

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de
Produção
Curso de Engenharia de Produção

**Aplicação do Método FMEA para melhorar a Qualidade do
Produto de uma Indústria Moveleira de Pequeno Porte**

Sheila Luz

TCC-EP-60-2009

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção
Curso de Engenharia de Produção

**Aplicação do Método FMEA para melhorar a Qualidade do
Produto de uma Indústria Moveleira de Pequeno Porte**

Sheila Luz

TCC-EP-60-2009

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Orientador (a): Prof. Dr. Edwin Vladimir Cardoza Galdamez

**Maringá - Paraná
2009**

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus o Criador de todas as coisas.

Aos meus pais, irmãos e avós, que contribuíram na minha formação.

Ao meu querido esposo, a pessoa preparada por Deus para estar ao meu lado.

*E a mim pelas lágrimas e vitórias, por lutar e acreditar em um princípio, em uma verdade, a
palavra de Deus.*

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial ao prof. Dr. Edwin Vladimir Cardoza Galdámez pela atenção durante o desenvolvimento deste trabalho e competente orientação.

A coordenadora Márcia Marcondes Altimari Samed do Curso de Graduação de Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pelo comprometimento e empenho com a minha causa durante esses anos pela luta dos meus direitos como aluna.

Aos amigos de sala, pela troca de experiências acadêmicas e profissionais.

A fé ri das impossibilidades.

RESUMO

As necessidades do cliente são atendidas através das características do produto. É neste contexto que o presente trabalho apresenta uma análise do papel do FMEA no processo de identificar e analisar as causas e falhas de um produto já realizado. A melhoria da qualidade com enfoque na técnica FMEA proporcionará a este produto de uma indústria moveleira de pequeno porte um novo escopo de projeto. Como conclusão principal o FMEA terá papel primordial de sistematizar as informações no processo e regulamentá-las para a produção deste produto.

Palavras-chave: FMEA, Melhoria da Qualidade, Produto, Projeto, Causas e Falhas.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	3
1.2 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	4
1.3 OBJETIVOS	6
1.3.1 <i>Objetivo Geral</i>	6
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	6
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	6
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1 QUALIDADE.....	7
2.2 GERENCIAMENTO DA QUALIDADE TOTAL.....	10
2.3 MELHORIA CONTÍNUA.....	12
2.3.1 <i>Qualidade do projeto</i>	13
2.3.2 <i>Qualidade do produto</i>	15
2.3.3 <i>Qualidade no processo</i>	16
2.3.4 <i>Falhas e Causas da Qualidade</i>	18
2.3.5 <i>Custos da Qualidade</i>	19
2.4 MÉTODO FMEA.....	22
2.5 FERRAMENTAS DE QUALIDADE INTEGRADA A FMEA.....	23
2.5.1 <i>Tipos de FMEA</i>	27
2.5.2 <i>A aplicação do Método do FMEA</i>	28
2.5.3 <i>Resultados do FMEA</i>	36
2.5.4 <i>Vantagens e Desvantagens do FMEA</i>	37
3 APLICAÇÃO DO FMEA EM UMA EMPRESA MOVELEIRA	38
3.1 MÉTODO DA PESQUISA	38
3.2 EMPRESA DE MÓVEIS DE MADEIRA DE DEMOLIÇÃO	39
3.3 BANCADA DE MADEIRA DE DEMOLIÇÃO	41
3.3.1 <i>Processo Produtivo da Bancada de Madeira de Demolição</i>	44
3.4 PROPOSTA DO MÉTODO FMEA PARA A EMPRESA.....	46
3.4.1 <i>Aplicação da metodologia FMEA na Fábrica de Móveis de Demolição</i>	50
4 CONCLUSÕES	78
4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
4.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO	79
4.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS	80
4.4 PESQUISAS FUTURAS.....	81
REFERÊNCIAS	82
GLOSSÁRIO	86

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - BANCADA DE MADEIRA DE DEMOLIÇÃO.....	5
FIGURA 2 - DIAGRAMA “ESPINHA DE PEIXE” OU ISHIKAWA.....	24
FIGURA 3 - GRÁFICO DE PARETO.....	25
FIGURA 4 - GRÁFICO DE CONTROLE.....	25
FIGURA 5 - SEQÜÊNCIA DE ELABORAÇÃO DO FMEA.....	28
FIGURA 6 - FORMULÁRIO DO FMEA.....	30
FIGURA 7 - MÓVEIS EM MADEIRA DE DEMOLIÇÃO.....	39
FIGURA 8 - ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA FABRICA DE MÓVEIS DE MADEIRA DE DEMOLIÇÃO.....	40
FIGURA 9 - BANCADA DE TÁBUAS RÚSTICAS.....	42
FIGURA 10 - BANCADA DE VIGAS RÚSTICAS.....	43
FIGURA 11 - BANCADA DE QUADRADO RÚSTICAS.....	44
FIGURA 12 - DIAGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO DA BANCADA DE MADEIRA DE DEMOLIÇÃO.....	45
FIGURA 13 - ESTRATIFICAÇÃO DE MÓVEIS DE MADEIRA DE DEMOLIÇÃO COM DEFEITOS.....	60
FIGURA 14 - BANCADA DE TABUAS DEVOLVIDA POR DEFEITOS NA SUPERFÍCIE.....	61
FIGURA 15 - BANCADA DE TABUAS (EXEMPLIFICAÇÃO DA REGIÃO DO DESNÍVEL E SUA EXTENSÃO).....	62
FIGURA 16 - DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO SOBRE OS DEFEITOS NA SUPERFÍCIE DO TAMPO DA BANCADA.....	64

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - DEFINIÇÕES DA QUALIDADE	7
QUADRO 2 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE.....	10
QUADRO 3 - FOLHA DE VERIFICAÇÃO	26
QUADRO 4 - SEVERIDADE.....	32
QUADRO 5 - ESCALA DE AVALIAÇÃO DE OCORRÊNCIA.....	33
QUADRO 6 - ESCALA DE DETECÇÃO.....	35
QUADRO 7 - FORMULÁRIO FMEA.....	47
QUADRO 8 – PROGRAMAÇÃO DAS REUNIÕES DO FMEA.....	50
QUADRO 9 - GRUPO DE GESTORES DO FMEA.....	51
QUADRO 10 - FORMULÁRIO FMEA DESENVOLVIDO PELOS MEMBROS DA EQUIPE DA FÁBRICA DE MÓVEIS DE MADEIRA DE DEMOLIÇÃO	52
QUADRO 11 - FUNÇÕES DA BANCADA DE MADEIRA DE DEMOLIÇÃO COM OS MODOS DE FALHAS	54
QUADRO 12 - BANCADAS DE MADEIRA DE DEMOLIÇÃO DEVOLVIDAS NOS ÚLTIMOS 6 MESES	55
QUADRO 13 - FORMULÁRIO FMEA ETAPA EFEITO	56
QUADRO 14 - DESCRIÇÃO DA ESCALA DE SEVERIDADE	57
QUADRO 15 - NOTAS INDIVIDUAIS DA EQUIPE PARA SEVERIDADE.....	58
QUADRO 16 - FORMULÁRIO FMEA PARA A ETAPA SEVERIDADE.....	58
QUADRO 17 - ÚLTIMO TRIMESTRE DE VENDAS DE MÓVEIS DE MADEIRA DE DEMOLIÇÃO	59
QUADRO 18 - RTD (REGISTRO TÉCNICO DE DEVOLUÇÃO)	61
QUADRO 19 - FORMULÁRIO DO FMEA PARA A ETAPA CAUSAS.....	65
QUADRO 20 - ESCALA COM PERCENTUAL DE OCORRÊNCIA DE FALHAS DE FÁBRICA DE MÓVEIS DE DEMOLIÇÃO....	66
QUADRO 21 - ESCALA DE AVALIAÇÃO DE OCORRÊNCIA DE FALHAS DE UMA BANCADA DE MADEIRA DE DEMOLIÇÃO.....	66
QUADRO 22 - FORMULÁRIO DO FMEA PARA A ETAPA OCORRÊNCIA (O).....	67
QUADRO 23 - FORMULÁRIO PARA RELACIONAR CONTROLES ATUAIS REFERENTES A TODOS OS ITENS JÁ CITADOS NAS ETAPAS PASSADAS.....	68
QUADRO 24 - FORMULÁRIO DO FMEA PARA A ETAPA CONTROLES ATUAIS	69
QUADRO 25 - ESCALA DE DETECÇÃO (D)	70
QUADRO 26 - FORMULÁRIO DO FMEA PARA A ETAPA DETECÇÃO (D)	71
QUADRO 27 - RESULTADOS DA EQUAÇÃO RPN.....	72
QUADRO 28 - FORMULÁRIO DO FMEA PARA A ETAPA RPN	72
QUADRO 29 - ANÁLISE DE FALHAS A	73
QUADRO 30 - ANÁLISE DE FALHAS B	74
QUADRO 31 - ANÁLISE DE FALHAS C	74
QUADRO 32 - ANÁLISE DE FALHAS D	75
QUADRO 33 – FORMULÁRIO DO FMEA COMPLETO.....	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FMEA	Análise dos Modos de Falhas e Efeitos
CAPES	Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
COMUT	Programa de Comutação Bibliográfica
TQM	<i>Total Quality Management</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
GQT	Gestão Pela Qualidade Total
QDF	<i>Quality Function Deployment</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
RPN	<i>Risk Priority Number</i>
RTD	Registro Técnico de Devolução

1 INTRODUÇÃO

As aplicações das ferramentas da qualidade trazem resultados comprovados, o que é verificado através das literaturas: Avaliação Estratégica da Qualidade (PALADINI, 2002); Gestão da Qualidade Teoria e Prática (PALADINI, 2004); Qualidade: Enfoques e Ferramentas (MIGUEL, 2001).

Com o intuito de usar eficientemente os recursos humanos, financeiros e de projetos nas pequenas empresas se faz necessário selecionar a técnica de qualidade adequada ao problema para que se possa chegar a um resultado satisfatório. Na visão de Souza (2003), a qualidade total procura abordar o processo manufatureiro como um gerador potencial de vantagem competitiva para a organização, funcionando como um motor que posiciona as empresas frente ao mercado. Com esse enfoque, ocorre um enorme processo de influência na definição das estratégias de manufatura, que deve visar: a obtenção de produtos sem erros, entregas rápidas ao consumidor, cumprimento dos prazos prometidos de entrega, a introdução de novos produtos em prazos adequados, a operação em uma faixa de produtos bastante larga para satisfazer os desejos dos clientes, a habilidade em mudar quantidades ou datas de entrega, conforme demandado pelo mercado, e a habilidade em produzir a custo compatível.

Neste trabalho, o produto que será estudado é fabricado para um público alvo seletivo e exigente, trata-se de um consumidor que normalmente utiliza serviços de arquitetos e decoradores que fazem a inserção deste produto nas residências ou projeto de decoração para futuras instalações. Esta peça quando esta totalmente pronta é recebida por esses profissionais que fazem a inspeção final no ambiente de instalação, e devido a este alto padrão de consumo, a empresa tem uma grande preocupação em oferecer produtos que atendam as exigências dos consumidores. Ainda, é um produto de valor agregado referente às especificações especiais por ser de madeira de demolição.

Este produto por ter forte sistema de inspeção final, na execução do projeto é analisado todas as possibilidades de erros, no entanto a madeira de demolição é diferente da madeira nova que já vem padronizada sempre na mesma medida. A madeira de Demolição chega ao estoque sem padrão de medidas, causando processos diferentes para o mesmo produto e diferentes

tempos de produção. Sendo assim a produção se baseia em uma seleção de madeira que seja adequada ao projeto do produto, para que haja menos perda, processo eficiente e a qualidade final esperada, o que nem sempre ocorre por falta de atenção no quesito seleção de madeira.

O estudo visa identificar as causas e falhas das peças, reduzir causa da falha de qualidade e por fim desenvolver um plano de melhoria para a continuidade da qualidade nos produtos.

Para a resolução desta temática vivenciada pela empresa, será aplicada a ferramenta FMEA – Análise dos Modos de Falhas e Efeitos (*Failure Modes and Effects Analysis*). Segundo Miguel (2001), o FMEA é um método analítico para identificar e documentar de forma sistemática falhas em potencial, de maneira a eliminá-la ou reduzir sua ocorrência, através de uma metodologia estruturada que pode ser aplicada durante o estágio de desenvolvimento de novos produtos, inclusive para produtos regulares, ou seja, aqueles que já estão implementados nas vendas e que são o foco do cliente. Com esta ferramenta, produtos defeituosos com irregularidades serão colocados sob análise, até que as causas sejam detectadas e minimizadas, com objetivo de trazer novamente ao mercado podendo satisfazer as expectativas do cliente com a peça corrigida.

Há um grupo de ferramentas que foram convencionalmente chamadas de “Ferramentas Estatísticas da Qualidade”, essas ferramentas podem ser utilizadas isoladamente, ou como apoio ao desenvolvimento da Qualidade, trabalhado como parte de um processo de implantação de programas da qualidade. As ferramentas da Qualidade neste trabalho serão auxiliadas ao FMEA com o objetivo de esclarecer pesquisas e resultados para a conclusão da proposta de melhoria.

O tema escolhido teve por origem essa problemática da Indústria em pesquisa considerando a experiência e vivência do pesquisador na realização e gerenciamento dos projetos nesta fábrica, tendo como linha de pesquisa o Desenvolvimento de produto e Qualidade. A pesquisa trará resultados para a empresa, que tem como foco a satisfação do cliente, mostrando se é possível reduzir ou não defeitos indesejados nos produtos que são comercializados.

1.1 Justificativa

O presente trabalho se justifica no sentido de prover um plano de melhoria que atenda as necessidades relatadas a seguir:

- Inserir a prática do recurso de melhoria contínua, *Brainstorming* (explosão de idéias) realizado através de reuniões onde responsáveis dos setores da fábrica estarão relatando sua opinião sobre as causas e as falha do produto.
- A padronização do projeto do produto, para facilitar a visualização e entendimento do projeto.
- A Qualidade do produto comercializado, reduzindo produtos não conformes que atendam as expectativas dos profissionais que fazem a inspeção e adequação do produto na residência do cliente.
- A satisfação do cliente, de forma que a utilização do produto proceda conforme suas expectativas, que o produto exerça sua função de fato sem causar transtorno a este cliente.
- Integração dos setores do processo produtivo e alta direção, que ocorrerá através das reuniões de FMEA, sessões de *Brainstorming*, farão a aproximação das idéias ou até mesmo o conhecimento real do estado de produção dos produtos.
- Convocação de uma pesquisa da qualidade para a empresa onde todos os setores estão intimados a expor suas idéias e fatos ocorridos com o produto.
- Ganho financeiro para a empresa, pois a qualidade do produto, interação dos departamentos da empresa e principalmente a satisfação do cliente, trarão resultados que serão ganhos confirmados para a empresa.

Cada um destes pontos relacionados são pontos de oportunidade de melhoria da empresa em estudo e necessitam ser desenvolvidos.

1.2 Definição e delimitação do problema

A indústria moveleira em questão utiliza a madeira de demolição para a fabricação de móveis, essa matéria-prima chega ao estoque com os seguintes problemas de qualidade:

- (a) tábuas e vigas empenadas;
- (b) rachaduras;
- (c) ardimento (regiões deterioradas nas peças);
- (d) pregos e ferros inseridos;
- (e) resto de tintas e resíduos tóxicos;
- (f) dejetos de animais, entre outros.

Para que essa madeira possa ser utilizada passa por vários processos de restauração: recebimento da madeira, após realiza-se a seleção da madeira, em seguida é revisada, vai para o corte das regiões deterioradas, é separada por cor e espécie, enviada ao estoque da marcenaria de onde é retirada e processada na máquina serra, desengrosso, tupia e furadeira oscilante, na seqüência é montada, colada e enviada ao setor de acabamento que dará a cor final ao móvel de madeira. Tais processos serão mais detalhados no Capítulo 3 (Trabalho de Campo).

Os móveis de madeira de demolição apresentam características peculiares de madeira velha, como por exemplo: os buracos de pregos em sua superfície, veios (riscos) na madeira causada pela ação da chuva e do sol, consequência de muitos anos de exposição no tempo. Peculiaridades que precisam ser preservadas na construção de novos produtos.

Entre os principais produtos fabricados pela empresa moveleira está a bancada de tábuas rústicas, conforme Figura 1. São móveis utilizados em cozinhas, lavabos e suítes e etc., e tem apresentado desníveis nas junções entre uma tabua e outra, e as elevações estão posicionadas na superfície, ou seja, no tampo do móvel. É um problema, prejudica o uso de utensílios como, por exemplo, pratos, copos, porcelanas e decorativos. Este móvel tem sido o alvo das reclamações dos clientes, que insatisfeitos devolvem a peça para o retrabalho na fábrica, gerando custos adicionais de mão-de-obra e transporte, com ameaças de indenizações.

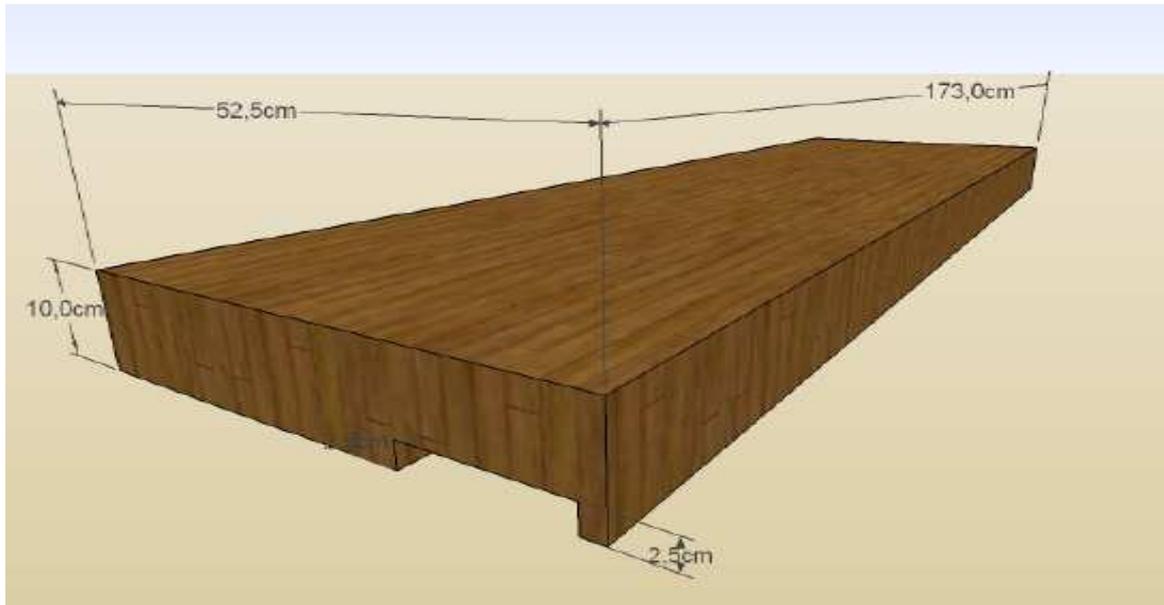


Figura 1 - Bancada de Madeira de Demolição

O marketing do produto está justamente na valorização das características, na história que cada peça já carrega apesar ser nova no design. Cada detalhe da madeira sobre o produto é único e sem padrão, pois o aspecto da madeira é ocasionado com o objetivo geral de agregar valor ao produto que o cliente adquire. Este mercado é novo e proveniente de uma consciência ecológica que faz referência ao reuso de madeiras, pois se trata de uma madeira de lei, como a peroba (*Aspidosderma polyneuron muell*), canafístula (*Cássia ferruginea Schad*) e a canela (*Nectranda Cuspidata*).

