

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

**SISTEMA PARA A AVALIAÇÃO E MELHORIA DA QUALIDADE EM
CÉLULAS DE MANUFATURA – ESTUDO DE CASO EM UMA
INDUSTRIA METALÚRGICA**

Julio Cesar Ferro de Guimarães

**Porto Alegre
2004**

Julio Cesar Ferro de Guimarães

**SISTEMA PARA A AVALIAÇÃO E MELHORIA DA QUALIDADE EM
CÉLULAS DE MANUFATURA – ESTUDO DE CASO EM UMA
INDUSTRIA METALÚRGICA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado
Profissionalizante em Engenharia como
requisito parcial à obtenção do título de
Mestre em Engenharia – modalidade
Profissionalizante – Ênfase Qualidade
Desenvolvimento de Produto e Processo

Orientador: José Luís Duarte Ribeiro

**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 Luis Duarte Ribeiro, Dr.

Orientador Escola de Engenharia/UFRGS

Profa. Helena Beatriz Bettella Cybis, Dra.

Coordenadora MP/Escola de Engenharia/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Maria Emilia Camargo

UCS

Prof. Dra. Istefani Carísio de Paula

ULBRA

Prof. Dr. Ademar Galelli

UCS

DEDICATÓRIA

Ao Grande Arquiteto dos Universos e a todos que foram capazes de acreditar na mudança através da simplicidade e perseverança.

AGRADECIMENTOS

Ao professor José Luis Duarte Ribeiro pela excelente orientação e principalmente pela cordial disponibilidade em aconselhar-me, direcionando meus passos na senda acadêmica.

A Normides Carbonera, que identificou oportunidades onde havia problemas, permitindo a realização deste projeto na Invensys.

A Rúbia, que me fez ver outras cores, quando ainda só podia enxergar o cinza, oferecendo o incentivo e companheirismo que necessitei nos anos de estudo.

Ao Tarcílio e a Marivone, que me apoiaram, incentivando minha caminhada, fazendo eu acreditar na realização de meus sonhos e possibilitando meios, quando meus recursos eram insuficientes.

A professora Maria Emilia que me serviu como inspiração para dar este passo.

Aos professores do PPGEF, que tiveram a grandeza de dividir seus conhecimentos e a humildade no momento de transmiti-los.

A todos os colegas do PPGEF que trilharam comigo este caminho.

Aos amigos, que souberam compreender minha ausência, tiveram a paciência em ouvir cada passo da edificação deste trabalho e mesmo assim não desistiram da nossa amizade.

O mundo é para aqueles que nascem para o conquistar e não para aqueles que sonham que podem conquistá-lo, ainda que tenham razão.

(Fernando Pessoa)

RESUMO

Esta dissertação apresenta um sistema de avaliação e melhoria da qualidade dos produtos e processos, em células de manufatura, em uma empresa metalúrgica, situada em Vacaria no estado do Rio Grande do Sul. O sistema proposto baseia-se no uso da lista de verificação (*Check-List*), como fonte para a construção de um banco de dados, capaz de evidenciar os principais defeitos encontrados durante o processo produtivo da célula de manufatura. Para a identificação das características da qualidade mais importantes para os clientes foi utilizado o QFD. Na identificação dos modos de falha e processos críticos utilizou-se o FMEA como fonte de informação. A partir de uma matriz de relacionamento entre as características da qualidade e o FMEA, construiu-se um sistema capaz de identificar os defeitos mais frequentes, os modelos de produtos que apresentam maior número de defeitos e os processos que produzem maior número de não-conformidades, além de disponibilizar informações adicionais sobre a qualidade do que é produzido na célula de manufatura. As informações são apresentadas em gráficos seguindo a lógica de priorização proposta por Pareto. O sistema caracteriza-se por sua simplicidade e facilidade de operacionalização, motivando os operadores a melhorar a qualidade do que produzem e dispondo rapidamente de informações para a tomada de decisão, agindo sobre as fontes causadoras de não-conformidades no processo. Com a implantação deste sistema, a fábrica obteve melhoras significativas na produtividade, redução das reclamações dos clientes e redução da produção de sucata (redução de 60% após a implantação do sistema).

Palavras chaves: Qualidade, QFD, FMEA, Metalurgia.

ABSTRACT

This dissertation presents a system for evaluation and improvement of the quality of products and processes, in manufacturing units, in a metallurgist company, situated in Vacaria in the state of Rio Grande do Sul (Brazil). The proposed system is based on a checklist, which is used as a source to construct a data bank, which is able to make evident the principle flaws found during the productive procedure in the manufacturing unit. To identify the most important quality characteristics for the clients QFD was used. FMEA was used as a source of information to identify imperfect methods and critical procedures. As from a source of relationship between characteristic qualities and FMEA a system was built capable of identifying the most frequent flaws, the model products, which presents the largest number of flaws and procedures which present the largest number of non-conformities, besides having additional information available about the quality, which is produced in the manufacturing unit. The information is presented in graphs, which follows a priority logic proposed by Pareto. The system is distinguished by its simplicity and clearness of its operating, motivating the operators to improve quality they produce and having information available to make the right decision, acting on the causing source of the non-conformities during the procedure. The factory obtained expressive productive improvement, decrease in clients' complaints and a decrease of scrap (60% reduction after implementation).

Key Words: Quality, QFD, FMEA, Metallurgy.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	11
1 COMENTÁRIOS INICIAIS	13
1.1 <i>Introdução</i>	13
1.2 <i>Tema e objetivos da pesquisa</i>	16
1.3 <i>Justificativa</i>	17
1.4 <i>Método de pesquisa</i>	19
1.5 <i>Limitações da pesquisa</i>	19
1.6 <i>Estrutura da pesquisa</i>	21
2 REVISÃO DA LITERATURA	22
2.1 <i>Definições da qualidade</i>	22
2.2 <i>Visão do cliente</i>	26
2.3 <i>QFD (Quality Function Deployment)</i>	30
2.3.1 <i>Matriz da qualidade</i>	35
2.4 <i>FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)</i>	51
2.5 <i>Gráfico de Pareto</i>	56
2.6 <i>Inspeção: características e sistemas</i>	58
3 PROPOSTA DE SISTEMA DE AVALIAÇÃO E MELHORIA DA QUALIDADE.....	61
3.1 INTRODUÇÃO.....	61
3.2 <i>Etapas utilizadas no desenvolvimento do sistema de avaliação e melhoria da qualidade</i>	62

3.2.1	<i>Estudo de FMEA</i>	64
3.2.2	<i>Monitoramento dos defeitos (não-conformidades)</i>	65
3.2.3	<i>Priorização dos defeitos (não-conformidades)</i>	66
3.2.4	<i>Relacionar os defeitos com as etapas dos processos</i>	67
3.2.5	<i>Identificar as etapas do processo que estão gerando defeitos</i>	67
3.2.6	<i>Atuação sobre as etapas do processo</i>	68
3.2.7	<i>Verificação dos resultados</i>	69
4	APLICAÇÃO DA PROPOSTA DE SISTEMA DE AVALIAÇÃO E	
	MELHORIA DA QUALIDADE	71
4.1	INTRODUÇÃO	71
4.2	<i>Etapas utilizadas no desenvolvimento do sistema de avaliação e melhoria da qualidade</i>	73
4.2.1	<i>Estudo de FMEA</i>	74
4.2.2	<i>Monitoramento dos defeitos (não-conformidades)</i>	75
4.2.3	<i>Priorização dos defeitos (não-conformidades)</i>	83
4.2.4	<i>Relacionar os defeitos com as etapas dos processos</i>	85
4.2.5	<i>Identificar as etapas do processo que estão gerando defeitos</i>	89
4.2.6	<i>Atuar sobre as etapas do processo</i>	91
4.2.7	<i>Verificar os resultados</i>	95
4.3	DISCUSSÃO DA PROPOSTA APRESENTADA E APLICADA	99
4.3.1	<i>Vantagens da proposta do sistema de avaliação e melhoria da qualidade</i>	99
4.3.2	<i>Dificuldades na implantação da proposta</i>	100
4.3.3	<i>Generalidade da proposta do sistema (CQP)</i>	101
4.3.4	<i>Fluxograma do sistema de avaliação e melhoria da qualidade</i>	101

5	CONCLUSÃO.....	103
	BIBLIOGRAFIA.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Modelo de matrizes de QFD.....	34
Figura 02 - As tabelas que formam a casa da qualidade.....	35
Figura 03 - Representação gráfica do cruzamento da tabela dos requisitos dos clientes com a tabela das características de qualidade.....	35
Figura 04 - A casa da qualidade e seus elementos ou áreas.....	36
Figura 05 - A tabela dos requisitos dos clientes.....	37
Figura 06 – Exemplo de tabela das características de qualidade.....	43
Figura 07 – Diagrama de Pareto.....	56
Figura 08 – Exemplo de Lista de Verificação (Diário de Bordo).....	80
Figura 09 – Planilha de Percentual de Conformidades.....	81
Figura 10 – Percentual de Conformidades durante o dia trabalhado.....	82
Figura 11 – PPM de Não-Conformidades.....	83
Figura 12 – Percentual de Não-conformidades.....	84
Figura 13 – Principais modelos de produtos não-conformes.....	84
Figura 14 – Matriz de relacionamento entre etapas de processo e não-conformidade.....	88
Figura 15 – Importância das não-conformidades segundo a visão do cliente.....	89

Figura 16 – Distribuição pela importância do modo de falha.....	90
Figura 17 – Importância das etapas de processo.....	91
Figura 18 – Principais Modelos de Produtos Não-Conformes no mês de Outubro de 2002....	92
Figura 19 – Percentual de Não-Conformidades.....	93
Figura 20 – PPM de não-conformidades de 2002 da célula 12.....	96
Figura 21 – Produção de sucata na célula 12.....	97
Figura 22 – Percentual de devoluções dos clientes.....	98
Figura 23 – Percentual de horas de reoperação sobre o total de horas utilizadas na célula.....	99
Figura 24 – Fluxograma do Sistema de Avaliação e Melhoria da Qualidade.....	102

1 COMENTÁRIOS INICIAIS

1.1 Introdução

Com a crescente competição entre as empresas, e conseqüente redução das margens de lucratividade, as organizações necessitam desenvolver processos e produtos que atendam a demanda dos clientes a custos compatíveis. Este cenário amplia a importância das atividades de otimização de produtos e processos considerando as dimensões qualidade, custo e produtividade.

A atividade de otimização de produtos e processos na indústria manufatureira deve considerar as características de qualidade demandadas pelo cliente, atendendo as especificações de engenharia e garantindo condições técnicas para o produto satisfazer as necessidades de funcionalidade e desempenho. Isto deve ser feito considerando a influência dos fatores de ruído (fatores não controláveis), responsáveis pela variabilidade, presente em todos os processos de manufatura.

Segundo Juran (1991), a qualidade consiste em características que vão ao encontro das necessidades dos clientes e, desta forma, proporcionam a satisfação em relação ao produto, evidenciando a importância para as organizações conhecerem os desejos e necessidades dos clientes e quais as características de qualidade por eles percebidos. Dentre as

técnicas para identificar as características da qualidade percebidas pelo cliente encontra-se o QFD (*Quality Function Deployment*). De acordo com Caten e Ribeiro (2001), o QFD é um caminho sistemático para garantir que as características e especificações do produto, bem como o desenvolvimento de metodologias, processos e controles, sejam orientados pela necessidade do consumidor.

O caminho da identificação da qualidade demandada pelo cliente está sendo trilhado por empresas que decidiram manter-se e crescer no atual mercado globalizado e competitivo. Produtos dentro de padrões de qualidade de classe mundial já não são novidade, e o cliente espera por este padrão quando adquire um determinado produto ou serviço. Neste ponto, a saída viável para as organizações é a melhoria da qualidade e redução dos custos. Segundo Caten e Ribeiro (2001), a melhoria da qualidade é obtida através da redução da variabilidade do processo, promovendo, natural e inevitavelmente, um aumento de produtividade.

Para a melhoria da qualidade e aumento da produtividade as organizações utilizam técnicas e filosofias administrativas que comprometem os colaboradores com os resultados da própria atividade realizada pelo operador, influenciando positivamente nos resultados globais da organização. Uma das técnicas utilizadas são os times autogeridos (*Empowerment Teams*) que têm como filosofia a participação dos operadores na gestão dos processos produtivos disponíveis para cada time.

Os times autogeridos tiveram seus conceitos amplamente divulgados por Byham (1992). Este autor descreve uma nova relação entre subordinados e gerentes, onde os gestores passam a exercer uma função de liderança e não de simples chefia. Segundo Castro (1994), o líder tem o importante papel de conselheiro, orientando e apoiando o time. Os membros do time assumem a responsabilidade sobre tarefas e trabalhos, incluindo a maioria das decisões que pertenciam ao gerente. Neste caso o líder ainda fornece orientação tem a função de apoio servindo como um recurso, freqüentemente atacando problemas que ocorrem fora do time.

As organizações preocupam-se com os resultados que são apresentados aos acionistas. A margem de lucro, cada vez menor, é ditada pelo mercado, e os clientes exigem altos níveis de qualidade nos produtos, processos e serviços. Desta forma, os diretores das organizações devem ocupar-se basicamente com as estratégias, deixando a responsabilidade da qualidade e prazos de entregas a cargo da equipes produtoras, que naturalmente conhecem melhor o processo e o próprio produto. Embasado nisto, os times passaram a responder diretamente aos clientes e fornecedores. Byham (1994) afirma que as organizações tendem a utilizar conceitos de cliente interno e cliente externo, relacionado diretamente ao *Just-In-Time*, onde as células produtoras muitas vezes recebem partes do produto, de outras células, aceitando apenas as peças que estão dentro dos padrões de prazo e qualidade previamente estabelecidos. Isto exige um maior grau de comunicação entre os operados de produção.

Com o advento dos times autogeridos, houve uma transformação no setor de qualidade das organizações. A garantia dos quesitos de qualidade dos produtos passou a cargo do time produtor, já que este responde diretamente ao cliente, cabendo ao setor da Garantia da Qualidade a tabulação dos dados sobre devoluções dos clientes e a orientação aos times com relação a soluções das não-conformidades, sendo comum à Garantia da Qualidade a responsabilidade pelos treinamentos técnicos em pontos críticos como, por exemplo, a metrologia.

Neste novo contexto, no qual as modernas organizações estão inseridas, os times autogeridos são responsáveis pela inspeção final do produto, responsabilizando-se pela qualidade dos produtos manufaturados na célula. Este trabalho acadêmico foi desenvolvido neste cenário de times autogeridos, onde pode-se contar com o compromisso dos colaboradores na obtenção dos resultados.

Segundo Aidar (1995), a inspeção representou o primeiro passo para uma atividade regular de qualidade dentro da empresa. Este processo de conferência aparece formalmente

apenas a partir do surgimento da produção seriada. A inspeção permite garantir que os produtos manufaturados nas células saiam dentro dos padrões estabelecidos, respeitando as especificações técnicas do produto, porém, da forma como é usualmente executada, esta tarefa não exerce grande influência na melhoria da qualidade do produto ou processo de produção. Contudo, contando com a devida tabulação das informações obtidas dos planos de inspeção (*check-list*), os operadores podem identificar as falhas nos processos e interferir positivamente nas causas de não-conformidade.

Apesar das modernas formas de inspeção e controle da qualidade dos produtos e processos, as empresas ainda têm dificuldades em avaliar a qualidade do que produzem. Normalmente as empresas monitoram situações específicas, seja no processo através de ferramentas como CEP (Controle Estatístico do Processo), ou na inspeção propriamente dita. No entanto, as empresas não mensuram a qualidade do que produzem sistematicamente, de forma, a saber, o quanto cada célula produtiva está produzindo dentro dos padrões e quais são os problemas mais comuns. A partir desta necessidade, o presente estudo ambiciona desenvolver um novo modelo de sistema para a avaliação da qualidade, que seja capaz de promover melhorias no processo e nas características da qualidade percebidas pelos clientes.

1.2 Tema e objetivos da pesquisa

O tema desta dissertação de mestrado é a qualidade e produtividade de processos em células de manufatura na indústria metalúrgica.

O objetivo geral é, a partir da revisão da literatura, e contando com a experiência obtida em estudos aplicados, desenvolver um sistema de avaliação e melhoria da qualidade em célula de manufatura.

Esta dissertação pretende demonstrar, através da implantação deste sistema na empresa Invensys Appliance Controls, que é possível melhorar os índices de qualidade e produtividade, para tanto os objetivos específicos são os seguintes:

- (i) Reduzir o índice de devolução dos clientes;
- (ii) Reduzir o percentual de sucata, gerada por não-conformidades no processo produtivo;
- (iii) Aumentar a produtividade, através da redução do percentual das horas utilizadas com retrabalho, em relação às horas totais de trabalho do time da célula.

1.3 Justificativa

A questão da qualidade não é algo novo, os conceitos de adequação ao uso e satisfação do consumidor já existem há milênios. Aidar (1995) afirma que para a administração, os conceitos modernos de qualidade começaram a surgir no século XX, com a publicação de Redford, *The Control of Quality in Manufacturing*, onde o controle da qualidade é abordado como uma responsabilidade gerencial. Naquela época, o controle da qualidade era sinônimo de inspeção, com uma abordagem excessivamente defensiva, uma vez que não buscava encontrar e resolver as causas dos problemas e defeitos, mas aguardava que estes ocorressem para só então eliminá-los.

Segundo Harrington (1997), no início da década de 1980, a qualidade tornou-se a palavra mágica, impulsionada pelo sucesso do Japão em conquistar mercados internacionais. O Japão, por exemplo, conquistou mais de 30% do mercado automobilístico dos Estados Unidos, porque as indústrias japonesas eram capazes de produzir carros que, comparados aos americanos, apresentavam 25% a menos de defeitos após a entrega aos clientes. Outro

exemplo de sérios problemas com a qualidade foi a companhia GM (*General Motors*), que produzia carros com tantas não-conformidades que em 1983 a *Federal Trade Commission* ordenou que a GM adotasse diretrizes de indenização aos consumidores por um período de oito anos. Em 1992, a GM através da reestruturação da companhia, com a troca dos principais dirigentes, melhorou os níveis de qualidade, dando início a escalada do aumento da confiabilidade de seus produtos.

A avaliação dos níveis de qualidade, assegurando as características técnicas do produto, é uma questão relacionada à sobrevivência da organização, garantindo os resultados imediatos e manutenção da posição no mercado, como já foi exemplificado no caso da General Motors.

A melhoria da qualidade está relacionada à visão da organização, ou seja, trata de uma intenção, sobretudo estratégica, que deve proliferar por todos os níveis da organização. Enquanto a avaliação da qualidade dentro da organização é capaz de evitar altos custos com devoluções, a melhoria contínua da qualidade possibilita a perpetuação da empresa no mercado, hoje e no futuro.

Por questões de sobrevivência no mercado atual, as indústrias necessitam reduzir custos através da melhoria nos níveis de qualidade e otimização dos processos. Índices como sucata e retrabalho, são passíveis de melhoria e, conseqüentemente, influenciam os custos de manufatura, aumentando ou reduzindo a margem de lucro da organização.

A empresa *Invensys Appliance Controls* mantém um programa de qualidade norteado pelas normas da ISO9000, mas apresenta a necessidade de avaliar a qualidade do que é produzido nas células de manufatura, pois os índices de sucata, retrabalho e devoluções ainda são altos, requerendo ações de melhorias nos processos.

1.4 Método de pesquisa

O método de pesquisa utilizado nesta dissertação classifica-se como pesquisa aplicada, seguindo a abordagem conhecida como pesquisa-ação, dirigida à solução do problema específico, no caso a necessidade de construir um sistema eficaz para a avaliação e melhoria contínua da qualidade em célula de manufatura.

O trabalho desenvolvido contemplou as seguintes etapas:

(i) Inicialmente foram feitas uma revisão e estudo da literatura disponível, contemplando artigos publicados, livros, teses e dissertações;

(ii) A partir da literatura disponível, foi feito um estudo do histórico da qualidade e da evolução dos conceitos e técnicas empregadas para a manutenção e melhoria da qualidade;

(iii) Utilizando os conhecimentos da literatura, assim como a experiência acumulada em estudos aplicados, desenvolveu-se um sistema de avaliação e melhoria da qualidade, o qual integra diversas técnicas descritas na literatura;

(iv) Em seguida, o novo sistema de avaliação e melhoria da qualidade foi implantado na empresa Invesys Appliance Controls (planta de Vacaria-RS), possibilitando avaliar e discutir suas vantagens e desvantagens;

(v) Finalmente, foram feitas sugestões de aprimoramento do sistema proposto, fechando o ciclo usual em trabalhos que seguem a abordagem da pesquisa-ação.

1.5 Limitações da pesquisa

A presente pesquisa não tem a pretensão de esgotar o assunto dos sistemas de avaliação e melhoria da qualidade, porém pretende contribuir com o meio acadêmico e

empresarial no que tange a identificação das não-conformidades em produtos e processos, suas causas e formas de reagir positivamente sobre estas.

O sistema proposto foi desenvolvido considerando o ambiente de uma empresa de manufatura do ramo metalúrgico, que produz peças especiais de cobre para as montadoras de condicionadores de ar e refrigeração. O setor produtivo da Invensys Appliance Controls está dividido em células de manufatura e utiliza a filosofia de times autogeridos. Assim espera-se que as conclusões sejam válidas para este cenário. De qualquer forma, este trabalho envolve a implantação do sistema em uma única empresa. Certamente serão necessários outros estudos para verificar a generalidade do sistema proposto.

Nesta pesquisa são utilizadas algumas técnicas consagradas como ferramentas eficazes da qualidade, porém o estudo de caso foi aplicado a situações que não ofereciam viabilidade para a implantação de técnicas como o CEP (Controle Estatístico do Processo), embora esta ferramenta seja citada na revisão bibliográfica e apontada no capítulo três como um instrumento de monitoramento da variabilidade do processo e, conseqüentemente, fator estimulante da melhoria da qualidade.

