

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Antônio Carlos Galdini

**APLICAÇÃO DO QFD PARA REDUÇÃO DE NÃO CONFORMIDADES
INTERNAS E EXTERNAS NO PROCESSO DE SOLDA LASER**

Taubaté - SP

2016

Antônio Carlos Galdini

Título: Aplicação do QFD para redução de não conformidades internas e externas no processo de solda laser.

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização pelo Curso de Pós Graduação de Engenharia de Qualidade Lean Seis Sigma Green Belt do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.
Orientador: Profº Álvaro Azevedo Cardoso, PhD.

**Taubaté - SP
2016**

ANTÔNIO CARLOS GALDINI

**APLICAÇÃO DO QFD PARA REDUÇÃO DE NÃO CONFORMIDADES INTERNAS
E EXTERNAS NO PROCESSO DE SOLDA LASER**

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização pelo Curso de Pós Graduação de Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma Green Belt do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.
Orientador: Profº Álvaro Azevedo Cardoso, PhD.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Profº Álvaro Azevedo Cardoso, PhD.

Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por dar-me saúde e sabedoria para percorrer este caminho.

Ao Prof^o Álvaro Azevedo Cardoso, PhD pela incansável orientação, confiança e pelo imenso incentivo atribuído ao desenvolvimento deste trabalho.

À minha família, em especial ao meu filho e esposa, pela constante motivação e demonstração de afeto, mesmo na minha ausência no convívio, mas necessário para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho visa aplicar a técnica QFD (*Quality Function Deployment*) na melhoria do processo produtivo de uma indústria de beneficiamento de aços (soldagem a laser de chapas planas de diferentes espessuras, classes de resistência e tipos de revestimentos), também conhecido como *Tailor Welded Blank (TWB)*, a fim de reduzir o índice de não conformidades internas e externa. A metodologia baseou-se na realização de pesquisa e opinião dos clientes internos dependentes do processo de solda laser de duas chapas de aços galvanizadas á quente de qualidade EN-10346-09 graus HX300-YD e HX780-YD e espessuras de 1,00 e 1,50mm respectivamente. A etapa de identificação da voz dos clientes internos foi executada através de questionários abertos e fechados, aplicado diretamente aos departamentos de Vendas, Engenharia de produto, PCP, Engenharia de Qualidade, Laboratório de controle e Logística como fonte de construção de banco de dados, para identificação das demandas de qualidade mais importantes. A partir do desdobramento através da matriz de qualidade identificaram-se as características de qualidade de maior relevância, que foram representadas em gráficos seguindo a lógica de priorização proposta por Pareto. A metodologia QFD permitiu identificar os itens mais importantes das características da qualidade no processo de solda laser para definição de plano de ação, sendo 14% controle de porosidades, 11% resistência da solda laser e 9% prevenção do corte irregular das chapas, esta aplicação demonstrou uma contribuição para estabilidade do processo de solda laser a fim de assegurar as respectivas especificações do produto TWB. Constata-se também que a aplicação do QFD contribuiu para a redução de 80% do índice de não conformidades internas, aumento da produtividade e aumento da satisfação dos clientes externos.

Palavras-chave: Qualidade, Produtividade, Processo, QFD e Solda Laser.

ABSTRACT

This work aims to apply the technique QFD (Quality Function Deployment) in improving the production process of a steel processing industry (laser welding of flat sheets of different thickness, resistance classes and types of coatings), also known as Tailor Welded Blank (TWB), in order to reduce the rate of internal and external non-conformity. The methodology was based on the realization of research and opinion of internal customers dependent on the laser welding process of galvanized steel plates two hot quality EN-10346-09 degrees HX300-YD and HX780-YD and thicknesses of 1.00 and 1, 50 mm respectively. The voice identification step of internal clients was executed through open and closed questionnaires, applied directly to the departments of sales, product engineering, PCP, quality engineering, logistics and control laboratory as a source of building database, to identify the most important quality demands. From scrolling through the array of quality identified the characteristics of quality of greater importance, which were represented in charts following prioritization logic proposed by Pareto. The QFD methodology made it possible to identify the most important items of the characteristics of quality in the process of laser welding for definition of action plan, being: 14% porosity control, 11% laser welding resistance and 9% prevention of irregular cutting of plates, this application showed a contribution to stability of the laser welding process to ensure their product specifications TWB. Notes that the application of QFD contributed to a reduction of 80% of the non-conformities, internal productivity and increase customer satisfaction.