A empresa adquire essa matéria-prima atualmente de casas velhas, e depósitos de milho e ração, nas antigas fazendas conhecidas como tulhas. Os proprietários têm encontrado uma maneira fácil e rendosa de se desfazer de sua antiga casa, tais pessoas desmontam essas propriedades e levam para a fábrica as tábuas, caibros, vigas e quadrados. Com isso evitam lixo ao meio ambiente e propiciam uma aplicação a essa madeira, que é centenária. Com o valor da venda constroem novas propriedades, e a fábrica pode dar segmento à produção dos móveis.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O principal objetivo do trabalho é propor um plano de melhoria contínua para reduzir os custos de qualidade de um produto de madeira. Especificamente, será utilizado o método FMEA como meio para identificar e analisar as causas e falhas de um produto (bancada de madeira).

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar uma Revisão bibliográfica dos temas: FMEA, custos da qualidade, desenvolvimento de produto e melhoria contínua.
- Identificar as causas e falhas da qualidade do produto com a ferramenta FMEA.
- Propor o plano de ação de melhoria para a causa e falha identificada.
- Apresentar a proposta para colaboradores e responsáveis pela empresa.
- Avaliar os resultados obtidos com o desenvolvimento do projeto.

1.4 Estrutura do Trabalho

Segue a descrição dos próximos capítulos que serão abordados neste trabalho:

- O capítulo 2, apresenta a revisão bibliográfica abordando as teorias da qualidade e FMEA.
- O capítulo 3, descreve a empresa em que será aplicada a metodologia e sua aplicação em fases.
- O capítulo 4, trata as conclusões da pesquisa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será descrita a estrutura teórica do trabalho, buscando analisar e discutir as informações relevantes ao tema. Será abordado o tema de qualidade, com enfoque nas ferramentas e estratégias da qualidade, especificamente discorrendo sobre a técnica FMEA, que será a ferramenta utilizada no trabalho em foco.

2.1 Qualidade

O conceito do que se entende por qualidade, Miguel (2001) afirma que tem mudado ao longo do século XX. No início da era industrial era praticada a qualidade, como forma de verificação do trabalho dos artesãos. Nas últimas décadas, com a saturação de produtos do mercado, competitividade entre as empresas e, mais recentemente, globalização econômica, o enfoque da qualidade é alterado: o mercado passou a ser regido pelos clientes, ao invés daqueles que o produzem, provocando mudanças no conceito da qualidade.

Oakland (1994) relaciona os significados da qualidade segundo alguns dos maiores autores no tema conforme Quadro 1.

Autores	Definições
Joseph M. Juran	1-Qualidade é adequação ao uso, promove a satisfação do cliente com o produto ou serviço; 2- Qualidade é ausência de defeitos.
William E. Deming	“[...] a qualidade deve ter como objetivo as necessidades do usuário, presentes e futuras.”
Philip B. Crosby	“[...] conformidade com as exigências.”
Armand V. Feigenbaum	O controle total da qualidade é um sistema efetivo para integrar os esforços dos vários grupos dentro de uma organização, no desenvolvimento da qualidade, na manutenção da qualidade e no melhoramento da qualidade, de maneira que habilite marketing, engenharia, produção e serviços com os melhores níveis econômicos que permitam a completa satisfação do cliente.
David A. Garvin	A organização deve entender e atender as dimensões consideradas de maior importância para o cliente. Essas dimensões são definidas como: desempenho, características, confiabilidade, conformidade, durabilidade, manutenção, estética e qualidade percebida.

Quadro 1 - Definições da Qualidade
Fonte: Oakland (1994, pg.89)

A conceituação predominante para a qualidade é a satisfação dos clientes, que depende da relação expectativas na aquisição e percepções no momento do uso, quanto à qualidade do produto (OAKLAND, 1994). Mas como pode se notar existem pontos de vista diferenciados quanto ao significado da qualidade. Segundo Miguel (2001), o conceito que parece de fácil entendimento, na realidade é difícil, pois sua definição não parte de uma idéia ou conceito absoluto, mas sim relativo a alguma coisa e, freqüentemente técnicas e metodologias se misturam a sua definição.

Garvin (1992), a fim de chegar a um melhor entendimento defende que a qualidade pode ser representada por sete dimensões. Essas dimensões são:

1ª Dimensão: Características / Especificações.

2ª Dimensão: Desempenho.

3ª Dimensão: Conformidade.

4ª Dimensão: Confiabilidade.

5ª Dimensão: Durabilidade.

6ª Dimensão: Imagem.

7ª Dimensão: Atendimento ao Cliente.

Cada empresa deve, portanto, decidir quais dimensões que serão enfatizadas, ou como deverá ser a combinação entre elas. Considerando ainda que haja um aumento da complexidade em relação à qualidade e sua obtenção, à medida que se decide por múltiplas dimensões (GARVIN, 1992). Os desdobramentos dessas dimensões da qualidade podem ser descritas conforme segue:

1ª Dimensão: Características/Especificações.

Essa se refere às características ou especificações que diferenciam um produto em relação aos seus concorrentes (MIGUEL, 2002).

2ª Dimensão: Desempenho

O desempenho é o aspecto operacional básico de qualquer produto. No caso de um automóvel, por exemplo, são características de aceleração, retomada, estilo, acabamento e conforto, etc. (MIGUEL, 2002).

3ª Dimensão: Conformidade.

A dimensão conformidade reflete a visão mais tradicional da qualidade, isto é, o grau em que o produto está de acordo com as especificações incluindo características operacionais. Indiretamente reflete o atendimento aos requisitos do cliente (CROSBY, 1994).

4ª Dimensão: Confiabilidade.

Essa dimensão da qualidade está associada ao grau de isenção de falhas de um produto, ou seja, a confiabilidade é a probabilidade de que um item possa desempenhar sem falhas sua função requerida por intervalo de tempo estabelecido sob condições de uso (JURAN, 1962).

5ª Dimensão: Durabilidade

A durabilidade consiste numa medida da vida útil de um produto, dessa forma, a durabilidade assume um conceito de uso que se consegue de um produto antes dele se quebrar, ou quando a substituição é preferível aos reparos constantes (GARVIN, 1992).

6ª Dimensão: Imagem.

Essa dimensão parte da junção de duas definições: Estética (*Aesthetics*) e Qualidade Observada (*Perceived Quality*). Entende-se que essas duas dimensões, Estética e Qualidade Observada, refletem uma imagem imediata de curto prazo e outra de ao longo do tempo (MIGUEL, 2002).

7ª Dimensão: Atendimento ao cliente.

Este objetiva assegurar a continuidade dos serviços (além das funções) oferecidos pelo produto após sua venda, podendo ser, em certos casos, considerando como sinônimo de Assistência Técnica (GARVIN, 1992).

Como já descrito é extremamente complexo associar múltiplas dimensões para um mesmo produto. Obviamente isso é possível, mas os custos envolvidos podem chegar a ser proibitivos. Dessa forma, os fabricantes geralmente combinam algumas dimensões conforme as necessidades do mercado (GARVIN, 1992).

No Quadro 2, uma síntese extraída de Garvin (1992), que traça a evolução da qualidade como disciplina, desde a Inspeção até a Gestão da Qualidade Total.

	Etapas do Movimento da Qualidade			
Identificação das Características	Inspeção	Controle da Qualidade	Qualidade Assegurada	Gerenciamento da Qualidade
Preocupação básica - Visão da Qualidade	verificação de um problema a ser resolvido	controle de um problema a ser resolvido	coordenação de um problema a ser resolvido, mas enfrentando proativamente	impacto estratégico como uma oportunidade de concorrência
Ênfase	uniformidade do produto	uniformidade do produto com menos inspeção	toda a cadeia de produção desde o projeto até vendas	as necessidades do mercado e do consumidor
Métodos	instrumentos de medição	instrumentos técnicas estatísticas	programas e sistemas	planejamento estratégico, estabelecimento de objetivos
Papel dos Profissionais da Qualidade	inspeção, classificação e avaliação	solução de problemas e a aplicação de métodos estatísticos	mensuração e planejamento da qualidade	estabelecimento de objetivos, educação e treinamento
Responsável pela Qualidade	departamento de inspeção	departamento de controle da qualidade	todos os departamentos, embora a alta gerência só se envolva <u>periféricamente</u>	todos na empresa, com a alta gerência exercendo forte liderança
Orientação e Abordagem	"inspeciona" a qualidade	"controla" a qualidade	"constrói" a qualidade	"gerencia" a qualidade

Quadro 2 - Evolução da Qualidade
Fonte: Adaptado de Garvin (1992, pg.123)

2.2 Gerenciamento da Qualidade Total

TQM é uma sigla que significa *Total Quality Management*, é uma filosofia, uma forma de pensar e trabalhar, que se preocupa com o atendimento das necessidades e das expectativas dos consumidores. Através da TQM, a qualidade torna-se preocupação de todas as pessoas de uma organização. Dedicar-se também à redução dos custos da qualidade, em particular, dos custos de falhas. Também se dedica a melhoria contínua. Ou seja, a administração da qualidade total se enquadra muito bem no tema deste trabalho, uma vez que busca que a qualidade seja preocupação de todas as pessoas da empresa e também busca reduzir os custos com falhas e perdas (MIGUEL, 2002).

TQM pode ser vista como uma extensão lógica da maneira em que a prática da qualidade tem progredido. É uma extensão do controle de qualidade e pode ser vista como envolvendo o seguinte (SLACK, 1997):

- inclusão de todos os setores da organização;
- inclusão de todas as pessoas da organização;
- exame de todos os custos relacionados com qualidade;
- fazer as coisas certas da primeira vez;
- desenvolvimento de sistemas e procedimentos que sejam de acordo com a qualidade e melhoria;
- desenvolvimento de um processo de melhoria contínua.

Na maioria das organizações, definir as expectativas dos consumidores é tarefa-chave de marketing. Entretanto, marketing deve também conhecer as limitações da produção para não prometer algo que não pode ser entregue. Na abordagem TQM, atender a essas expectativas significa ver as coisas partindo-se do ponto de vista do consumidor. Isso envolve toda a organização entendendo a importância central dos consumidores para seu sucesso e até para sua sobrevivência. Os consumidores não são vistos como externos à organização, mas, o que é importante, como parte dela. TQM coloca o consumidor na linha de frente da tomada de decisão. Exige que as implicações para o consumidor sejam consideradas em todos os estágios da tomada de decisões e que sejam criados sistemas voltados a melhorar a satisfação do consumidor (SLACK, 1997).

Segundo Falconi (1940), as diretrizes de gerenciamento da qualidade total são amplas, e envolvem planejamento, motivação, organização e controle na busca da qualidade em toda atividade da empresa. O gerenciamento da qualidade parte do princípio que devem existir uma política e uma coordenação de todas as atividades de gerenciamento, cada empresa deve desenvolver e estabelecer sua política de qualidade e tornar possível sua implementação.

Atualmente a organização não garante a sobrevivência da empresa apenas exigindo que seus colaboradores façam o melhor que puderem ou cobrando apenas resultados. São necessários métodos que possam ser utilizados por todos em direção ao objetivo de sobrevivência da empresa, e este é o princípio da abordagem gerencial da qualidade total (MIGUEL, 2002).

2.3 Melhoria Contínua

A melhoria Contínua é buscar melhores resultados e níveis de desempenho dos processos, produtos e atividades da empresa. Ao existir o Sistema da Qualidade, os processos estão organizados e aliados pelo registro de dados e uso de indicadores para controle. Estabelecendo novas metas para os processos seja no ciclo de tempo mais curto, na redução do uso de recursos e redução de custo, melhoria da qualidade do produto ou mesmo geração de valor para o cliente com atendimentos aperfeiçoados e direcionados (MOURA 1997).

Moura (1997) ressalta que a melhoria contínua pode ser de caráter incremental quando ocorre grande alteração no processo. Em casos de melhoria significativa é constituído um grupo, normalmente interfuncional, que avalia os resultados, as metas propostas, planeja a melhoria e implementa acompanhando os resultados.

A função da Melhoria Contínua é diretamente ligada a Gestão da Qualidade. Na Gestão da Qualidade tem-se utilizado de estratégias que organizam os processos, aperfeiçoam seu funcionamento e procuram sua evolução permanente (PALADINI, 2004).

Segundo Miguel (2001), Gestão pela Qualidade Total, GQT, ou TQM é uma sigla que significa *Total Quality Management*. Essa gestão incorpora ações que uma empresa deve realizar para alcançar a melhor qualidade possível e diferenciar-se no mercado. Sendo um sistema estruturado que visa satisfazer clientes internos e externos, além dos fornecedores, integrando o ambiente de negócios com melhoria contínua, através de ciclos de desenvolvimento, melhoria e manutenção aliados a uma mudança cultural na organização.

Para Werkema (1995), TQM é um sistema gerencial baseado na participação de todos os setores de uma empresa, no estudo e na condução da qualidade o qual é definido segundo a

norma japonesa JIS Z 8101. Como um sistema de técnicas que permitem a produção econômica de bens e serviços que satisfazem as necessidades do consumidor.

Um dos maiores mitos que sempre cercaram a Gestão da Qualidade está associado ao porte da empresa. Por muito tempo percorreu-se a idéia de que a Qualidade depende do porte da empresa e, mais recentemente, de que a Gestão da Qualidade é um processo para empresa de grande porte. Porém é necessário ressaltar que as características dos métodos de aplicação nos processos de Gestão é transformar os grandes setores produtivos em células justamente para facilitar a distribuição do trabalho e gerencia. Por este preâmbulo são as facilidades de pequenas empresas que o programa traz para a grande empresa. Seguem algumas vantagens que o processo de Gestão da Qualidade traz para pequena empresa (PALADINI, 2004):

- facilidade de Controle do programa;
- competir pela qualidade, é mais viável para as pequenas empresas, do que competir pelo preço;
- processo administrativo da pequena empresa pode ser encarado como uma vantagem estratégica.

Observa-se que essas vantagens, não são mais segredo para as empresas, pois já conhecem a fundo o que se pode obter com a Gestão da Qualidade. Isso a prática já mostrou amplamente (PALADINI, 2004).

2.3.1 Qualidade do projeto

Todas as empresas que competem com base na qualidade, precisam atualizar periodicamente seus produtos, processos e serviços. Em mercados como o de eletrônica, áudio, produtos visuais e automação de escritórios são oferecidos freqüentemente novas alternativas de produtos com novas tendências e *design*. Embora em outros mercados o ritmo da inovação não seja tão rápido e impetuoso, não há dúvida de que em uma ampla frente à velocidade de

mudanças no projeto do produto, do serviço e do processo tem sido acelerada (OAKLAND, 1994).

A inovação do projeto suscita invenção e renovação de produtos e serviços inteiramente novos, incorporando novas idéias, descobertas e tecnologias avançadas, e promove o contínuo desenvolvimento e aprimoramento dos produtos, serviços e processos existentes, visando a melhoria de seu desempenho com foco na qualidade (GARVIN, 1992).

A qualidade na elaboração do projeto vem através do comprometimento com a qualidade o que ajuda a incorporar no nível mais alto da administração e assegura boas relações e comunicação entre os vários grupos e áreas funcionais envolvidas. Projetar incorporando a satisfação do cliente aos produtos e serviços contribuem enormemente para o sucesso competitivo. No entanto só esse fato não é suficiente, pois deve haver conformidade da qualidade produzida e os processos operacionais devem ser capazes de produzir de acordo com o projeto. Empresas com expressivos registros de crescimento orientado pelo produto ou pelo serviço têm revelado uma abordagem do estado-da-arte da inovação e qualidade, baseada em três princípios (OAKLAND, 1994):

- Equilíbrio estratégico para assegurar que tanto o desenvolvimento do produto velho como o do novo são importantes. A atualização dos produtos, serviços e processos antigos assegura a continuidade da geração de recursos que podem servir para financiar os produtos inteiramente novos.
- Proximidade da gerência com o projeto para dar-lhe o tom de assegurar, através de apoio visível ao esforço do projeto, que o engajamento de todos é o objetivo comum. O controle direto deve ser concentrado em pontos críticos de decisão, pois o excesso de intromissão de elementos da administração no dia-a-dia da gerencia do projeto pode causar atrasos e desmotivar o pessoal.
- Trabalho de grupo para assegurar que, uma vez que os projetos estejam em andamento, os inputs de especialistas como os de *marketing* e os da área técnica, por exemplo, sejam reunidos, e os problemas, atacados simultaneamente. O trabalho de

grupo deve ser persistente, porém informal, pois o excesso de formalidade sufoca a iniciativa, o talento e o prazer de projetar.

2.3.2 Qualidade do produto

Um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente. Portanto, em outros termos pode-se dizer: projeto perfeito, sem defeitos, baixo custo, segurança do cliente, entrega no prazo certo no local certo e na quantidade certa. O verdadeiro critério da boa qualidade é a *preferência* do consumidor (FALCONI, 1940).

A qualidade de um produto não é afetada apenas pelo processo produtivo em si, mas por todas as tarefas da organização, como o planejamento estratégico da empresa, o departamento administrativo, o departamento de recursos humanos. Assim, a qualidade do processo produtivo foi substituída pelo conceito de gestão de qualidade. Mais modernamente, a gestão da qualidade percebe que um produto de qualidade não é só um produto livre de defeitos, mas, mais do que isso, um produto aprovado pelo cliente (naturalmente, do ponto de vista administrativo, não adianta um produto ser perfeito se ninguém quiser comprá-lo!). Portanto, o conceito de qualidade passa a incluir também a garantia de que as opiniões do cliente sejam conhecidas e consideradas (JURAN, 1951).

Os produtos apresentam determinadas características internas e externas determinadas em parte pelos processos de fabricação utilizados. Características externas normalmente são dimensões e acabamento e integridade superficiais e aspectos como danos na superfície causados por ferramentas de usinagem ou atritos na fabricação da peça devem ser considerados (JURAN, 1951).

Características internas incluem vários defeitos tais como: porosidades, impurezas, inclusões, transformações de fase, fragilização, trincas, descolamento de camadas e tensões residuais.

Alguns desses defeitos podem existir na matéria-prima e alguns são introduzidos ou induzidos durante a fabricação (JURAN, 1951).

Antes da comercialização, as peças e produtos fabricados devem ser inspecionados em várias características. Esta rotina de inspeção é particularmente importante para: garantir a exatidão dimensional para que as peças possam ser montadas e identificar produtos cuja falha ou má funcionalidade possa causar danos aos usuários. Exemplos típicos são a fratura e falha de cabos, chaves, freios, discos de retífica, rodas de trem, pás de turbinas, vasos de pressão, e juntas soldadas. A qualidade dos produtos é o aspecto mais importante nas operações de fabricação (KALPAKJIAN e SCHIMID, 2001).