A Invensys Appliance Controls, empresa onde foi desenvolvido o estudo, considerou inconveniente a publicação dos dados originais, entendendo que estas informações apresentam diferencial competitivo, assim os dados nas planilhas e gráficos do Capítulo 4 representam de forma simbólica a realidade. Os resultados descritos no Capítulo 5 refletem fielmente a realidade, pois neste caso a empresa entende que não existem riscos estratégicos.

1.6 Estrutura da pesquisa

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo, é feita a introdução do tema, justificando a relevância da avaliação e melhoria da qualidade, sendo apresentados os objetivos da pesquisa, a metodologia utilizada, a estrutura do trabalho e as limitações do estudo.

No segundo capítulo é apresentada uma revisão da literatura disponível, onde são abordados os conceitos da qualidade e a necessidade de melhoria contínua da qualidade de produtos e processos. Neste capítulo estão descritas algumas ferramentas utilizadas para melhoria e garantia da qualidade nos processos produtivos.

No terceiro capítulo é apresentada uma proposta de sistema para avaliação e melhoria da qualidade, baseada na literatura e nos conhecimentos adquiridos em estudos aplicados.

O quarto capítulo apresenta a implantação do sistema de avaliação e melhoria da qualidade em uma empresa do setor metalúrgico, tomando como exemplo uma célula de manufatura. Este capítulo apresenta o que foi feito na empresa Invensys Appliance Controls.

No quinto capítulo estão descritas as observações e conclusões da pesquisa. Este capítulo também contempla a análise e discussão dos resultados obtidos a partir da utilização do sistema de avaliação da qualidade.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Definições da qualidade

A qualidade pode ser mais facilmente entendida considerando sua evolução nas empresas. Nos Estados Unidos e na Europa, o controle da qualidade tem feito parte da indústria a mais de cem anos, e vários conceitos para definir a qualidade foram empregados, abandonados, e utilizados novamente. Segundo Aidar (1995), apenas em nos anos 50 e início da década de 60 é que surgiu o que se pode chamar de era da Garantia da Qualidade. Assim qualidade passa de uma atividade restrita e fabril para uma disciplina com implicações mais amplas para o gerenciamento.

Aidar (1995) postula que essa nova abordagem da qualidade expandiu seu instrumental para muito além dos processos estatísticos. Seus principais elementos eram: a) A qualificação dos custos da qualidade; b) Controle total da qualidade; c) Engenharia da confiabilidade; e d) Zero defeito.

No início do processo evolutivo da qualidade, esta não era observada ou mensurada. Os bens eram produzidos e expedidos, sem garantias. Se os clientes resolvessem devolvê-los, isto era aceito com naturalidade, criando um estereótipo, no início da década de 50, que produtos *made in japan*, significavam bens não confiáveis e de qualidade inferior. A mudança

deste modelo de qualidade pouco confiável, para o Japão se tornar conhecido como produtor de bens de excelente qualidade, acontece com a criação dos conceitos do TQM (*Total Quality Management*).

Segundo Shiba (1997), o TQM evoluiu a partir de quatro conceitos básicos:

(i) Adequação ao padrão

Avalia se um produto produzido da forma descrita no manual está adequado ao padrão estabelecido. A adequação ao padrão define a qualidade como aquele produto que faz aquilo que os projetistas pretendem que ele faça. Determinar que um produto satisfaz a adequação ao padrão é uma questão de inspeção. Nesta visão os engenheiros e administradores definem cada tarefa industrial, registrando-as em manuais e definem padrões de inspeção para garantir praticas padronizadas, diminuindo a variabilidade das características da qualidade dos produtos.

Os pontos fracos deste conceito são: a) A qualidade garantida é o resultado da inspeção final, portanto as falhas ocorridas dentro do processo de manufatura e os produtos defeituosos são rejeitados, criando antagonismo entre os operadores de produção e os inspecionadores; b) O segundo ponto fraco está no fato de que este conceito não leva em consideração as necessidades do mercado.

(ii) Adequação ao uso:

Shiba (1997) afirma que a adequação ao uso é o meio de garantir a satisfação das necessidades de mercado. Como no caso da adequação ao padrão, a adequação ao uso é atingida através de inspeção. Assim, surge certo conflito entre inspetores e trabalhadores. Além disso, se a companhia quer produtos que tenham o desempenho esperado, ou seja, que tenham alta “adequação ao uso”, então os inspetores devem rigorosamente rejeitar produtos que se desviem do padrão.

Esse desvio do padrão é inerente ao processo. Qualquer processo de produção tem variabilidade de uma unidade à outra, por exemplo: Nem todos os carros que saem de uma linha de montagem têm exatamente a mesma potência. Algumas garrafas de refrigerante terão tampas pequenas demais, que não se ajustarão perfeitamente. Outras terão tampas que irão permitir vazamento por serem grandes demais. Os extremos de um ou ambos os lados do padrão devem ser rejeitados e retrabalhados, ou descartados. Esta variabilidade do processo deve ser reduzida, para minimizar os custos.

Segundo Caten (1995), do ponto de vista operacional, é muito importante quantificar a redução da variabilidade dentro dos limites da especificação para permitir a avaliação da economia obtida quando a variabilidade do processo é reduzida e a média é ajustada em seu valor alvo.

Historicamente o processo rigoroso de inspeção onerou a produção e criou inúmeros conflitos entre os operadores de produção e os inspetores. De acordo com Shiba (1997), abandonar os altos custos da “inspeção da qualidade” para “embutir a qualidade” levou as principais companhias japonesas, durante os primeiros anos da década de 70, ao nível seguinte da qualidade.

(iii) Adequação ao custo:

Shiba (1997) postula que a adequação ao custo significa alta qualidade e custo baixo. Estas são as duas exigências mais universais para virtualmente todos os clientes, produtos e serviços. Para atingir a redução e ao mesmo tempo manter a alta qualidade (sem que qualquer produto esteja fora dos limites), você deve reduzir a variabilidade do processo de produção, de maneira que todas as unidades produzidas estejam dentro dos limites de inspeção e nenhuma tenha de ser descartada.

O foco do trabalhador deve desviar-se do controle do resultado através da inspeção para o controle do processo.

Conforme Shiba (1997), os métodos modernos para conseguir estas mudanças são:

- a) Utilizar o controle estatístico da qualidade;
- b) Monitorar o processo, além do monitoramento do resultado;
- c) Proporcionar *feedback* em cada etapa, por meio do qual cada trabalhador da linha observa o trabalho de seu predecessor, pode garantir que os erros sejam corrigidos imediatamente;
- d) Instituir a participação do trabalhador da linha de produção no projeto e melhoria do processo de produção, para torná-lo cada vez mais confiável.

Segundo Shiba (1997), a exigência de adequação ao custo tornou o conceito da qualidade multidimensional. Seu propósito original (por volta de 1950) eram defeitos de produto por centenas de unidades. Hoje, mesmo no processo produtivo, a qualidade nunca quer dizer somente a identificação de defeitos em produtos. De acordo com autor existem pelo menos cinco dimensões da qualidade:

- a) Qualidade;
- b) Custo;
- c) Entrega;
- d) Segurança;
- e) Moral.

Segundo Caten (1995), um dos aspectos importantes que tem sido ignorado na avaliação do custo da qualidade é o impacto dos problemas da qualidade sobre a demanda. O impacto sobre a demanda é ocasionado pelo aumento do tempo de atravessamento do produto e pelo atraso no atendimento das entregas. De acordo com a autora o fator tempo passa a ter uma importância estratégica, pois os consumidores cada vez mais demandam produtos com tempo de entrega curto e valorizam isto como um fator competitivo.

(iv) Adequação a necessidade latente:

A adequação à necessidade latente significa a satisfação das necessidades do cliente antes que os clientes estejam conscientes delas. Se uma empresa puder descobrir a necessidade latente do mercado, ela pode ter o monopólio por um pequeno período de tempo. A empresa pode pedir um preço mais alto, o qual pode ser bastante lucrativo.

Um exemplo mais recente de uma necessidade latente é o *walkman* da Sony. É um produto que não sabíamos que necessitávamos, mas assim que ele estava disponível, verificamos que nossas crianças não podiam caminhar ou andar de carro sem um deles, e o *walkman* enriqueceu, definitivamente, aqueles momentos em que estamos fazendo *jogging* ou esperando em filas no supermercado (SHIBA, 1997,p.13).

Segundo Paladini (2000), as razões pelas quais um consumidor seleciona um produto hoje podem mudar amanhã. Essa mudança pode acontecer de produto para produto e de pessoa para pessoa. Manter-se atualizado, assim, é um elemento necessário a sobrevivência da empresa, mas nem sempre isso é suficiente porque, quase sempre, o concorrente já está usando outras abordagens que podem resultar em perda de mercado para nossa empresa. A meta passa a ser, então, estar a frente com uma visão de novas abordagens do conceito da qualidade sendo repassadas a produtos e serviços.

2.2 Visão do cliente

A senda para o desenvolvimento de novos produtos passa necessariamente pela identificação dos fatores que preenchem as necessidades do cliente, para tanto é preciso desencadear um processo de investigação do mercado. O conhecimento de mercado acontece através de fontes de comunicação da organização com o cliente, que pode ser o contato direto

do vendedor com o consumidor, reclamações em sistemas de atendimento ao cliente ou através de pesquisas específicas de mercado que procuram identificar necessidades e meios para satisfazê-las.

Hoje os processos produtivos estão suportados por sistemas que garantem a menor variabilidade dos produtos em seus atributos. No aspecto do desenvolvimento de novos produtos, a qualidade é fator relevante no momento da concepção do produto. Segundo Deschamps e Nayak (1997), a criação de novos valores implica em estimular o círculo virtuoso ao oferecer satisfação aos clientes com produtos e serviços de qualidade superior. Esta é a maneira acertada de promover recompensas e crescimento, tanto para os empregados como para os proprietários. A maneira de conseguir a satisfação dos clientes é por meio da excelência de processo. Essa excelência de processo é obtida com sólidos sistemas de controle da qualidade.

O desenvolvimento de novos produtos deve iniciar baseado em uma necessidade de mercado, adequando o produto às exigências dos clientes, porém a identificação das necessidades dos clientes constitui uma tarefa difícil e complexa.

Segundo Cunha (2002), é necessário segmentar o mercado, selecionando o segmento alvo. Para isso definem-se os critérios de segmentação, que podem ser: geográfico, demográfico, psicográfico ou comportamental. A segmentação possibilita um maior foco por parte da empresa e um melhor conhecimento do comportamento do consumidor, além de aumentar a sensibilidade para possíveis mudanças na demanda.

A partir da definição do público alvo, é necessário que existam formas de coleta sistemática de informações sobre os integrantes do segmento que se pretende atingir: suas preferências, seu comportamento, a forma como lida com os produtos e serviços, seu grau de satisfação com os atuais produtos no mercado e necessidades ainda não satisfeitas.

Estas coletas de informações têm sua função ampliada na medida que são utilizadas no estabelecimento das estratégias da empresa, pois com a compreensão das necessidades e desejos do cliente a empresa customiza seus produtos e serviços, direcionando seus recursos a onde serão melhor percebidos e valorizados pelo cliente.

Segundo Cunha (2002), existem varias formas de realizar a coleta de dados, algumas mais formalizadas e outras informais. A seleção mais adequada dependerá dos objetivos da empresa, do tipo de informação que necessita, do tamanho do mercado e da acessibilidade ao conjunto de clientes. O autor sugere algumas técnicas de coleta de dados sobre o mercado e os clientes:

(i) Conversas informais com os clientes: Em mercados muito restritos, onde o conjunto de clientes não passa de alguns poucos, é possível estabelecer um relacionamento mais próximo com os clientes. Assim a coleta de dados pode ser feita através de conversas, desta forma o cliente participa ativamente do processo de desenvolvimento do produto. Isto permite um conhecimento profundo do cliente. Esta técnica não é viável em grandes mercados, onde será necessária uma coleta mais formalizada, executada por pessoas especializadas.

(ii) Pesquisa de mercado qualitativa: Esta forma de pesquisa normalmente é utilizada para levantar informações ainda não estruturadas por parte da empresa. Por exemplo, quando se quer identificar os motivos de um determinado comportamento, ou quando se quer determinar os elementos que o cliente utiliza para avaliar os produtos. As principais técnicas utilizadas são: Entrevistas em profundidade, discussão de grupo e técnicas de projeção.

(iii) Pesquisa de mercado quantitativa: Ao contrário das pesquisas qualitativas, as pesquisas quantitativas são utilizadas para descrever e medir fenômenos de marketing com precisão. Enquanto a pesquisa qualitativa procura responder os “porquês” e os “o quê” dos comportamentos, a pesquisa quantitativa procura medir “o quanto” esse comportamento se

manifesta no mercado. Para a pesquisa quantitativa são utilizadas técnicas como: Observação direta do cliente, experimentação e sondagem através de questionários.

(iv) Pesquisa de mercado mista: Esta pesquisa consiste na combinação entre pesquisas quantitativas e qualitativas. Este é o tipo de pesquisa mais utilizado em marketing atualmente. As principais pesquisas mistas são: Pesquisas de satisfação do cliente, Pesquisas de importância de atributos e pesquisa de motivação para a compra.

As informações obtidas através das pesquisas realizadas junto ao mercado são utilizadas na geração de idéias para o desenvolvimento de novos produtos. Estas técnicas também servem para a testagem de aceitação do novo produto no mercado e ainda para verificar como o mercado está reagindo a um determinado produto já existente e comercializado.

Segundo Gama (1999), o consumidor está sendo rígido na hora de definir suas compras e mudando rapidamente de produto, caso lhes ofereçam uma vantagem a mais. Os clientes podem estar contentes, mas nem por isso serão fiéis. Se surgir um negócio melhor, mudarão de fornecedor. Esse fato obriga as empresas a estarem permanentemente em processos de melhoria, e sempre abertas a mudanças de seus produtos.

De acordo com Harrington (1997), outra dimensão da essência competitiva é o entendimento das necessidades do cliente e de como os novos produtos que se encontram na linha de processo de desenvolvimento atendem a essas necessidades. O desdobramento da função qualidade (QFD) é a mais compreensiva técnica desenvolvida até o momento, para garantir que exigências do cliente sejam definidas e cumpridas.

2.3 QFD (*Quality Function Deployment*)

Segundo Cobra (1992) *apud* Cardoso (2001), o que a empresa julga e estabelece que é bom para os seus clientes nem sempre coincide com aquilo que estes clientes têm como expectativa. Baseado nesta premissa, torna-se essencial conhecer profundamente o que o cliente deseja e necessita.

Observa-se que o desenvolvimento da qualidade oferecida por uma organização deve refletir os interesses e necessidades do consumidor. No entanto, há uma dificuldade em traduzir para o planejamento dos serviços os desejos dos consumidores tais como: café gostoso, ambiente agradável, serviço cortês. Neste sentido, a metodologia QFD (*Quality Function Deployment*) possui a capacidade de captar estas necessidades, expectativas e desejos do consumidor e traduzi-las para todos os processos da organização, de forma a garantir a qualidade requerida pelo cliente em cada etapa do processo.

Segundo Abreu e Pereira (2004), nem sempre é fácil traduzir para os produtos e serviços os desejos dos clientes, pois muitas vezes a linguagem utilizada não se adapta diretamente as especificações técnicas. O QFD contribui para vencer essas dificuldades. Os autores definem o QFD como um método de gerenciamento para auxiliar na garantia da qualidade de processos, produtos e serviços.

O QFD, apesar de trazer uma considerável melhoria da qualidade quando devidamente implementado, é acima de tudo uma ferramenta de planejamento.

Akao (1988) define o desdobramento da função qualidade como um desdobramento, passo a passo, em funções ou operações que determinam a qualidade, sistematicamente como procedimentos objetivos, mais que como procedimentos subjetivos.

Para Akao (1997) *apud* Abreu e Pereira (2004), a metodologia do QFD é uma conversão das demandas dos consumidores em características de qualidade, desenvolvendo

um projeto de qualidade para o produto acabado, desdobrando as relações entre as demandas e as características. Este desdobramento começa com a qualidade de cada parte do processo. A qualidade total do produto será entendida através de uma rede de relações.

Para Eureka (1992), o QFD é um sistema que traduz as necessidades dos clientes em apropriados requisitos para a empresa, em cada estágio do ciclo de desenvolvimento de um produto ou serviço, desde a pesquisa e desenvolvimento até a engenharia, produção, marketing, vendas e distribuição.

Segundo Eureka (1992), obtém -se como resultados do emprego do QFD:

- a) Uma melhoria contínua da qualidade;
- b) Um aumento da funcionalidade e do valor agregado aos produtos e serviços;
- c) Uma redução dos custos de projeto e fabricação em até 50%;
- d) Uma redução do tempo de desenvolvimento em média de 30%.

Observa-se que com estes resultados a empresa está apta a conseguir melhores posições no mercado, gerando um aumento da produtividade e conseqüentemente da lucratividade. Mas, os benefícios mais importantes trazidos pela utilização do QFD são, sem dúvida, os de caráter organizacional, como o enfoque voltado ao consumidor, a quebra de barreiras interdepartamentais e o incentivo ao desenvolvimento de trabalhos em equipe.

Segundo Cheng (1994), a terminologia do QFD apresentou algumas divergências a partir de sua introdução nos Estados Unidos da América. Existe uma corrente de estudiosos que considera errônea a utilização do termo QFD como ele tem sido proposto nos países ocidentais. Para estes estudiosos, o termo QFD é muito restrito, pois representa apenas uma das fases do desdobramento da qualidade, por isto sugerem que a metodologia fosse chamada apenas de Desdobramento da Qualidade, como ocorre no Japão. Este é um termo mais amplo e engloba todas as fases de desdobramento existentes.

Cheng (1994) postula que, em 1966, no Japão, o Dr. Akao sugeriu a utilização de cartas e matrizes para expressar que os pontos críticos da garantia da qualidade, do ponto de vista do cliente, deveriam ser transferidos através das etapas de projeto e manufatura, surgia assim o QFD.

Mesmo sendo hoje uma metodologia tão poderosa reconhecida internacionalmente, o QFD passou por um período de mais ou menos uma década de estagnação. Somente em 1972, apareceu o primeiro trabalho escrito sobre este tema, sob o título de "Desenvolvimento e Garantia da Qualidade de Novos Produtos: Um Sistema de Desdobramento da Qualidade". Neste mesmo ano as idéias do Dr. Akao começaram a ser utilizadas por uma empresa, o estaleiro Kobe pertencente ao grupo Mitsubishi. O sucesso da utilização do QFD nesta empresa difundiu o método por todo país. As aplicações nesta época eram pautadas muito mais na prática que em estudos teóricos. O primeiro livro com o título de "Desdobramento da Função Qualidade: Enfoque para Controle da Qualidade Total" foi publicado em 1978, escrito pelos Drs. Shigeru Mizuno e Yoji Akao.

De acordo com o American Supplier Institute (1989), os Estados Unidos tiveram o primeiro contato com a metodologia em 1983, quando Dr. Ishikawa dirigindo uma delegação japonesa explicou a filosofia a alguns integrantes da Ford Motor Co. A partir de então, muitas missões técnicas para o Japão foram organizadas pela ASI (American Supplier Institute), com o intuito de conhecer de perto as aplicações da nova metodologia integrada ao Controle da Qualidade Total. Ainda em 1983, Dr. Clausing apresenta aos Estados Unidos a experiência desenvolvida na Fuji, no Japão, e Dr. Akao vai a Chicago ministrar um seminário de quatro dias sobre o desdobramento da função qualidade.

Convencida da eficácia da ferramenta, em 1984, a Ford inicia a utilização do método sob a orientação do Dr. Clausing.

Em 1987, o Dr Akao escreve seu segundo livro, o qual foi publicado nos Estados Unidos da América apenas em 1990 com o título: *Quality Function Deployment - QFD: Integrating Customer Requirements into Product Design*. Esta obra é de grande importância, tendo em vista a quantidade de exemplos de implementação da metodologia em diversos setores de negócios.

Em 1987, é publicado nos EUA o primeiro livro sobre QFD, escrito por um americano, o Dr. Bob King, com o seguinte título: *Better Designs in Half the Time - Implementing QFD Quality Function Deployment in America*. Neste livro, King apresenta o resultado de seus estudos com o Dr. Akao, no Japão, e introduz algumas modificações na sistemática de Akao.

Segundo Sullivan (1986) *apud* Abreu e Pereira (2004), no início dos anos 80, o QFD foi implantado na indústria automotiva americana e atualmente é usado por muitas empresas deste setor. O objetivo central do método QFD é assegurar que o ponto de vista do cliente referente a qualidade seja incorporado nas fases iniciais do desenvolvimento de um projeto e sendo usado durante todo o ciclo de vida do produto.

Hoje a metodologia do QFD é utilizada em muitas empresas, tanto do setor de manufatura, quanto do setor de serviço, devido a facilidade de aplicação e aos resultados positivos, o que pode ser comprovado na literatura, como por exemplo o caso da empresa Belgo Minera, descrita por Cheng (1995) no livro QFD – Planejamento da Qualidade.

Ribeiro *et al.* (2001) propõe um modelo conceitual de QFD desenvolvido para a utilização na manufatura (figura 01). Este modelo é composto por quatro matrizes principais: a) a matriz da qualidade, que é construída a partir do desdobramento da qualidade demandada e das características da qualidade; b) a matriz do produto, que é construída a partir do desdobramento do produto em suas partes constituintes; c) a matriz dos processos, que é construída a partir do desdobramento dos processos em suas etapas individuais; e d) a matriz

dos recursos, que é obtida após o desdobramento dos itens de pessoal e infra-estrutura, necessários para a realização dos processos.