Keywords: Quality, Productivity, Process, QFD and Laser welding.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Administração da qualidade	19
Figura 2: Ciclo PDCA	23
Figura 3: Diagrama de causa e efeito - Ishikawa	27
Figura 4: Produtividade Sistêmica.....	39
Figura 5: Tipo de processos em operação manufaturada.....	45
Figura 6: Representação da abordagem de Makebe	50
Figura 7: Matriz de qualidade teórica.....	54
Figura 8: Matriz de qualidade e seus elementos.....	56
Figura 9: Requisitos do cliente	57
Figura 10: Característica de qualidade	59
Figura 11: Blank posicionado sob o feixe á laser para serem soldados.....	62
Figura 12: Blank soldado.....	62
Figura 13: Figura representativa de fabricação de um componente TWB	63
Figura 14: Lateral de um automóvel utilizando TWB.....	64
Figura 15: Costura não linear para TWB e costura linear para TWB.....	65
Figura 16: Regiões de aplicação do tailored blank	66
Figura 17: Longarina com TWB de 3 espessuras	66
Figura 18: Reforço lateral com TWB de 2 espessuras.....	67
Figura 19: Gráfico de pesquisa e satisfação	70
Figura 20: Matriz de qualidade do processo de solda laser	73

Figura 21: Gráfico de Pareto priorização dos itens da qualidade demandada	74
Figura 22: Gráfico de Pareto priorização das característica da qualidade	74
Figura 23: Gráfico de controle do processo de solda laser	75
Figura 24: Gráfico de pesquisa e satisfação	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Referência as operações do GUT	25
Quadro 2: Centros internacionais de produtividades.....	32
Quadro 3: Modelo QFD proposto por Akao	49
Quadro 4: Modelo conceitual de Bob.....	51
Quadro 5: Sequência de matrizes	52

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Diagrama de árvore de qualidade demandada	71
Tabela 2: Desdobramento da qualidade demandada para o processo de solda laser	72

LISTA DE ABREVIATURAS

TQM – Gestão de qualidade total (*Total Quality Management*)

QFD – Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment*)

TWB – Tailor Welded Blank

PDCA – Plan, Do, Check, Act (*Planejar, Fazer, Verificar e Agir*)

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

ISO – *International Organization for Standardization*

GUT – Gravidade, Urgência e Tendência.

FMEA– Análise do modo e efeito das falhas (*Failure Mode and Effect Analysis*)

IBQP– Instituto Brasileiro da Qualidade e Produtividade

QFDR– Função Qualidade no Sentido Restrito

QD – Desdobramento da Qualidade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Contexto.....	13
1.2 Objetivo	13
1.2.1 Justificativa.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Histórico e definições de Qualidade	15
2.1.1 Garantia da qualidade	18
2.1.1.1 Garantia da qualidade orientada pela inspeção.....	20
2.1.1.2 Garantia da qualidade orientado pelo control estatístico.....	21
2.1.1.3 Garantia da qualidade com enfase em novos produtos.....	22
2.1.2 Ferramenta da Qualidade.....	22
2.1.2.1 Ciclo PDCA.....	23
2.1.2.2 Gráfico de Pareto	24
2.1.2.3 Brainstorming.....	24
2.1.2.4 Matriz GUT	24
2.1.2.5 5W2H	26
2.1.2.6 Diagrama de causa e efeito - Ishikawa	26
2.1.2.7 FMEA.....	28
2.1.2.7.1 Tipos de FMEA	28
2.2 Produtividade.....	30
2.2.1 Produtivida sistêmica.....	35
2.2.2 Modelo de gestão através da produtividade sistêmica.....	37
2.3 Processo	42
2.3.1 Tipos de processo.....	43
2.4 Desdobramento Função Qualidade - QFD	45

