gyr no padrão ABNT.</p> <p>Aplicação Para medição de energia ativa, em circuitos trifásicos de baixa tensão. As conexões são diretas a redes de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 fases, 4 fios em Y; 2 fases, 3 fios em Y; <p>Nas tensões nominais de 120V ou 240V, 60Hz, corrente nominal de 15A e corrente máxima de 120A.</p> <p>Características O medidor possui as seguintes características funcionais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bloco de Terminais simétrico, Linha – Carga; - Registro de energia ativa em um ou mais postos horários; Interface Padrão ABNT; - Controle de posto horário externo através de terminais; - Controle de posto horário através de relógio e calendário interno; - Indicadores facilitam a identificação de ligações incorretas; - Facilidade para detecção de fraude: possui registrador de energia negativa, contador de faltas de energia por fase, e total; - Não é necessário abrir o medidor para efetuar a verificação (terminais de prova internos, porém acessíveis externamente); - Mostrador LCD de alta qualidade, legível de -25°C a 70°C; - De acordo com as normas NBR 14519 e NBR 14520; Classe de Precisão 1%; - Projetado para uma vida longa: 15 anos; - Precauções com ESD desde a fábrica até o campo; - Capacitores tipo “Vida Longa”; - Resistores super-dimensionados; Somente componentes aprovados e qualificados; Tecnologia SMD; Dados para rastreabilidade gravados na memória não volátil do medidor (EEPROM); Construção harmoniosa e ecologicamente correta. <p>Tecnologia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Medição com Tecnologia DFS (Direct Field Sensor), baseado no efeito Hall; - Os sensores individuais por fase (chips de medição - tecnologia MMI) utilizam o que há de mais avançado atualmente em tecnologia de medição e propiciam excelentes características metrológicas, como alta precisão, curva de carga plana, alta estabilidade e excelente proteção contra interferências externas.

Medidor Eletrônico ZMD 318



Apresentação

A família de medidores Z_D318 representa o estado da arte em medidores eletrônicos. São fabricados no Brasil com a tecnologia Landis+Gyr no padrão ABNT.

Aplicação

Para medição de energia ativa e reativa, em circuitos trifásicos de baixa tensão. As conexões são diretas a redes de:

- 3 fases, 4 fios em Y; 2 fases, 3 fios em Y;

Nas tensões nominais de 120V ou 240V, 60Hz, corrente nominal de 15A e corrente máxima de 120A.

Características

Registro de energia ativa e reativa em 1 ou até 4 postos horários, permitindo a programação de períodos diferentes para cada um dos dias típicos: “Dia da Semana”, “Sábado”, “Domingo” e “Feriados”, conforme padrão ABNT. - Controle de tarifa externo acessível através de terminais 'wago'; - Controle de tarifa através de relógio e calendário internos; - Parametrização via software; - Não é necessário abrir o medidor para efetuar a calibração (terminais de prova internos, porém acessíveis externamente através da retirada da tampa terminal e do lacre de acesso); - Mostrador de Cristal Líquido LCD - de alta qualidade e durabilidade. - Porta óptica padrão ABNT. - De acordo com as normas NBR 14519 e NBR 14520; - Classe de precisão 1%;

- Facilidades para detecção de fraude: registrador de energia negativa, contador de faltas de energia por fase e total.

- Projetado para uma vida longa: 15 anos - Precauções contra ESD desde a fábrica até o campo. - Tecnologia SMD para o circuito eletrônico. - Capacitores tipo “Vida Longa”. - Resistores super-dimensionados. - Dados para rastreabilidade gravados na memória não-volátil do medidor. - Saída serial Rs485 (opcional)

- Pode receber pulsos externos de medidores de água e/ou gás (opcional)

- Utiliza somente componentes aprovados e qualificados mundialmente pela Landis+Gyr. - Construção harmoniosa e ecologicamente correta. - Memória não-volátil (EEPROM) para o armazenamento de dados de parametrização e de faturamento; - Fonte de alimentação trifásica; - Utiliza Supercapacitor para a manutenção de funcionamento do relógio interno em eventual falta de energia;

Tecnologia

- Medição com Tecnologia DFS (Direct Field Sensor), baseado no efeito Hall; - Os sensores individuais por fase (chips de medição - tecnologia MMI) utilizam o que há de mais avançado atualmente em tecnologia de medição e propiciam excelentes características metrológicas, como alta precisão, curva de carga plana, alta estabilidade e excelente proteção contra interferências externas.