2.3.3 Qualidade no processo

O controle de processo é a essência do gerenciamento em todos os níveis hierárquicos da empresa, desde o presidente até os operadores. Processo é um conjunto de causas (que provoca um ou mais efeitos) (GARVIN, 1992).

Segundo a norma ISO (*International Organization for Standardization*) 9000 (ABNT, 2000), um processo é definido como conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transformam entradas em saídas. E segundo essa mesma norma, qualquer atividade, ou conjunto de atividades, que usa recursos para transformar entradas em saídas, pode ser considerado como um processo.

Para Paladini (1995), todo processo de qualidade, provém do princípio, ou seja, da produção propriamente dita. O acompanhamento controlado dos mecanismos, a fiscalização dos processos e o ambiente garantem efetividade na produção.

Quando abordada a qualidade baseada na produção as definições estão estrategicamente colocadas, de acordo com as preferências dos consumidores, pois sendo baseada na produção concentram-se no lado da procura e oferta e são praticadas relacionadas com a engenharia e produção (GARVIN, 1992).

Segundo Adair e Murray (1996), da mesma forma que a idéia de valor do cliente varia ao longo do tempo, os processos evoluem ao longo de sua vida. Ao serem criados estes visam a determinado resultado específico, de acordo com a demanda do cliente; eles devem ser bastante claros e simples. Ao longo do tempo, sofrem refinamentos, adaptações, variações individuais (induzidas pelas pessoas que nele trabalham), mudanças de planos organizacionais, enfim, fatores que vão levar o processo a certo grau de institucionalização e maturidade que, porém, ocasionam a diminuição da eficácia, levando ao excesso de controle e colapso; se gasta mais tempo e energia trabalhando o processo do que em seu resultado esperado.

A qualidade no processo depende de auditorias internas que podem ser realizadas facilmente pelo responsável da produção e seus colaboradores, com as medições de processos, quando aplicáveis, devem ser usadas para gerenciar operações diárias, para avaliação dos processos em que podem ser apropriados para melhorias passo a passo ou contínuas, bem como para projetos de mudança de ruptura, de acordo com a visão e os objetivos estratégicos da organização. Alguns exemplos de medições e monitoramento de processos incluem (DAVENTPORT, 1994):

- avaliar a capacidade de processo;
- analisar o tempo de ciclo operacional;
- mensurar aspectos da garantia de funcionamento (temperatura, pressão, umidade relativa etc.);
- avaliar o rendimento;
- avalia o uso de tecnologia;
- medir a eficácia e a eficiência do pessoal da organização;
- medir a redução de desperdício;
- avaliar a redução e a alocação de recursos.

Para eficácia desse tipo de monitoramento ser completa, deve ser finalizada com o monitoramento final do produto, no qual a organização deve estabelecer e especificar requisitos de medição, incluindo critérios de aceitação para seus produtos (DAVENTPORT, 1994).

2.3.4 Falhas e Causas da Qualidade

Segundo Slack (1997) ter produtos e serviços confiáveis, e processos produtivos que possuam pequenas taxas de falha, são formas de as organizações ganharem vantagem competitiva sobre as outras, pois quanto menores os custos no processo produtivo maior será a margem que a empresa poderá ter sobre seus produtos. Sempre existe a probabilidade de que ao fabricar um produto as coisas possam sair erradas.

Falhas são inevitáveis, mas a produção pode minimizá-las. As falhas na produção podem ocorrer por diversas razões. As máquinas podem quebrar, os clientes podem fazer pedidos inesperados no qual a produção não consegue atender, os colaboradores podem cometer falhas simples no processo produtivo, os materiais dos fornecedores podem estar defeituosos, entre outros. Podemos classificar as falhas em três origens (SLACK, 1997):

- Aquelas que têm sua fonte dentro da produção, porque seu projeto global foi mal feito ou porque suas instalações ou os colaboradores não fazem as coisas como deveriam.
- Aquelas que são originadas por falhas no material ou informações fornecidas à operação.
- Aquelas que ocorrem por ações dos clientes.

Entretanto é necessário apurar sua origem com seriedade, realizando levantamento de dados, projetos, vendas e registros do histórico do produto. Os tipos de falhas de qualidade podem ser:

- Falhas nas instalações

Todas as instalações de uma produção têm probabilidade de quebrar. A avaria pode ser somente parcial. Também pode ser uma interrupção total e repentina na produção. Outras falhas podem somente ter um impacto significativo se ocorrerem simultaneamente a outras falhas.

- Falhas dos colaboradores

Falhas de pessoal são de dois tipos: falhas e violações. As falhas são enganos de julgamento e violações são atos que são claramente contrários ao procedimento operacional definido.

- Falhas de fornecedores

Quaisquer falhas no prazo de entrega ou na qualidade de bens ou serviços fornecidos para uma produção pode causar falha dentro da produção. Quanto mais uma produção depender de fornecedores de materiais ou serviços, tanto mais terá probabilidade de falhar devido a *inputs* defeituosos ou abaixo do padrão.

- Falhas dos clientes

Nem todas as falhas são causadas (diretamente) pela produção ou por seus fornecedores. Os clientes podem usar de maneira errônea os produtos devido a má compreensão da função do produto.

Dado que as falhas ocorrem, os gerentes de produção devem contar com mecanismos de verificação e controle para que percebam rapidamente que uma falha ocorreu. As organizações muitas vezes não detectam que o sistema falhou e por isso perdem a oportunidade de acertar e aprender a partir da experiência. Quando os clientes se queixam de um produto ou serviço, a situação pode ser tratada no local, mas o que comumente ocorre é a falta de documentação da falha, para prevenir que esses tipos de falhas ocorram novamente (SLACK, 1997).

2.3.5 Custos da Qualidade

Os aspectos econômicos da qualidade podem ser analisados de muitas formas, desde única e simplesmente pelo sucesso (ou insucesso) nas vendas ou através de uma análise profunda com relação aos investimentos em qualidade ou gastos decorrentes por falta dela (MIGUEL, 2002).

De acordo com CROSBY (1994), qualidade não custa, mas é, sim, um investimento com retorno assegurado. Na verdade o que custa e causa vultosos prejuízos às empresas é a "não qualidade", ou seja, a falta de um nível de qualidade aceitável. Para não correr o risco de passar a idéia de que

a qualidade acarreta à empresa um custo adicional desnecessário, seria mais conveniente utilizar a expressão "custos da não qualidade". Todavia, por se tratar de um termo consagrado e usualmente empregado nas Normas Nacionais e Internacionais, opta-se por manter a expressão "custos da qualidade", tendo-se clara a idéia de que possuir qualidade, fazer as coisas certas desde a primeira vez, é lucrativo para a empresa.

Robles Jr. (1994) destaca os objetivos e questões cuja mensuração dos custos da qualidade visa atender:

- avaliação dos programas da qualidade através de quantificações físicas e monetárias;
- definição e priorização dos objetivos para os programas da qualidade como o intuito de se obter resultados melhores e mais rápidos para a empresa;
- conhecer a perda da má qualidade, ou seja, o quanto a empresa está perdendo com a baixa qualidade;
- conhecer a distribuição dos custos nas diversas categorias, o que possibilita um melhor direcionamento dos investimentos em qualidade;
- tornar a qualidade um objetivo estratégico da empresa, quando necessário;
- aumentar a produtividade através da qualidade;
- integrar os relatórios de custos da qualidade com os outros relatórios de desempenho, numa única informação;
- demonstrar que os relatórios usuais da qualidade tendenciam os administradores a aceitar como algo normal, certos percentuais de falta de qualidade;
- comprovar que os relatórios de custos da qualidade levam a administração a colocar os investimentos da qualidade com os demais projetos;
- fixar objetivos e recursos para treinamento de pessoal;

- revelar o impacto financeiro das decisões de melhoria da qualidade apresentadas nos relatórios de custos da qualidade;
- conhecer na realidade o quanto a empresa tem investido nas diferentes categorias de custos da qualidade, possibilitando também inferir quanto a empresa deveria investir em cada uma destas categorias.

Conforme Robles Jr. (1994), os custos da qualidade são mais que apenas a medição dos gastos com a não qualidade; estes auxiliam na integração do controle de custos da qualidade com a obtenção de informações para a tomada de decisões estratégicas.

Custa menos fazer alguma coisa da maneira certa na primeira vez do que corrigi-la depois. Se a falha no produto já atingiu o cliente final, então não somente causam prejuízo financeiro, mas também de credibilidade ameaçando vendas futuras. Os custos da qualidade são divididos em três tipos que são: Custos de Prevenção, Custos de Avaliação e Custos de Falhas. A seguir, a definição desses custos de controle e custos de falhas no controle (JURAN, 1951):

- 1) Custos de Prevenção são resultantes da somatória de todos os gastos associados às medidas tomadas para planejar o processo de modo a garantir que não ocorrerão defeitos, como por exemplo: treinamento dos colaboradores da empresa, manutenção preventiva das máquinas, inspeção de recebimento, desenvolvimento de fornecedores, verificação de equipamentos de inspeção e auditorias.
- 2) Custos de Avaliação são aqueles associados à medida do nível obtido pelo produto, ou seja, custos associados à inspeção para garantir que o produto esteja conforme às especificações (ou de acordo com as exigências do cliente). A maior contribuição nos custos de avaliação são os gastos com o pessoal de inspeção, teste e separação de peças defeituosas, como por exemplo: coleta análise e relato dos dados da qualidade, custos do controle estatísticos do processo, custos de verificação e revisão de projeto.
- 3) Custos de Falhas são aqueles relacionados a falhas internas ou externas, dependendo se o produto encontra-se ou não no cliente. Sendo assim, esses custos são subdivididos em custos de falhas internas e custos de falhas externas. Os custos de falhas internas são os

decorrentes da produção de peças defeituosas, antes que cheguem ao cliente, por exemplo: refugo, peças rejeitadas, retrabalho de peças, inspeção de lotes, estoques e paradas de produção devido a peças defeituosas. Já os custos de falhas externas são aqueles associados aos produtos que chegam com defeitos para o cliente, que são: custos de devolução do produto, reparos no período de garantia do produto, custos de investigação para descobrir os defeitos e processos judiciais acionados pelo cliente. Sendo assim os custos mais difíceis de serem coletados e analisados são aqueles associados com a existência de produtos de baixa qualidade, em função de defeitos onde não foram detectadas as causas.

Segundo Juran (1951), nem todos os custos da qualidade se enquadram nas categorias específicas de Custos de Prevenção, Avaliação e Falhas. Por exemplo, o custo de inspecionar a matéria-prima pode ser visto como um custo de avaliação (busca de defeitos) ou como um custo de prevenção (evitar que a matéria-prima com defeitos cause problemas no processo de produção). Em tais casos, a alocação dos custos numa categoria ou em outra deve seguir um critério consistente para classificação dos custos peça empresa

2.4 Método Fmea

FMEA (*Failure Effects Analysis*) é um método utilizado na análise de falhas e defeitos, surgiu na Indústria Militar Americana por volta de 1949 destinava-se a análise de falhas em equipamentos do exercito onde era avaliada sua eficiência baseando-se no impacto sobre uma missão ou no sucesso de defesa pessoal de cada soldado. Nos anos 60 a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), por meio do *Apollo Space Program*, foi a pioneira no seu desenvolvimento e evolução (SIMÕES, 2004), posteriormente, foi incorporada por outros setores industriais, mais especificamente nas indústrias aeronáutica e nuclear. No final dos anos 60, a Ford americana programou FMEA, para detectar e prevenir falhas em potencial e daí em diante as empresas automobilísticas passaram a utilizar o FMEA, estendendo-se aos seus fornecedores na indústria de autopeças (MIGUEL, 2001).

Para Back (1983), esta técnica é muito útil para identificar a necessidade de um projeto visando sua confiabilidade, como resultado da análise do projeto ou produto. Esta análise ajuda a aumentar o conhecimento do produto e as possíveis conseqüências das falhas decorrentes do processo de projeto, assegurando que os resultados de qualquer falha, eventualmente ainda existente, irão causar o mínimo de estragos.

O método FMEA é organizado e possui etapas que necessariamente devem ser cumpridas, o que é realizado através de uma equipe competente e que deve estar inserida na raiz da falha a ser tratada.

Quando uma empresa constata através dos seus diversos departamentos algumas listas elaboradas constando ocorrências negativas, devem ser utilizadas as ferramentas de análise que ajudará na identificação e solução das falhas (CASAS, 1999).

Nos próximos itens serão abordados os pré-requisitos para elaboração da metodologia FMEA.

2.5 Ferramentas de Qualidade integrada a Fmea

Miguel (2001) esclarece que existe um grupo convencionalmente chamado de “Ferramentas tradicionais da Qualidade”, e são definidas como: Estratificação, Diagrama de Causa-efeito; Histograma; Gráfico de Pareto; Diagrama de Correlação; Gráfico de Controle e Folha de Verificação. A seguir uma breve descrição de cada uma das sete ferramentas da Qualidade mencionadas anteriormente:

1. Estratificação consiste em agrupar dados, informação de um conjunto de dados, como por exemplo, os fatores equipamentos, insumos pessoas, métodos, medidas e condições ambientais são categorias naturais para a estratificação dos dados (WERKEMA, 1995).
2. Diagrama de Causa-efeito (Diagrama de Ishikawa ou “Espinha de Peixe”) para Miguel (2001) é uma ferramenta gráfica, utilizada na metodologia de análise para representar fatores de influência (causas) sobre um determinado (efeito). Conhecido também

como Diagrama de Ishikawa, devido ao seu autor, ou Diagrama Espinha de Peixe, devido à sua forma. Utilizado em: Correção da falha, Análise para identificar as causas verdadeiras da falha, Relatar as possíveis causas e determinação da falha estudada. Veja Figura 2 (ISHIKAWA, 1993):

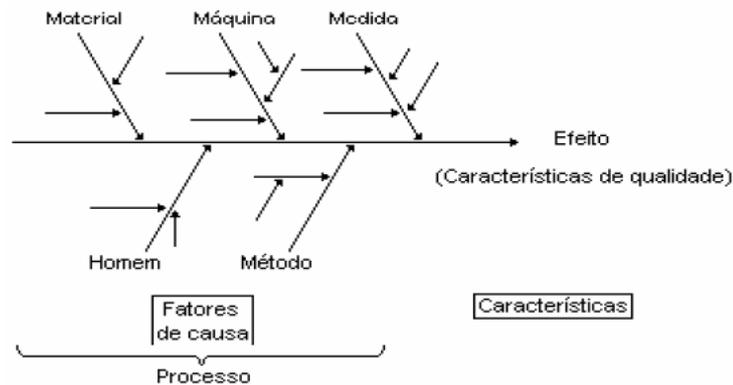


Figura 2 - Diagrama “espinha de peixe” ou Ishikawa
Fonte: Ishikawa (1993, pg.208)

3. Histograma é uma ferramenta estatística que mostra a frequência de um determinado valor ou uma classe de valores que ocorre em um grupo de dados. Trata-se de um gráfico de barras que representa uma distribuição de frequência por meio de barras no eixo horizontal, sendo que a largura da barra representa um dado intervalo de classe da variável, e altura no eixo vertical representa a frequência de ocorrência. Muito utilizado para determinar número de elementos por classe facilitando a construção e visualização de tabelas (MIGUEL, 2001).
4. Gráfico de Pareto é útil na avaliação das causas mais frequentes e tipos de falhas principais na organização, produção ou produto. É um gráfico onde o eixo vertical é alocado a frequência (exemplo número de reclamações por cliente), e no eixo horizontal as possíveis falhas. Com esta organização é possível perceber qual a maior incidência das falhas (CASAS, 1999). Veja o modelo na Figura 3.

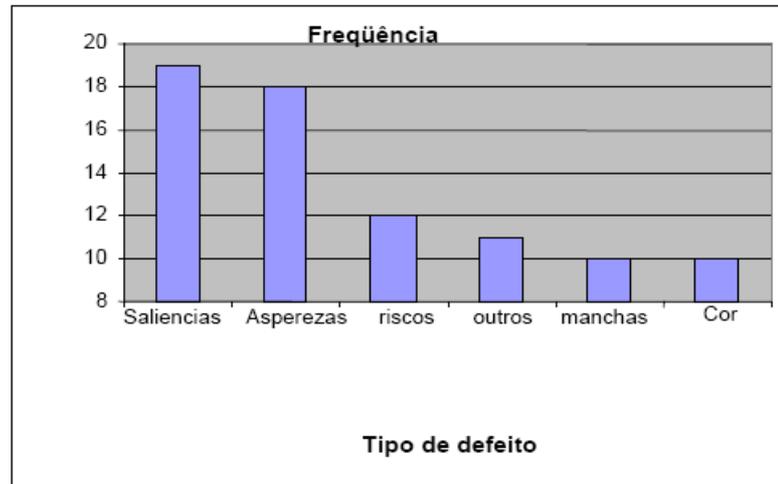


Figura 3 - Gráfico de Pareto
Fonte: Miguel (2001, pg.145)

5. Diagrama de Correlação ou dispersão é um gráfico utilizado para a visualização do tipo de relacionamento existente entre duas variáveis associadas a um processo, contribui para aumentar a eficiência dos métodos de controle do processo (WERKEMA, 1995).
6. Gráfico de Controle consiste em uma estrutura gráfica que representa tendências de desempenho seqüencial ou temporal de um processo, que monitora o comportamento do processo ao longo do tempo, conforme explicito na Figura 4 (MIGUEL, 2001).