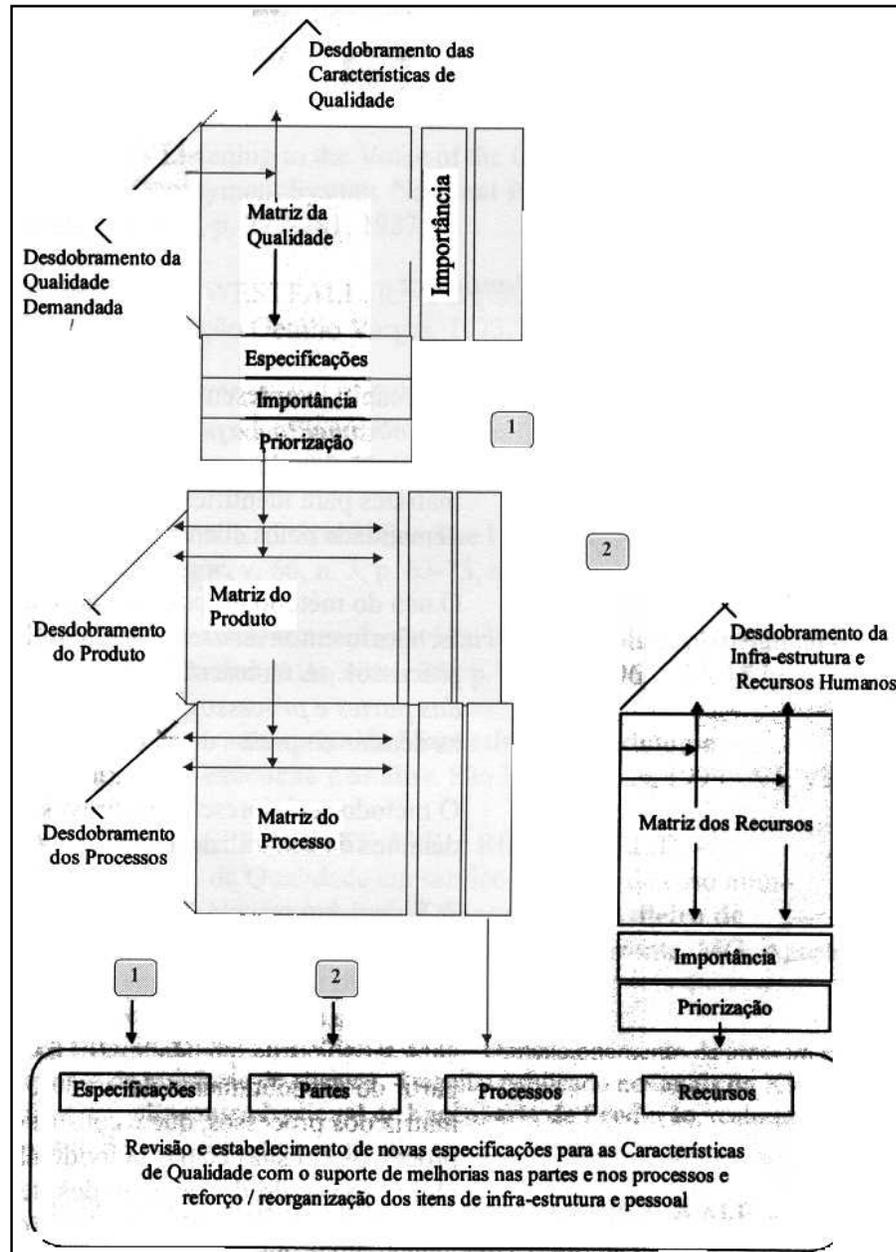


Figura 01 – Modelo de matrizes de QFD [fonte: Ribeiro *et al.* (2001 p.34)]

Considerando o trabalho prático que será apresentado nos próximos capítulos, é importante detalhar um pouco melhor a matriz da qualidade.

2.3.1 Matriz da qualidade

A matriz da Qualidade é freqüentemente citada na literatura como a casa da qualidade. Segundo Akao (1990), a casa da qualidade é obtida pelo cruzamento da tabela dos requisitos do cliente (ou da qualidade exigida) com a tabela das características de qualidade, como ilustrado na Figura 02. O resultado obtido deste cruzamento está demonstrado na Figura 03. O triângulo “A” e a aba “C” compõem a tabela dos requisitos dos clientes. O triângulo “B” e a aba “D” compõem a tabela das características de qualidade. O quadrado “Q”, interseção das duas tabelas, é denominado matriz de relações.

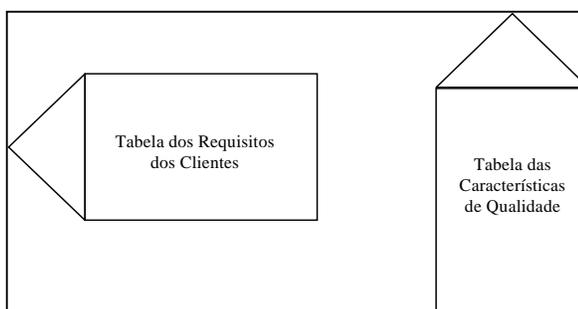


Figura 02 - As tabelas que formam a casa da qualidade [Fonte: Peixoto (1998)]

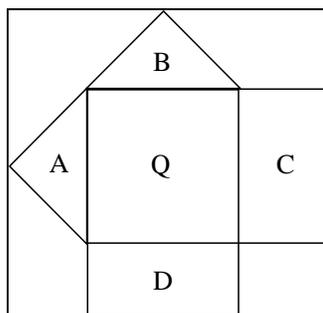


Figura 03 - Representação gráfica do cruzamento da tabela dos requisitos dos clientes com a tabela das características de qualidade [Fonte: adaptada de CHENG *et al.*, (1995)]

Segundo Akao (1996), a casa da qualidade pode ser definida como a matriz que tem a finalidade de executar o projeto da qualidade, sistematizando as qualidades verdadeiras exigidas pelos clientes por meio de expressões lingüísticas, convertendo-as em características substitutas e mostrando a correlação entre essas características substitutas (características de qualidade) e aquelas qualidades verdadeiras. Conforme a definição do autor, a matriz da qualidade (figura 04) é vista com um sistema de relacionamentos. Segundo Peixoto (1998), a entrada desse sistema é a voz do cliente, na forma de expressões lingüísticas. O processo pode ser claramente visto como o conjunto das três atividades relacionadas a seguir: a sistematização das qualidades verdadeiras exigidas pelos clientes; a transformação das qualidades exigidas pelos clientes em características de qualidade (características técnicas ou características substitutas); e a identificação das relações entre as qualidades verdadeiras e as características de qualidade. A saída do sistema consiste nas especificações do produto, ou seja, no conjunto de características técnicas do produto com suas respectivas qualidades projetadas (valores de especificações). Dessa forma, pode-se entender que a tabela dos requisitos dos clientes (horizontal) é a entrada da casa da qualidade, e a tabela das características de qualidade (vertical) é a saída do sistema.

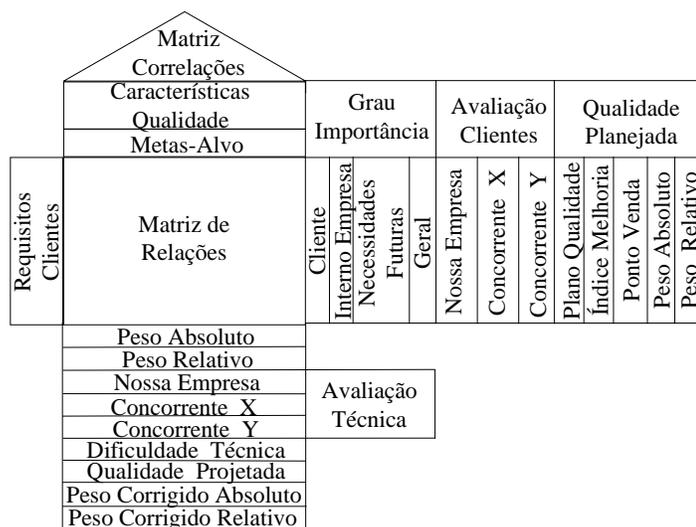


Figura 04 - A casa da qualidade e seus elementos ou áreas [Fonte: Peixoto (1998)]

(1996), pode ser relativa ou absoluta. A escala é relativa quando o cliente indica a importância de cada requisito em comparação aos demais (este requisito é mais importante que aquele). A escala é absoluta quando o cliente analisa a influência de cada requisito em sua decisão de compra do produto, sem compará-lo com os demais.

De acordo com Peixoto (1998), a pesquisa com a escala relativa é mais fácil para o cliente quando há poucos requisitos a serem comparados, mas torna-se complicada quando o número de requisitos é maior. Nesse caso, é melhor optar por uma escala absoluta.

Akao (1996) alerta que quando o número de clientes é pequeno, e estatisticamente não permite a pesquisa por enquete, sendo aconselhável, à equipe de QFD, utilizar outro método de análise como o AHP (Analytical Hierarchy Process) para determinar, ela própria, a importância dos requisitos dos clientes. Essa técnica sistematiza a comparação entre os requisitos, estabelecendo um meio eficaz para determinar a importância relativa destes.

c) Grau de importância para a empresa: Segundo Peixoto (1998), o grau de importância para a empresa deve traduzir em escala numérica o enquadramento dos requisitos dos clientes. Esse enquadramento é necessário porque os requisitos dos clientes expressam as qualidades verdadeiras e, portanto, obedecem a uma hierarquia. A qualidade excitante só satisfaz os clientes se estes já estiverem satisfeitos com a qualidade linear, e a satisfação com a qualidade linear depende da satisfação com a qualidade óbvia.

Peixoto (1998), destaca que por causa dessa hierarquia, a empresa deve saber a classificação de cada requisito. E, durante o planejamento do produto, considerar que: (i) a comparação entre produtos se dá fundamentalmente na avaliação das qualidades lineares. (ii) As qualidades óbvias só são percebidas quando ausentes. (iii) As qualidades excitantes seduzem os clientes, permitindo ao produto escapar da comparação racional, ou pelo menos diminuindo o poder dessa comparação.

d) Identificação da importância estratégica: Para Akao (1996), esta etapa corresponde à antevisão da importância dos requisitos quando o produto for lançado no mercado. Segundo Peixoto (1998), com o decorrer do tempo as pessoas mudam suas necessidades e valores. No lançamento do produto, se este tiver longo período de desenvolvimento, os requisitos podem não ter mais o grau de importância levantado nas pesquisas de mercado. Para prevenir esse tipo de obsolescência, a empresa deve estimar a importância que os clientes darão, no futuro, a cada requisito.

e) Identificação do grau de importância – Geral: Para Peixoto (1998), é o valor final do grau de importância de cada requisito, definido em função da análise dos três itens anteriores. É importante ressaltar que seu cálculo não deve ser feito através de média aritmética ou ponderada, mas através de uma análise qualitativa. Por fim, deve-se esclarecer que somente o grau de importância geral será considerado para efeito de cálculo dos pesos relativo e absoluto.

f) Avaliação competitiva do cliente (A empresa, Concorrente X e Concorrente Y): Segundo Peixoto (1998), a avaliação competitiva do cliente é uma pesquisa de mercado quantitativa que busca identificar como os clientes percebem o desempenho do produto atual da empresa, em comparação com os principais concorrentes. A utilização do produto atual da empresa se justifica pelo alto grau de conhecimento que a equipe deve ter sobre aquele produto. A equipe deve saber exatamente qual é o seu desempenho e quais são suas características que determinam esse desempenho. A partir desse conhecimento, e da avaliação do cliente para o produto atual da empresa, a equipe pode estabelecer uma referência de

características versus satisfação do cliente. Esta servirá de base para a análise das “notas” dos produtos concorrentes e para a projeção da qualidade do produto em desenvolvimento.

Para Akao (1990), essa pesquisa pode usar uma escala relativa ou absoluta. Aqui a escala relativa é mais fácil para o cliente, principalmente quando há uma clara diferença de importância ou de desempenho. Mas quando as importâncias (ou desempenhos) são percebidas como iguais há uma dificuldade de se determinar a “nota” adequada (os dois são iguais, mas são bons ou ruins?). Mais importante ainda, a avaliação relativa não torna explícitos os requisitos que são prioridades para a melhoria. Isso porque esse tipo de avaliação demonstra apenas como o cliente percebe a atual competitividade do produto, em face de seus concorrentes, mas não permite a clara identificação do nível de satisfação do cliente com o desempenho do produto. E nem sempre o cliente está satisfeito com o desempenho do produto que ele considera o melhor do mercado. Whiteley (1992) *apud* Peixoto (1998), cita o caso dos produtos da Motorola cuja qualidade, em certa época, não satisfazia seus clientes apesar de serem considerados por eles os melhores produtos do mercado. Assim, a avaliação absoluta é mais adequada.

g) Plano de qualidade dos requisitos: Segundo Peixoto (1998), é o planejamento do desempenho do produto em desenvolvimento, para cada requisito dos clientes. Segundo Akao (1996), é no plano de qualidade que a estratégia da empresa é inserida no planejamento do produto. Para Akao (1990), o plano de qualidade deve ser definido após a análise dos três itens enumerados a seguir: avaliação competitiva do cliente, argumento de vendas e importância do requisito. Nesse caso, o argumento de vendas deve ser determinado antes do plano de qualidade. Para Cheng *et al.* (1995), o plano de qualidade deve ser determinado na ordem indicada na casa da qualidade, ou seja, logo depois de completada a avaliação competitiva do cliente. Nesse caso, utiliza-se o grau de importância dos requisitos e a própria avaliação dos clientes como orientação para a tomada de decisão.

h) Índice de melhoria: Segundo Akao (1996), o grau de melhoria é a forma de inserir na importância final dos requisitos (peso absoluto e relativo) a intenção da empresa, ou seja, o plano estratégico da empresa. Segundo Peixoto (1998), esse índice é determinado pela divisão do desempenho desejado para o produto em desenvolvimento (na figura 05 corresponde ao Plano de Qualidade) pelas notas obtidas para o desempenho efetivo do produto atual (na figura 05 corresponde a Nossa Empresa). Reflete quantas vezes o produto precisa melhorar seu desempenho, em relação ao produto atual, para alcançar a situação planejada.

i) Argumento de vendas: Segundo Cheng *et al.* (1995), os argumentos de vendas são os benefícios-chave que o produto fornecerá aos clientes visando o atendimento de suas necessidades. Segundo Akao (1996), isso significa o grau de consonância dos requisitos dos clientes com a política da empresa para o mercado alvo.

Porém, Akao (1990) apresenta, tanto um caso no qual os argumentos de vendas foram definidos antes do plano de qualidade, quanto um caso no qual essa definição ocorreu depois de determinado o plano de qualidade. Porém se os argumentos de vendas significam o grau de consonância dos requisitos com a política da empresa, e se o atendimento a esses requisitos deve obedecer à política da empresa, os primeiros devem ser determinados antes do segundo. Nesse caso os argumentos não são uma decisão, mas apenas a identificação da consonância de fato existente entre cada requisito dos clientes e a política da empresa.

Peixoto (1998), afirma que alguns autores definem os argumentos de vendas após o plano de qualidade. Nesse caso, eles não representam a política da empresa. Pode-se, então, interpretar que os argumentos de vendas especiais (peso 1,5) são as qualidades excitantes e os argumentos de vendas comuns (peso 1,2) são as qualidades lineares mais valorizados pelos clientes, cujo desempenho planejado deverá sobrepujar enormemente o desempenho dos

concorrentes. Nesse caso, deve-se lembrar que nem todos requisitos excitantes serão atendidos pelo produto. Dessa forma, nem todos eles serão considerados argumentos de venda. É preciso escolher os requisitos excitantes que serão atendidos e considerá-los benefícios chave, classificando-os como argumentos de venda especiais.

j) **Peso absoluto dos requisitos:** Para Peixoto (1998) esse peso é determinado pela multiplicação do grau de importância pela taxa de melhoria e pelo “argumento de vendas”.. Representa a prioridade de atendimento de cada requisito sob a lógica de que os esforços de melhoria devem ser concentrados em três pontos: nos requisitos mais importantes, nos requisitos que estão em consonância com a estratégia da empresa e nos requisitos que a empresa precisa melhorar bastante.

k) **Peso relativo dos requisitos:** Segundo Peixoto (1998), esse peso é determinado pela conversão do peso absoluto em percentagem, através da divisão do peso absoluto de cada requisito pelo resultado da soma de todos os pesos absolutos. Os pesos relativos têm por objetivo facilitar a rápida percepção da importância relativa dos requisitos.

A tabela das características de qualidade (Figura 06) é também chamada de Tabela das Características do produto. Sua função é traduzir a “voz dos clientes” para “voz dos engenheiros”, ou seja, transformar os requisitos dos clientes em características de projeto que sejam capazes de compor um hardware e estabelecer a qualidade projetada (AKAO, 1996).

Akao (1990) define a tabela das características de qualidade como um arranjo sistemático, baseado em um diagrama de árvore lógico, das características de qualidade que constituem um produto ou serviço.

da qualidade são as características de projeto que devem ser medidas, enquanto as características de qualidade são os aspectos individuais mensuráveis dos elementos da qualidade.

Pode-se utilizar dois métodos para fazer a identificação das características de qualidade. O primeiro é desdobrar de modo independente e o segundo é extrair as características. Segundo Peixoto (1998), no desdobramento pelo método independente pode-se utilizar o *brainstorming*. Nesse caso, as características de qualidade e os elementos da qualidade seriam identificados simultaneamente. Deve-se, então, separar as idéias objetivamente mensuráveis daquelas não objetivamente mensuráveis. As mensuráveis são características de qualidade e as não mensuráveis são os elementos de qualidade. Na extração (segundo método), deve-se utilizar tabelas de extração, conforme proposto por Akao (1996) e Cheng *et al.* (1995).

Akao (1996) postula que depois de extraídas as características de qualidade, devem-se organizá-las em formato de diagrama em árvore. Para isso, deve-se utilizar a técnica do diagrama de afinidades.

b) Metas-alvo: Segundo Peixoto (1998), as metas-alvo tem dois objetivos: a)O primeiro é determinar se as características de qualidade são mensuráveis; e b)O segundo é indicar qual tipo de raciocínio leva à fixação do valor ideal para cada característica de qualidade. Existem características de qualidade cujos valores de desempenho podem ser raciocinados na base do quanto maior, melhor (potência de um carro esportivo, por exemplo). Para outras deve-se pensar em termos de quanto menor, melhor (por exemplo, peso de uma televisão portátil). E existe um terceiro tipo de características que nem o maior, nem o menor são melhores. Para estas, o melhor é atingir um valor específico, um valor nominal ou um valor alvo (como exemplo tem-se a voltagem de um aparelho elétrico). É importante ressaltar

que, nesse momento, não se está ainda buscando definir o valor ideal, mas apenas descobrir como raciocinar para se determinar esse valor ideal.

Peixoto (1998), afirma que caso não seja possível definir a meta-alvo para uma determinada característica, essa característica não é quantificável. E, por definição, ainda é considerada um elemento de qualidade. Deve-se, então, retomar o desdobramento desse elemento de qualidade para transformá-lo em uma verdadeira característica de qualidade.

Se a característica de qualidade for mensurável, deve-se definir a unidade de medida a ser utilizada para tal. Clausing (1993) *apud* Peixoto (1998), destaca que é preciso encontrar unidades de medidas de variáveis contínuas, mesmo que isso represente um desafio para a equipe de QFD. Isso porque medidas que verificam apenas a presença ou ausência de um atributo não permitem melhorias contínuas.

c) Matriz de correlações: Peixoto (1998) afirma que a matriz de correlações é o teto da casa da qualidade. Esta matriz cruza as características de qualidade entre si, sempre duas a duas, permitindo identificar como elas se relacionam. Estas relações podem ser de apoio mútuo quando o desempenho favorável de uma característica ajuda o desempenho favorável da outra característica, ou de conflito quando o desempenho favorável de uma característica prejudica o desempenho favorável da outra característica.

d) Matriz de relações: De acordo com Peixoto (1998), esta matriz é a interseção da tabela dos requisitos dos clientes com a tabela das características de qualidade, não sendo, portanto, um dos elementos da segunda. Ainda assim, é preciso explicá-la nesse momento, porque sua compreensão é imprescindível para o entendimento dos demais elementos da tabela das características de qualidade.

Segundo Peixoto (1998), a matriz de relações é composta de células formadas pela interseção de cada requisito dos clientes com cada característica de qualidade. Sua função é permitir a identificação de como e (quanto) cada característica da qualidade influencia no atendimento de cada requisito dos clientes. Tais relações, que devem ser indicadas na parte superior das células, tanto podem ser positivas, quanto negativas.

A maioria dos autores interpreta que a intensidade das relações deve ser indicada em quatro níveis: forte, média, fraca e inexistente. Hauser & Clausing (1988) *apud* Peixoto (1998) consideram apenas três níveis: forte, médio e inexistente.

Cheng *et al* (1995) afirmam que a matriz de relações deve ser preenchida com a participação de todos os membros da equipe de QFD, que devem obter consenso sobre a intensidade das relações. Hauser & Clausing (1988) *apud* Peixoto (1998) prescrevem que as relações podem ser identificadas não só pelo consenso da equipe, baseado na experiência dos seus membros, como também por respostas de clientes, por análise de dados estatísticos e por experimentos controlados. Akao (1990) propõe que as relações devem ser identificadas (ou checadas posteriormente) por estatísticas e dados reais, obtidos em testes técnicos.

Segundo Peixoto (1998), cada nível de intensidade das relações corresponde a um valor, os quais são utilizados para distribuir os pesos dos requisitos dos clientes para as características de qualidade. Segundo Akao (1996), existem dois métodos para fazer essa distribuição. O primeiro método é a distribuição independente de pontos, que é o mais utilizado pelos autores consultados. O segundo método é a distribuição proporcional dos pontos descrita por Akao (1996), onde pode-se encontrar algumas comparações que ajudam escolher o mais adequado para cada aplicação de QFD. Segundo Peixoto (1998), independente do método utilizado, deve-se anotar na parte inferior de cada célula da matriz o valor a ela atribuído pela distribuição dos pesos dos requisitos.