Medidor Eletrônico E21



Apresentação

Com materiais de alta tecnologia e modernas técnicas de produção, o E21 apresenta uma nova geração de medidores. Com alto desempenho e estabilidade, foi desenvolvido para cumprir com as exigências do mercado.

Aplicação

Para medição de energia ativa, em circuitos monofásico de baixa tensão:

- 1 fases, 2 fios em Y; 1 fases, 3 fios em Y;

Nas tensões nominais de 120V ou 240V, 50 ou 60Hz, corrente nominal de 15A e corrente máxima de 100A, classe de exatidão de 1% (normas IEC 61036, NBR 14519 e NBR 14520).

Características

- Baixo consumo do circuito de Potencial;
- Registrador de grande precisão, unidirecional;
- Registrador com engrenagens de material sintético autolubrificante, que reduz o atrito;
- Tapa principal de policarbonato, resistente a choques mecânicos;
- No requer manutenção;
- Medição tipo shunt;
- LED para aferição;
- Saída de pulso opcional;
- Montagem SMD e cuidados contra ESD;
- Todos os componentes confeccionados em material sintético são resistentes a raios ultra-violetas.
- Comunicação direta com a concessionária

Tecnologia

Sistema de medição com tecnologia shunt, utilizando CHIP de medição com grande estabilidade e excelente desempenho.

Medidor Eletrônico E22



Apresentação

Com materiais de alta tecnologia e modernas técnicas de produção, o E22 apresenta uma nova geração de medidores. Com alto desempenho e estabilidade, foi desenvolvido para cumprir com as exigências do mercado.

Aplicação

Os medidores E22 medem energia ativa em sistemas de uma fase e dois fios com conexão direta na casas dos consumidores. O E22 está disponível em versões com e sem saída de pulsos r53.


Nas tensões nominais de 120V ou 240V, 50 ou 60Hz, corrente nominal de 15A e corrente máxima de 100A, classe de exatidão de 1% (normas IEC 61036, NBR 14519 e NBR 14520).

Características

- Baixo consumo do circuito de Potencial;
- Registrador de grande precisão, unidirecional;
- LCD de alta resolução;
- Tecnologia de medição DFS (Direct Field Sensor – baseada no efeito hall);
- Tampa principal em policarbonato, resistente a choques mecânicos;
- No requer manutenção;
- LED para aferição;
- Saída de pulso opcional;
- Montagem SMD e cuidados contra ESD;
- Todos os componentes confeccionados em material sintético são resistentes a raios ultra-violetas.

Tecnologia

Sistema de medição com sensor hall, utilizando chip MMI para medição com grande estabilidade e excelente desempenho;

SIMEC - Sistemas de Medição	
	
<p>Apresentação Uma Nova Visão da Medição "Visão Sistêmica"; "Solução integrada, agregando tecnologia de ponta em equipamentos e comunicação"; "Solução inteligente, incorporando novas funcionalidades"; "Sistema de Medição Centralizado"; "Inovação"</p> <p>Aplicação O Sistema de Medição Centralizada - SIMEC foi desenhado para proporcionar as empresas concessionárias de energia elétrica uma alternativa à utilização de medidores convencionais por um sistema completo e centralizado de medição em áreas onde existe uma grande concentração de consumidores do tipo baixa renda, em áreas de invasões e/ou consumidores com ligação clandestina.</p> <p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> - Medição Individualizada com leitura centralizada - Medidores eletrônicos tipo "shunt" monofásicos e/ou polifásicos - Comunicação via serial 485 - Concentradores secundários instalados nos postes de distribuição - Padrão de medição simplificado - Gerenciamento via software e/ou remoto <p>Instalação do Sistema Rede BT Concessionária / Concentrador Secundário (Medidores Eletrônicos SHUNT) / Cabo de comunicação Serial RS 485 até o CP</p> <p>Benefícios para a Concessionária</p> <p>Econômicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menor investimento - Exatidão na medição - Agilidade e acuracidade no faturamento - Eliminação de fraudes e roubos de energia - Corte e Religamento de consumidores <p>Operacionais</p> <ul style="list-style-type: none"> - Padrão de medição simplificado - Centralização da leitura - Interligação com sistemas de faturamento - Comunicação direta com a concessionária - Implementação de novas funções 	