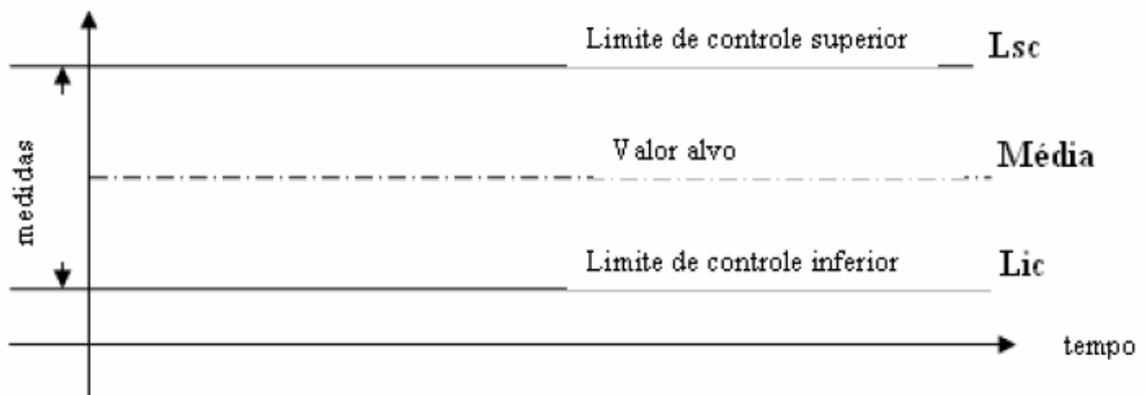


Figura 4 - Gráfico de Controle
Fonte: Adaptado de Miguel (2001, pg.146)

7. Folha de Verificação é uma planilha com um conjunto de dados alocados com o objetivo de facilitar a coleta e os registros dos dados. Utilizada para distribuição de um item de controle de um processo produtivo, verificação para localização de defeitos e identificação de causas de defeitos (WERKEMA, 1995). O Quadro 3 a seguir ilustra uma folha de verificação:

Folha de verificação		
Produto:		
Estágio de fabricação: inspeção final	Data:	
Tipo de defeito: marca, peça incompleta, trinca, deformação	Seção:	
Total inspecionado: 1525	Inspetor:	
Observações: todos os itens inspecionados	Lote nº:	
	Pedido nº:	
Defeito	Marca	Sub-total
Marcas na superfície	//// //	17
Trincas	//// //	11
Peça incompleta	//// //	26
Defomação	///	3
Outros	////	5
Total		62
Total rejeitado	//// //	42

Quadro 3 - Folha de Verificação
Fonte: Adaptado de Miguel (2001, pg.147)

É utilizada mais uma técnica associadas à qualidade e que na realidade é um método aplicado e que segundo Miguel (2001), é o *Brainstorming* (tempestade de idéias) são idéias e pensamentos que cada participante de um grupo de discussão declara sem restrições, para exemplificar considerar um grupo que está analisando e discutindo sobre falhas e causas de um determinado produto ou processo;

Segundo Paladini (2004), as desvantagens da aplicação de ferramentas da qualidade estão na falta de conexão dos grupos engajados nesta gestão. Precisa haver pro atividade e sinergia entre todos que estão envolvidos no projeto de qualidade, se assim não for os resultados serão insatisfatórios e não se chega a um alvo genuinamente eficaz e eficiente na solução das causas. É necessário fazer uso da ferramenta correta para o problema que será tratado.

2.5.1 Tipos de FMEA

De acordo com Paladini (1997) e Miguel (2001) a Análise dos Modos de Falha e Efeitos em sua metodologia trabalha com três funções distintas:

A - FMEA de Sistema: Neste caso é utilizado para analisar sistemas e subsistemas na fase de concepção. Aplica-se nos modos de falhas potenciais associados às funções do sistema, causados por deficiências de projeto, incluindo interações entre os elementos do próprio sistema e interações com outros sistemas. Seus objetivos: a) Identificar modos de falhas potenciais causados pela interação com outros sistemas; b) Auxiliar no desenvolvimento de técnicas de gerenciamento de diagnósticos e falhas e c) Selecionar a alternativa ótima de projeto.

B - FMEA para desenvolvimento de produtos e execução de projetos: Geralmente é conduzido quando o detalhamento do projeto está disponível. Envolve a análise de causas específicas de falhas em componentes individuais. Seus objetivos: a) Identificar os modos de falhas no início do desenvolvimento do projeto, ou no pós-desenvolvimento momento em que a falha já tenha ocorrido; b) Estabelecer prioridade para as ações de melhoria; c) Documentar as razões das alterações de projeto e d) Auxiliarem na seleção de materiais e processos de fabricação. Suas características:

- etapas, procedimentos e operações do processo são analisados p/ determinar modos potenciais detalhadamente auxilia na avaliação das demandas e alternativas de projeto;
- facilita a manufatura e montagem;
- propicia a análise de todos os modos potenciais de falha e seus efeitos;
- prioriza aspectos relativos à qualidade / confiabilidade do produto;
- estimula ações de melhoria.

E o para seu desenvolvimento segundo Paladini (1997) é necessário reunir a informações a seguir:

- demanda de qualidade dos clientes;

- desempenho dos concorrentes;
- normas técnicas e de engenharia;
- dados de assistência técnica;
- capacidade de manufatura e etc.

Essas informações darão subsídios para identificar os modos de falhas.

C - FMEA para processos novos ou revisados: Utilizado para analisar processos de fabricação e de montagem. Precisa ser conduzido quando o processo de fabricação já foi definido. Dentre seus objetivos pode-se citar: a) Identificar as deficiências nos processos para permitir implantação de controle para reduzir a ocorrência das falhas no produto; b) identificar parâmetros críticos e relevantes dos processos, auxiliando na elaboração de planos de controle; c) documentar as razões das alterações de projeto do produto para orientar futuros desenvolvimentos.

2.5.2 A aplicação do Método do FMEA

Segundo Heldman e Andery (1995), na execução do FMEA é necessário realizar especificações que se transformam em etapas e pré-requisitos, que são: 1º definição da equipe, 2º definição dos itens considerados, 3º coleta de dados, 4º identificação dos modos de falhas e seus efeitos, 5º identificar as causas, 6º identificação dos modos de detecção, 7º determinação dos índices críticos das falhas. As especificações citadas formam a elaboração de um processo de FMEA, que pode ser visto na Figura 5.



Figura 5 - Seqüência de Elaboração do FMEA
Fonte: Miguel (2001, pg. 211)

Conforme explicito na Figura 5, a metodologia FMEA tem pré-requisitos que a cada etapa deve ser concluído para a iniciação da próxima, até a finalização do método (MIGUEL, 2001):

Definição da equipe refere-se à etapa inicial, esta será responsável pela execução do projeto. Devem ser formados com membros de diversos setores, Paladini (1997) sugere que os representantes sejam dos setores de:

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| - Pesquisa e Desenvolvimento | - Engenharia de Materiais |
| - Engenharia de Projeto | - Engenharia de metodologia |
| - Engenharia de Processo | - Técnicos |
| - Engenharia da Qualidade | - Produção/Manufatura |
| - Manutenção | - Embalagem |

Depois de formada a equipe, deve ser realizada a reunião inicial, de planejamento do FMEA. Nesta reunião a metodologia deve ser esclarecida, e o cabeçalho do FMEA deve ser realizado de forma que todos possam entender.

Definição dos itens considerados consiste em identificar as falhas consideradas, para que se defina o escopo da pesquisa em relação ao tipo de FMEA que será aplicado ao produto, coleta de dados, etapa sequencial, deve-se reunir todos os dados relevantes, como projetos, planilhas e memoriais de cálculos. A coleta de dados pode ser feita através das ferramentas da qualidade, como por exemplo, folhas de verificação e estratificação dos dados.

A aplicação do FMEA conforme IQA (2001) é registrada em um formulário padrão que é uma espécie de roteiro que reúne os possíveis modos potenciais de falha associados com as causas, efeitos, ações corretivas, entre outros. A Figura 6 apresenta um formulário do FMEA que traz um cabeçalho com informações como equipe envolvida, código da peça, responsável, data e número do FMEA.

Os campos devem ser preenchidos com clareza e de forma objetiva. Abaixo do cabeçalho, têm-se colunas que formam o roteiro de preenchimento e acompanhamento das falhas e seus

- **Modo de Falha**

Identificação dos modos de falhas e seus efeitos são através da coleta realizada, de posse dos dados é possível avaliar posteriormente sua gravidade. Frequentemente as pessoas costumam não separar as causas dos efeitos, devem estar claro para a equipe que os efeitos das falhas são as maneiras como os modos de falha afetam o desempenho do sistema. Para o procedimento de modo de falha, o grupo o deve utilizar as funções já listadas e corrigidas para que segundo essas possam ser identificadas os modos de falha de cada função, como por exemplo, para uma lâmpada que tem a função de acender, seu modo de falha pode ser “não acende”. Estes também devem ser listados e revisados pela equipe, e só após poderá ser alocada na coluna de modo de falha do FMEA.

- **Efeitos dos Modos de Falhas**

Ao concluir todos os modos de falhas a equipe deverá começar a listar todos os efeitos ou conseqüências de cada modo de falha. A equipe deve se atentar ao relacionar os efeitos, para que estes não sejam vagos e com termos genéricos, precisam buscar as diferenças sutis entre cada modo de falha. Exemplificando ainda uma lâmpada como produto, se seu modo de falha foi “não acende” então o efeito pode ser “não funciona”. Todos os efeitos devem ser repassados para a coluna.

- **Severidade dos efeitos (S)**

Após classificar a gravidade dos efeitos resultantes de cada modo de falha, a equipe fará uma escala de severidade “S”, conforme o Quadro 4, onde cada índice tem um numeração que representa o quanto o produto ou sistema prejudicou ou atingiu o cliente com descontentamento, quanto maior o grau, mais grave foi o efeito do produto com falha.

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

Quadro 4 - Severidade
Fonte: Adaptado de Paladini (1997, pg.102)

Ao avaliar a todos os índices de severidade e critérios o grupo deve discutir e votar quanto a severidade dos efeitos, da votação realiza-se um somatório e no final uma média de cada valor somado, o valor da média será alocado na coluna referente à severidade.

- **Causas**

Nesta fase, os dados históricos (como relatórios de venda, testes de laboratório, inspeção de fabricação, análises de retrabalho e experiências passadas) são primordiais. É necessário buscar e identificar todas as causas, independente da fonte, que contribuem para o modo de falha, a origem das causas que contribuem para um modo de falha pode ser:

- o projeto;
- o fornecedor;
- o processo;
- o cliente;
- o ambiente;
- qualquer local entre o projeto e o cliente.

Neste caso a realização de *brainstorming* ajudará a equipe reunir varias hipóteses, as mesmas devem ser estruturadas em um diagrama em espinha de peixe baseado concomitantemente aos dados reais da organização, após a análise os resultados devem ser transferidos para a coluna do FMEA.

- **Ocorrências (O)**

Quais são as razões que possibilitam a ocorrência de falha no produto? Há duas abordagens que pode ser utilizada ao ser questionada a frequência (ocorrência):

- 1) Com que frequência o modo de falha ocorrerá?
- 2) Com que frequência a causa do modo de falha ocorrerá?

O uso da primeira abordagem, a avaliação da ocorrência do modo de falha, fornece um valor estimado mais preciso da frequência com que o modo da falha ocorre. Os esforços para reduzir esse número podem levar a uma avaliação das causas básicas.

Já a segunda abordagem, a avaliação da ocorrência de cada causa básica desse modo de falha, nem sempre se traduz diretamente na ocorrência estimada do modo de falha.

Essa distinção sutil entre essas duas abordagens deve ser compreendida por todos os membros da equipe. Uma vez compreendida, a equipe precisa chegar a um acordo em relação a abordagem que será utilizada e pode então avaliar a ocorrência ou selecionar um valor que corresponda às definições da Escala de Avaliação de Ocorrência. O Quadro 5 mostra um exemplo de escala de avaliação de ocorrência.

Ocorrência	Índice de ocorrência	Frequência
Extremamente remota	1	1 ocorrência acima de 2 anos
Remota	2	1 ocorrência a cada 2 anos
Pequena chance de ocorrência	3	1 ocorrência por ano
Pequeno número	4	1 ocorrência a cada 9 meses
Número ocasional	5	1 ocorrência a cada semestre
Moderada	6	1 ocorrência a cada trimestre
Frequente	7	1 ocorrência por mês
Elevada	8	1 ocorrência por quinzena
Muito Alta	9	1 ocorrência por semana
Ocorrência certa	10	Ocorrência diária

Quadro 5 - Escala de Avaliação de Ocorrência
Fonte: Adaptado de Miguel (2001, pg.216)

No entanto cada empresa costuma adotar um tipo de escala de avaliação de ocorrência, pois costuma ser bem específica relacionado aos registros históricos internos com levantamento de percentual de ocorrências estabelecendo seu limite histórico de qualidade. Por exemplo, em uma empresa o nível de qualidade segundo os registros variam de 0,8% a 22%, logo a empresa irá usar essa faixa para desenvolver a escala. Essa definição final com a numeração deve ser lançada na coluna do FMEA.

- **Formas de controle Atuais**

Para essa etapa a equipe será levada a avaliar a eficácia de detectar cada modo de falha. Informações sobre o tipo de controle dentro da empresa ajudarão na avaliação da eficácia dessa detecção. O principal objetivo do FMEA é prever os problemas mais importantes e tentar impedir a sua ocorrência ou minimizar as conseqüências do problema quando eles ocorrem. Nem sempre é possível prever todo problema potencial, portanto com freqüência, controles são estrategicamente colocados no processo de desenvolvimento do produto, processo de fabricação, a fim de detectar possíveis problemas que não foram previstos pela equipe e impedir que evoluam para fases e operações subseqüentes do processo. No entanto quando a falha, o objetivo é descrever as formas de controle atuais quando a falha é percebida.

- **Detecção (D)**

Antes de a equipe estabelecer uma escala de detecção, é importante esclarecer seu significado. No qual a definição é: qual a chance de detectar o modo de falha antes de os produtos serem entregues ao cliente? Essa é uma pergunta que a equipe deve responder para cada modo de falha, normalmente em uma escala de 1 a 10. Lembrando que no FMEA, os valores altos são ruins e os valores baixos são bons. Um valor muito baixo na escala de detecção sugere que esse modo de falha ou causas certamente serão detectadas antes de chegarem ao cliente ou a operação seguinte. O valor mais alto na escala dez, sugere que a forma mais provável de a organização tomar conhecimento do problema ocorre quando ela recebe reclamações dos clientes. A escala de detecção aparece no Quadro 6.

Critério	Índice de Detecção
Será detectado	1
Quase certo que será detectado	2
Alta chance de ser detectado	3
Boa chance de ser detectado	4
Chance moderada de detecção	5
Alguma probabilidade de detecção	6
Baixa probabilidade de detecção	7
Probabilidade muito baixa de detecção	8
Não há nenhum tipo de controle ou inspeção	9
Detecção impossível	10

Quadro 6 - Escala de Detecção
Fonte: Adaptado de Miguel (2001, pg.217)

Cada empresa costuma realizar sua própria escala de detecção, conforme os integrantes do grupo determinar ser adequado para a empresa. Após definido os índices poderão ser alocados ao formulário do FMEA.

- **RPN – Risk Priority Number**

RPN – número de prioridade de risco: é o indicador geral da importância da falha resultante da composição dos três índices já definidos, ou seja, é igual a $S \times O \times D$. Falhas devem ser analisadas sempre que tiverem $RPN > 50$, veja a Equação 01 do RPN.

$$RPN = S \times O \times D \quad (01)$$

- **Ações recomendadas**

Quais ações recomendadas para prevenir a falha potencial, reduzir a severidade, consequência do problema potencial, aumentar a probabilidade de detectar as falhas potenciais antes de chegarem ao cliente e fornecer ao cliente mecanismos de detecção precoce no caso problemas potenciais com alta severidade e RPN crítico? Definir e selecionar a melhor ação recomendada a ser implementada, capaz de prevenir as falhas potenciais de uma forma eficaz em termos de custos e minimizar as consequências dos problemas potenciais depende de como a equipe lê ou interpreta o FMEA concluído.

2.5.3 Resultados do FMEA

Os resultados do FMEA são selecionados a partir dos resultados de fatores de riscos na análise de um determinado sistema, produto ou processo, no qual se evidenciam quais serão as ações a serem tomadas. Essa ação, é que vai gerar a melhoria, para prevenir ou resolver a falha e a sua causa. E isto vai gerar novos projetos para o produto, ou novos processos, sendo necessário um registro dos procedimentos de melhoria com atividades de qualidade assegurada (MIGUEL, 2001). Segue abaixo dois casos de aplicação da Metodologia FMEA e o resultado obtido:

Arthur e Silva (2005) em uma pesquisa de campo, para aumentar a confiabilidade dos fornos eletrônicos a gás de uma pequena empresa utilizaram a ferramenta FMEA para fazer um ensaio do que poderia ser melhorado no produto. Alcançaram resultados que modificaram o quadro da empresa, esta tinha uma sistemática coleta de dados, porém muitos registros tinham sentido ambíguo. Através do estudo realizado, foi possível elaborar índices de não conformidade no corte, montagem e embalagem, estabelecer metas e estratificar as não-conformidades existentes.

Segundo Palady (1997), relata que um estudo de caso sobre um secador de cabelo lançado no mercado norte-americano, tinha como um projeto de aplicação de QDF (Desdobramento da Função da qualidade), onde o FMEA auxiliou na identificação das funções adicionais esperadas e modos de falha potenciais subseqüentes. Neste sentido a aplicação do FMEA decorreu ao longo de quatro meses por um grupo de engenheiros de pós-graduação, da Faculdade de Engenharia Industrial da Wayne State University, Detroit, Michigan. A equipe desenvolveu um gráfico de programação chamado Gantt, para as datas de execução de cada etapa do FMEA. O processo de aplicação foi dividido em nove subsistemas e componentes, que faziam parte das subdivisões de peças do produto, após construíram árvores de falhas dos principais modos de falhas identificados, o que foi utilizado para fazer as recomendações de revisões do projeto. Logo a ferramenta FMEA foi útil na identificação das falhas, a qual foi revisada para a realização do projeto das peças que se constataram defeituosas.

2.5.4 Vantagens e Desvantagens do FMEA

A aplicação do FMEA permite obter uma série de vantagens e benefícios de acordo com Paladini (1997), a facilidade de aplicação do método, a identificação de todas as possibilidades de ocorrência de falhas simples de cada item do sistema e a formulação de ações corretivas para eliminar ou reduzir as conseqüências das falhas. Abaixo outras vantagens decorrentes do FMEA:

- Melhoria da qualidade, confiabilidade e segurança.
- Melhoria da imagem da organização.
- Aumento da satisfação dos clientes.
- Maior interação entre as áreas ou departamentos da empresa.
- Padronização de procedimentos e registros.

As desvantagens segundo Stamatis (1995) é a consideração de uma falha por vez, não permitindo, por exemplo, a combinação das falhas dos componentes com erro humano cometido pelo operador. O FMEA não permite analisar as combinações de falhas que normalmente podem ocorrer no sistema. Durante o processo também alguns problemas que são caracterizados como desvantagens, segue abaixo:

- Problemas de relacionamento.
- Dificuldade no levantamento de dados, devido a falta de registros.
- Burocratização: atualização constante dos documentos do FMEA.

3 APLICAÇÃO DO FMEA EM UMA EMPRESA MOVELEIRA

3.1 Método da Pesquisa

O estudo foi realizado em uma indústria móveis da cidade de Maringá, Paraná, que emprega cerca de dez funcionários atuante no mercado de móveis há dezenove anos.

Para Gil (2002), a pesquisa é classificada segundo a sua natureza, explica que a pesquisa de campo utiliza técnicas de observação direta das atividades do grupo a ser estudado e entrevistas com informantes para facilitar a compreensão do que ocorre com o grupo, o que pode ser realizado através da análise de documentos, filmagens e fotografias, focando uma única comunidade. Exige do pesquisador mais tempo de permanência na comunidade, somente com essa imersão na realidade é possível entender as regras, as convenções os costumes que regem o grupo estudado.

Silva e Menezes (2001), determinam a pesquisa segundo a sua natureza (básica e aplicada), sua abordagem (quantitativa e qualitativa), e seus procedimentos técnicos. Quanto aos objetivos, o mesmo apresenta características tanto exploratórias como descritivas. Na discussão das interfaces entre o assunto e do conhecimento gerado através da interação teórico-prática o estudo é exploratório e descritivo.