Depois de identificadas as relações e preenchida a matriz, é necessário verificar sua consistência.

e) Peso absoluto: O peso absoluto é o resultado da soma vertical dos valores anotados na parte inferior das células de cada característica de qualidade (coluna). Indica a importância de cada característica de qualidade no atendimento do conjunto de requisitos dos clientes

f) Peso relativo: É a transformação do peso absoluto das características de qualidade em percentual. Calcula-se dividindo o peso absoluto de cada característica de qualidade pelo resultado da soma dos pesos absolutos de todas as características de qualidade. É importante porque facilita a visualização do peso de cada característica de qualidade.

g) Avaliação competitiva técnica: Aqui o desempenho dos produtos é avaliado sob a ótica da engenharia, com o objetivo de orientar, à luz da avaliação competitiva dos clientes, quais são os valores ideais para as características técnicas do produto em desenvolvimento. Por isso, a avaliação competitiva técnica consiste em medir, em cada produto que foi submetido à avaliação competitiva dos clientes, o valor real de cada característica de qualidade.

Para permitir a comparação do desempenho dos protótipos com os produtos já existentes, segundo Clausing (1993) *apud* Peixoto (1998), os testes e procedimentos utilizados nesse momento devem ser os mesmos que serão usados nos testes do produto em desenvolvimento. Por este mesmo motivo, as unidades de medidas devem ser aquelas definidas nas metas-alvo, que também servirão para medir o produto em desenvolvimento.

Segundo Peixoto (1998), após testar os produtos, determinando comparativamente o nível de desempenho técnico de cada um deles, a equipe de QFD deve verificar se a avaliação competitiva técnica está coerente com a avaliação competitiva dos clientes. As avaliações são coerentes entre si quando o desempenho técnico explica as notas atribuídas pelos clientes para o desempenho relativo de cada produto.

h) Fator de dificuldade técnica: Akao (1996) afirma que de modo geral, este fator é uma nota que expressa a dificuldade tecnológica que a empresa terá para obter o valor determinado para a qualidade projetada das características de qualidade, com a confiabilidade projetada e com o custo objetivado. Por isso, ele determina quais são as características que provavelmente exigirão maior comprometimento de esforços e recursos na obtenção da sua qualidade projetada.

Segundo Peixoto (1998), o fator de dificuldade técnica é usado na matriz da qualidade para corrigir o peso das características de qualidade. Entretanto, essa correção do peso de cada característica de qualidade pode ser feita de duas maneiras: ou se atribui maior importância àquelas características que implicam em uma menor dificuldade técnica, ou se atribui maior importância àquelas características que, para a obtenção da sua qualidade projetada, implicam em uma maior dificuldade técnica.

Peixoto (1998), afirma que no primeiro caso, a escala do fator é inversamente proporcional à dificuldade de se obter os valores projetados para a característica de qualidade. Desse modo, ao se fazer a multiplicação dos pesos relativos das características de qualidade pelos fatores de dificuldade técnica, obtém-se um peso corrigido menor para aquelas características com menores probabilidades de serem alcançadas. Esse tipo de escala é aplicável a situações onde: (i) o ciclo de vida do produto (não a vida útil do produto) é breve, em função de melhoria contínua que determine lançamentos sucessivos de versões

melhoradas do produto, com curto espaço de tempo entre as versões; e concomitantemente (ii) trabalhem com desenvolvimento de tecnologia durante o desenvolvimento do produto para solucionar gargalos de engenharia.

Segundo Peixoto (1998), o raciocínio que determina a utilização da escala inversamente proporcional é a priorização das características técnicas que, concomitantemente, são importantes sob o ponto de vista do atendimento do cliente e que não comprometem demasiadamente o tempo de desenvolvimento e os recursos disponíveis (não exigem o desenvolvimento de uma tecnologia muito diferente da atualmente utilizada). As características com baixo peso corrigido são descartadas no atual processo de desenvolvimento do produto.

Peixoto (1998) afirma que o segundo caso se refere a dois tipos de empresas: (i) aquelas que desenvolvem produtos com longos ciclos de vida, os quais ficam muito tempo “disputando” o mercado com os novos produtos lançados pelos concorrentes. Quando isso acontece, é necessário que o produto incorpore imediatamente todas as características de qualidade prioritárias para o atendimento dos principais requisitos dos clientes. Torna-se, então, importante que se despenda maiores recursos para a obtenção imediata de tecnologia que viabilize essa incorporação. Isso é conseguido utilizando, conforme prescrevem Akao (1996), uma escala do fator de dificuldade técnica diretamente proporcional à dificuldade de se obter a qualidade projetada, onde o número maior significa a maior dificuldade técnica e o número menor significa a menor dificuldade de sucesso. (ii) Empresas que, mesmo tendo produtos de curto ciclo de vida, trabalhem com desenvolvimento de tecnologia paralelo ao desenvolvimento de produtos, conforme proposto por Clausing (1993) *apud* Peixoto (1998). Essas empresas devem sempre ter o cuidado de fixar valores de qualidade projetada para as características de qualidade possíveis de ser obtidos com a tecnologia já disponível na empresa. Dessa forma, não há motivo para descartar características de qualidade de grande

dificuldade técnica. Por isso, a escala desse fator deve ser diretamente proporcional à dificuldade de se obter os valores projetados, fazendo com o peso técnico corrigido reflita a necessidade de recursos como no item (i).

i) Qualidade projetada: Para Peixoto (1998), projetar a qualidade é projetar os valores das características de qualidade do produto em desenvolvimento. No QFD, tais valores são denominados valores-meta ou valores-objetivo. Os valores-meta devem ser capazes de atender satisfatoriamente as necessidades dos clientes, melhorando a posição competitiva do produto no mercado. Isso significa que esses valores devem refletir o planejamento estratégico para o produto que, por sua vez, é representado pelo índice de melhoria dos requisitos dos clientes. Akao (1996) afirma que a qualidade planejada deve orientar a definição dos valores da qualidade projetada. Assim, pode-se entender que a qualidade projetada é extraída da qualidade planejada. Cheng *et al.* (1995) sugerem que a qualidade projetada seja fixada apenas considerando a avaliação competitiva técnica.

j) Peso corrigido absoluto. Para Akao (1996) este peso é o resultado da multiplicação do peso absoluto de cada característica de qualidade pelo fator de dificuldade técnica.

Segundo Peixoto (1998), dependendo do sentido da dificuldade técnica, o peso corrigido absoluto pode ter dois significados distintos e mutuamente excludentes. O primeiro significado, caso o fator de dificuldade técnica tenha escala inversamente proporcional à dificuldade de incorporação da característica técnica ao produto, determina quais são as características que devem ser incorporadas prioritariamente ao produto e quais deverão ser descartadas. O descarte é devido, ou a pouca importância dessas características de qualidade para o atendimento aos requisitos dos clientes, ou porque estas características são tecnicamente de difícil incorporação ao produto. O segundo significado, caso o fator de

dificuldade técnica tenha escala diretamente proporcional à dificuldade de incorporação da característica técnica ao produto, determina as características de qualidade para as quais devem ser alocados maiores recursos para sua incorporação ao produto, considerando que os maiores pesos corrigidos serão obtidos pelas características de qualidade importantes para o atendimento ao cliente e tecnicamente difíceis de serem obtidas.

k) **Peso corrigido relativo.** Segundo Akao (1996), é a conversão do peso corrigido absoluto em percentual. Este peso é calculado de modo semelhante ao peso relativo das características de qualidade.

Depois de descrita a casa da qualidade, deve-se considerar a sua análise. Cheng *et al.* (1995) prescreve que essa análise deve objetivar a garantia da consistência da matriz.

2.4 FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Neste cenário mundial de competitividade, as empresas, precisam desenvolver produtos e serviços, que apresentem, a qualidade exigida pelo cliente, bem como, um custo compatível com o mercado. Uma das formas de atingir este objetivo é a através do aumento da confiabilidade dos produtos e processos.

De acordo com Pinheiro e Ho (2000), a teoria da Confiabilidade foi desenvolvida, inicialmente, com objetivo de estimar a ocorrência de falhas catastróficas, em situações de alto risco para o ser humano. O emprego desta teoria aumentou consideravelmente depois da segunda guerra mundial, com aplicações principalmente na indústria aeronáutica, aeroespacial e nuclear. Atualmente, os efeitos da análise de confiabilidade podem ser observados mais

diretamente pelos consumidores através de produtos cujos tempos de garantia contra defeitos são estabelecidos, assim como a previsão da expectativa média de vida, tempo de prateleira, o tempo entre falhas ou defeitos, o tempo de reposição de peças ou componentes, o tempo entre reparos ou manutenções.

Um dos métodos auxiliares para aumentar a confiabilidade dos produtos e processos é o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Segundo Stamatis (1995), o FMEA é um método de análise de produtos ou processos usado para identificar todos os possíveis modos potenciais de falha e determinar o efeito de cada um sobre o desempenho do sistema (produto ou processo), mediante um raciocínio basicamente dedutivo (não exige cálculos sofisticados). É, portanto, um método analítico padronizado para detectar e eliminar problemas potenciais de forma sistemática e completa.

Ribeiro (2002) propõe três objetivos para o estudo de FMEA:

1. Reconhecer e avaliar o potencial de falha de um produto/processo e seus efeitos;
2. Identificar ações que podem eliminar ou reduzir as chances de uma falha potencial ocorrer;
3. Documentar o processo.

O FMEA é um método simples, mas tem mostrado sua eficácia. Segundo Ribeiro (2002), normalmente os engenheiros executam uma espécie de FMEA mental na análise de projetos e processos, porém a primeira aplicação formal foi na indústria aeroespacial na metade dos anos 60.

Conforme Stamatis (1995), na indústria automobilística e em outras empresas o FMEA é uma prática bem difundida, pois muitas vezes, trata-se de uma exigência contratual de fornecimento para os clientes com montadoras de automóveis.

Segundo Ribeiro (1998), no FMEA raciocina-se de baixo para cima: procura-se determinar modos de falha dos componentes mais simples, as suas causas e de que maneira eles afetam os níveis superiores do sistema.

Segundo Helman e Andery (1995), existem dois tipos de FMEA: de Produto e de Processo. A diferença entre eles reside no fato de que no FMEA de Produto, as causas de falha serão aquelas pertinentes a problemas no projeto do produto (mau dimensionamento, má especificação de material), enquanto que no FMEA de Processo as causas de falha serão decorrentes de uma inadequação do processo de fabricação (formação de espaços vazios durante a fundição).

Para a elaboração de uma análise através do FMEA, Helman e Andery (1995), descrevem as etapas a seguir:

- 1 - Definir a equipe responsável pela execução;
- 2 - Definir os itens do sistema que serão considerados;
- 3 - Preparação prévia e coleta de dados;
- 4 - Análise preliminar dos itens considerados;
- 5 - Identificação dos Modos de Falha e seus Efeitos;
- 6 - Identificação das Causas das Falhas;
- 7 - Identificação dos controles atuais de detecção das falhas;
- 8 - Determinação dos Índices de criticalidade (ocorrência, gravidade, detecção e risco);
- 9 - Análise das recomendações;
- 10 - Revisão dos procedimentos;
- 11 - Preenchimento dos formulários de FMEA, a partir, das listas de verificação;
- 12 - Reflexão sobre o processo.

O FMEA utiliza uma tabela que serve como um roteiro para sua elaboração, constituindo em uma forma de dispor e organizar os dados obtidos.

Segundo Ribeiro (2002), a tabela do FMEA é usada para facilitar e tornar mais objetivo todo o estudo. Os campos da tabela propostos pelo autor, para o FMEA de processo, são apresentados a seguir:

(i) Número do FMEA: É o número do documento, o qual será usado para efeito de arquivo;

(ii) Identificação do item: A identificação do componente ou sistema para o qual o processo está sendo analisado;

(iii) Modelo/ano: Indique o modelo e o ano dos produtos que irão utilizar ou serão afetados pelo processo em análise;

(iv) Departamento: Indique o departamento ou grupo responsável pelo estudo;

(v) Preparado por: Nome do engenheiro responsável;

(vi) Data limite: Data do fechamento do estudo;

(vii) Data do estudo: Data da primeira vez que foi efetuado o estudo;

(viii) Equipe de estudo: Lista dos nomes dos indivíduos e departamentos com autorização para identificar e executar tarefas;

(ix) Operação propósito: Descrição simplificada da operação em análise (exemplo: soldagem, polimento, montagem);

(x) Modos potenciais de falha: O modo potencial de falha é definido como a maneira na qual um determinado processo pode falhar em atingir os requerimento ou especificações do projeto. Trata-se da descrição de uma possível não-conformidade associada com a operação em estudo;

(xi) Efeitos potenciais de falha: São as conseqüências de modos potenciais de falha, conforme percebidos pelo cliente;

(xii) Severidade: É o impacto que o efeito do modo potencial de falha tem sobre a operação do sistema e, por conseguinte, sobre a satisfação do cliente;

(xiii) Classificação: Esta coluna é utilizada para classificar qualquer operação como crítica para a segurança ou qualidade;

(xiv) Causas / mecanismos potenciais de falha: Esta etapa busca identificar a origem do modo potencial de falha;

(xv) Ocorrência: Frequência em que ocorrem as causas;

(xvi) Controles atuais no projeto: Nesta coluna são descritos os controles incorporados ao processo que podem impedir ou detectar um modo de falha (exemplo: inspeção e controles estatísticos do processo);

(xvii) Detecção: Este item busca fazer uma estimativa da habilidade dos controles atuais.

(xviii) Risco: É o cálculo para priorizar as ações de correção e melhoria.

(xix) Ações recomendadas: Após a priorização dos modos de falha, as ações recomendadas devem se dirigir aos itens de maior risco;

(xx) Responsável e data (para a ação): Nome do responsável pela ação recomendada;

(xxi) Ações efetuadas: Uma breve descrição das ações corretivas ou de melhorias;

(xxii) Risco resultante: Após a identificação das ações corretivas, mas antes de serem efetuadas, faz-se uma estimativa da situação futura para a severidade, ocorrência e detecção;

2.5 Gráfico de Pareto

As perdas são a grande preocupação para as empresas que procuram gerenciar a qualidade. Conforme Vieira (1999), a maioria das perdas são explicadas por umas poucas causas. Neste caso o primeiro passo, na gestão da qualidade, é identificar as causas que determinam a maioria das perdas. O segundo passo é sanar as causas, desta forma, diminuir substancialmente o desperdício.

Para priorizar as causas de não-conformidades é utilizado o Diagrama de Pareto. Segundo Miguel (2001), o Diagrama de Pareto é um gráfico usado para classificar, por ordem de frequência, as causas de não-conformidades e defeitos. O gráfico é composto por colunas, onde os dados são relacionados em percentuais e distribuídos nos eixos das abscissas em ordem decrescente. Pode ser usado com ou sem uma curva cumulativa (figura 07).

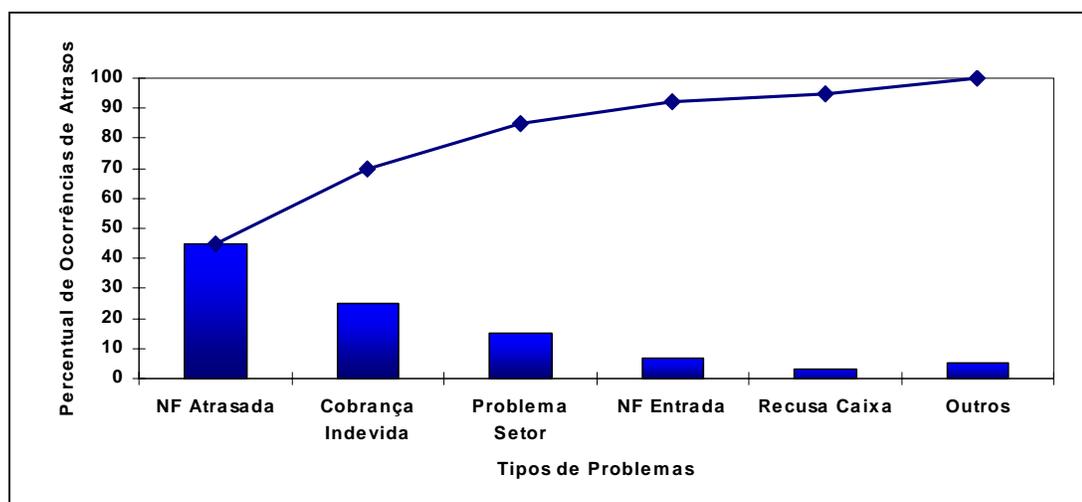


Figura 07 – Diagrama de Pareto [fonte: Elaborado pelo autor]

Segundo Paris (2003), o diagrama de Pareto recebeu seu nome de Vilfredo Frederico Samaso Pareto (1848-1923). Pareto foi engenheiro, filósofo, sociólogo e economista italiano. Em 1870 matriculou-se numa escola de engenharia em Roma e 1880 dedicou-se aos estudos

da economia, aplicando análises matemáticas no estudo dos fenômenos sócio-econômicos. Em 1897 enunciou o que passou a ser denominado Princípio de Pareto, que diz que 80% das dificuldades vêm de 20% dos problemas, em outras palavras, existem poucos itens vitais e muitos triviais. Desta maneira ele classificou os problemas em dois grupos: poucos vitais e muitos triviais.

Segundo Vieira (1999), Pareto estudou a distribuição de renda e verificou que poucas pessoas detinham a maior parte da renda, enquanto muitas pessoas tinham apenas pequena porção da renda. Segundo a autora, um especialista na área de qualidade de nome Juran observou que a figura que havia desenhado para mostrar que poucas causas levam à maioria das perdas tinha aspecto similar ao da distribuição de renda de Pareto. Em homenagem ao economista que primeiro discutiu esse tipo de distribuição, denominou a figura de Diagrama de Pareto.

Para a construção e análise do Diagrama de Pareto, Miguel (2001) propõe os passos a seguir:

- (i) Listar os elementos que influenciam no problema (causas primordiais);
- (ii) Medir a influência de cada elemento, como por exemplo, a frequência de ocorrência de determinados defeitos;
- (iii) Ordenar, em ordem decrescente, segundo a frequência de ocorrência de cada elemento;
- (iv) Construir a distribuição acumulada;
- (v) Interpretar o gráfico e priorizar a ação sobre os problemas;

Segundo Miguel (2001), depois de elaborado o gráfico, este pode ser dividido em regiões denominadas ABC da forma descrita a seguir:

- (i) Região A: Problemas mais críticos (aproximadamente 20%).

(ii) Região B: Delimita em torno de 50% dos problemas e representa aqueles cuja análise é variável, desde que resolvidos os 20% mais críticos.

(iii) Região C: Determina a maior gama que, na realidade, representa os problemas menos graves.

A partir da premissa desenvolvida por Pareto, de que existem poucas causas vitais e muitas causas triviais, Miguel (2001) postula que a experiência tem mostrado uma tendência de que 80 a 90% dos problemas são gerados por 10 a 20% das causas.

2.6 Inspeção: características e sistemas

A inspeção consiste em verificar se, no final de um determinado processo, o produto encontra-se dentro das especificações técnicas. Segundo Aidar (1995), este procedimento de verificação, surgiu formalmente com o advento da produção seriada, constituindo na primeira atividade regular da qualidade. O autor afirma que este foi a principal conquista, do ponto de vista da qualidade, com a criação de um sistema racional de medidas, gabaritos e acessórios, ainda no século XIX. Antes disso toda a inspeção era feita a olho nu. O próprio artesão, ou aprendiz sob a supervisão de um mestre, verificava seu trabalho, após tê-lo concluído.

Segundo Aidar (1995), no início do século XX, o amadurecimento do sistema norte-americano de produção e o surgimento da racionalidade no trabalho, que culminou com os estudos de Fredrick Taylor, fundador da Administração Científica, deram maior legitimidade à tarefa de inspeção. Esta grande divisão e especialização do trabalho, tidas pelos pensadores clássicos como o ponto de partida para o aumento da eficiência e produtividade, criam a tarefa de inspeção como uma atividade isolada do processo produtivo.

Neste contexto a inspeção era uma técnica bastante primitiva e defensiva de controle de qualidade. Segundo Aidar (1995) a inspeção consistia no simples fato de contagem e classificação, com a finalidade de separar os produtos bons dos maus.

Aidar (1995) relata que, em 1931, a experiência realizada na Bell Telephones representou um marco importante na história da qualidade. A obra publicada por Shewhart trouxe uma definição precisa do controle de fabricação e criou técnicas de acompanhamento e avaliação da produção diária, propondo diversas maneiras de se melhorar a qualidade, iniciando o controle estatístico da qualidade.

Com a evolução dos sistemas de controle da qualidade e o emprego de conceitos do controle estatístico do processo, as empresas praticaram o autocontrole da qualidade. No autocontrole da qualidade o próprio operador de produção é responsável pela garantia dos padrões de qualidade das peças produzidas. Drebtchinski (1996) afirma que nos países desenvolvidos é praticado intensamente o autocontrole, uma vez que a qualidade é feita por quem produz e nenhuma inspeção do produto pode incluir nele a qualidade que não existe. No Brasil ainda é muito praticada a inspeção de processo e produto ao longo das linhas de produção, executada por inspetores especializados, o que onera em muito os custos da qualidade.

Segundo Drebtchinski (1996), essa inspeção que separa ou corrige o material defeituoso produz uma qualidade percebida pelo cliente, em geral satisfatória, mas a um custo muito alto em reparos, retrabalhos e sucateamento, que corresponde à qualidade realmente produzida. Um projeto de autocontrole só pode ser introduzido em uma empresa após intenso processo de planejamento da inspeção e treinamento dos trabalhadores. O autor afirma que as empresas, com o intuito de minimizar os custos de inspeção e diminuir o impacto desta atividade sobre a eficiência, desenvolveram formas automáticas de inspeção, e equipamentos auxiliares que garantem os padrões técnicos estabelecidos.

Segundo Moore (1981), os sistemas de inspeção podem ser classificados em manuais e automatizados, destrutivos e não destrutivos. O sistema de inspeção automático aumenta a precisão, diminui o tempo de inspeção e conseqüentemente reduz o custo. O autor afirma que a inspeção não destrutiva é normalmente interpretada como um meio de avaliar a qualidade de materiais ou produtos sem causar avarias. Este sistema avalia características da qualidade externas e superficiais, enquanto que o sistema de inspeção destrutivo causa a destruição parcial ou total do material examinado, estas avaliações são realizadas por amostragens, visando conhecer características como: dureza, tração, compressão, impacto e capilaridade da solda.