2.4.1 Origem do QFD	46
2.4.2 Vantagens e Benefícios da aplicação do QFD	47
2.4.3 Abordagem do QFD.....	48
2.4.3.1 Abordagem do Akao	49
2.4.3.2 Abordagem do Makabe.....	50
2.4.3.3 Abordagem do Bob King	51
2.4.4 Etapas da aplicação do QFD.....	52
2.4.4.1 Escolha da equipe multifuncional.....	52
2.4.4.2 Levantamento de dados	53
2.4.4.3 A casa da Qualidade.....	54
2.4.4.4 Elementos da casa da qualidade	57
2.5 Solda laser	61
2.5.1 Descrição do processo de solda laser	65
2.5.2 Cuidados exigidos na fabricação do TWB	66
2.5.3 Outras aplicações do TWB	67
3. METODOLOGIA.....	69
4. RESULTADO E DISCUSÃO.....	70
5. CONCLUSÃO.....	76
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	78
7. APÊNDICE.....	83
7.1 Apendice I	84
7.2 Apendice II	85

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

Diferenciar-se cada vez mais da concorrência e buscar permanentemente a melhoria contínua através de aumentos de produtividade e redução de não conformidades da qualidade, passou a ser regra básica de sobrevivência das empresas no âmbito mundial. A crescente competição entre as empresas do mercado automotivo acelera não somente o aumento de qualidade e redução de custos, mas também a renovação e redução de ciclo de vida dos produtos (Calviti, 2008).

Neste ambiente competitivo, no qual os consumidores são também cada vez mais exigentes por produtos que realmente satisfaçam suas necessidades e que agreguem algum valor, as empresas brasileiras nos últimos anos têm buscado maneiras eficientes de satisfazer seus clientes. Uma desta maneira é a gestão para a qualidade total (Cheng, 1995).

O conceito de Gestão para a Qualidade Total (TQM), ou a maior preocupação das organizações em melhorarem seus processos, surgiu com maior ênfase na década de 60 no Japão onde empresas como Mitsubshi Heavy Industries e a Toyota Company, por exemplo, começaram a estudar modos de como melhorar os processos e satisfazer clientes internos e externos fornecendo produtos cada vez mais confiáveis (Akao, 1996).

Neste conceito uma das ferramentas que tem auxiliado as empresas é o QFD – *Quality Function Deployment*, ou Desdobramento da Função Qualidade, objeto de estudo deste trabalho. Esta ferramenta estrutura o desenvolvimento de um produto ou processo, baseando-se principalmente na expectativa do cliente para o referido produto (Oakland, 1994).

1.2 Objetivo

Este trabalho visa aplicar a técnica QFD (*Quality Function Deployment*) na melhoria do processo produtivo de uma indústria de beneficiamento de aços (soldagem a laser de chapas planas de diferentes espessuras, classes de resistência e tipos de revestimentos), também conhecido como *Tailor Welded Blank (TWB)*, a fim de reduzir o índice de não conformidades internas e externa.

1.2.1 Justificativa

O Brasil tem poucos fornecedores de TWB devido à necessidade de alto investimento para utilização de estações de trabalho com laser e implantação de laboratórios equipados para o controle de qualidade, no qual para atingir níveis compatíveis à companhia de TWB no exterior é necessário além de incorporar inovações no processo de soldagem, melhorar o gerenciamento do processo do desenvolvimento do produto.