O estudo de campo tem base na proposta de aplicação do FMEA, visa realizar uma análise e a identificação das falhas e efeitos da mesma na bancada de madeira de demolição, e levantamentos de dados históricos de vendas. A análise dos dados é obtida através da construção de gráficos e indicadores de qualidade.

3.2 Empresa de Móveis de Madeira de Demolição

A empresa se desenvolveu fornecendo móveis sob medida, para ambientes como cozinhas, quartos, banheiros, sala de jantar e ao longo de 19 anos vêm inovando a sua atuação no mercado com a utilização de madeira reciclada, ou seja, a madeira de demolição.

Preocupada com a preservação ambiental, adentrou ao mercado de madeiras recicladas, como Peroba Rosa, Imbuías e outras de igual importância, provenientes de demolições. Reutilizam esses materiais para a confecção de móveis rústicos, pisos de diversos tamanhos e formas, entre outros, conforme Figura 7.



Figura 7 - Móveis em Madeira de Demolição

Dessa forma, tudo o que engloba o processo de manufaturamento dos móveis é realizado de forma ecologicamente correta, com matéria-prima reutilizadas e com baixo teor de processamento químico, como por exemplo, tintas e solventes a base d' água e couro ecológico para peças que necessitam de estofamentos.

A madeira é manufaturada e ganha forma e nova função através dos móveis, no entanto é política da empresa preservar as características que o tempo e as condições climáticas causaram na madeira, e por isso na fabricação dos móveis são deixadas as marcas, os orifícios

causados por pregos e a rusticidade da madeira. O móvel tem valor diferenciado devido a tais características e consciência ecológica.

Atualmente atende seus clientes de forma exclusiva com *design* próprio, essa produção é destinada a diversos mercados, entre eles: Brasil, Europa, USA e Canadá. O mercado interno ainda tem dificuldades em aceitar o produto devido a pouca conscientização ambiental, pois o produto apesar de reciclado não tem valor acessível.

A estrutura organizacional da fabrica de madeira de demolição está desenhada pela Figura 8, conforme descrita, a seguir.

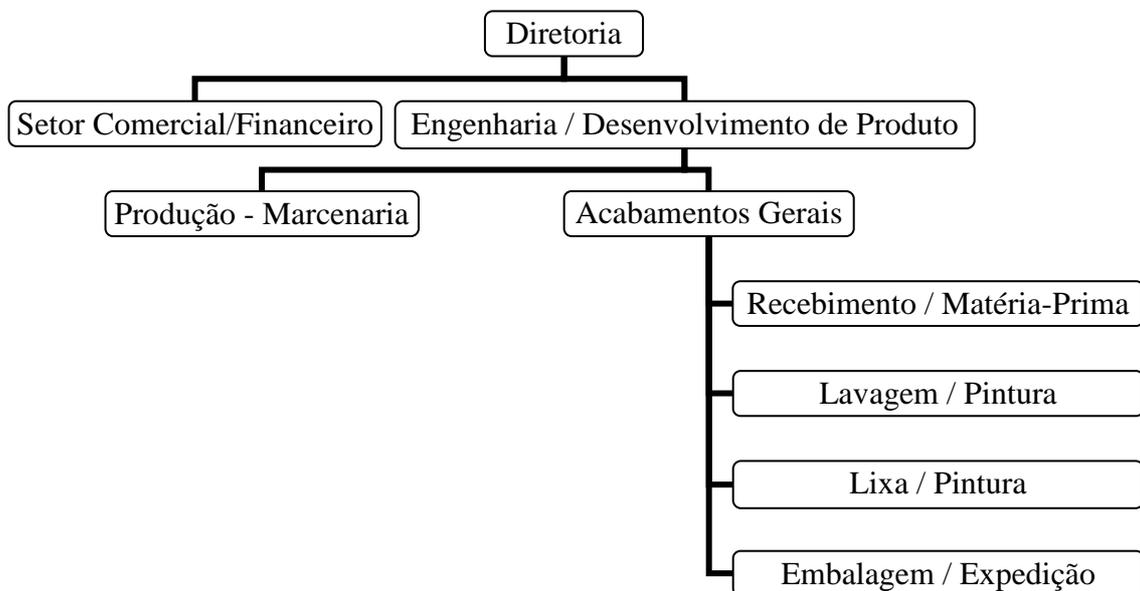


Figura 8 - Estrutura Organizacional da fabrica de móveis de madeira de demolição

Conforme relacionado na Figura 8, os cargos e funções são descritos da seguinte forma:

Diretoria: Responsável pela Gerência de toda a empresa, e principalmente pela compra da madeira.

Gerente Comercial/ Financeiro: Libera os pedidos para o setor de Desenvolvimento de Produto, a partir do momento que a venda estiver cadastrada e regularizada quanto ao pagamento.

Projetista/Desenvolvimento de Produtos: Realiza os projetos dos móveis para a Marcenaria. Antes de encaminhar os pedidos para os setores de acabamento e produção, realiza um *check-up* dos detalhes: como medidas, cor e materiais complementares. Estabelece prazos para cada setor, para que a data de entrega seja cumprida. Os pedidos encaminhados possuem numerações, que passam ser a identificação dos pedidos.

Produção – Marcenaria: Setor responsável pela fabricação dos móveis. Para que possam produzir dependem do projeto e pedido. Após confeccionarem a peça, encaminham para o setor de acabamento para dar a cor final no móvel de madeira. Nesta fase o móvel é identificado por um nº de circulação, que é igual ao do pedido.

Acabamentos Gerais: Recebem o móvel da produção para o acabamento, este possui uma numeração, através dessa numeração é possível identificar o acabamento que a peça precisa receber. Dentro do setor de acabamento existem vários acabamentos que podem ser dados a madeira, o móvel só será encaminhado para aquele que está requisitado em sua numeração. Após a peça estar totalmente acabada, é embalado, aguardando apenas o transporte.

A indústria moveleira tem quatro departamentos bem estabelecidos, onde cada líder tem autonomia de decisão dentro do seu setor.

3.3 Bancada de Madeira de Demolição

A bancada de Madeira de Demolição, como vem sendo relatado, apresenta defeitos em algumas peças, e em virtude dessa ocorrência o FMEA será estudado para o levantamento da falha e sua origem.

Essas bancadas podem ser produzidas de diversas partes da madeira de demolição: Tábuas, vigas e quadrados, essas são as mais usuais, mas também podem ser feitas de cruzetas e dormentes. A seguir, alguns exemplos de bancadas já produzidas e suas respectivas madeiras são descritos.

A - Bancada de Tábuas: As bancadas de tábuas têm o aspecto rústico, normalmente com vários furos em sua superfície. Seu uso é mais indicado em portas e nas laterais dos móveis, mas as bancadas também podem ser de tábuas se o cliente preferir, no entanto nas vendas o cliente é aconselhado sobre os possíveis inconvenientes que podem ocorrer com uma bancada de tábua. As bancadas de tábuas de madeira de demolição são descritas pela Figura 9. As tábuas são as partes externas de uma casa, é o revestimento e por isso é peça mais rústica, essas recebem chuva e sol, sofrendo com o tempo transformações em sua superfície, depois de desmontadas essa diferença se acentua com a retirada das mata juntas (componente que une uma tábua a outra nas paredes das casas).



Figura 9 - Bancada de tábuas rústicas

As vantagens das bancadas de tábuas é o preço mais acessível, e sua beleza chama a atenção pelo excesso de rusticidade, decorando belos ambientes, além de ser uma bancada ecologicamente correta.

Uma desvantagem do produto é exatamente o excesso rusticidade e marcas do tempo que as tábuas mostram, pois a função das bancadas e aparar objetos leves, decorativos e até refeições rápidas, entretanto se for rústica essas decorativas podem cair, pois não encontram o equilíbrio nessa superfície, no caso das refeições ocorre de algumas partículas se prenderem nos pequenos orifícios da rusticidade e orifícios de pregos.

B - Bancada de Viga: São móveis mais resistentes por serem feitas de vigas, no entanto apresentam um aspecto mais liso do que as bancadas de tábuas, por isso pode ser utilizada em qualquer ambiente se devidamente protegida contra a umidade, veja Figura 10. As vigas são utilizadas nas estruturas de uma casa de demolição, por isso costuma ser lisa e com poucas marcas, pois ficam internamente sofrem pouco exposição solar e umidade, suas marcas freqüentes são os buracos de pregos.



Figura 10 - Bancada de vigas rústicas

As bancadas de vigas são adequadas para embelezar ambientes recebendo belos objetos decorativos de qualquer espécie (leve ou pesado). Se devidamente instalada é adequada para realizar refeições de toda a natureza.

Sua desvantagem, para alguns é a lisura que possui, pois depois de pronta muitas vezes não possível identificar se é realmente uma madeira de demolição devido a sua lisura e linearidade. No seu processo produtivo procura-se beneficiar o mínimo dessa madeira para que mantenha o caráter de madeira velha, sendo que foi por este o motivo a compra do cliente.

C - Bancada de Quadrado: Essas bancadas de quadrados costumam ser de lisa em toda sua aparência com pouquíssimos detalhes de rusticidade. São adequadas para realização de refeições devido a sua grande resistência, também recomendadas para uso de decorativos leves como peças de cristal que necessitam de linearidade em sua superfície, veja Figura 11. No entanto a matéria-prima possui valor elevado, sua origem é somente tulhas, por isso mais

escassa. Os quadrados assim como as vigas servem para estruturar, no caso dos quadrados estruturam barracões sendo utilizados como colunas, por isso são peças lisas e retas.



Figura 11 - Bancada de quadrado rústicas

As vantagens da bancada de quadrados e sua linearidade perfeita assim como a viga pode ser utilizada em todos os ambientes como a mesma função, sua maior vantagem é que dificilmente empena e sua durabilidade são de séculos, pois se trata de uma madeira extremamente maciça.

A desvantagem desse tipo de bancada é o valor, pois se trata de uma peça cara, e por ser maciça é muito pesada.

3.3.1 Processo Produtivo da Bancada de Madeira de Demolição

O produto, bancada de madeira de demolição como já descrito, é fabricado usualmente de tabuas, vigas e quadrados. São madeiras recicladas, mas ainda possuem as marcas do tempo, mesmo após seu beneficiamento. Um dos principais objetivos é a redução das perdas e aproveitamento total da madeira. O diagrama do processo é descrito pela Figura 12.

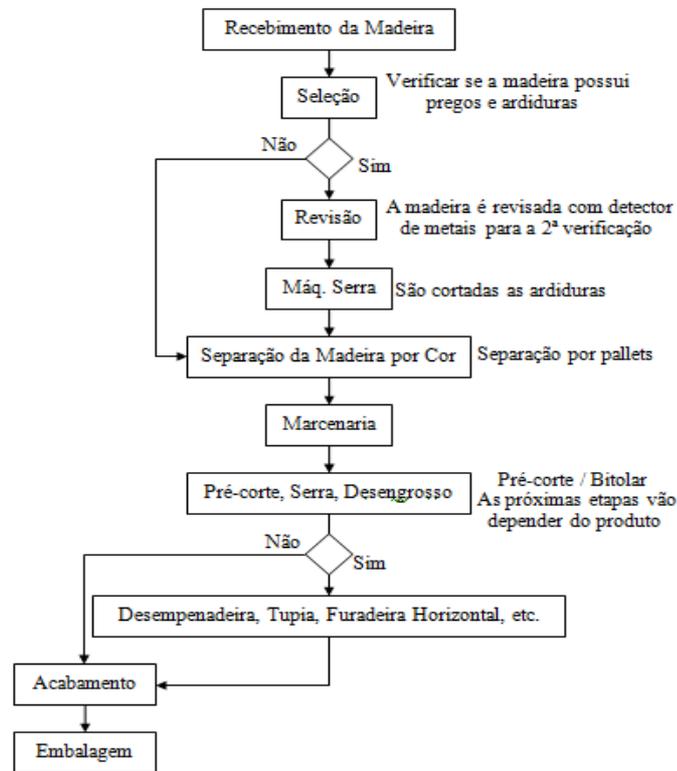


Figura 12 - Diagrama do processo produtivo da bancada de madeira de demolição

Após o recebimento da matéria-prima é realizada a seleção inicial para unificar o tipo de madeira, se a madeira possuir pregos será encaminhada para a detecção com detector de metais e retirada dos mesmos, em seguida vai para a máquina Serra onde serão cortadas as ardiduras (regiões deterioradas da madeira). Após essa operação, são estocadas por cor em *pallets*, ficando a disposição da marcenaria, para confecção do futuro produto passando por maquinários iniciais como Serra (Pré-corte), Desengrosso (bitolar madeira). Todo processo é visado para não haver perdas e resíduos.

O objetivo deste trabalho é identificar as causas e propor um plano de melhoria contínua para reduzir as falhas que podem ocorrer durante o processo produtivo.

No próximo item é propostos o método de desenvolvimento e os resultados alcançados com a execução do trabalho.

3.4 Proposta do Método FMEA para a Empresa

A proposta de elaboração de desenvolvimento do FMEA para a fábrica de móveis será abordada em onze etapas que são (PALADINI, 1997):

1) Uma reunião introdutória deve ser realizada com os quatro líderes potenciais da fábrica (Gerente comercial, projetista, Marceneiro chefe, Encarregado de Acabamento) cada um desses líderes representam uma parte do processo do produto e gerenciando as que lhes cabem por setor, por isso foram escolhidos para tratar da falha na bancada de madeira de demolição. Nesta reunião introdutória o objetivo é fornecer uma visão global da aplicação do FMEA aos membros da equipe, descrevendo-se o cronograma geral do programa de desenvolvimento, definindo os objetivos, as diretrizes do FMEA, atribuindo funções e responsabilidades a cada um da equipe.

Todos da equipe deverá separar dados, projetos, documentos relacionados a bancada para serem utilizados nas reuniões como subsídios para levantamento de dados históricos sobre a falha da bancada de madeira.

2) Na segunda fase, o grupo deve começar a elaborar o formulário da bancada para aplicar o FMEA, organizando inicialmente o cabeçalho de acordo com as informações mais correntes ao produto de madeira de demolição. Na mesma reunião deverá ser tratado sobre as funções da bancada, trata-se da primeira coluna do formulário, Quadro 7.

A equipe relacionará todas as funções dessa bancada de madeira, será necessário discutir e repensar como vem sendo utilizada para chegar às funções verídicas.

3) Tendo já definido as funções o próximo passo do FMEA é analisar os Modos de Falhas, referente a cada função levantada descrevendo como a bancada deixa de desempenhar sua função. O modo de falha é o segundo item da coluna do formulário do FMEA, veja Quadro 7.

mínimo ao muito alto em questão severidade, conforme Quadro 4. A equipe deve entrar em um consenso sobre os valores e estabelecer os graus de severidade para o efeito de cada modo de falha, e transferir o valor para o FMEA.

6) Na seqüência deverão ser levantadas as Causas de falhas na bancada de madeira, deve ser tratado em uma reunião específica onde todos os dados sobre o produto defeituoso deve ser exposto e considerado, como por exemplo, o levantamento das últimas devoluções do produto relacionado a madeira que foi confeccionado, para que se tenha uma porcentagem de devoluções relacionados ao tipo de matéria-prima de forma que fique claro a matéria-prima deficiente. Após os dados levantados e analisados será necessário realizar um *brainstorming* referente a esses dados, verificando o item com maior ocorrência de falhas no produto para as causas, e para que fiquem claros os resultados, devem ser estruturados em um diagrama de causa e efeito. No diagrama devem ser identificados e destacados as causas básicas que devem ser transferidas para o FMEA.

7) Nesta etapa o item (O) ocorrência dos modos de falhas da bancada de madeira, deverá ser identificado, para este tópico a equipe deve utilizar os registros de qualidade da fabricação das bancadas, poderá ser utilizado os dados em razão ou indicadores de capacidade como comparativo da escala de ocorrências que deve ser montado em uma tabela, conforme o Quadro 5. Depois de concluída a tabela o grupo deve fazer as devidas análises de ocorrências com o que já foi especificado sobre os modos de falhas e efeitos, e transferir as estimativas para a coluna do FMEA.

8) Relacionar as formas de controles já praticados como intervenção as falha da bancada de madeira de demolição, a equipe terá como objetivo avaliar a eficácia de detectar cada modo de controle e sistemas atualmente em vigor dentro da fábrica.

9) Detecção este item a equipe deve analisar qual é a chance de detectar o problema antes que chegue ao cliente. Para isso deve analisar alguns critérios para a conclusão dos graus de detecção para cada modo de falhas:

- se a verificação do modo de falha é de baixo custo atribuir um valor menor;
- se o modo de falha é óbvio, atribuir um valor menor;
- se a verificação do modo de falha é fácil, atribua um valor menor;
- se a verificação do modo de falha é conveniente atribua uma valor menor.

Se os índices verificados se enquadrarem em um dos controles listados, isso quer dizer que a chance de detectar a falha antes de chegar ao cliente é maior, e por isso deve receber um valor menor. Para realização dos critérios a equipe deve se reunir e realizar as análises contidas neste tópico.

10) RPN é um índice de prioridade de risco, é definido pelo produto de três elementos dos índices anteriores, conforme descrito anteriormente pela a Equação 01.

As falhas devem ser analisadas sempre que tiverem $RPN > 50$. Os valores deveram ser colocados no formulário do FMEA para as análises de tópicos subsequentes.

11) As ações recomendadas é último item do formulário do FMEA, se trata da proposta de melhoria para a bancada com falha, sendo assim o grupo terá que prevenir os problemas potenciais, reduzir a severidade e conseqüências dos problemas potenciais, aumentar a probabilidade de detectar os problemas potenciais antes de chegarem ao cliente, fornecer mecanismos de detecção e advertência precoce para as falhas potenciais com alto RPN e avaliar juntamente as falhas que com alta severidade. Para ser possível propor essa melhoria será necessária uma verificação das possíveis soluções, de forma que possam identificar como e onde a possível solução já foi aplicada e qual foi o seu resultado sobre a falha.

12) O cronograma de iniciação das ações, tem como proposta três reuniões semanais, iniciando-se no dia três do mês de agosto, estabelecendo essas reuniões nas segundas, quartas e sextas-feiras, finalizando dia vinte seis do mês agosto e o tempo de reunião com quarenta e cinco minutos no mínimo.

Inicialmente é determinado um programa de onze reuniões, onde cada em reunião deverá ser tratado os tópicos já propostos neste item. Os resultados, alcançados com esse processo proposto são apresentados e discutidos, a seguir.