Medidor Eletromecânico M12M



Apresentação

O M12M é um medidor monofásico desenvolvido com materiais de alta tecnologia e modernas técnicas de produção, une baixo peso e simplicidade ao alto desempenho e estabilidade de medição.

Aplicação

Medidor de Watt-hora de indução, monofásico, modelo M12M, com um elemento (2 ou 3 fios), linha-carga, 120V, 240V ou 480V; 50 ou 60 Hz; registrador ciclométrico, leitura primária, mancal de repulsão magnética, classe de precisão 2%.

Características

- Baixo consumo do circuito de potencial;
- Grande precisão de registro;
- Registrador com engrenagens de material sintético auto lubrificante, que reduz o atrito;
- Vida útil prolongada devido ao sistema de mancais de repulsão magnética;
- Base e bloco de terminais formando uma única peça;
- Peso e volume reduzidos;
- Tapa principal em policarbonato, resistente a choques mecânicos;
- Simplicidade de manutenção;
- Tratamento químico especial em todas as partes metálicas;
- Elementos de potencial e de corrente formando um único circuito magnético;
- Dispositivos de calibração de fácil acesso;
- Todos os componentes confeccionados em material sintético são resistentes a raios ultravioleta.

Tecnologia

O medidor M12M é um medidor eletromecânico que adota a tecnologia de medição por indução magnética, sendo esta adotada desde 1895 em função de sua alta robustez e confiabilidade.

Projeto de melhoria – Encapsulamento manual**Objetivo:**

Melhoria de processo com redução de custo e mesma performance do produto. Atendimento a ISO 14000 - Consumo e disposição de recursos naturais não renováveis.

Descrição da modificação:

Substituição do processo de encapsulamento via injeção (máquina injetora de plástico) por encapsulamento via montagem manual. E com este sistema poderemos ter um número maior de fornecedores potenciais para os itens em modificação.

Redução anual estimada:

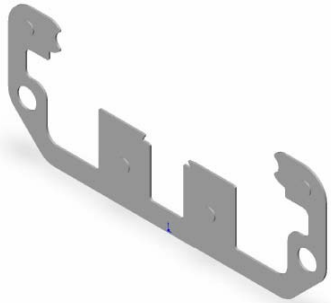
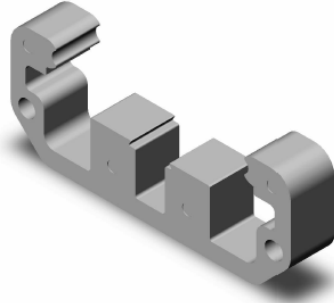
R\$ 187.317,00 / ano

Investimento necessário:

R\$ 45.000,00

Tempo necessário para o retorno do investimento:

2,8 meses

Projeto de melhoria – Auto empilhamento	
	
<p>Objetivo: Alteração do sistema de montagem do Núcleo de Corrente. Alterar o sistema de montagem do Núcleo de Corrente, substituindo os 2 (dois) rebites atualmente utilizados pelo sistema de auto-empilhamento (stack).</p> <p>Descrição da modificação: Criação de 4 grampos na laminação de corrente, substituindo os 2 rebites atualmente utilizados, proporcionando assim o auto-empilhamento das lâminas para a formação do núcleo de corrente.</p> <p>Redução anual estimada: R\$ R\$ 159.936,00/ ano</p> <p>Investimento necessário: R\$ 357.000,00</p> <p>Tempo necessário para o retorno do investimento: 2,2 anos</p>	

REFERÊNCIAS

ABREU, F.S., QFD – Desdobramento da Função Qualidade – Estruturando a Satisfação do Cliente. São Paulo. SP: 1997. Artigo: Gvpec – Programa de Educação Contínua da A-ESP/FGV.