3 PROPOSTA DE SISTEMA DE AVALIAÇÃO E MELHORIA DA QUALIDADE

3.1 Introdução

A partir das informações encontradas na literatura sobre o controle da qualidade e otimização dos processos, observou-se a necessidade de desenvolver um sistema que fosse capaz de avaliar a qualidade dos produtos e, ao mesmo tempo, provocar melhorias nesta qualidade.

O modelo para o sistema de avaliação e melhoria da qualidade deve, necessariamente, ser uma ferramenta simples, com flexibilidade para adaptar-se aos diversos produtos e processos da célula fabril.

Segundo Caten (1995), a otimização de produtos e processos é uma tarefa de extrema importância no meio industrial, pois pode implicar em redução de custos e/ou melhoria da qualidade e produtividade. Neste sentido, o sistema proposto de avaliação e melhoria da qualidade deve servir como método auxiliar na otimização dos processos e produtos permitindo a redução de custos e garantias das características de qualidade percebidas pelo cliente.

A redução dos custos poderá ser obtida através da redução das horas de retrabalho, diminuição das reclamações dos clientes, às quais provocam devoluções, o que diminui a

confiabilidade dos produtos industrializados pela empresa em questão. Outro fator importante na composição dos custos industriais é o desperdício gerado pela sucata oriunda de erros durante o processo produtivo, o qual pode ser reduzido com a identificação das causas através de um sistema robusto de avaliação e melhoria da qualidade.

Caten (1995) postula que, em geral, o processo de otimização envolve múltiplas variáveis respostas, pois, via de regra, o cliente valoriza diversos aspectos de um produto. Da mesma forma, é necessário satisfazer múltiplos objetivos para se atingir a qualidade, sendo eles, minimizar os desvios do alvo, maximizar a robustez aos fatores de ruído e às oscilações dos fatores controláveis. Assim como no método de otimização de produtos e processos propostos pela autora, o sistema de avaliação e melhoria da qualidade deve considerar os fatores que atuam sobre os processos, aspectos técnicos e expectativas dos clientes.

O sistema proposto deve partir do sistema da qualidade já existente na empresa. A utilização das informações existentes e instrumentos como o estudo do FMEA é importante para facilitar a construção do modelo de sistema de avaliação e melhoria da qualidade.

A forma como é administrado o setor produtivo, também deve ser considerado, pois com gestões participativas, onde o comprometimento dos operadores é maior, os resultados tendem a serem mais significativos.

3.2 Etapas utilizadas no desenvolvimento do sistema de avaliação e melhoria da qualidade

Para desenvolver o sistema capaz de medir e ao mesmo tempo promover melhorias na qualidade do que é produzido em células de manufatura, baseou-se em elementos encontrados na literatura e na experiência das pessoas que compõem os times operacionais e

gestores dos setores de Garantia da Qualidade e Engenharia de Processos. O sistema de avaliação e melhoria da qualidade deve considerar as características da qualidade percebidas pelos clientes e informações encontradas no estudo de FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*).

O processo de inspeção realizado nas células de manufatura pode servir como ponto de partida para a elaboração do sistema da qualidade, devido ao fato dessa atividade constituir uma importante fonte de dados sobre a qualidade do que é produzido na célula. Normalmente a atividade de inspeção é realizada pelos próprios operadores de produção, o que caracteriza o autocontrole da qualidade .

O sistema de avaliação e melhoria da qualidade deve considerar a forma de administração e de gestão das pessoas envolvidas, pois alguns modelos de gestão permitem maior ou menor autonomia aos times operacionais. Este aspecto de autonomia é relevante, pois alguns modelos de gestão permitem que os operadores de produção contribuam efetivamente na construção de sistemas de garantia da qualidade, enquanto que outras formas de administrar restringem a atuação dos operadores, permitindo apenas que estes cumpram as normas previamente definidas pelo setor de qualidade. Neste aspecto é relevante considerar o ambiente administrativo o qual receberá o sistema de avaliação e melhoria da qualidade, para que este respeite a cultura da empresa.

O desenvolvimento do sistema de avaliação e melhoria da qualidade proposto nesta dissertação está dividido nas seguintes etapas:

- (i) Estudo de FMEA;
- (ii) Monitoramento dos defeitos;
- (iii) Priorização dos defeitos;
- (iv) Relacionar os defeitos com as etapas dos processos;
- (v) Identificar as etapas do processo que estão gerando defeitos;

- (vi) Atuação sobre as etapas do processo;
- (vii) Verificação dos resultados.

3.2.1 Estudo de FMEA

O sistema proposto de avaliação e melhoria da qualidade apresenta a necessidade de buscar a excelência no processo, pois entende que a garantia da qualidade inicia no projeto e consolida-se em um processo robusto e com as causas conhecidas de não-conformidades.

Segundo Ribeiro (2002), a excelência em projeto implica potencial para a qualidade, enquanto que a excelência de processo transforma esse potencial em qualidade real. Esse autor destaca que o FMEA é uma técnica que auxilia na busca por excelência em projeto e processo.

Através do FMEA é possível identificar e as falhas potenciais que podem surgir em um produto ou processo, portanto, o sistema proposto de avaliação e melhoria da qualidade, utiliza esta técnica, no intuito de reconhecer os modos de falha e identificar as ações para evitar novas ocorrências de não-conformidades.

O estudo de FMEA é uma prática comum às indústrias metalúrgicas, não constituindo em uma barreira metodológica. De acordo com Ribeiro (2002), essa técnica identifica os pontos fracos do processo e, assim, fornece subsídios para as atividades de melhoria, sendo atualmente utilizada pelas indústrias comprometidas com a melhoria contínua de seus produtos e processos.

3.2.2 Monitoramento dos defeitos (não-conformidades)

Antes de iniciar o monitoramento dos defeitos (não-conformidades) é fundamental determinar as características de qualidade que serão monitoradas, pois a redução de custos está ligada diretamente aos desvios e erros que ocorrem durante o processo, porém nem todas as características da qualidade são importantes do ponto de vista do cliente ou da engenharia. Nesta fase poderá ser utilizado o QFD (*Quality Function Deployment* ou Desdobramento da Função Qualidade) que, segundo Ribeiro *et al.* (2001), é um método utilizado para sistematizar a obtenção de resultados satisfatórios, idealizado para assegurar uma vantagem competitiva às organizações que pretendem conquistar o cliente através de um melhor planejamento de seus produtos e serviços.

Outras formas de identificar as características de qualidade mais importantes são a pesquisa junto aos clientes, que podem ser simples questionários ou uma pesquisa estruturada. Adicionalmente, para conhecer as necessidades dos clientes pode-se usar os registros das reclamações dos mesmos, que normalmente refletem os pontos fracos da fábrica e as especificações mais críticas para o cliente. Nesta etapa, também, deve-se considerar as normas técnicas dos produtos.

As não-conformidades são características encontradas nos produtos, durante a inspeção, que estão fora das especificações técnicas e/ou qualidade. Estas não-conformidades identificadas devem refletir desvios associados às características de qualidade percebidas pelo cliente.

Uma alternativa gráfica para o monitoramento dos defeitos é o uso das cartas de controle ou gráficos de linha, os quais, de acordo com Miguel (2001), consistem em gráficos para representar e registrar tendências de desempenho seqüencial ou temporal de um processo ao longo do tempo. Nos gráficos de linha pode-se observar como a célula de produção esta em

relação à qualidade dos produtos, e como o resultado é apresentado visualmente, os membros do time podem intervir e melhorar a qualidade do que estão fazendo.

Este passo trata da definição de quais dados serão coletados e de como serão acompanhados. Neste momento a utilização de uma lista de verificação e de gráficos de linha que demonstram a tendência dos dados ao longo do tempo – são instrumentos eficazes no monitoramento das não-conformidades.

3.2.3 Priorização dos defeitos (não-conformidades)

A partir dos dados registrados na folha de verificação, é possível a priorizar os defeitos encontrados nos produtos manufaturados nas células. A priorização de defeitos poderá ser feita através da construção de gráficos de Pareto.

Os gráficos devem informar a situação do momento ou tendências ao longo do período. Para este fim, pode-se usar gráficos de Pareto, os quais têm a função de comparar, facilitando a decisão e orientando a ação para os fatores que apresentam maior influência. “O gráfico de Pareto consiste em organizar dados em ordem de importância, de modo a determinar as prioridades para resolução de problemas. É um gráfico usado para classificar causas (por ordem de frequência), que podem ser defeitos, não-conformidades, etc” (MIGUEL, 2001, p. 145).

3.2.4 Relacionar os defeitos com as etapas dos processos

No momento da observação das relações entre não-conformidades e etapas do processo, deve-se considerar as múltiplas características da qualidade percebidas pelo cliente, no intuito de agir sobre os as etapas de processo que provocam um maior impacto sobre a qualidade demanda pelo cliente.

Considerando as múltiplas características da qualidade, o tratamento dos dados coletados na inspeção deve permitir a extração de informações que representem todas as características da qualidade, evitando uma visão parcial e, por conseguinte, ações que não tratam as causas primordiais.

O relacionamento dos defeitos com as etapas de processo pode ser obtido através da construção de uma matriz, evidenciando os processos definidos pela engenharia e relacionando-os com tipos de defeitos encontrados. Para a construção desta matriz deve-se utilizar a o estudo de FMEA e a folha de verificação (*Check-List*) como fonte de informação.

3.2.5 Identificar as etapas do processo que estão gerando defeitos

Através da análise gráfica, são identificadas as não-conformidades que apresentam maior frequência de ocorrência e que, por tanto, receberão um estudo mais detalhado por parte do time operacional e setores da qualidade e engenharia. Também é possível, através de gráficos de Pareto, determinar quais são os modelos de produtos que apresentam maior quantidade de problemas.

Para iniciar o processo da melhoria da qualidade dos produtos é necessário estudar as não-conformidades encontradas, listando as suas causas prováveis e os processos geradores

destes defeitos. Neste estágio deve-se utilizar ferramentas como o FMEA para identificar rapidamente os fatores que podem estar provocando a não-conformidade. É importante a participação do setor de engenharia para analisar a situação e padronizar as soluções concebidas, garantindo assim a multiplicação da melhoria para outras células da empresa. A equipe responsável por analisar as não-conformidades pode listar as principais causas prováveis, elegendo onde serão concentrados os esforços de melhoria ou ajustes no processo. Existem algumas não-conformidades que são consideradas “vício de produto”, ou seja, na concepção do produto este foi desenvolvido com possibilidade de falhas (Exemplo: pode ser montado invertido, a embalagem não oferece segurança). Neste caso a solução não está no processo, mas na alteração do próprio produto, o que às vezes não acontece devido a impossibilidades técnicas ou financeiras.

3.2.6 Atuação sobre as etapas do processo

Após a identificação das causas de não-conformidades e os processos geradores dos defeitos, é necessária a implementação das melhorias ou ajustes no processo. Nesta fase, é fundamental a participação do setor de Engenharia para garantir as mudanças e controlar os resultados. As melhorias podem resultar de ajustes nas máquinas, ferramentas e equipamentos, o que deve necessariamente envolver o setor de manutenção.

As empresas têm utilizado métodos científicos como o Projeto de Experimentos-DOE (*Design Of Experiment*) para testar soluções das causas de não-conformidades. O Projeto de Experimentos é uma técnica capaz de verificar a efetividade das ações e a interação dos fatores envolvidos no que está sendo testado.

Muitas vezes a melhoria na qualidade pode ocorrer apenas com o treinamento dos operadores, e, nesse caso, pode ser necessário o envolvimento do setor de Recursos Humanos, para disponibilizar os recursos necessários ao treinamento e auxiliar na solução de problemas comportamentais, pois às vezes não se trata de uma questão técnica, mas de falta do comprometimento necessário ao processo.

3.2.7 Verificação dos resultados

Em geral os sistemas de Garantia da Qualidade prevêm formas de avaliar os resultados e primam pela constante melhoria. Segundo Paladini (2000), um aspecto fundamental do planejamento da qualidade refere-se à necessidade de associá-lo à melhoria contínua. Esse é um processo fundamental. Visa conferir qualidade ao planejamento. E visa, particularmente, inserir o próprio planejamento no esforço de melhoria contínua, aspecto fundamental do próprio esforço pela qualidade. O autor destaca o valor estratégico da melhoria contínua, alertando sobre a necessidade de considerar a importância dos processos para o futuro da empresa.

Após a atuação sobre as causas de não-conformidades, é imprescindível o acompanhamento da efetividade das ações. Este acompanhamento é feito através do comparativo dos resultados antes das ações de melhorias e após estas. O sistema proposto para a avaliação e melhoria da qualidade prevê a utilização de índices de produtividade e qualidade descritos a seguir:

- (i) Percentual de sucata da fábrica sobre o faturamento;
- (ii) Percentual de devolução dos clientes, sobre o faturamento da célula de manufatura;

(iii) Percentual das horas gastas com retrabalho, sobre o total de horas utilizadas na célula de manufatura.

O próximo capítulo ira ilustrar a aplicação do método proposto.

4 APLICAÇÃO DA PROPOSTA DE SISTEMA DE AVALIAÇÃO E MELHORIA DA QUALIDADE

4.1 Introdução

Este estudo foi desenvolvido na empresa Invensys Appliance Controls, na planta industrial situada em Vacaria-RS. Trata-se de uma empresa do ramo metalúrgico, que produz principalmente componentes de cobre (tubos conformados), para as empresas montadoras de ar condicionado e refrigeração. Seus principais clientes estão situados nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo, e parte da sua produção é destinada à exportação. A Invensys busca a qualidade de seus produtos, garantindo seus processos através de um sistema da qualidade norteado pelas normas ISO9000.

No cenário de uma empresa que busca a menor variabilidade das características da qualidade de seus produtos, desenvolveu-se um trabalho para avaliar e melhorar a qualidade do que é produzido na Invensys, pois mesmo com todas as ações do setor de Engenharia e da Qualidade, a fábrica apresentava índices de sucata que passavam de 2% (dois por cento) do faturamento e os custos de retrabalho ainda estavam altos.

Para melhorar os índices de desempenho foi aplicado o sistema de avaliação e melhoria da qualidade proposto no capítulo 3, partindo das necessidades da empresa e utilizando os dados que já eram coletados na fábrica, evitando assim aumentar a burocracia.

A gerência da fábrica, juntamente com a direção regional da Invensys Appliance Controls, definiu que o projeto de avaliação e melhoria da qualidade seria denominado de CQP (*Cell Quality Performance*) e que na Célula 12 seria inicialmente desenvolvido este projeto, para, depois, expandir a toda a fábrica. Sendo assim, o estudo apresentado nesta dissertação terá como base de análise os resultados desta célula.

A Célula 12 é responsável por mais de 30% (trinta por cento) do faturamento e mais de 25% (vinte e cinco por cento) da sucata produzida na fábrica. Nesta célula, são produzidos componentes de cobre para ar condicionado central, para os estados do Rio Grande do Sul e Paraná. A importância estratégica desta célula para a Invensys está no fato que a produção de componentes para a indústria de ar condicionado central é o segmento que apresentou maior crescimento dentro da planta de Vacaria nos últimos cinco anos.

O processo de transformação de tubo de cobre em componentes para Ar Condicionado Central segue as seguintes etapas:

- (i) Corte do tubo em uma serra automatizada;
- (ii) Escoriação do tubo para retirar a rebarba;
- (iii) Expansão ou redução do tubo em máquina automatizada;
- (iv) Dobras do Tubo em máquinas automatizadas;
- (v) Furação em máquinas automatizadas ou manuais;
- (vi) Limpeza dos resíduos e rebarbas da furação;
- (vii) Montagem e solda dos componentes;
- (viii) Embalagem.

4.2 Etapas utilizadas no desenvolvimento do sistema de avaliação e melhoria da qualidade

O processo de inspeção das peças produzidas nas células de manufatura da Invensys Appliance controls (planta de Vacaria) é realizado pelos próprios operadores de produção, caracterizando o autocontrole da qualidade, ficando sob a responsabilidade do time de trabalho da célula a qualidade do que é produzido. A atividade de inspeção tem um papel fundamental na garantia da qualidade, pois as células produzem peças especiais não seriadas, oriundas de projetos exclusivos de cada cliente, o que limita a utilização do CEP (Controle Estatístico do Processo) dado à complexidade e singularidade de cada peça, porém o sistema de trabalho com times autogeridos, permite, e ao mesmo tempo impõe, que os membros do time busquem alternativas para o controle da variabilidade do processo produtivo.

O sistema de administração do trabalho na Invensys, contando com times autogeridos, permitiu a concepção do sistema de avaliação e melhoria da qualidade. No cenário onde os operadores de produção praticam o autocontrole da qualidade, surgiu a idéia de utilizar os dados que já eram registradas no *check-list*, transformando-os em informações úteis para o monitoramento das características da qualidade.

Os times autogeridos tiveram um papel importante tanto na criação do sistema, quanto na implantação desta nova forma de monitorar a qualidade da célula de manufatura. O trabalho de criação do projeto intitulado CQP contou com o suporte técnico dos setores de Engenharia de Processos e da Garantia da Qualidade, que no sistema de times autogeridos trabalham como *staff*, ou seja, apoiando a célula no desenvolvimento de projetos de melhorias, garantindo as especificações técnicas e as características de qualidade mais importantes para os clientes.

A Invensys Appliance Controls considerou inapropriada a divulgação de informações detalhadas do seu sistema de garantia da qualidade, portanto, por questões estratégicas, o FMEA e as pesquisas junto aos clientes (levantamento das necessidades das características de qualidade) serão abordados nesta dissertação sem apresentar minúcias.

Na criação e implantação do sistema de avaliação e melhoria da qualidade (projeto CQP) foram seguidas as etapas descritas no capítulo 3, ou seja:

- (i) Estudo de FMEA;
- (ii) Monitoramento dos defeitos;
- (iii) Priorização dos defeitos;
- (iv) Relacionar os defeitos com as etapas dos processos;
- (v) Identificar as etapas do processo que estão gerando defeitos;
- (vi) Atuação sobre as etapas do processo;
- (vii) Verificação dos resultados

Os detalhes práticos da condução dessas etapas serão descritos a seguir.

4.2.1 Estudo de FMEA

Para o desenvolvimento e implantação do sistema de avaliação e melhoria da qualidade na célula 12 da Invensys Appliance Controls, utilizou-se o estudo de FMEA já existente na fábrica. A empresa Invensys Appliance Controls, através de seus engenheiros e técnicos, desenvolveram um FMEA focalizado nos processos e em suas etapas, procurando antever os modos de falhas e agindo na prevenção da ocorrência de defeitos, bem como facilitando a investigação das causas de não-conformidades relativas ao processo. O FMEA existente na Invenys segue o modelo proposto por Ribeiro (2002).

Os estudos de FMEA, de cada etapa do processo de transformação de tubo de cobre em componentes para Ar Condicionado Central, serviram como base para a identificação das possíveis causas de defeitos.

4.2.2 Monitoramento dos defeitos (não-conformidades)

Para determinar quais as características da qualidade a serem monitoradas, foram reunidos os operadores de produção (time operacional da célula de manufatura), com o setor de Engenharia e Garantia da Qualidade, para discutir as diretrizes do projeto CQP, garantindo que fossem levadas em consideração as necessidades dos clientes, as características técnicas e as dificuldades de produção. Desta forma, formou-se uma equipe de estudo com o intuito de desenvolver e implantar o sistema de avaliação e melhoria da qualidade.

Para definir as linhas do projeto CQP considerou-se a política da qualidade da empresa que é “fornecer produtos que atendam e superem as expectativas de qualidade dos seus clientes e da sociedade. Buscando o aperfeiçoamento contínuo da qualidade”, aliada à visão de ser reconhecida como uma empresa líder no mercado em fabricação de componentes tubulares, com tecnologia avançada. Outro importante fator considerado no desenvolvimento e implantação do sistema de avaliação e melhoria da qualidade foi o respeito à autonomia do time autogerido, pois esse projeto deve reforçar a forma de administração independente da célula.

A equipe formada pelos operadores de produção, setor de Engenharia e Qualidade realizaram um estudo das características de qualidade que os clientes percebem como as mais importantes, partindo das características técnicas consideradas críticas e que se não fossem atendidas teriam reflexos muito negativos no cliente.

Como fonte de informação foram utilizadas as reclamações dos clientes, as quais foram traduzidas em características da qualidade percebidas pelos clientes. Outras fontes de informações utilizadas foram as visitas periódicas, que os operadores de produção realizam aos clientes, possibilitando a identificação de outras características da qualidade que deveriam ser monitoradas.

No processo de identificação das características de qualidade, realizou-se também uma pesquisa, utilizando um questionário específico, fazendo com que o cliente retratasse suas prioridades com relação às características de qualidade.

Através da união das diversas fontes de dados foi possível identificar, utilizando uma matriz de QFD quais características de qualidade os clientes consideram importantes ou críticas. Neste processo identificou-se como características importantes os seguintes itens:

- a) Garantia de montagem;
- b) Ausência de amassamentos;
- c) Informação visual;
- d) Mínimo de Rugosidade;
- e) Ausência de resíduos;
- f) Ausência de vazamentos;
- g) Aspectos relacionados com a embalagem.

As não-conformidades identificadas no processo produtivo estão diretamente relacionadas às reclamações dos clientes e as características técnicas do produto. Para determinar as não-conformidades que seriam monitoradas, levou-se em consideração a Lista de Verificação que já existia na célula. Essa Lista de Verificação foi ajustada às necessidades técnicas do produto e as características mais importantes para os clientes. Devido à diferença entre as etapas de processo da Célula 12, considerou-se melhor para efeito de monitoramento, dividir em duas inspeções denominadas “A” e “B”. Na parte da célula que ocorre a inspeção

“A” as peças sofrem processos de conformação dos tubos (Dobras e expansões), furos e limpeza de resíduos. Na região da célula monitorada pela Inspeção “B” ocorrem processos de montagem e solda.