Programação das Reuniões do FMEA				
Nº	Data	Objetivo	Participantes	Resultados Esperados
1	03/08/2009	Formação da equipe	Gerente Comercial / Projetista/ Marceneiro Chefe/ Encarregado de Acabamento	Grupo de FMEA
2	05/08/2009	Definir a Função do produto	Gerente Comercial / Projetista/ Marceneiro Chefe/ Encarregado de Acabamento	A transposição das definições para o formulário
3	07/08/2009	Definir os modos de falhas	Gerente Comercial / Projetista/ Marceneiro Chefe/ Encarregado de Acabamento	A transposição das definições para o formulário
4	10/08/2009	Definir os efeitos	Gerente Comercial / Projetista/ Marceneiro Chefe/ Encarregado de Acabamento	A transposição das definições para o formulário
5	12/08/2009	Definir a Severidade (S)	Gerente Comercial / Projetista/ Marceneiro Chefe/ Encarregado de Acabamento	A transposição das definições para o formulário
6	14/08/2009	Definir as Causas	Gerente Comercial / Projetista/ Marceneiro Chefe/ Encarregado de Acabamento	A transposição das definições para o formulário
7	17/08/2009	Definir as Ocorrências (O)	Gerente Comercial / Projetista/ Marceneiro Chefe/ Encarregado de Acabamento	A transposição das definições para o formulário
8	19/08/2009	Definir os Controles Atuais	Gerente Comercial / Projetista/ Marceneiro Chefe/ Encarregado de Acabamento	A transposição das definições para o formulário
9	21/08/2009	Definir a Detecção (D)	Gerente Comercial / Projetista/ Marceneiro Chefe/ Encarregado de Acabamento	A transposição das definições para o formulário
10	24/08/2009	Calcular o RPN	Gerente Comercial / Projetista/ Marceneiro Chefe/ Encarregado de Acabamento	A transposição das definições para o formulário
11	26/08/2009	Conclusão das Ações Recomendadas	Gerente Comercial / Projetista/ Marceneiro Chefe/ Encarregado de Acabamento	A transposição das definições para o formulário

Quadro 8 – Programação das Reuniões do FMEA

3.4.1 Aplicação da metodologia FMEA na Fábrica de Móveis de Demolição

Metodologia FMEA, será aplicada na fábrica de móveis em madeira de demolição e utilizará a estratégia da proposta relacionada no capítulo 4.2, distribuídos em onze reuniões já pré-estabelecidos. Segue a descrição da realização das reuniões para solucionar o caso da falha na bancada de madeira de demolição.

- Etapa 1 – Formação da equipe

O planejamento do FMEA na fábrica de móveis inicia com a escolha do líder da equipe, e dos componentes para compor a aplicação da metodologia na fábrica, partindo do princípio que a fábrica possui quatro setores principais, foram escolhidos os chefes de setores conforme o Quadro 9.

GRUPO DE GESTORES DO FMEA	
LIDER	SETOR
Projetista	Desenvolvimento de produto
MEMBROS	SETOR
Gerente comercial	Comercial e Financeiro
Marceneiro chefe	Produção - marcenaria
Encarregado de acabamento	Acabamento

Quadro 9 - Grupo de gestores do FMEA

Como líder do grupo o projetista foi encarregado de explicitar o método a todos, mostrando ao grupo como decorrem as etapas da metodologia FMEA. Na sequência a tarefa do grupo é desenvolver um formulário para a bancada para o que FMEA possa ser iniciado.

Tomando como base a literatura FMEA (PALADINI, 1997), o grupo fez uma adaptação dos formulários. Com o objetivo de fazer um documento que fosse claro, completo e simples de identificar o foi realizado o formulário do Quadro 10, para desenvolver as etapas do FMEA.

Para determinar as funções de todos os produtos foi realizada uma discussão onde cada um expressava sua opinião em relação à função do produto, sendo realizado um *brainstorming*, de todas as funções do produto. Este *brainstorming*, que a propósito cada um escrevia em uma lousa de giz sua opinião sobre a função da bancada. A equipe gerou uma lista com todas as funções:

- deve suportar utensílios domésticos (pratos, talheres, tigelas);
- deve suportar a realização de refeições;
- oferecer superfície linear de tal modo que peças decorativas ou copos não caiam;
- fornecer segurança;
- dar estabilidade;
- poucos buracos na superfície sem deixar de ser rústica;
- fácil instalação no ambiente;
- pode ser utilizada em qualquer ambiente desde sala de jantar a banheiros.

Essas funções foram registradas e posteriormente revisadas pela equipe. A equipe reconheceu algumas funções repetidas. Decidiram que algumas outras funções não deveriam ser colocadas no formulário do FMEA e resolveram redigir novamente outras funções:

- deve suportar utensílios domésticos (pratos, talheres, tigelas);
- suportar a realização de refeições;
- oferecer superfície linear de tal modo que peças decorativas ou copos não caiam;
- poucos buracos na superfície sem deixar de ser rústica;
- pode ser utilizada em qualquer ambiente desde sala de jantar a banheiros.

“Fornecer segurança” e “dar estabilidade” foi retirado da listagem para não serem consideradas redundantes, pois estão dentro de duas funções mais importantes que são “deve suportar utensílios domésticos...” e “suportar a realização de refeições”. A função “fácil instalação” foi retirada, pois não é uma função de fato.

Após definir as funções a equipe encerrou a reunião que agora foi realizada em horário de almoço, este horário de almoço tinha a duração de uma hora e meia, então todos reservaram

quarenta e cinco minutos do seu horário para se reunirem, portanto essa reunião deve a duração de quarenta e cinco minutos.

- Etapa 3 – Modos de Falhas (2)

A equipe percebeu que tinha um sério problema de horário nas reuniões, dessa forma todos tomaram a postura de não perder tempo nas reuniões e serem diretos em suas observações sem divagar para outros assuntos. O próximo item a ser resolvido no formulário foi os modos de falhas (2) da bancada de madeira de demolição.

Nesta etapa para relacionar os modos de falhas, realizou-se a reunião com a sessão de *brainstorming*. A equipe teve dificuldades em separar a causa do efeito que a falha causa. Essa reunião foi a que levou mais tempo, foi necessário passar do horário combinado com o diretor geral, pois a equipe foi levada a discutir melhor todas as falhas do produto. O Quadro 11 a seguir mostra como sucedeu a tentativa de relação das falhas com a função do produto de modo que a equipe não perdesse o foco.

Funções	Modos de falha
Deve suportar utensílios domésticos (pratos, talheres, tigelas);	Não tem estrutura adequada
Suportar a realização de refeições;	Não suporta.
Oferecer superfície linear de tal modo que peças decorativas ou copos não caiam.	Superfície com Imperfeições.
Ser rústica e ecológica	Muitos buracos.
Utilizável em todos os ambientes – internos e externos	Não utilizável.

Quadro 11 - Funções da bancada de madeira de demolição com os modos de falhas

A equipe preferiu fazer conforme foi citado quadro no anterior, ou seja, relacionar os item do formulário do FMEA por etapas, a medida que forem sendo solucionados, as colunas restantes seriam citadas, a medida que vão sendo solucionadas. A reunião levou uma hora e vinte minutos.

- Etapa 4 – Efeitos (3)

Na etapa para relacionar os efeitos, a ocorreu um levantamento de todos os efeitos de vendas das bancadas. No relatório de devolução da fábrica foram reunidos os últimos oito meses referentes às bancadas, veja o Quadro 12.

Relatório de Bancadas Devolvidas nos últimos 6 meses		
Modelo	Motivo	Quantidade
Bancada de cozinha	Pratos ficam bambeando	12
Bancada de lavabo	Utensílios caem	17
Bancada de Sala de Estar	Fungos - Alimentos presos em orifícios	9
Bancada de Cozinha	Quebrou por peso de rápidas refeições	2
Bancada de Jardim	Empenou e bolor	8
Total de peças devolvidas por Defeitos		48

Quadro 12 - Bancadas de madeira de demolição devolvidas nos últimos 6 meses

Através dessa tabela a equipe identificou com clareza as últimas ocorrências, de maneira a expressar os efeitos reais reclamados pelos próprios clientes. O Quadro 13 apresenta as relações que tornam identificados, entre as funções que a bancada deve atender o modo de falha e o efeito indesejável que é gerado.

FMEA		
Produto: Bancada de Madeira de Demolição Projeto N°:		Projetista: Marceneiro Chefe: Chefe de Acabamento: Data do FMEA:
Função	Modo de Falha	Efeito
Suportar utensílios	Não tem estrutura adequada	Pratos ficam bambeando
Refeição Rápida	Não suporta peso em sua superfície	Ruptura da madeira
Superfície linear	Superfície com tortuosidade	Utensílios caem
Rústica e Ecológica	Excesso de Buracos e marcas	Fungos - Alimentos nos orifícios
Utilizável em ambientes interno e externos	Não suporta exposição ao tempo	Empena e possível bolor
Aprovações: Gerente de Projeto: Supervisor de Confiabilidade:		

Quadro 13 - Formulário FMEA etapa efeito

- Etapa 5 – Severidade (4)

A próxima etapa foi priorizar os modos de falha, classificando a severidade (S) dos efeitos resultantes de cada modo de falha, e para isso será necessário uma escala do grau de severidade conforme o Quadro 14.

Descrição da Escala de Severidade	Grau
Efeito não percebido pelo cliente.	1
Efeito insignificante é percebido, mas cliente não procura o serviço.	2
Efeito insignificante, que perturba o cliente, mas cliente não procura o serviço.	3
Efeito insignificante, que perturba o cliente, fazendo com que cliente procure o serviço.	4
Efeito menor, inconveniente para o cliente; entretanto, não faz com que o cliente procure o serviço.	5
Efeito menor, inconveniente para o cliente, fazendo com o cliente procure o serviço.	6
Efeito moderado, que prejudica o desempenho do produto levando a uma falha grave ou a uma falha que pode impedir a execução das funções de projeto	7
Efeito significativo, resultando em falha grave; entretanto, não coloca a segurança do cliente em risco e não resulta em custo significativo da falha.	8
Efeito crítico que provoca a insatisfação do cliente, interrompe as funções do projeto, gera custos significativo da falha e impõe um leve risco de segurança (não ameaça a vida nem provoca incapacidade permanente) ao cliente	9
Perigoso, ameaça a vida ou pode provocar incapacidade permanente ou outro custo significativo da falha que coloca em risco a continuidade operacional da organização.	10

Quadro 14 - Descrição da escala de severidade

Em seguida foi realizada uma matriz de avaliação e graduação, pois segundo Paladini (1997), essa matriz faz a avaliação dos resultados através da média dos mesmos, o que torna o resultado em números precisos.

A matriz de Avaliação e Graduação (A&G) ocorre de tal forma onde cada membro pega um papel com a listagem de todos os modos de falhas e seus efeitos, em seguida escrevem o valor de severidade que consideram para cada efeito. Os papéis são recolhidos e calculados uma média, que vai gerar o Grau médio de severidade, excluindo extremos e cisões, para cada efeito é transferido para a coluna de severidade do FMEA (PALADINI, 1997).

O resultado final para severidade é detalhado no Quadro 15.

Notas Individuais da equipe					Média de Severidade
Não possui estrutura adequada	3	4	4	4	4
Não suporta peso em sua superfície	2	2	3	2	2
Superfície com tortuosidade	7	6	7	7	6,8
Excesso de buracos e marcas	2	2	2	2	2
Não expor ao tempo	6	8	6	6	6

Quadro 15 - Notas Individuais da equipe para severidade

Os resultados foram transferidos para a coluna do formulário referente à severidade da falha para a metodologia FMEA, conforme detalhado pelo Quadro 16:

FMEA			
Produto: Bancada de Madeira de Demolição		Projetista:	
Nº do projeto:		Marceneiro Chefe:	
		Chefe de Acabamento:	
		Data do FMEA:	
Função	Modo de Falha	Efeito	S
Suportar utensílios	Não tem estrutura adequada	Pratos ficam bambeando	4
Refeição Rápida	Não suporta peso em sua superfície	Ruptura da madeira	2
Superfície linear	Superfície com tortuosidade	Utensílios caem	6,8
Rústica e Ecológica	Excesso de Buracos e marcas	Fungos - Alimentos nos orifícios	2
Utilizável em ambientes interno e externo	Não suporta exposição ao tempo	Empena e possível bolor	6
Aprovações:		S: Severidade	
Gerente de Projeto:			
Supervisor de Confiabilidade:			

Quadro 16 - Formulário FMEA para a etapa severidade

Com essa fase já preenchida, o grupo verificou que o modo de falha abrangente nas bancadas são as superfícies que por algum motivo estão trazendo insatisfação.

- Etapa 6 – Causas (5)

Nesta etapa o próximo passo foi a identificação das Causas dos modos de Falhas. Os subsídios foram retirados de dados históricos (como relatórios de vendas, teste de laboratórios, inspeção de fabricação, análises de retrabalho, fotos das peças defeituosas e experiências passadas) das falhas já ocorridas.

Foram avaliadas as vendas conforme mostra o Quadro 17, onde se separou para análise somente os últimos três meses de vendas dos móveis e bancadas, com as devoluções, e os custos de retrabalho e quantidade de devolução.

Produto	Quantidade	Devolução	Custos de Retrabalho
Janeiro			
Bancada de vigas	2	1	R\$ 70,00
Mesa de jantar	5	0	–
Criado mudo	6	0	–
Aparador	5	0	–
Bancada de tábuas	7	7	R\$ 469,00
Sofá	3	0	–
Poltrona	2	0	–
Prateleira - Bancada de Tábuas	5	0	–
Sub Total	35	8	R\$ 539,00
Fevereiro			
Bancada de viga	5	3	R\$ 72,00
Bancada de quadrado	2	0	–
Mesa de jantar	9	1	R\$ 190,00
Mesa de jantar	2	0	–
Aparador	3	0	–
Mesa de Centro	2	0	–
Bancada de Tábuas	7	5	R\$ 400,00
Sub total	30	9	R\$ 662,00
Abril			
Mesa de jantar	3	0	–
Painel para Cama	1	0	–
Bancada para cozinha - Tábuas	5	2	R\$ 112,00
Mesa de centro	12	0	–
Bancada para lavabo - Tábuas	2	2	R\$ 75,60
Aparador	1	0	–
Mesa de jantar	1	0	–
Sub Total	25	4	R\$ 187,60
TOTAL	90	21	R\$ 1.388,60

Quadro 17 - Último trimestre de vendas de móveis de madeira de demolição

Verificando o Quadro 17, a equipe pode concluir que alguns tipos de bancadas tiveram maior índice de devoluções.

Na figura 13 são estratificadas as bancadas devolvidas pelo nº de devoluções em relação à porcentagem das peças que apresentam defeitos com maior frequência.

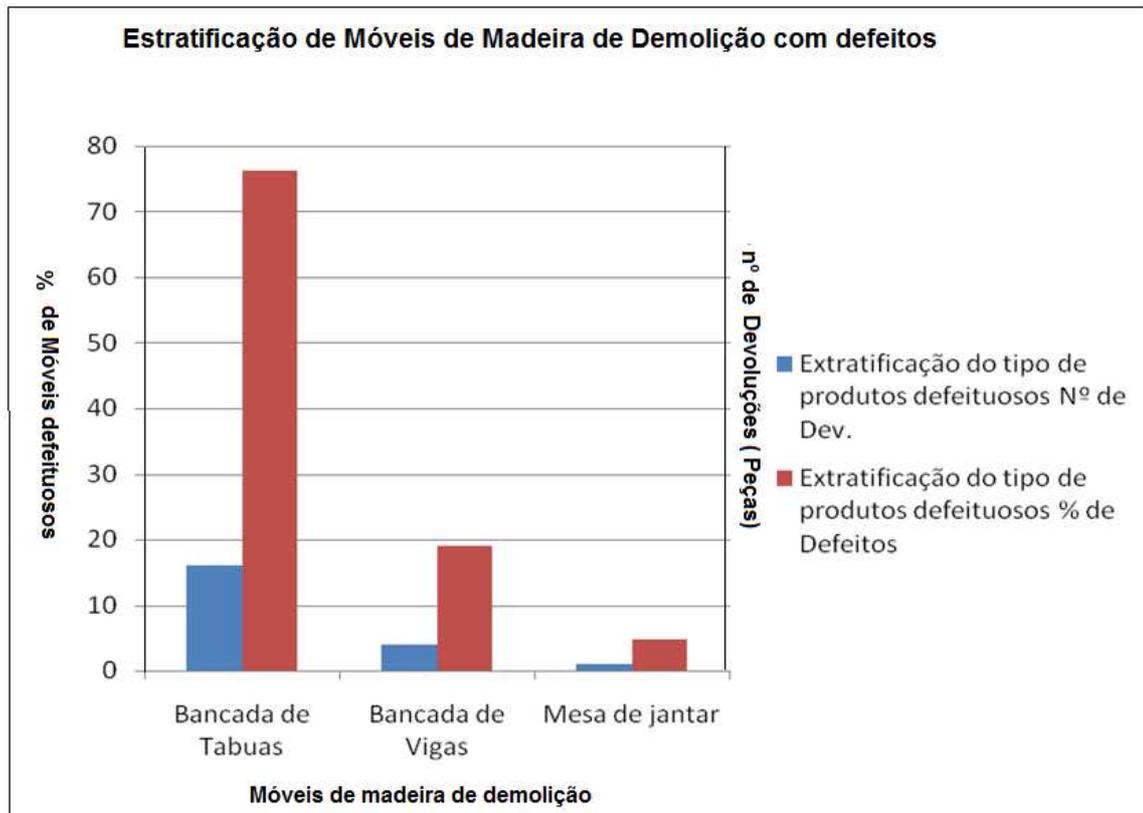


Figura 13 - Estratificação de Móveis de Madeira de Demolição com Defeitos

Com base nos dados, buscaram-se fotos nos relatórios de vendas, de forma que mostrassem os defeitos dessas bancadas de tabuas.

A Figura 14 mostra uma bancada de tábuas de demolição, foi devolvida por defeito. O cliente alegou que havia tortuosidades na superfície do tampo e que a peça não tinha a superfície linear. Entretanto não é possível distinguir este defeito somente através da imagem.

Esta bancada em especial gerou para fábrica uma multa por atrasar o termino da obra realizada na cozinha deste cliente, pois foi necessária a devolução da peça, para as análises de irregularidade na superfície do tampo.



Figura 14 - Bancada de Tábuas devolvida por defeitos na superfície

Sendo assim buscou-se um documento chamado Registro Técnico de Devolução (RTD) conforme o Quadro 18, este registro é realizado no momento da devolução, é preenchido o documento e realizada as análises pertinentes, para que fiquem registrados os defeitos suas dimensões e possíveis causas.

RTD - Registro Técnico de Devolução N° 0234	
Supervisor:	Encarregado de Marcenaria
Produto:	Bancada de Tabuas Rústicas
N° Projeto:	VB003WF
Defeito:	Elevação entre junção das tabuas
Medidas:	5 mm de desnível entre junções
Equipamento de medição:	Paquímetro
Possível Causa:	Elevação Originada por mata junta das tabuas.
Data de Entrada:	3/05/2009
Saída:	7/05/2009

Quadro 18 - RTD (Registro Técnico de Devolução)

Conforme o RTD dessa bancada houve 5 mm de desnível entre as tabuas da superfície deste tampo, o que causou a queda de utensílios finos, como taças de cristal e cerâmicas decorativas.

A Figura 15 representa o desnível em linha vermelha os picos mostram exatamente a elevação do desnível da bancada e causa que leva a degradação do produto.