AKAO, YOJI. Manual de aplicação do desdobramento da qualidade (QFD) Introdução ao desdobramento da Qualidade. Belo Horizonte - MG: Fundação Christiano Ottoni / QFCO, 1996.

ALVARENGA, Tales.Veja. São Paulo.10 de Dezembro de 2002. América Latina tem 17 milhões de desempregados. Disponível em < <http://veja.abril.com.br/arquivo.html>> Acesso em 14/09/2003.

ALVARENGA, Tales.Veja. São Paulo: 25 de Novembro de 2002. França sente globalização da produção de vinho. Disponível em < <http://veja.abril.com.br/arquivo.html>> Acesso em 14/09/2003.

BAXTER, MIKE. Projeto de produto – Guia prático para o design de novos produtos. Editora: EDGARD BLUCHER LTDA, 2000.

BONGIORNO, J., Use FMEA To Improve Your Product Development Process. Disponível em < www.plantechinc.com/articles/fmeaPDP1.html> acesso em 25/04/2003.

BOUCHEREAU, V., ROWLANDS, H. Methods and techniques to help quality function deployment (QFD). United Kingdom. UK. 2000.v.7, p.8-19.

BUSS, C.O. Desenvolvimento do Produto – Apostila do Curso. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

CASAROTO, N.F., FAVERO, J.S. & CASTRO, J.E.E. Gerência de Projetos/ Engenharia Simultânea. São Paulo: Editora Atlas, 1999.

CESARONE, J. The power of Taguchi. United States. US. 2001.v.33, p.36-40.

CHENG, LIN CHIH, et al. QFD Planejamento da Qualidade. Belo Horizonte - MG: Fundação Christiano Ottoni / QFCO, 1995.

CHENG L. C., QFD em desenvolvimento de produto: Características metodológicas e um guia para intervenção. Belo Horizonte MG, 2003. 25p. Artigo: Departamento de Engenharia de Produção Escola de Engenharia Universidade Federal de Minas Gerais.

COLOMBINI, Leticia. Empurrando a locomotiva.Você S/A . São Paulo. 01 de Abril de 2002. Disponível em <<http://vocesa.abril.com.br/home/index.shtml>> Acesso em 20/09/2003.

CORRÊA. Marcos S. A culpa é da globalização. VEJA. São Paulo: 26 de Agosto de 1998. Disponível em < <http://veja.abril.com.br/arquivo.html>> Acesso em 15/09/2003.

CORREA, Cristiane. Garimpo de fornecedores. EXAME. São Paulo. 23 de Abril de 2003. Disponível em <<http://portalexame.abril.uol.com.br>> Acesso em 20/09/2003.

CUNHA, Rodrigo V. Migração do emprego. Você S/A . São Paulo: 01 de Abril de 2002. Disponível em <<http://vocesa.abril.com.br/home/index.shtml>> Acesso em 20/09/2003.

CUNHA, Gilberto.D.C. Desenvolvimento de Produto – Apostila do Curso. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

FMEA HISTORY. Disponível em <<http://www.fmeca.com/ffmethod/history.htm>> acesso em 28/09/2003.

FERRAZ, Eduardo. Como estruturar um departamento de P&D. EXAME. São Paulo: 26 de Outubro de 2002. Disponível em <<http://portalexame.abril.uol.com.br>> Acesso em 20/09/2003.

FERRAZ, Eduardo. O motor da inovação. EXAME. São Paulo. 25 de Outubro de 2002. Disponível em <<http://portalexame.abril.uol.com.br>> Acesso em 20/09/2003.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1991.

GURGEL, F.A. Administração do Produto. São Paulo - SP: Editora: Atlas, 2001.

GUSMÃO, Marcos. É para ter medo da Velha Economia? Você S/A . São Paulo: 01 de Outubro de 2000. Disponível em <<http://vocesa.abril.com.br/home/index.shtml>> Acesso em 20/09/2003.

HASHIMOTO, Marcos. Crescimento sustentável. Você S/A . São Paulo: 16 de Fevereiro de 2002. Disponível em <<http://vocesa.abril.com.br/home/index.shtml>> Acesso em 15/09/2003.