As não-conformidades identificadas da inspeção “A” são as seguintes:

a) Erro na Dimensão Linear: Trata das medidas de distâncias lineares constantes nos desenhos técnicos;

b) Erro na Dimensão Angular: Refere-se as medidas de ângulos constantes nos desenhos técnicos, especificados pela engenharia e pelo cliente;

c) Erro no *Lay-Out* da peça: Montagem da peça conforme o desenho técnico;

d) Amassamento: A peça deve respeitar as limitações técnicas de amassamento, como por exemplo: O máximo de 15% (quinze por cento) de deformação em relação ao diâmetro do tubo;

e) Erro na Identificação da peça: Conforme instrução técnica;

f) Diâmetro da expansão fora da especificação;

g) Diâmetro da redução fora da especificação;

h) Presença de Rebarbas: Conforme a instrução de trabalho, dentro do limite máximo permitido pelas especificações do cliente;

i) Diâmetro do Furo fora do especificado: Dentro das características constantes no desenho técnico e conforme a instrução de trabalho;

j) Presença de Rugas: Trata das rugas provenientes dos processos de dobra, que não devem ultrapassar os limites técnicos definidos pela Engenharia;

l) Distância do furo fora da cota especificada: De acordo com o desenho técnico e conforme a instrução de trabalho;

m) Erro na Quantidade produzida: Conforme a instrução de trabalho;

n) Resíduos de limalha/óleo: Conforme a instrução de trabalho, respeitando os limites das especificações técnicas;

o) Raios de dobra fora das especificações: Dentro das características constantes no desenho técnico;

p) Ovalização excessiva: Conforme a instrução de trabalho, respeitando os limites das especificações técnicas;

q) Repuxe fora do especificado: Conforme as características descritas no desenho técnico;

r) Bitola do tubo fora da especificada: Conforme desenho técnico e especificações contidas na instrução de trabalho.

Dentro do estudo realizado, foram identificadas na inspeção “B” as seguintes não-conformidades:

a) Dimensão linear fora da especificação: Trata das medidas de distâncias lineares constantes nos desenhos técnicos;

b) Diâmetro interno do tubo fora da especificação: Dentro das características constantes no desenho técnico e conforme a instrução de trabalho;

c) Diâmetro externo do tubo fora da especificação: Conforme as características especificadas no desenho técnico e conforme a instrução de trabalho

d) Dimensão Angular fora da especificação: Refere-se as medidas de ângulos constantes nos desenhos técnicos, especificados pela engenharia e pelo cliente;

e) Erro no *Lay-Out* da peça: Montagem da peça conforme o desenho técnico;

f) Amassamento: A peça deve respeitar as limitações técnicas de amassamento;

g) Erro na identificação da peça: Conforme instrução técnica;

h) Presença de rebarbas e resíduos: Conforme a instrução de trabalho, dentro do limite máximo permitido pelas especificações do cliente;

i) Diâmetro do flange fora da especificação: De acordo com as características constantes no desenho técnico e conforme a instrução de trabalho;

j) Falha na solda: Conforme a instrução de trabalho, dentro do limite máximo permitido pelas especificações do cliente e de acordo com os padrões visuais estabelecidos;

l) Erro na embalagem: Conforme a instrução de trabalho:

m) Erro de montagem: Conforme especificações constantes no desenho técnico;

n) Aperto de válvulas fora do especificado: De acordo com o torque definido no desenho técnico;

o) Erro de Quantidade: A quantidade de peças deverá ser a mesma constante na identificação (Cartão *Kanban*);

Com relação ao momento da inspeção definiu-se que as peças seriam inspecionadas no final de cada etapa do processo. Devido ao fato da Célula 12 produzir peças especiais e não seriadas, institui-se que a inspeção seria executada em todas as peças e não apenas por amostragem. As anotações na Lista de Verificação, intitulada Diário de Bordo (figura 08), seriam feitas após a realização de cada inspeção, contendo as informações de: Data da inspeção, referência do produto, quantidade de peças do lote, nome do operador, inspetor, quantidade de peças com defeito e código da não-conformidade encontrada.

Definiu-se que a responsabilidade da anotação nas planilhas dos dados de inspeção, ficaria a cargo do próprio operador de produção que estivesse inspecionando as peças naquele período. Desta forma, mantêm-se os princípios de autocontrole da qualidade.

Ficou definido que o acompanhamento dos dados estaria a cargo do Líder da célula e do próprio time de trabalho, através do gráfico de Percentual de Conformidades do dia (figura 10), que fica exposto na célula. Nesta linha de análise são utilizadas outras informações como: PPM de peças com defeitos produzidos na célula e percentual acumulado de conformidades produzidas pela célula no mês corrente.

Outro fator importante no monitoramento dos defeitos foi a escolha do *Software* para criar as planilhas e gerar os gráficos, para tanto, considerou-se a facilidade de manutenção do próprio sistema de avaliação da qualidade e custo de implantação. Com estes parâmetros definiu-se que o *Software* Microsoft Excel seria utilizado como plataforma para a criação das planilhas e gráficos. Outro fator considerado foi que o *Software* Microsoft Excel é comum a quase todos os computadores da empresa, facilitando o treinamento dos usuários e a expansão do sistema de avaliação e melhoria da qualidade para o restante da fábrica.

A partir da escolha do *Software* iniciou-se o processo de criação dos gráficos e planilhas, tendo o cuidado de simplificar as operações de apontamento, visando facilitar as atividades do usuário.

Baseando-se na lista de verificação, contendo as características de qualidade mais importantes para os clientes, criou-se no Microsoft Excel a planilha denominada Diário de Bordo (figura 08). Esta planilha tem a função de servir como base de dados para a criação dos gráficos utilizados no sistema de avaliação e melhoria da qualidade da Invensys.

 DIÁRIO DE BORDO							
Data	Código	Quantidade	Operador	Inspetor	Quantidade de Defeito	Código do Defeito	D
23/11/02	35-2273	30,00			6	23	
23/11/02	35-1340	35,00			1	27	
23/11/02	35-1244	2,00			1	29	
23/11/02	35-2273	25,00			13	29	
23/11/02	35-1340	35,00			5	25	
23/11/02	35-2277	5,00			2	29	
23/11/02	35-1338	60,00			8	29	
23/11/02	30-334	60,00			3	29	
23/11/02	35-235	22,00			2	11	
25/11/02	30-013	50,00			1	29	
25/11/02	35-2054	60,00			8	29	

Figura 08 – Exemplo de Lista de Verificação (Diário de Bordo) [fonte: Elaborado pela Engenharia da Qualidade da Invensys Appliance controls]

Como foi descrito anteriormente, o operador de produção realiza a inspeção, anotando no Diário de Bordo (figura 08) os resultados da análise. Na Invensys, determinou-se que a cada duas horas o operador anotaria no resumo, planilha de Percentual de Conformidade (figura 09), a quantidade de peças produzidas e quantas peças estavam não-conformes. Esta planilha serve como banco de dados para o gráfico denominado Percentual de Conformidades do dia (figura 10). Este gráfico está exposto na célula, para que todos os operadores saibam da situação ao longo do dia de trabalho. Através deste gráfico, os operadores são motivados a melhorar seus resultados de qualidade, evitando a produção de não-conformidades. Quando a linha do gráfico mostra queda, o líder da célula deve intervir, juntamente com o time, para estudar rapidamente as causas e fazer com que a célula reaja positivamente, alterando a média de percentual de Conformidades do dia.

DATA 12/nov			
LEITURA	%CONF	QTD PÇ	QTD NC
1	99,3	152	1
2	98,6	138	2
3	99,2	258	2
4	98,6	279	4
5	100,0	228	0
6	100,0	54	0
7	99,4	158	1
8	100,0	37	0
TOTAL	99,2	1304	10

Figura 09 – Planilha de Percentual de Conformidades [fonte: Elaborado pela Engenharia da Qualidade da Invensys Appliance controls]

Com o banco de dados gerados a partir da planilha de Percentual de Conformidade (figura 09) é possível observar a performance de acertos gerados pela célula durante o mês, comparando com os meses anteriores, permitindo observar se houveram melhorias ao longo do ano.

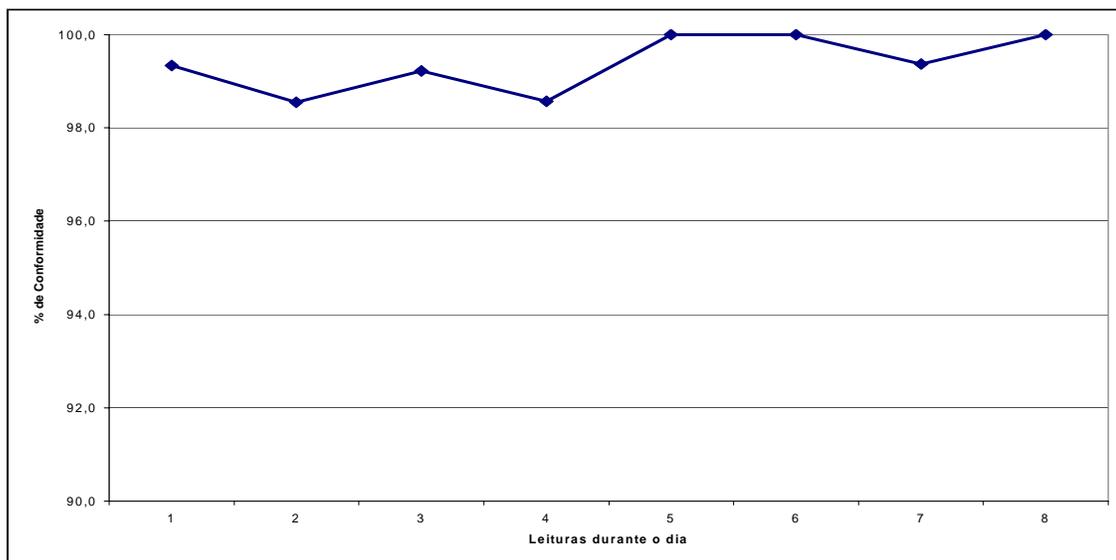


Figura 10 – Percentual de Conformidades durante o dia trabalhado [fonte: Elaborado pelo autor]

A planilha que contém o Percentual de Conformidade (figura 09) também serve como banco de dados para extrair informações para o gráfico de PPM de Não-Conformidades (figura 11). Este gráfico mostra a quantidade de não-conformidades em partes por milhão (ppm). O raciocínio de ppm (parte por milhão) é muito utilizado para medir a qualidade do que é produzido. Shiba (1997) define este índice como a Taxa Normalizada de Defeito de Processo, ou seja: erros por milhão de oportunidades de cometê-los. O autor afirma que este índice pode ser usado em inúmeras atividades, como por exemplo, na execução das reclamações de seguros, recebimento de pedidos de clientes e fabricação de produtos.

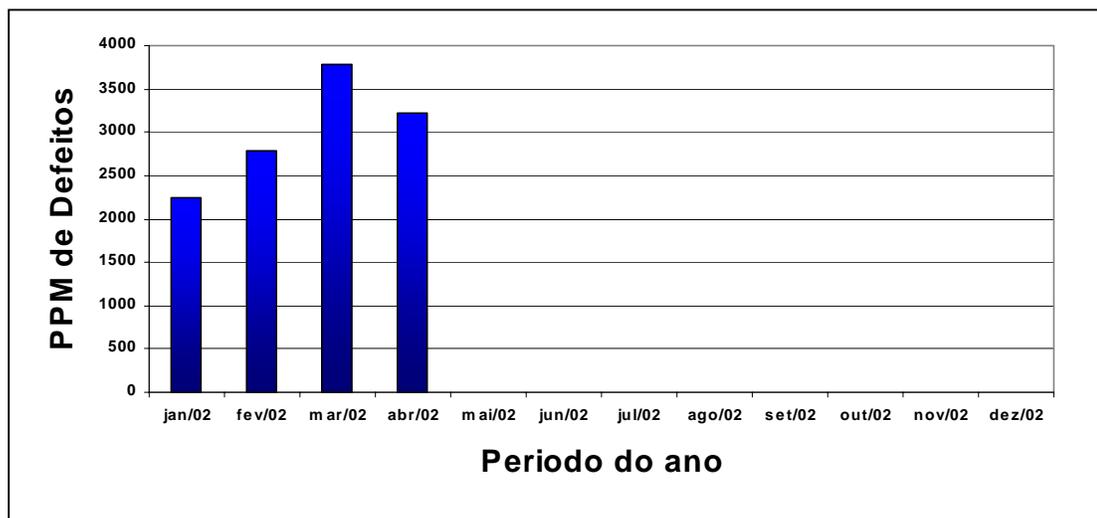


Figura 11 – PPM de Não-Conformidades [fonte: Elaborado pelo autor]

4.2.3 Priorização dos defeitos (não-conformidades)

A partir do banco de dados, da planilha Diário de Bordo, é construído o gráfico de Principais Não-Conformidades (figura 12). Com a análise deste gráfico é possível identificar os principais defeitos encontrados na célula durante o mês, permitindo que os operadores de produção e o setor de qualidade possam agir focados. Este gráfico permite uma análise objetiva a partir dos dados estatísticos de ocorrência de não-conformidades no processo produtivo.

Utilizando a base de dados da planilha Diário de Bordo, também é possível identificar os produtos que mais problemas apresentaram nos mês corrente, através do gráfico denominado Principais Modelos de Produtos Não-Conformes (figura 13). A importância deste gráfico está na facilidade em localizar os principais produtos não-conformes e assim agir rapidamente sobre estes, gerando a garantia da qualidade e promovendo melhorias.

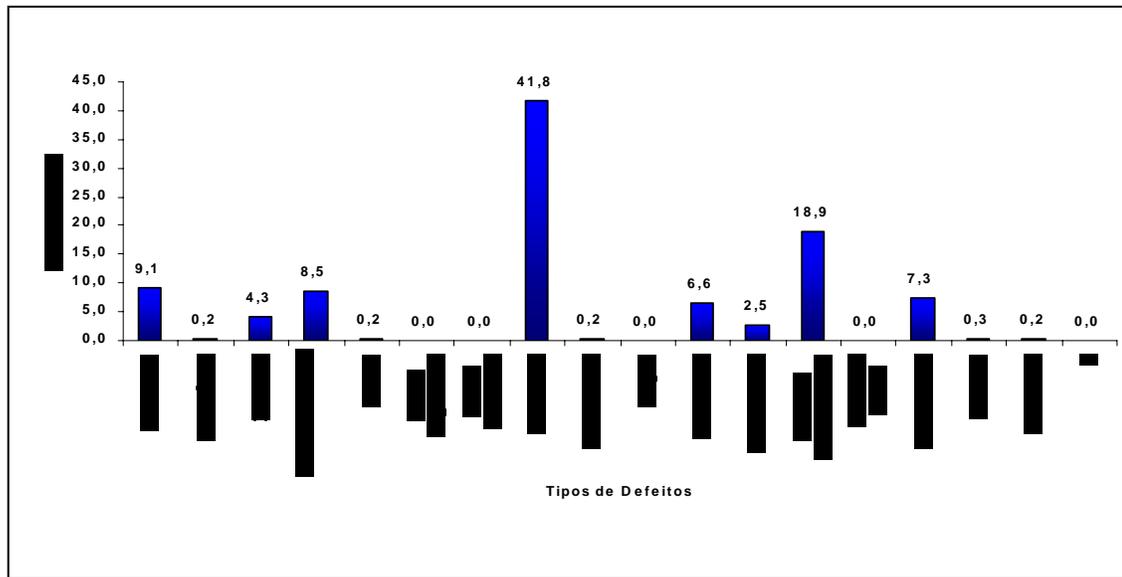


Figura 12 – Percentual de Não-conformidades [fonte: Elaborado pelo autor]

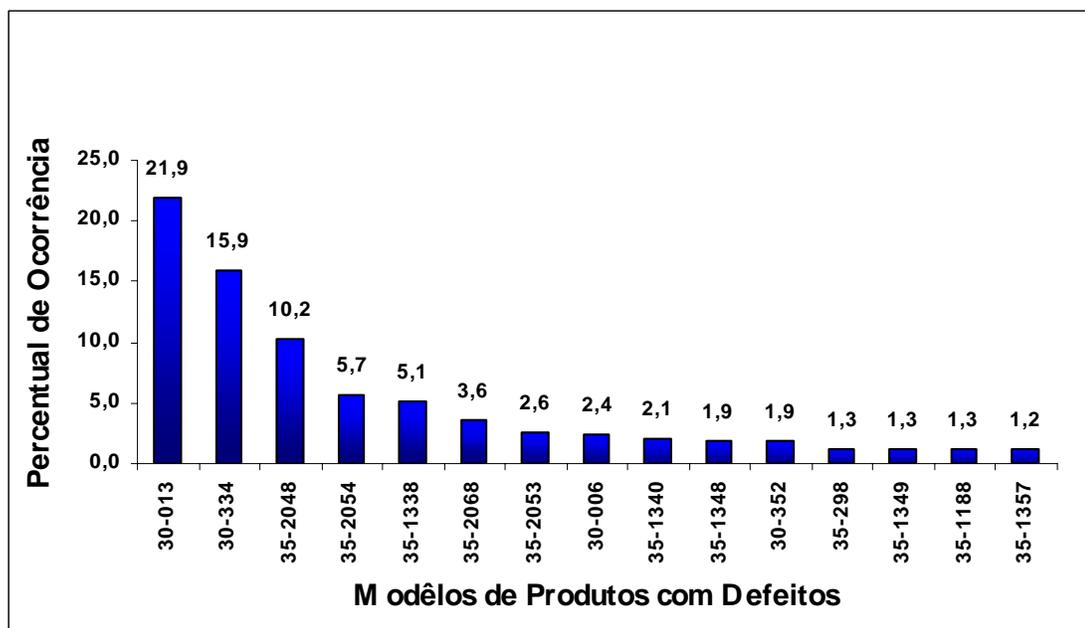


Figura 13 – Principais modelos de produtos não-Conformes [fonte: Elaborado pelo autor]

Todos os gráficos foram construídos de forma a permitir uma leitura clara da situação e a atualização ocorre de forma automática. Assim, o usuário tem as informações em tempo real, agilizando a análise e solução das não-conformidades.

4.2.4 Relacionar os defeitos com as etapas dos processos

No projeto CQP realizado na Invensys, foi utilizado o FMEA como base para determinar as relações entre as não-conformidades e as etapas de processo produtivo da célula. Observou-se que alguns defeitos estavam associados a um mesmo processo, como por exemplo: A rugosidade, dimensões angulares, dimensões lineares, amassamentos, resíduos e raios de dobra, estão diretamente relacionados ao processo de dobra, que na célula 12 é realizado em 5 (cinco) máquinas automáticas. Neste caso as melhorias efetuadas em uma etapa do processo podem provocar diminuição em mais de uma não-conformidade e impactar positivamente nas características da qualidade percebidas pelo cliente.

Outro exemplo de interação entre as não-conformidades e as etapas de processos é a relação que existe entre a montagem, falhas na solda, *lay-out*, que podem ser facilmente evitados melhorando o processo de Solda Brasagem. Para investigar a relação entre as não-conformidades e as etapas de processo foi criada uma matriz de relacionamento (figura 14).

A partir dos dados oriundos da pesquisa junto ao cliente e tendo como base a lista de verificação, criou-se uma matriz onde as etapas de processo e seus modos de falha são relacionados com as não-conformidades. Na figura 14 é apresentado um exemplo da relação entre o estudo de FMEA e a Lista de Verificação da inspeção “B”, onde as não-conformidades são as seguintes:

- a) Dimensão Linear fora da especificação;
- b) Diâmetro Interno do tubo fora da especificação;
- c) Diâmetro externo do tubo fora da especificação;
- d) Dimensão Angular fora da especificação;
- e) Erro no *Lay-Out* da peça;

- f) Amassamento;
- g) Erro na Identificação da peça;
- h) Presença de Rebarbas;
- i) Diâmetro do flange fora da especificação;
- j) Falha na solda;
- l) Erro na Embalagem;
- m) Erro de Montagem;
- n) Aperto de válvulas fora do especificado;
- o) Erro de Quantidade.

Em função das etapas de processo, foram identificados os modos de falha, segundo o FMEA. No exemplo da figura 14, as etapas de processo e seus modos de falha estão distribuídos assim:

(i) Etapa de Processo: Montagem

Modos de falha:

- a) Posicionamento inadequado no gabarito;
- b) Soldador não qualificado;
- c) Gabarito inadequado;
- d) Componentes de montagem inadequados.

(ii) Etapa de processo: Limpeza de resíduos e rebarbas

Modo de falha:

- a) Limpeza insuficiente.

(iii) Etapa de processo: Embalagem

Modo de falha:

a) Operador não qualificado.

(iv) Etapa de processo: Solda brasagem:

Modos de falha:

- a) Decomposição de solda insuficiente;
- b) Inconfiabilidade na qualificação de peças com defeitos;
- c) Falta de aquecimento na peça;
- d) Excesso de aquecimento na peça;
- e) Regulagem inadequada dos gases

Para mensurar a intensidade da relação entre os itens de modos de falhas das etapas de processo e as não-conformidades, utilizou-se a seguinte simbologia: 9 para expressar intensidade de relacionamento forte, 6 para média intensidade e 3 para intensidade fraca, podendo ser utilizados valores intermediários.

Para fazer a associação dos modos de falhas com as não-conformidades, utilizou-se o raciocínio de que se os modos de falha fossem evitados isto garantiria a não ocorrência de defeitos.