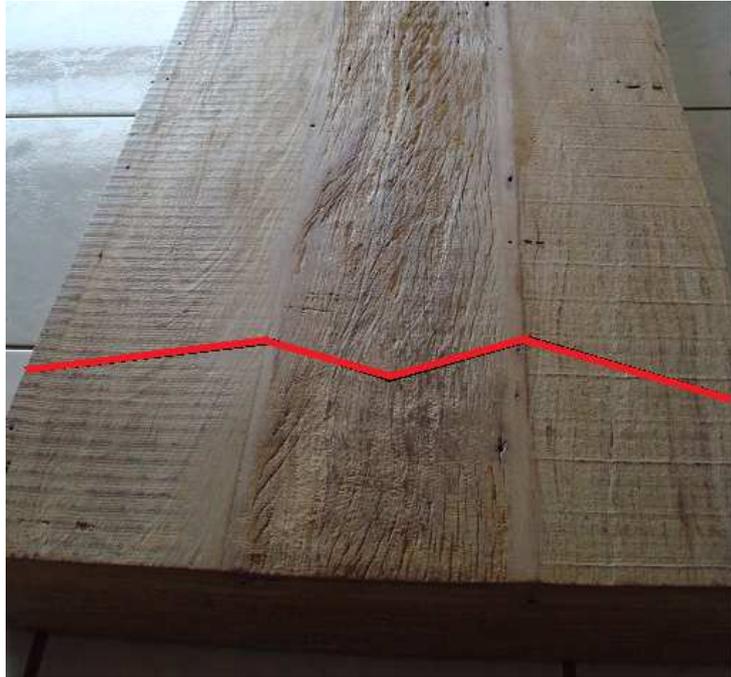


Figura 15 - Bancada de tabuas (exemplificação da região do desnível e sua extensão)

Com base nas análises a estratégia foi possível realizar um *brainstorming*, onde cada representante de setor pode citar os acontecimentos e fatos já ocorridos, em relação às bancadas defeituosas, então se relacionou por escritos as possíveis causas dos modos de falhas, de forma que os resultados pudessem ser estruturados através de um diagrama de causa e efeito.

Conforme o Diagrama de Causa e Efeito na Figura 16, as causas básicas foram destacadas e cada uma delas foi anteriormente retirada da seleção de *brainstorming* sobre as causas de imperfeições sobre a superfície do tampo de madeira de demolição. Segue a descrição do *brainstorming* de causas por item:

a – Matéria-Prima, através dos dados das peças defeituosas que foram devolvidas, ficou claro que bancadas de tábuas são as que estão trazendo a insatisfação do cliente com maior índice de devoluções. A equipe pode concluir através do representante da marcenaria, o chefe de marceneiro relatou que as tábuas possuem um caráter mais rústico que as outras madeiras, sendo assim selecionar peças que tenham pouca rusticidade causam perda da matéria-prima e

maior tempo de mão-de-obra. Através deste relato e também da confirmação do encarregado de acabamento que recebe essas peças para lixa final e ceras, conclui-se que as causas dos excessos de buracos, desnível causados por mata juntas são oriundas das tábuas de madeira de demolição.

b – Projeto foi citado devido a algumas ocorrências de projetos que foram encaminhados até o marceneiro executor com excesso de informações, e outros com falta de informações, sem especificação da madeira que deve ser utilizada, o mesmo ocorre quando se tem um cliente que não decide o padrão da madeira que deve ter seu móvel, neste caso o projeto não especifica deixando a cargo de o marceneiro escolher o que for melhor e mais rápido na seleção da madeira, de forma que não haja perda da mesma.

c – Funcionário, este item tem trazido problemas, a fábrica que possui alta rotatividade de funcionários, ocorre que muitos não gostam de trabalhar em ambiente com poeiras suspensas, o que neste caso é necessário estar equipado com vários tipos de equipamentos de segurança no trabalho IPI por este motivo os funcionários ficam incomodados ao ter que andar com vários equipamentos neste setor. Com isso têm-se freqüentemente novos funcionários, que não estão habituados a seguir projetos e muito menos a entendê-los.

d – Marcenaria, setor onde ocorrem os principais processos produtivos de manufaturamento da fábrica. No acaso da bancada de madeira rústica, esta deve ser plainada com maior intensidade para que fique com a superfície mais reta possível, no entanto para que não sejam necessários tantos processos de plainagem, na seleção da madeira pode se escolher uma madeira que seja mais linear o que ocorre de acordo com o produto quando se trata de uma bancada o marceneiro deve escolher tabuas mais lineares.

e – Acabamento, setor que recebe as peças já montadas, somente fazem a transformação das cores da madeira e impermeabilizam as superfícies dos móveis. O ato de impermeabilizar a superfície também proporciona maior lisura ao móvel, principalmente quando se trata de um móvel para ambiente externo não pode faltar o verniz que protege da chuva e do sol, contra o bolor. No entanto já ocorreu no setor a falta de observação ao projeto relacionado aos acabamentos finais, que inclui antes da cera uma lixa fina de mão sobre a superfície, deste modo é possível identificar quaisquer discrepâncias no tampo.

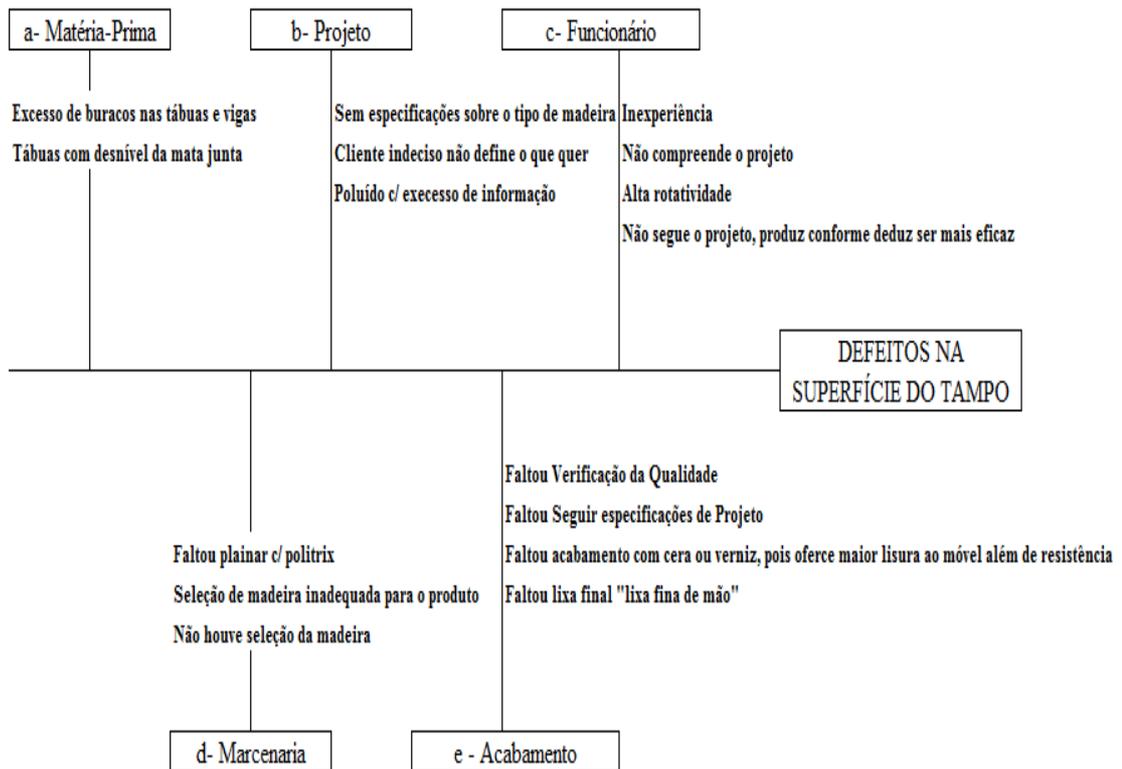


Figura 16 - Diagrama de Causa e Efeito sobre os defeitos na superfície do tampo da bancada

Tendo a identificação através do diagrama na Figura 16, as causas básicas foram identificadas. Para correta adequação ao resultado das causas do diagrama, foi necessário reestruturar de acordo com os efeitos dos modos de falhas presentes no formulário do FMEA, no Quadro 19.

FMEA				
Produto: Bancada de Madeira de Demolição		Projetista:		
Nº do projeto:		Marceneiro Chefe:		
		Chefe de Acabamento:		
		Data do FMEA:		
Função	Modo de Falha	Efeito	S	Causas
Superfície linear	Superfície com tortuosidades	Pratos ficam bambeando e outras peças chegam a cair	7	a - A matéria-prima tábua apresenta caráter muito rústico para este tipo de produto.
Refeição Rápida	Não suporta peso em sua superfície	Ruptura da madeira	7	b – Funcionário executou péssima montagem.
Rústica e Ecológica	Excesso de Buracos e marcas	Fungos - Alimentos nos orifícios	2	c – Projeto com falta de informações sobre o produto.
Utilizável em ambientes interno e externo	Não suporta exposição ao tempo	Empena e possível bolor	3	d – Faltou Verniz – Falha no setor de acabamento
Aprovações:		S: Severidade		
Gerente de Projeto:				
Supervisor de Confiabilidade:				

Quadro 19 - Formulário do FMEA para a etapa causas

Para resolução das causas a equipe teve que levantar relatórios, e organizar os dados, de forma que todos já haviam previsto que essa reunião seria trabalhosa e levaria tempo. No entanto poderia ter sido um fracasso se fabrica não possuísse um registro de dados organizado e atualizado, isso facilitou muito o trabalho e compreensão de todos, no momento de verificar as causas.

- Etapa 7 - Ocorrências (6)

A ocorrência dos modos de falhas e efeitos é o próximo item do formulário FMEA, nesta etapa a equipe re-analisou as ocorrências de devoluções do Quadro 17, e verificou que das bancadas de demolição devolvidas as de tabuas teve o maior índice de devoluções com 76,2%. Para trabalhar em cima de dados concisos a equipe tomou como base essa porcentagem de devoluções para fazer uma faixa de análise com o grau da escala de ocorrência. A faixa de 0 – 76,2% foram divididas nos primeiros dez números da escala de ocorrência, conforme pode ser visto no Quadro 20.

Percentual	Grau de Ocorrência
0,00 - 0,01	1
0,01 – 0,50	2
0,51 – 2,00	3
2,01– 10,00	4
10,01 – 25,00	5
25,01 – 40,00	6
40,01 – 55,00	7
55,01 – 70,00	8
70,01 – 75,00	9
Maior que 76,2	10

Quadro 20 - Escala com percentual de ocorrência de falhas de fábrica de móveis de demolição

A equipe concluiu que sempre existem ocorrências que excedem o histórico da qualidade de 76,2%, portanto reservou-se o último grau de ocorrência para essa possibilidade. Após relacionar o percentual e grau de ocorrência a equipe estabeleceu parâmetros de ocorrências baseado em Paladini (1997), no relatado no Quadro 21.

Escala de Avaliação de Ocorrência	Percentual	Grau
Acontecimento extremamente remoto, improvável	Menos de 0,01%	1
Remoto, improvável	0,01 – 0,50	2
Pequena chance de ocorrência	0,51 – 2,00	3
Pequeno número de ocorrências	2,01– 10,00	4
Espera-se um número ocasional de falhas	10,01 – 25,00	5
Ocorrência moderada	25,01 – 40,00	6
Ocorrência freqüente	40,01 – 55,00	7
Ocorrência elevada	55,01 – 70,00	8
Ocorrência muito elevada	70,01 – 75,00	9
Ocorrência certa	Maior que 76,2	10

Quadro 21 - Escala de Avaliação de Ocorrência de falhas de uma bancada de madeira de demolição

Com base no quadro anterior, a equipe distribuiu a escala ocorrência no formulário do FMEA, conforme descrito pelo Quadro 22.

FMEA					
Produto: Bancada de Madeira de Demolição		Projetista:			
Nº do projeto:		Marceneiro Chefe:			
		Chefe de Acabamento:			
		Data do FMEA:			
Função	Modo de Falha	Efeito	S	Causas	O
Superfície linear	Superfície com tortuosidades	Pratos ficam bambeando e outras peças chegam a cair	7	a - A matéria-prima tábuas apresenta caráter muito rústico para este tipo de produto.	9
Refeição Rápida	Não suporta peso em sua superfície	Ruptura da madeira	7	b – Funcionário executou péssima montagem.	3
Rústica e Ecológica	Excesso de Buracos e marcas	Fungos - Alimentos nos orifícios	2	c – Projeto com falta de informações sobre o produto.	6
Utilizável em ambientes interno e externo	Não suporta exposição ao tempo	Empena e possível bolor	3	d – Faltou Verniz – Falha no setor de acabamento	4
Aprovações:		S: Severidade			
Gerente de Projeto:		O: Ocorrência			
Supervisor de Confiabilidade:					

Quadro 22 - Formulário do FMEA para a etapa Ocorrência (O)

- Etapa 8 – Controles Atuais (7)

A forma de controle foi a próxima coluna do FMEA a ser resolvida. Para tanto a reunião foi discutida em cima do que está sendo feito na fábrica, especificamente no setor produtivo para controlar as falhas. Com este intuito foi passado aos chefes de marcenaria e acabamento formulários onde constava os modos de falhas, efeitos e causas das falhas, e referente a cada item citado para que fosse descrito os controles atualmente praticados no setor Quadro 23.

Função	Modo de Falha	Efeito	Causas	Controles Atuais
Superfície linear	Superfície com tortuosidades	Pratos ficam bambeando e outras peças chegam a cair	a - A matéria-prima tábuas apresenta	Lixar com politrix por mais tempo
Refeição Rápida	Não suporta peso em sua superfície	Ruptura da madeira	b – Funcionário executou péssima montagem.	Nada a mencionar
Rústica e Ecológica	Excesso de Buracos e marcas	Fungos - Alimentos nos orifícios	c – Projeto com falta de informações sobre o produto.	Tirar dúvidas com o projetista.
Utilizável em ambientes interno e externo	Não suporta exposição ao tempo	Empena e possível bolor	d – Faltou Verniz – Falha no setor de acabamento	Os móveis estão sendo fotografados antes da liberação de coleta

Quadro 23 - Formulário para relacionar controles atuais referentes a todos os itens já citados nas etapas passadas

Com este formulário preenchido pelo setor de marcenaria e acabamento, o grupo fez as últimas considerações antes de concluir e passar as informações para o formulário do FMEA, concluiu-se que de fato, os únicos controles referentes às falhas estão sendo tomadas independentemente por cada setor, sem interação e comunicação de regras a serem padronizadas, sendo este um ponto a ser melhorado e trabalhado. No entanto mesmo desconectados nas decisões, os chefes de setores em suas as medidas tomadas estão de acordo com suas decisões.

Essas informações finais foram repassadas a coluna do formulário do FMEA, referente aos controles atuais, o que pode ser visto no Quadro 24.

FMEA						
Produto: Bancada de Madeira de Demolição			Projetista:			
Nº do projeto:			Marceneiro Chefe:			
			Chefe de Acabamento:			
			Data do FMEA:			
Função	Modo de Falha	Efeito	S	Causas	O	Controles Atuais
Superfície linear	Superfície com tortuosidades	Pratos ficam bambeando e outras peças chegam a cair	7	a - A matéria-prima tábuas apresenta caráter muito rústico para este tipo de produto.	9	Lixar com polítrix por mais tempo
Refeição Rápida	Não suporta peso em sua superfície	Ruptura da madeira	7	b – Funcionário executou péssima montagem.	3	Nada a mencionar
Rústica e Ecológica	Excesso de Buracos e marcas	Fungos - Alimentos nos orifícios	2	c – Projeto com falta de informações sobre o produto.	6	Tirar dúvidas com o projetista.
Utilizável em ambientes interno e externo	Não suporta exposição ao tempo	Empena e possível bolor	3	d – Faltou Verniz – Falha no setor de acabamento	4	Os móveis estão sendo fotografados antes da liberação de coleta
Aprovações:				S: Severidade		
Gerente de Projeto:				O: Ocorrência		
Supervisor de Confiabilidade:						

Quadro 24 - Formulário do FMEA para a etapa Controles atuais

- Etapa 9 – Detecção (8)

Escala de Detecção (D), a proposta inicial para esta ação seria fazer escalas de acordo com a projeção da fábrica quanto à falha da bancada, fazendo a análise dos quatro tópicos:

- se a verificação do modo de falha é de baixo custo atribuir um valor menor;
- se o modo de falha é óbvio, atribuir um valor menor;
- se a verificação do modo de falha é fácil, atribua um valor menor;
- se a verificação do modo de falha é conveniente atribua um valor menor.

Em reunião a equipe compreendeu que os critérios acima, qualificam a facilidade de detectar a falha antes de chegar ao cliente, e foi tomada como princípio para a escala de detecção das falhas. Para comparação dos critérios tem-se o Quadro 25 que apresenta todas as escalas referentes aos graus.

Índice	Probabilidade de Detecção ou Probabilidade do Defeito Chegar ao Cliente	
1	Muito Alta	0 - 5%
2	Alta	6 - 15%
3		16 - 25%
4	Moderada	26 - 35%
5		36 - 45%
6		46 - 55%
7	Baixa	56 - 65%
8		66 - 75%
9	Muito Baixa	76 - 85%
10		86 - 100%

Quadro 25 - Escala de Detecção (D)

E com base na escala de detecção, a equipe analisou as falhas e colocou os resultados concluídos no formulário do FMEA, conforme está no Quadro 26.

FMEA							
Produto: Bancada de Madeira de Demolição				Projetista:			
Nº do projeto:				Marceneiro Chefe:			
				Chefe de Acabamento:			
				Data do FMEA:			
Função	Modo de Falha	Efeito	S	Causas	O	Controles Atuais	D
Superfície linear	Superfície com tortuosidades	Pratos ficam bambeando e outras peças chegam a cair	7	a - A matéria-prima tábuas apresenta caráter muito rústico para este tipo de produto.	9	Lixar com polítrix por mais tempo	8
Refeição Rápida	Não suporta peso em sua superfície	Ruptura da madeira	7	b – Funcionário executou péssima montagem.	3	Nada a mencionar	8
Rústica e Ecológica	Excesso de Buracos e marcas	Fungos - Alimentos nos orifícios	2	c – Projeto com falta de informações sobre o produto.	6	Tirar dúvidas com o projetista.	8
Utilizável em ambientes interno e externo	Não suporta exposição ao tempo	Empena e possível bolor	3	d – Faltou Verniz – Falha no setor de acabamento	4	Os móveis estão sendo fotografados antes da liberação de coleta	8
Aprovações:				S: Severidade			
Gerente de Projeto:				O: Ocorrência			
Supervisor de Confiabilidade:				D: Detecção			

Quadro 26 - Formulário do FMEA para a etapa Detecção (D)

- Etapa 10 – RPN (9)

Nesta etapa o grupo realizou o cálculo de RPN através da equação (02), os valores de RPN é um índice de prioridade de risco, é definido pelo produto de três elementos dos índices (S) – severidade, (O) – ocorrência e (D) – detecção.

Baseando-se nos valores obtidos para os elementos S, O e R, o RPN é calculado conforme o Quadro 27.