HELMAN, HORÁCIO, ANDERY PAULO R.P. Análise de Falhas (Aplicação de métodos de FMEA e FTA) TQC Gestão pela Qualidade Total – Ferramentas da Qualidade 11. Belo Horizonte - MG: Fundação Christiano Ottoni / QFCO, 1995.

INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA (IQA). Manual de Referência para QS 9000 – Análise de Modo e Efeitos de Falhas Potenciais - FMEA, 2002, p.86.

INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA (IQA). Manual de Referência para QS 9000 – Planejamento Avançado da Qualidade do Produto e Plano de Controle - APQP, 1997, p.101.

JURAN, J.M., GRZYNA, F.M. Controle de Qualidade – Ciclo dos Produtos: Do Projeto a Produção. v. III. São Paulo - SP: Editora: McGraw-Hill, 1992.

LAHÓZ, André. Renda e consumo na era FHC. VEJA. São Paulo: 15 de maio de 2002. Disponível em < <http://veja.abril.com.br/arquivo.html>> Acesso em 14/09/2003.

LEITE, Paulo M. VEJA. São Paulo: 09 de Janeiro de 2002. Em ranking da globalização, Brasil só ganha da Indonésia, Colômbia, Peru e Irã. Disponível em < <http://veja.abril.com.br/arquivo.html>> Acesso em 04/09/2003.

LEITE, Paulo M. Globalização reduziu pobreza em 24 países. VEJA. São Paulo: 05 de Dezembro de 2001. Disponível em < <http://veja.abril.com.br/arquivo.html>> Acesso em 08/09/2003.

LEITE, Paulo M. Idéias e males globalizados. VEJA. São Paulo: 28 de Fevereiro de 1996. Disponível em < <http://veja.abril.com.br/arquivo.html>> Acesso em 09/09/2003.

LEITE, Paulo M. , Alvarenga, Tales.O Brasil está com rumo. Veja. São Paulo: 17 de janeiro de 1996. Disponível em < <http://veja.abril.com.br/arquivo.html>> Acesso em 14/09/2003.

MACEDO, Gutemberg B. De volta para o mercado. Você S/A . São Paulo. 26 de Novembro de 2002.. Disponível em <<http://vocesa.abril.com.br/home/index.shtml>> Acesso em 20/09/2003.

MARTINS, P.G., LAUGENI, F.P. Administração da Produção. São Paulo. Editora: Saraiva, 2001.

ONO, M.M. QFD – Desdobramento da Função Qualidade. Apostila do Curso. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Especialização em Engenharia da Produção, Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR. Curitiba: PUCPR, 2000.

PALADY, PAUL. FMEA Análise dos Modos de Falha e Efeitos (Prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram). São Paulo. Editora: IMAM, 1997.

PIZZOCARO, S., ARRUDA, A., MORAES, D., Design Research. In. PROCEEDINGS OF THE POLITÉCNICO DI MILANO CONFERENCE - 2000, Milano, 2000. p.476-483.

RIBEIRO, J.L.D, ECHEVESTE, M.E. & DANILEVICZ, A.M.F. A utilização do QFD na otimização de produtos, processos e serviços – Apostila do Curso. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

RIBEIRO, J.L.D, FOGLIATTO, F. Confiabilidade – Apostila do Curso. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

SANTOS, A.R. Metodologia Científica a construção do conhecimento. Rio de Janeiro. RJ.: DP&A, 2002.

SILVIA, E.L. e MENEZES, E.M. Metodologia de Pesquisa e Elaboração de Dissertação. UFSC/PPGEP/LED. Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

SLACK, N., CHAMERS, S., HARLAND, C., HARRISON, A., JOHNSTON, R. Administração da Produção. São Paulo. Editora: Atlas, 1997.

TAGUCHI, G. Engenharia da Qualidade em Sistemas de Produção. São Paulo - SP: Editora: McGraw-Hill, 1990.

YIP, G. S. Globalização: como enfrentar os desafios da competitividade mundial. São Paulo: SENAC, 1996.