ETAPAS DE PROCESSO x NÃO-CONFORMIDADES		Não-Conformidades													
		Dimensão Linear Fora da Especificação	Diâmetro Interno do Tubo Fora da Especificação	Diâmetro Externo do Tubo Fora da Especificação	Dimensão Angular Fora da Especificação	Erro no Lay-Out	Amassamento	Erro na Identificação da Peça	Presença de Rebarbas e Resíduos	Diâmetro do Flange Fora da Especificação	Falha na Solda	Erro na Montagem	Erro de Quantidade	IM FI-Importância Modo Falha	IEPI-Importância Etapa de Processo
Etapa de Processo	Modo de Falha														
Montagem	Posicionamento inadequado no Gabarito	9	1	1	9	9	4			3	1	8		40,8	
	Soldador não Qualificado	8	3	3	8	6	3							24,1	
	Gabarito Inadequado	6			6									10,2	
	Componentes de montagem Inadequados		8	8		3								10,0	
	Soma da Etapa de processo	23	12	12	23	18	7	0	0	3	1	8	0		85,1
Limpeza de Resíduos e Rebarbas	Limpeza Insuficiente								9		6			25,5	
	Soma da Etapa de processo	0	0	0	0	0	0	0	9	0	6	0	0		25,5
Embalagem	Operador não Qualificado							9				9		5,4	
	Soma da Etapa de processo	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	9			5,4
Solda Brasagem	Decomposição de Solda Insuficiente										9			18,0	
	Inconfiabilidade na Qualificação de Peças com Defeitos										6			12,0	
	Falta de Aquecimento na Peça										8			16,0	
	Excesso de Aquecimento na Peça								6		8			25,0	
	Regulagem Inadequada dos Gases								7		7			24,5	
	Soma da Etapa de processo	0	0	0	0	0	0	0	13	0	38	0	0		95,5
	INCI-Importância das Não-Conformidades (Visão do Cliente)	9	4	4	8	12	3	3	15	9	20	10	3		

Figura 14 – Matriz de relacionamento entre etapas de processo e não-conformidades [fonte: Elaborado pelo autor]

Através da construção da matriz de relacionamento determinou-se a importância das não-conformidades (INCi), que foi obtida a partir da Lista de Verificação da inspeção “B” e de um questionário aplicado aos principais clientes. Na figura 15 está apresentado o grau de importância das não-conformidades segundo a visão dos clientes.

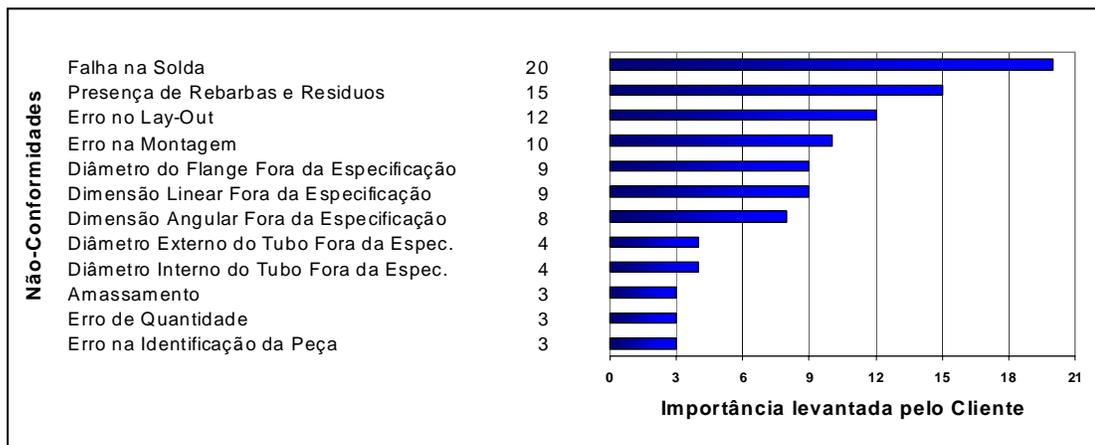


Figura 15 – Importância das não-conformidades segundo a visão do cliente [fonte: Elaborado pelo autor]

4.2.5 Identificar as etapas do processo que estão gerando defeitos

A partir da matriz de relacionamento (figura 14), é possível identificar as etapas de processo com seus modos de falhas que, segundo o estudo de FMEA, contribuem para ocorrência de defeitos durante o processo produtivo. A matriz de relacionamento serve como base de dados para a construção dos gráficos de Importância dos Modos de Falhas (figura 16) e Importância das Etapas de Processo (figura 17)

Para determinar a importância do modo de falha considerou-se o relacionamento que estes tem com as não-conformidades. Para tanto, aplicou-se a seguinte fórmula:

$$IMFi = \sum_{i=1}^n ICNi \times ICNij$$

Sendo:

IMFi = Importância do modo de falha.

ICNi = Importância da não-conformidade segundo o cliente.

ICN_{ij} = Intensidade do relacionamento entre os itens modo de falha e não-conformidades.

Na figura 16 observa-se a distribuição, por grau de importância, dos modos de falha relacionados às não-conformidades. Este gráfico é utilizado na priorização das ações que visam evitar a repetição de ocorrência de defeitos nas etapas de processo.

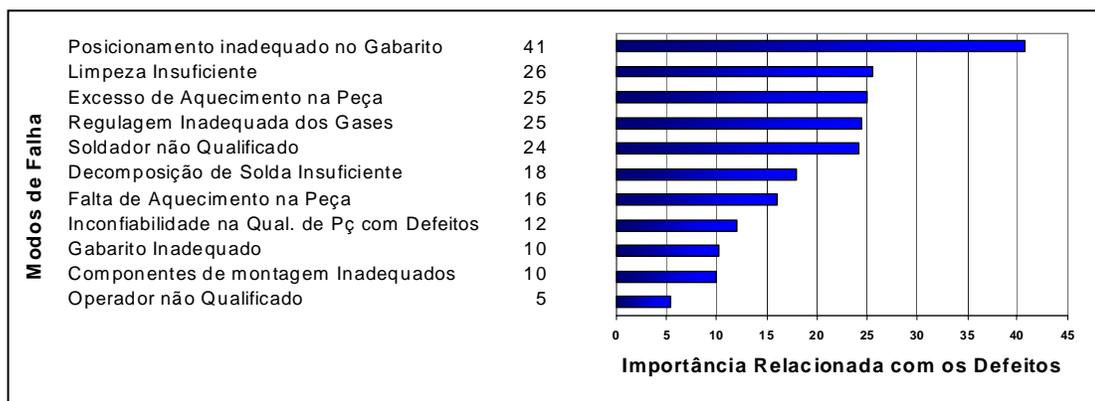


Figura 16 – Distribuição pela importância do modo de falha [fonte: Elaborado pelo autor]

Para determinar a importância do modo de falha considerou-se o relacionamento que as mesmas tinham com as não-conformidades. Para tanto, aplicou-se a seguinte fórmula:

$$IEP_i = \sum_{i=1}^n ICN_i \times ICN_{ij}$$

Sendo:

IEP_i = Importância da etapa de processo.

ICN_i = Importância da não-conformidade segundo o cliente.

ICN_{ij} = Intensidade do relacionamento entre os itens etapas do processo e não-conformidades. Neste caso foi utilizada a soma da pontuação atribuída aos modos de falhas de cada etapa do processo.

A determinação da importância das etapas de processos (figura 17) auxilia na priorização de ações para melhorar a qualidade e evitar ocorrências de defeitos, pois agindo sobre os processo, pode-se atingir varias causas de não-conformidades, como mostra a matriz de relacionamento (figura 14).

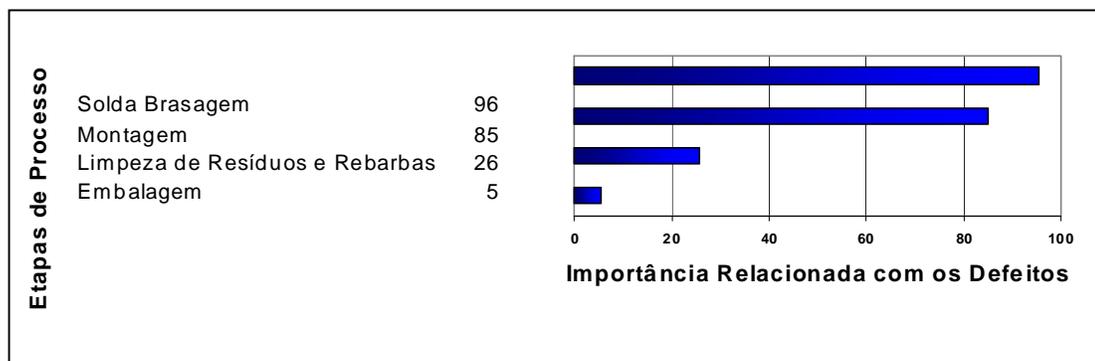


Figura 17 – Importância das etapas de processo [fonte: Elaborado pelo autor]

4.2.6 Atuar sobre as etapas do processo

Tendo como base os dados anotados nas planilhas Diário de Bordo (figura 08) e Percentual de Conformidade (Figura 09) o time da célula, juntamente com os setores de qualidade e engenharia têm a possibilidade de analisar as informações e iniciar o processo de avaliação e melhoria da qualidade dos produtos que são manufaturados na célula.

Este passo, que envolve a atuação sobre as etapas do processo que geram defeitos, contém um exemplo para ilustrar o trabalho desenvolvido na Invensys do mês de Outubro de 2002 na Célula 12. A primeira análise ocorre através da observação do gráfico de Percentual de Conformidades (figura 10), onde os operadores de produção constataam a performance da célula a cada duas horas de produção, estimulando o time da célula a manter os níveis de acerto, ou motivando-os a diminuir a manufatura de produtos não-conformes. Trata de uma

análise simples, mas de eficácia comprovada, pois provoca um efeito moral sobre o time, já que este gráfico está exposto para toda a fábrica.

Seguindo a rotina estabelecida para os times autogeridos, estes reúnem-se diariamente, em média por 15 minutos, para discutir questões de organização da produção e sobre qualidade. Nessa reunião, os membros do time analisam o gráfico de PPM de Não-Conformidades (figura 18) e os Principais Modelos de Produtos Não-Conformes (figura 13). Dessa forma, há um monitoramento constante dos índices de qualidade e, ao mesmo tempo, são informados e discutidos os produtos que mais têm apresentado não-conformidades, buscando evitar a reincidência de defeitos nestes produtos, através da investigação das causas de não-conformidades.

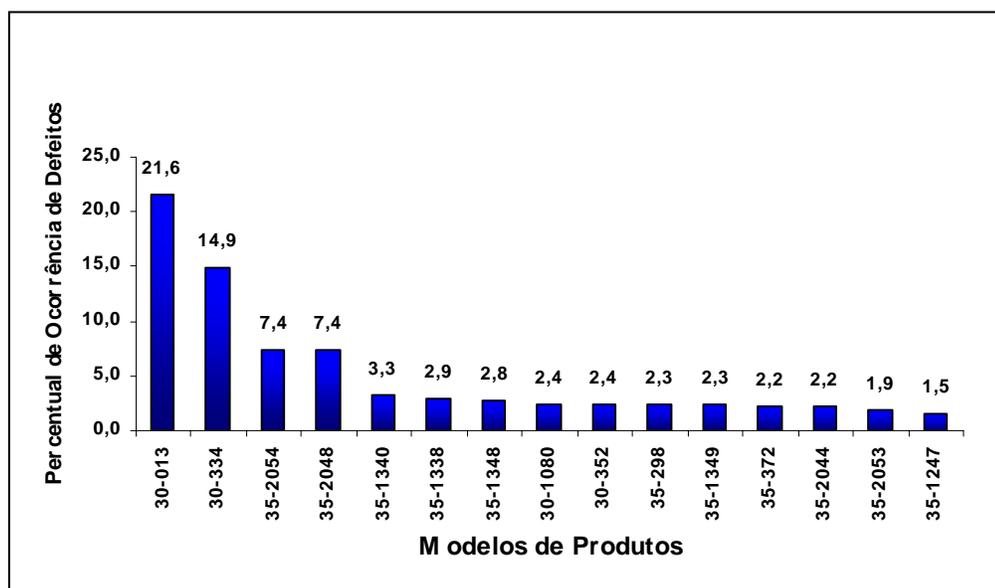


Figura 18 – Principais Modelos de Produtos Não-Conformes no mês de Outubro de 2002
[fonte: Banco de dados da empresa Invensys Appliance Controls]

No mês de Outubro de 2002, a célula 12 produziu um percentual de 99,81% de produtos conformes, o que implica em 0,19% de produtos não-conformes. Esta constatação já serve como alerta para o time trabalhar em melhorias do processo produtivo, pois este mês

apresenta um índice de 1.874 ppm (partes por milhão). Normalmente estes dados são comparados com os índices de ppm dos meses anteriores (figura 18).

No gráfico apresentado na figura 18 pode-se observar que no mês de outubro de 2002, apenas quatro modelos de produtos são responsáveis por 51,3 % das não-conformidades. Neste mês foram produzidos mais de duzentos modelos de produtos, mas segundo a lógica de Pareto (poucos essenciais e muitos triviais – neste caso de produtos que geram defeitos), o time da célula deve agir sobre estes quatro produtos que mais apresentaram não-conformidades, investigando as causas dos defeitos.

Mensalmente os membros do time reúnem-se, para avaliar a qualidade do que foi produzido no mês anterior e promover melhorias. Este processo conta com o apoio da Engenharia e da Qualidade. Para melhorar a qualidade são analisados os gráficos de Percentual de Não-Conformidades (figura 19) e Principais Modelos de produtos Não-Conformes (figura 18), de onde são extraídas as informações para focar as ações de melhoria no processo.

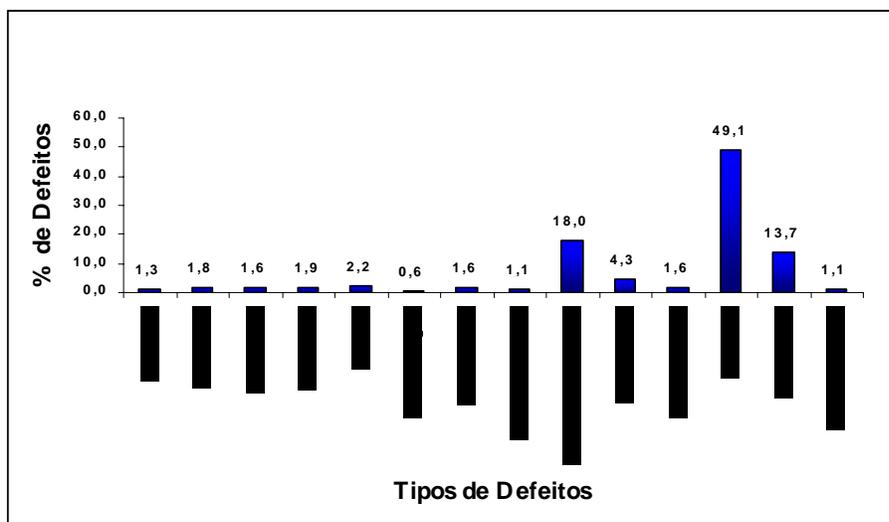


Figura 19 – Percentual de Não-Conformidades [fonte: Banco de dados da empresa Invensys Appliance Controls]

O estudo das causas prováveis de não-conformidades parte das análises dos gráficos apresentados nas figuras 18 e 19, os quais fornecem elementos para a investigação. As causas de não-conformidades podem ser determinadas através da aplicação de ferramentas como o Projeto de Experimentos, que permite uma testagem de vários fatores (causas prováveis) de forma confiável.

No caso específico do mês de Outubro de 2002, identificou-se que apenas três defeitos são responsáveis por 80,8% das não-conformidades, assim decidiu-se agir sobre as não-conformidades de erros de montagem, falha na solda e presença de resíduos. Utilizando a Matriz de Relacionamento (figura 14), Observou-se que:

(i) Os erros de montagem estão relacionados à etapa de processo denominada Montagem, e os modos de falhas descritos no FMEA são: a) Posicionamento inadequado no gabarito; b) Soldador não qualificado; c) Componentes de montagem inadequados.

O time da célula, juntamente com a engenharia e o setor da qualidade, analisou os modelos de produtos que apresentaram defeitos e concluíram que neste caso os principais modos de falhas foram a qualificação dos soldadores e o posicionamento inadequado no gabarito.

A ação corretiva constituiu em proporcionar aos soldadores um treinamento focalizado no processo de montagem dos modelos de produtos que apresentaram maior ocorrência de não-conformidades.

(ii) A falha na solda está diretamente relacionada à etapa de processo de Solda Brasagem, cujos modos de falhas são: a) Decomposição da solda; b) Falta de confiabilidade na qualificação de peças com defeitos; c) Falta de aquecimento na peça; e) Excesso de aquecimento na peça.

Após a análise detalhada dos gráficos e estudo do FMEA, concluiu-se que os modos de falha que mais influenciaram na ocorrência de defeitos foram decomposição da solda e a

falta de aquecimento da peça. Para melhorar o resultado do processo foi alterada a técnica de aquecimento, com a utilização de um maçarico de bico duplo, o que resultou no aquecimento homogêneo da peça e uma decomposição melhor da vareta de solda.

(ii) A presença de resíduos em excesso está relacionada à etapa de processo de Limpeza de resíduos e rebarbas, que tem como modo de falha a limpeza insuficiente da peça.

Para melhorar o processo de limpeza das peças e como ação corretiva e preventiva, optou-se pelo treinamento dos operadores, focalizando nos modelos de produtos que tiveram maior ocorrência de não-conformidades. Nesta oportunidade foi revista a técnica de limpeza e o processo de solda brasagem. Neste caso foram executados alguns experimentos utilizando o método de DOE (*Design Of Experiment*), testando a possibilidade de utilizar o gás Nitrogênio como antioxidante, diminuindo assim a formação de resíduos. Os experimentos resultaram na alteração do processo de solda brasagem, para alguns tipos de peças, com a utilização de nitrogênio, em determinado volume, com a eficácia comprovada na redução de formação de resíduo.

4.2.7 Verificar os resultados

Após a identificação das fontes causadoras de não-conformidades e da atuação sobre estas, é necessário verificar a eficácia das ações através de índices de qualidade e produtividade.

Como pode ser observada na figura 20 (PPM de não-conformidades), a célula de manufatura teve uma melhoria significativa na qualidade do que é produzido, partindo de um valor médio de 3.377ppm no primeiro trimestre de 2002, para a média de 1.928ppm no último

trimestre do ano. O gráfico de PPM de Não-conformidades (figura 20) mostra uma melhoria constante e contínua na qualidade do que é produzido na célula 12.



Figura 20 – PPM de não-conformidades de 2002 da célula 12 [fonte: Elaborado pelo autor]

O sistema de avaliação e melhoria da qualidade foi implantado na célula 12, da Invensys Appliance Controls no início do ano de 2002, portanto, considera-se necessário a comparação da performance da qualidade e produtividade, em relação ao ano de 2001.

A figura 21 apresenta o percentual de sucata gerada na célula 12, em relação ao faturamento total. Neste gráfico pode-se observar uma significativa redução na produção de sucata no ano de 2002 em relação a 2001, implicando na diminuição da perda de materiais, o que contribuiu significativamente na redução dos custos de produção. No ano de 2001 a célula 12 produziu de sucata, em média por mês, 0,683% do faturamento, enquanto que em 2002 a média mensal de sucata foi reduzida para 0,267% do faturamento. Devido à significativa contribuição da célula 12 no faturamento da empresa e a implantação do projeto CQP nas outras células da fábrica, refletiram positivamente no índice geral da empresa, pois no ano de 2001 a fábrica produziu mais de 2% de sucata sobre o faturamento, enquanto que em 2002 esse valor foi reduzido para 0,8% de sucata.

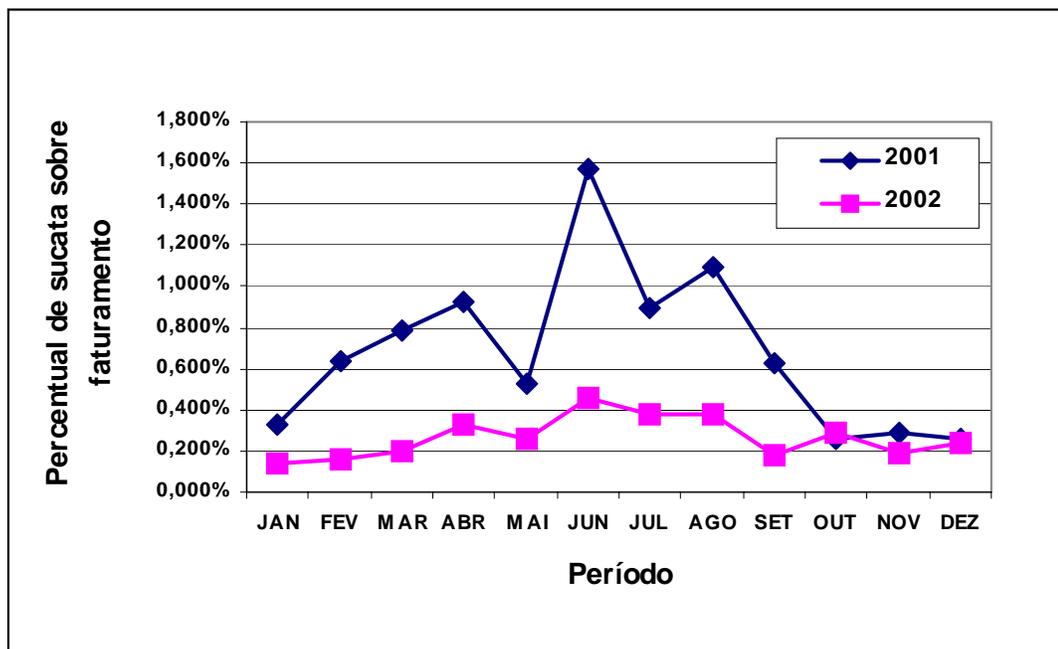


Figura 21 – Produção de sucata na célula 12 [fonte: Elaborado pelo autor]

Como um dos índices de qualidade, as células da Invensys são medidas em percentual de devoluções sobre o faturamento gerado. Na figura 22 observa-se que houve uma redução na devolução dos clientes. Em 2001 a média mensal foi 0,016% do faturamento, enquanto que em 2002 esse valor foi reduzido para 0,007% sobre o faturamento. Isso significa uma redução substancial na reclamação dos clientes. No gráfico da figura 22 ainda pode-se notar uma constância na redução de devoluções, dando uma interpretação de que o processo da célula está sob controle, sem a presença de grandes variabilidades.