EQUAÇÃO RPN = S X O X D					
S	X	O	X	D	RPN
7	X	9	X	8	504
7	X	3	X	3	63
2	X	6	X	2	24
3	X	4	X	3	36

Quadro 27 - Resultados da equação RPN

As falhas devem ser analisadas sempre que tiverem RPN > 50. Os valores deveram ser colocados no formulário conforme Quadro 28 para as análises de tópicos subseqüentes.

FMEA								
Produto: Bancada de Madeira de Demolição			Projetista:					
Nº do projeto:			Marceneiro Chefe:					
			Chefe de Acabamento:					
			Data do FMEA:					
Função	Modo de Falha	Efeito	S	Causas	O	Controles Atuais	D	RPN
Superfície linear	Superfície com tortuosidades	Pratos ficam bambeando e outras peças chegam a cair	7	a - A matéria-prima tábuas apresenta caráter muito rústico para este tipo de produto.	9	Lixar com politrix por mais tempo	8	504
Refeição Rápida	Não suporta peso em sua superfície	Ruptura da madeira	7	b - Funcionário executou péssima montagem.	3	Nada a mencionar	8	63
Rústica e Ecológica	Excesso de Buracos e marcas	Fungos - Alimentos nos orifícios	2	c - Projeto com falta de informações sobre o produto.	6	Tirar dúvidas com o projetista.	8	24
Utilizável em ambientes interno e externo	Não suporta exposição ao tempo	Empena e possível bolor	3	d - Faltou Verniz - Falha no setor de acabamento	4	Os móveis estão sendo fotografados antes da liberação de coleta	8	36
Aprovações:			S: Severidade					
Gerente de Projeto:			O: Ocorrência					
Supervisor de Confiabilidade:			D: Detecção					
			RPN: Índice de Prioridade de Riscos					

Quadro 28 - Formulário do FMEA para a etapa RPN

- Etapa 11 – Conclusão das Ações Recomendadas (10)

Nesta ultima etapa a equipe para poder gerir ações recomendadas as falhas da bancada, tomou como analise o índice RPN, pois os valores mais altos para RPN foram para o modo de falha: “superfície com tortuosidades” e o item “não suporta peso em sua superfície”. Sendo assim estes modos de falhas são os que devem ser imediatamente sanados, pois essas falhas no produto são as que trazem o descontentamento ao cliente, desqualificando a empresa.

No entanto a equipe precisou analisar as falhas separadamente, para propor a ação de melhoria, separando os problemas conforme segue abaixo:

- Defeito (A) conforme o Quadro 29.

Função	Modo de Falha	Efeito	S	Causas	O	Controles Atuais	D	RPN
0 Superfície linear	Superfície com tortuosidades (A)	Pratos ficam bambeando e outras peças chegam a cair	7	a - A matéria-prima tábuas apresenta caráter muito rústico para este tipo de produto.	9	Lixar com politrix por mais tempo	8	504

Quadro 29 - Análise de falhas A

Foi verificado até o momento que o problema foi causado pela matéria-prima tábuas rústicas, mas apesar dos defeitos graves que vem apresentando, ainda é a madeira mais requisitada pelos clientes, justamente por apresentar mais características de rusticidade. Logo os controles que têm sido aplicados atualmente são de bom senso, pois só é aplicado ao móvel de tábuas quando apresenta discrepâncias quanto à linearidade da superfície de forma grotesca, pois nota-se em todos os móveis de tabuas rústicas que não há realmente uma linearidade, justamente pelo fato já explícito anteriormente, que toda tabua possui uma elevação em suas bordas devido à ação da mata junta.

Analisando todas as vertentes quanto às tabuas, concluí-se que todas as bancadas de tábuas rústicas devem incluir no processo de marcenaria antecedendo ao acabamento, uma medição

rigorosa com o paquímetro, um equipamento de medição, estabelecendo assim médias aceitáveis de desnível para bancadas de tabuas rústicas. Ao identificar desnível fora do padrão a bancada deve voltar ao processo de lixa com polítrix sendo plainada e medida novamente.

- Defeito (B) conforme o Quadro 30.

Função	Modo de Falha	Efeito	S	Causas	O	Controles Atuais	D	RPN
Refeição Rápida	Não suporta peso em sua superfície	Ruptura da madeira	7	b – Funcionário executou péssima montagem.	3	Nada a mencionar	8	63

Quadro 30 - Análise de falhas B

Neste caso a causa foi a execução errônea por parte do funcionário, e a isto o chefe de marcenaria concordou que falta um sistema de treinamento a funcionários novatos, pois são os que normalmente executam de forma errada a montagem por desconhecer a madeira de demolição e o seu processo de produção.

Logo a melhoria proposta pelo grupo foi treinamento para qualificar novos funcionários.

- Defeito C conforme o Quadro 31 abaixo.

Função	Modo de Falha	Efeito	S	Causas	O	Controles Atuais	D	RPN
Rústica e Ecológica	Excesso de Buracos e marcas	Fungos - Alimentos nos orifícios	2	c – Projeto com falta de informações sobre o produto.	6	Tirar dúvidas com o projetista.	8	24

Quadro 31 - Análise de falhas C

Quando um cliente compra uma bancada de madeira de demolição e reclama dos furos e buracos na superfície, isso significa que ele desejava ter uma bancada de superfície lisa, e isso poderia ter sido resolvido se a bancada tivesse sido de vigas ou então quadrado. Mas então o grupo analisou “o que foi que faltou?”, e a resposta é um projeto claro para o colaborador da marcenaria, pois ele não sabe o que o cliente desejou, mas o projetista sabia devido ao contato

direto com o cliente, neste caso faltou o projetista esclarecer no projeto escrevendo apenas duas palavras: “móvel liso”. Este termo “móvel liso” já dá liberdade ao colaborador executor, de escolher uma madeira lisa, selecionando peças sem buracos. Neste caso a ação recomendada é um projeto claro que especificações da madeira para o móvel.

- Defeito D conforme o Quadro 32 abaixo.

Função	Modo de Falha	Efeito	S	Causas	O	Controles Atuais	D	RPN
Utilizável em ambientes interno e externo	Não suporta exposição ao tempo	Empena e possível bolor	3	d – Faltou Verniz – Falha no setor de acabamento	4	Os móveis estão sendo fotografados antes da liberação de coleta	8	36

Quadro 32 - Análise de falhas D

Apesar da gravidade do problema, a causa da falha é extremamente trivial, ou seja, um erro banal, mas não pode ocorrer. Pois se um móvel embolora devido à falta de verniz, isso quer dizer desatenção por parte do colaborador ou falta de supervisão no setor de acabamento. Portanto a ação recomendada é supervisão, seria até o caso de determinar um colaborador como revisor dos móveis acabados.

Dessa forma todas as ações de melhoria foram colocadas no formulário do FMEA encerrando assim o preenchimento das colunas, conforme detalhado no Quadro 33.

FMEA									
Produto: Bancada de Madeira de Demolição				Projetista:					
Nº do projeto:				Marceneiro Chefe:					
				Chefe de Acabamento:					
				Data do FMEA:					
Função	Modo de Falha	Efeito	S	Causas	O	Controles Atuais	D	RPN	Ações Recomendadas
Superfície linear	Superfície com tortuosidades	Pratos ficam bambeando e outras peças chegam a cair	7	a - A matéria-prima tábuas apresenta caráter muito rústico para este tipo de produto.	9	Lixar com polítrix por mais tempo	8	504	Estabelecer parâmetros de desnível da superfície. Medir peça com paquímetro, e se for o caso a peça deve ser lixada na polítrix
Refeição Rápida	Não suporta peso em sua superfície	Ruptura da madeira	7	b – Funcionário executou péssima montagem.	3	Nada a mencionar	8	63	Treinamento de Qualificação a novos funcionários
Rústica e Ecológica	Excesso de Buracos e marcas	Fungos - Alimentos nos orifícios	2	c – Projeto com falta de informações sobre o produto.	6	Tirar dúvidas com o projetista.	8	24	Projetista deve estabelecer no projeto o tipo de madeira
Utilizável em ambientes interno e externo	Não suporta exposição ao tempo	Empena e possível bolor	3	d – Faltou Verniz – Falha no setor de acabamento	4	Os móveis estão sendo fotografados antes da liberação de coleta	8	36	Criar nova função no setor de acabamento: Supervisor.
Aprovações:					S: Severidade				
Gerente de Projeto:					O: Ocorrência				
Supervisor de Confiabilidade:					D: Detecção				
					RPN: Índice de Prioridade de Riscos				

Quadro 33 – Formulário do FMEA completo

As melhorias propostas e obtidas através da realização do FMEA na fábrica de Móveis de Madeira de Demolição identificaram a origem do maior problema que é as bancadas com falta linearidade na superfície do tampo, o que antes da realização do formulário do FMEA, era apenas uma especulação por parte da gerência da fábrica. Com as análises concluídas a maior

melhoria a ser proposta para essa falha, é a regulamentação da falha por meio de medições e determinar um padrão de desnível para essa bancada de tábuas. Com o padrão determinado a empresa deve esclarecer ao cliente que a bancada possui desnível aceitável dentro um padrão não prejudicial.

4 CONCLUSÕES

4.1 Considerações Finais

Com uma visão geral, este trabalho propôs a verificação das falhas da bancada de madeira o que influenciava diretamente na qualidade deste produto e satisfação do cliente. E todo levantamento das falhas e causas com proposta de melhorias foi obtida através do FMEA, realizado através de sucessivas reuniões com funcionários líderes, levantamento de dados e relatórios. Essa prática permitiu o esclarecimento de métodos aplicáveis para resolução da falha, o que foram organizados e esclarecidos em um formulário do FMEA adequado a empresa moveleira de demolição.

O estudo atingiu seus objetivos iniciais, descreve-se a seguir algumas observações:

- A revisão bibliográfica serviu como embasamento teórico para realização desse estudo, o que possibilitou esclarecimentos sobre a metodologia FMEA, a identificação dos custos da qualidade e principalmente melhoria contínua.
- A identificação das causas e falhas da qualidade da bancada de madeira de demolição foram sendo esclarecidos na mesma proporção do desenvolvimento do FMEA, na medida em que o estudo avançava nas reuniões e as etapas de identificação de falhas e causas foram concluídas, dessa forma a equipe da pesquisa pode identificar as origens e os modos de falhas.
- O plano de melhoria foi proposto através do formulário obtido pelo FMEA, pelas melhorias ali identificadas a proposta foi estabelecida no formulário, o qual representa o plano de melhoria em si, onde todas as falhas e causas para a bancada de madeira demolição foram detalhadas.
- O estudo do FMEA trouxe para o cotidiano dos líderes da empresa o contato com literaturas sobre o conceito da qualidade, o que esclareceu a importância de se

produzir com padrão e métodos, eles puderem compreender que as melhorias propostas no formulário do FMEA são passíveis de aplicação, pois as mesmas foram relacionadas por eles. Por isso foi proposto a aplicação das melhorias ao Gerente Geral, para que a implantação das melhorias fossem permitidas.

- Para a empresa os resultados obtidos com a pesquisa foram: melhorar a comunicação entre os setores e chefes, esclarecimento da teoria da qualidade com a finalidade da aplicação do FMEA e enriqueceu o conhecimento dos líderes de produção, e os mesmo poderão repassar para os colaboradores de seu setor um novo direcionamento quanto a produzir com zero defeito ou pelo menos a diminuição dele.

No entanto o resultado mais esperado e pleiteado por esse estudo foi a padronização de um processo de melhoria para a bancada de madeira de demolição, e o mesmo foi obtido através do formulário do FMEA, o qual a empresa fará a aplicação das melhorias no próximo ano.

4.2 Limitações do Trabalho

O trabalho contou com a participação dos principais chefes de setores da empresa, só assim o estudo obteria resultados verídicos quanto as falha da qualidade na bancada de madeira. E contar com esses profissionais reunidos para o estudo dessa falha no produto foi um trabalho árduo, pois se trata de líderes ocupados, no qual o custo da hora de trabalho é mais elevado, portanto reuni-los três vezes por semana em um mês, pareceu ser uma proposta de alto custo.

O diretor da fábrica, à medida que as etapas das reuniões teriam que ocorrer, pedia para que fossem adiadas, ou que fossem concluídas em menos tempo de reunião.

Então para que o estudo atingisse a meta, que era fazer as reuniões com no mínimo quarenta e cinco minutos, e três vezes por semana, todos se dispuseram em fazer a reunião em horário de almoço, a pausa para as refeições eram de uma hora e meia, sendo assim todos os comprometidos com a elaboração do FMEA, almoçavam e retornavam mais cedo para que as

reuniões pudessem ocorrer. Algumas etapas do FMEA levaram mais tempo de reunião, isso ocorreu na etapa 6 no item “Causa” do formulário, essa etapa envolveu pesquisas, muita análise de dados, registros de vendas, relatos da opinião de cada membro. Essas reuniões mais longas traziam freqüentemente o descontentamento ao diretor da fábrica.

No entanto ao findar do estudo e com a apresentação do mesmo já concluído para o diretor, este pode quantificar a importância do estudo para a empresa, relacionando o custo com a dimensão do benefício.

4.3 Vantagens e Desvantagens

As vantagens da aplicação do FMEA foram inúmeras, pois além da interação que o estudo permitiu ao grupo que a aplicou, foi obtido o esclarecimento de bases da teoria da qualidade para os líderes de setores, e através do formulário do FMEA tornou-se mais simples visualização de diretrizes reais de tomadas de decisões, quanto aos defeitos da bancada. O estudo foi acessível ao entendimento de todos, e isso é o que permitiu e comprometeu de modo benéfico os resultados.

As desvantagens estão na seqüência, pois o FMEA exige um seqüenciamento que não pode ser interrompido, um passo depende do outro, as reuniões não podem ocorrer com grandes intervalos de tempo, pois dados importantes que se encontram na memória de cada integrante podem se perder, este item foi observado durante as reuniões, e foi necessário ter esse seqüenciamento para que nada se perdesse. A aceitação desse tempo de reunião e discussão, também se foi um problema, pois não foi bem vista pelo diretor, que computou essas horas como improdutivas, ou seja, prejuízo para a fábrica a primeiro momento.

4.4 Pesquisas Futuras

A pesquisa realizada na empresa trouxe à consciência a empresa de que é necessário padronizar os métodos de trabalho por mais que a produção tenha processos manuais e até quase artesanais devido à diferenciação das peças.

Pensando neste sentido, viu-se a necessidade da elaboração de um manual da qualidade para móveis de madeira de demolição, no qual deverão ser estabelecidos os tipos de madeira que podem ser utilizados e as que devem ser descartadas, entre outras características da madeira que devem ser trabalhadas e pesquisadas.

REFERÊNCIAS

ADAIR, Charlene B.; MURRAY, Bruce A. **Revolução Total dos Processos**. São Paulo: Nobel, 1996.

ARTHUR, Rafael; SILVA, Carlos Eduardo Sanches. **Análise de Mercado para Desenvolvimento de Produto**: Um exemplo aumento da confiabilidade dos fornos eletrônicos a gás através do FMEA. In: 5º Grupo de Gestão da Produção-CBGDP, 2005, Curitiba. Disponível em: http://artigocientifico.uol.com.br/uploads/artc_1149864367_10.pdf. Acesso: 13 abr. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação. Rio de Janeiro, 2001. 6p.

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BASTOS, André Luis Almeida. **FMEA Como ferramenta de Prevenção em Produtos e Processos** – Uma avaliação da Aplicação em um processo produtivo de usinagem e engrenagem. In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2006, São Paulo. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006>>. Acesso em: 09 abr. 2009.

CASAS, Alexandre Luzzi Las. **Qualidade Total em Serviços**. São Paulo: Editora Atlas, 1999.

CROSBY, P.B. **Qualidade sem lágrimas**. Rio de Janeiro: Livraria José Olímpio S.A., 1994.

DAVENPORT, Thomas H. **Reengenharia de processos**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

FERNANDES, José Marcio Ramos; REBELATO, Marcelo Giroto. Proposta de um método para integração entre QDF e FMEA. In: **Revista Gestão & Produção**. v13, n2, p.245 -259, mai. - ago, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php>. Acesso: 12 abr. 2009.

GARVIN, G. **Gerenciando a Qualidade: A visão estratégica e Competitiva.** São Paulo: Qualitymark, 1992.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007. 52p.

HELDMAN, Horacio e ANDERY, Paulo R. P. **Análise de falhas:** aplicação dos métodos de FMEA e FTA. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. NBR ISO 9001. **Sistemas de Gestão da qualidade –requisitos.** ABNT, 2000.

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de qualidade total à maneira japonesa.** Rio de Janeiro; Campus; 1993.

IQA (INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA). **Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial: FMEA.** São Paulo: Manuais QS-9000, 2001.

JURAN, J.M. **Juran planejando para a qualidade.** São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1998.

KAMINSKI, Paulo Carlos. **Desenvolvimento de Produtos, planejamento, atividade e qualidade.** Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 2000.

KALPAKJIAN, S.; SCHIMID, S.R. **Manufacturing Engineering and Technology.** 4ed. London: Prentice Hall, 2001.

MARTINS, Petrônio; LAUGENI, Fernando P.. **Administração da Produção.** 2ed. São Paulo: Saraiva 2005.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchik. **Qualidade: enfoques e ferramentas.** São Paulo: Artiliber, 2001.

MOURA, Luciano Raizer. **Qualidade Simplesmente total:** uma abordagem simples e pratica da gestão da qualidade. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1997.

PALADINI, Edson Pacheco. **Avaliação Estratégica da Qualidade.** São Paulo: Editora Atlas, 2002.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade:** Teoria e Prática. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

PUENTE, J.; PINO, R.; RRIORE, P.; FOUENTE, D de L. A decision support system for applying failure mode and effects analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Bradford, v. 19, n. 2, p. 137-151, 2002.

PALADY, Paul. **FMEA:** prevenindo os problemas antes que ocorram. São Paulo: Imam, 2004.

OAKLAND, J. **Gerenciamento da Qualidade Total.** São Paulo: Nobel, 1994.

ROBLES JR., Antônio. **Custos da Qualidade:** uma estratégia para a competição global. São Paulo: Atlas, 1994.

SLACK, Nigel. **Vantagem competitiva em manufaturas,** atingindo competitividade nas operações industriais. São Paulo: Atlas, 1993.

SIMÕES. S. F. **Aplicação de FMEA e FMECA na Tecnologia Submarina.** São Paulo: CENPES/PDP/TS PETROBRAS, 2004.

SOUZA, Daniel Lucio Oliveira. **Ferramentas de Gestão de Qualidade:** um diagnóstico de utilização nas pequenas e médias empresas industriais da região de Curitiba. Curitiba: Trabalho de especialização do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - CEFET/PR, 2003.

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis.** FMEA from Theory to Execution. London: Milwaukee ASQC Quality Press, 1995.

WERKEMA, Cristina. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Werkema, 1995.

GLOSSÁRIO

Brainstorming

Explosão de Idéias

Total Quality Management

Gestão de Qualidade Total

Design

Projeto

International Organization for Standardization

Organização Internacional de Padronização

Quality Function Deployment

Desdobramento da Função Qualidade

Risk Priority Number

Número de Prioridade de Risco

Check Up

Checar