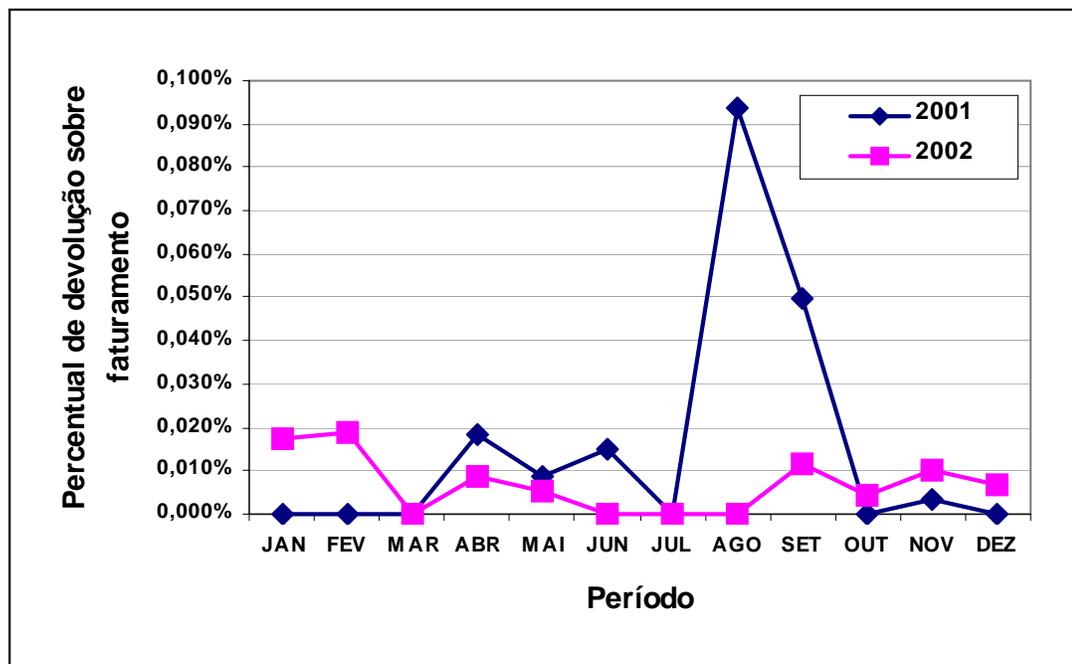


Figura 22 – Percentual de devoluções dos clientes [fonte: Elaborado pelo autor]

A figura 23 apresenta o comparativo da reoperação de peças na célula 12. Para calcular a reoperação, a Invensys Appliance Controls considera as horas gastas com retrabalho em relação ao total de horas utilizadas na célula, assim obtém-se o percentual de horas de reoperação. Na figura 23, observa-se uma melhora na performance de horas gastas com reoperação, assim há uma redução no custo com retrabalho e um natural aumento na produtividade. No ano de 2001, a célula 12 teve em média 0,037% das horas gastas em reoperação, enquanto que em 2002 houve uma redução para 0,013% das horas totais, o que caracteriza uma melhoria significativa na produtividade e na eficiência, pois ocorre uma redução nas perdas.

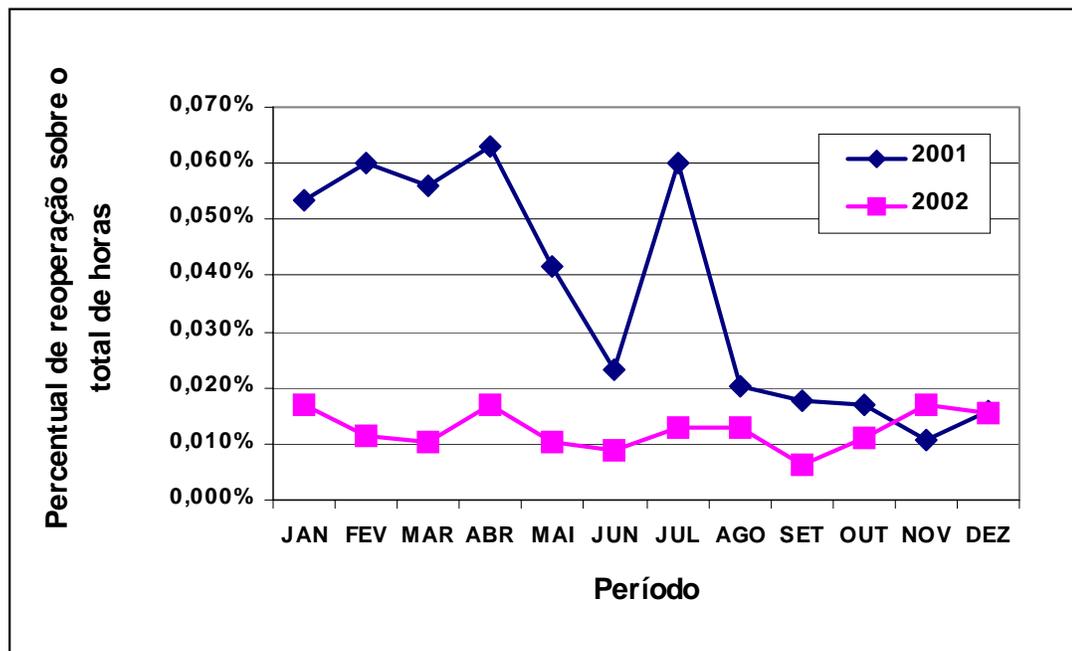


Figura 23 – Percentual de horas de reoperação sobre o total de horas utilizadas na célula
[fonte: Elaborado pelo autor]

Para manter os times autogeridos informados sobre a sua performance, a empresa mantém um acompanhamento permanente dos índices de qualidade e produtividade, motivando-os a melhorar continuamente.

4.3 DISCUSSÃO DA PROPOSTA APRESENTADA E APLICADA

4.3.1 Vantagens da proposta do sistema de avaliação e melhoria da qualidade

A proposta apresentada, contemplando o sistema de avaliação e melhoria da qualidade, mostrou sua eficácia, que pode ser observada nos gráficos que medem a sucata,

retrabalho e devolução dos clientes. No decorrer da implantação observou-se que o sistema apresentava facilidade de operacionalização. Além disso, outra importante vantagem foi o melhor aproveitamento das informações, as quais eram geradas antes da implantação do projeto CQP, mas ficavam armazenadas no *check-List*, sem aproveitamento no processo de melhoria contínua.

A partir das constatações práticas, observou-se que a principal vantagem do sistema proposto e implantado reside na facilidade do relacionamento entre os problemas encontrados e suas possíveis causas. Esta facilidade aumenta a agilidade na tomada de decisão, encaminhando naturalmente as ações necessárias para a melhoria da qualidade.

4.3.2 Dificuldades na implantação da proposta

Na implantação do sistema não foram observadas grandes dificuldades. Observou-se uma necessidade de gastos com treinamentos, mas dentro do previsto. Foram necessárias em média duas horas de treinamento por operador de produção, e em torno de quatro horas para ensinar os líderes e funcionários do setor da qualidade.

Notou-se que a maior dificuldade foi manter o sistema ativo, após o primeiro ano de implantação. No caso da Invensys, foi difícil manter a regularidade na entrada de dados e avaliações periódicas da performance das células. No início houve uma grande adesão e motivação dos times operacionais, devido aos resultados que o sistema proporcionou, porém quando os índices de qualidade e produtividade já estavam ajustados, não existiam muitos problemas aparentes no processo, capaz de motivar naturalmente os times. Neste caso, foi necessário um acompanhamento periódico do setor da qualidade, para garantir a continuidade do sistema.

4.3.3 Generalidade da proposta do sistema (CQP)

Embora este sistema de avaliação e melhoria da qualidade tenha sido implantado em uma única empresa, acredita-se que, devido a simplicidade de operacionalização, é possível implantar em empresas que tenham similaridades funcionais. O sistema é particularmente adequado para empresas que utilizam o processo de inspeção, realizado através de folhas de verificação.

Além disso, a implementação da proposta exige o domínio e uso regular de algumas ferramentas simples, como os gráficos de Pareto e o FMEA. O uso do FMEA é a chave para o estabelecimento da relação entre defeitos e suas possíveis causas. Logo, a equipe de implantação precisa de um bom domínio desta técnica.

4.3.4 Fluxograma do sistema de avaliação e melhoria da qualidade

Com o objetivo de facilitar a compreensão e a análise do sistema de avaliação e melhoria da qualidade criou-se um fluxograma contendo as etapas do sistema. O fluxograma da figura 24 apresenta resumidamente os aspectos mais importantes na execução de cada etapa do sistema, indicando os gráficos que devem ser analisados e os indicadores que foram utilizados para a verificação dos resultados.

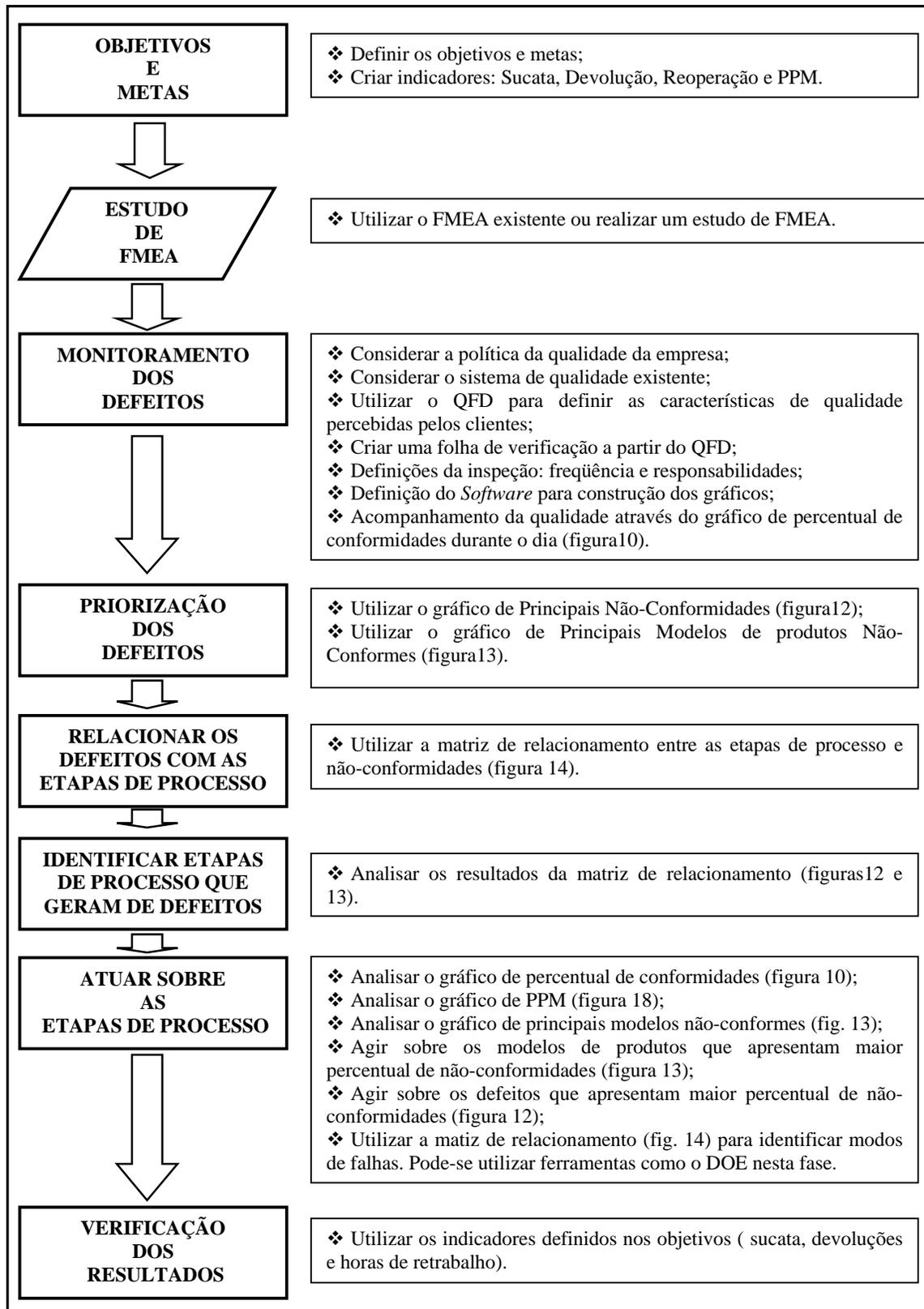


Figura 24 – Fluxograma do Sistema de Avaliação e Melhoria da Qualidade [fonte: Elaborado pelo autor]

5 CONCLUSÃO

A melhoria na qualidade dos produtos tem representado a base competitiva para muitas empresas, porém a cada ano observa-se que a qualidade do produto final não é mais um diferencial, pois a excelência em qualidade está no processo confiável, capaz de produzir produtos sem defeitos a custos compatíveis com o mercado.

Para conquistar esta excelência em qualidade é necessário identificar as características de qualidade percebidas pelo cliente. O presente estudo apresentou um sistema para a avaliação e melhoria da qualidade dos produtos manufaturados nas células produtivas. O trabalho iniciou com uma revisão bibliográfica, abordando o histórico do Controle da Qualidade, a visão do cliente com relação à qualidade, o processo de inspeção como fator de garantia da qualidade e algumas ferramentas da qualidade (QFD, FMEA e Diagrama de Pareto), onde foi possível observar que a qualidade está relacionada diretamente às expectativas dos clientes e instrumentos como o QFD, FMEA e o Diagrama de Pareto são utilizados por muitas empresas com resultados eficazes.

Na seqüência, foi apresentada uma proposta para a estruturação de um sistema de avaliação e melhoria da qualidade em células de manufatura. Este sistema parte das necessidades dos clientes, as quais foram identificadas através de pesquisa de mercado e com o auxílio dos registros de reclamações. O *Check-List*, já existente na célula, serviu como fonte

primária de informação para a construção do sistema proposto. Neste estudo também utilizou-se o QFD como método para identificação da qualidade demanda pelo cliente, priorizando assim os recursos disponíveis, alocando-os onde provocam maior impacto positivo sobre as expectativas do cliente.

Após a identificação da qualidade demandada pelos clientes e posterior conversão destas em características da qualidade, foi necessário um estudo para identificar as causas das não-conformidades no processo. O instrumento utilizado na investigação das causas de não-conformidades foi o FMEA, que possibilitou uma compreensão detalhada das etapas de processos críticos e seus modos de falha.

A partir das informações obtidas com o QFD e o FMEA criou-se uma matriz de relacionamento capaz de permitir a associação das características da qualidade com as etapas do processo e os modos de falha. Com essa matriz foi possível priorizar e focar as ações de melhorias nos processos.

O estudo de caso, descrito no capítulo 4, demonstrou a eficácia do sistema proposto e implantado. Através dos gráficos desenvolvidos, para o sistema de avaliação e melhoria da qualidade, foi possível identificar os defeitos mais frequentes, os modelos de produtos que mais defeitos apresentam e os processos que produzem mais não-conformidades. Este sistema também disponibiliza informações adicionais sobre a performance da qualidade do que é produzido na célula de manufatura.

No estudo de caso, da empresa Invensys Appliance Controls, apresentado no capítulo 4, comparou-se os índices de qualidade de 2001 em relação ao ano de 2002. O sistema de avaliação e melhoria da qualidade proporcionou uma redução de 60% na sucata gerada em toda a fábrica. Constatou-se que na célula 12 ocorreu uma redução na devolução dos produtos de 43,8% sobre o faturamento. Outro índice que apresentou notável melhora refere-se às horas gastas com retrabalho na célula de manufatura, as quais foram reduzidas em 31,5%.

Os índices mostram que os objetivos propostos foram alcançados, através da integração entre os setores de qualidade, engenharia e produção. O sistema proposto e implantado criou meios para que essa integração ocorresse, de forma a incentivar o envolvimento das pessoas com o resultado, motivando os operadores de produção a produzir com a menor variabilidade e abrindo caminhos para que os setores auxiliares (engenharia e qualidade) conseguissem desenvolver melhorias.

O sistema proposto e implantado proporcionou facilidade no relacionamento entre os problemas encontrados e suas causas primordiais. Esta característica do sistema permitiu maior agilidade na tomada de decisão, focando as ações corretivas e preventivas na origem do problema.

Embora este sistema de avaliação e melhoria da qualidade tenha apresentado excelentes resultados, não é possível afirmar que o mesmo possa ser aplicado a qualquer realidade. Contudo, a simplicidade das fontes de informação e ferramentas utilizadas, além da facilidade de operacionalização, sugere que o mesmo pode ter sucesso em muitos cenários.

Sugestões para trabalhos futuros

Tendo em vista a generalidade do sistema proposto, sugere-se que sejam realizados novos estudos de casos, com a implementação do sistema, em outras empresas de manufatura, além do ramo metalúrgico, o que permitiria testar a eficácia do sistema em outros ambientes.

Sugestão de estudo do sistema proposto aplicado em diversos tamanhos de empresas brasileiras, com o objetivo de verificar a relação da eficácia do sistema em situações adversas de estrutura das empresas.

Realização de estudos do sistema de avaliação e melhoria da qualidade, como possível fator motivador dos operadores de produção, na melhoria da qualidade.

Pesquisa para explorar as possibilidades de melhoria no sistema proposto, como por exemplo, criação de um *software* que possa aumentar a utilização do FMEA, construir gráficos mais dinâmicos e que permita identificar qual o FMEA deve ser utilizado para ajustes do processo, quando apresentar uma alta frequência na ocorrência de um determinado defeito.

BIBLIOGRAFIA

ABREU, Fábio Ribeiro e PEREIRA, Marco Antônio Carvalho. **Aplicação de QFD na fabricação de embalagens especiais para a indústria automobilística**. Trabalho publicado nos anais do XXIV ENEGP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, realizado em Florianópolis, SC, novembro 2004, em CD-ROM.

AIDAR, Marcelo Marinho. **Qualidade humana: As pessoas em primeiro lugar**. São Paulo: Maltese, 1995.

AKAO, Yoji. **Quality Function Deployment: integrating customers requirements into product design**. Cambridge: Massachusetts, Productivity Press, 1988.

AKAO, Yoji. **Quality function Deployment: integrating customer requirements into product design**. Productivity Press, Cambridge, USA, 1990.

AKAO, Yoji. **Introdução ao desdobramento da qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996. 187 p.

AMERICAN SUPPLIER INSTITUTE. **QFD Quality Function Deployment - three day: workshop**. Version 3.4. Michigan: ASI Inc., 1989.

BYHAM, William C. **Zapp:O poder da energização**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

BYHAM, William C; WELLINS, Richard S; WILSON, Jeanne M. **Equipes Zapp: Empowerment teams**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

CARDOSO, José Alberto Azevedo. **Eficiência de sistema de inspeção: Um estudo de caso no setor metalúrgico**. Porto Alegre, 2001. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

CASTRO, Alfredo P. **Zapp em ação**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

CATEN, Carla Shwengber Ten. **Método de otimização de produtos e processos medidos por múltiplas características de qualidade**. Porto Alegre, 1995. 154f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

CATEN, Carla Shwengber Ten e RIBEIRO, José Luis Duarte. **Controle estatístico do processo**. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2001.

CUNHA, Gilberto *et al.* **Desenvolvimento do produto: Material de suporte**. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2002.

CHENG, Lin Chih. **Desdobramento da Função Qualidade (QFD): uma descrição e análise do método no contexto do controle da qualidade total (TQC)**. Minas Gerais: Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, 1994.

CHENG, Lin Chih *et al.* **QFD: Planejamento da qualidade**. Belo Horizonte: UFMG – Escola de Engenharia, Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

DESCHAMPS, Jean-Philippe e NAYAK, P. Ranganath. **Produtos irresistíveis**: Rio de Janeiro: Makron Books, 1997.

DREBTCHINSKY, Julio. **Implementação de sistemas da qualidade: Serie ISO 9000**. São Paulo: Saraiva, 1996.

EUREKA, William H. e Kyan, Nancy. **QFD perspectivas gerenciais do desdobramento da função Qualidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

GAMA, Renata Regueira. **Novos produtos: estratégia ou sobrevivência?** Jornal Diário do Nordeste. Fortaleza: 20 de junho de 1999.

HARRINGTON, James. **Gerenciamento total da melhoria contínua**. São Paulo: Makron Books, 1997.

HELMAN, Horácio e ANDERY, P.R.P. **Análise de Falhas (Aplicação dos Métodos de FMEA - FTA)**. Fundação Christiano Ottoni, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 1995;

JURAN, J.M. **Controle da qualidade: Conceitos, políticas e filosofia da qualidade**. São Paulo: Makron Books, 1991.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Qualidade: Enfoques e ferramentas**. São Paulo: Artliber, 2001.

MOORE, H.D. **Materials and process for NDT technology**. Columbus, OH: American Society for Nondestructive testing, Inc, 1981.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: Teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2000.

PARIS, Wanderson Stael. **Proposta de uma metodologia para identificação de causa raiz e solução de problemas complexos em processos industriais: Um estudo de caso**. Curitiba,

2003. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Mecânica) – Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná, 2003.

PEIXOTO, Manoel Otelino da Cunha. **Uma proposta de Aplicação da Metodologia Desdobramento da Função Qualidade (QFD) que sintetiza as Versões QFD - Estendido e QFD das Quatro Ênfases.** São Carlos, 1998. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica - Escola de Engenharia de São Carlos.

PINHEIRO, A. S. P; HO, L. L. **Distribuições Normais Equivalentes na Determinação do Índice de Confiabilidade.** ENEGEP, São Paulo, 2000.

RIBEIRO, J.L.D.**Confiabilidade de Componentes e Sistemas – Notas de Aula.** UFRGS, Porto Alegre, 1998.

RIBEIRO, José Luis Duarte, ECHEVESTE, Márcia Elisa e DANILEVICZ, Ângela de Moura Ferreira. **A utilização do QFD na otimização de produtos, processos e serviços.** Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2001.

RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade: Material de suporte.** Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2002.

SHIBA, Shoji. **TQM: Quatro revoluções na gestão da qualidade.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

STAMATIS, D.H.**Failure Mode and Effect Analysis.** ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, 1995.

VIEIRA, Sonia. **Estatística para a qualidade: Como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços.** Rio de Janeiro: Elsevier, 1999.