Neste sentido, é importante ressaltar que, para Campos (1992), agrega-se valor ao produto tornando-o desejado e cobiçado pelo mercado através do atendimento das necessidades do cliente. Esse foco é justificado pela atual necessidade de melhorar continuamente os produtos para satisfazer as exigências do mercado, reavaliando suas funções e características técnicas, melhorando sua confiabilidade e diminuindo seus custos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Histórico e definições da qualidade

Segundo Garwin (1992), a primeira preocupação com o termo qualidade é registrado nos séculos XVIII e XIX quando toda a fabricação era feita por artesãos que trabalhavam sobre a supervisão de mestres de ofício. A produção se caracterizava pela pequena quantidade, o ajuste manual e a inspeção informal de produtos prontos surgiram como forma de assegurar a qualidade. A inspeção formal surge com a produção em massa e com a necessidade de produção de peças intercambiáveis, principalmente material bélico. Em 1922 surge oficialmente o controle de qualidade com a publicação de “*The Control of Quality in Manufacturing*” de autoria de Radford, G.S. em que a qualidade é vista pela primeira vez como responsabilidade gerencial distinta e independente. Em 1931 surgiu Shewart, W.A., criador dos gráficos de controle, uma das ferramentas mais importantes do controle estatístico de processos, e do ciclo PDCA (*Plan Do Check Action*) ferramenta fundamental para o gerenciamento da qualidade, publica “*Economic Control of Quality of Manufactured Product*” que trata cientificamente do controle de qualidade. Na década de 40, são amplamente utilizados os conceitos de controle de qualidade empregando fundamentação estatística na inspeção de material bélico.

Após o holocausto nuclear contra as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki em 1945, o Japão encontrava-se totalmente destruído e precisava de um milagre industrial. William Edwards Deming e Joseph Juran foram os principais responsáveis pelo movimento da qualidade no Japão por volta de 1950. Deming sustentava que a produtividade e a qualidade aumentam à medida que a “variabilidade do processo” diminui. (DEMING, 1990). Nos anos 70 e 80 os aspectos estratégicos da qualidade são reconhecidos e amplamente incorporados praticamente nas organizações do mundo inteiro. (GARWIN, 1992).

Os fundamentos da gestão de qualidade adotados em nosso país, em sua maioria, estão calcados nos princípios de Deming e Juran que focam o atendimento a cliente, portanto buscam a melhoria contínua dos produtos e serviços através do aprimoramento dos processos de trabalho e do desenvolvimento de todos os indivíduos envolvidos nesses processos (MALIK, 1996).

Deming norteia o caminho para qualidade total através de 14 pontos. São eles (Deming, 1990):

- 1) Criar uma intenção de melhoria contínua de produtos e serviços, com o objetivo de se tornar competitivo e de permanecer no negócio, proporcionando empregos.
- 2) Adotar a nova filosofia. A gerência ocidental deve acordar para o desafio, deve aprender suas responsabilidades e alterar a liderança para a mudança.
- 3) Acabar com a dependência da inspeção para atingir a qualidade. Eliminar a necessidade de inspeção em massa, criando qualidade para o produto em primeiro lugar.
- 4) Acabar com a prática de premiação do negócio baseando-se no preço. Ao invés disso, deve-se procurar minimizar o custo total.
- 5) Melhorar constantemente e para sempre o sistema de produção e serviço, melhorar a qualidade e produtividade, e assim, reduzir custo.
- 6) Treinamento institucional no trabalho (“on the job”).
- 7) Liderança institucional. O objetivo da supervisão deve ser ajudar as pessoas e máquinas a fazer o serviço melhor. A supervisão da gerência necessita uma revisão, assim como a supervisão dos trabalhadores da produção.
- 8) Livrar-se do medo, de forma que todos possam trabalhar efetivamente para a companhia.
- 9) Quebrar barreiras entre os departamentos. Pessoas de pesquisa, design, vendas e produção devem trabalhar como um time, para superar problemas de produção e de uso que possam ser encontrados com o produto ou serviço.
- 10) Eliminar slogans e objetivos que apelam á força de trabalho por defeito zero e por novos níveis de produtividade. Estas práticas só criam relações de adversários dentro da força de trabalho, sendo que as causas para a baixa produtividade e qualidade que residem no sistema recaem sobre a força de trabalho.
 - Devem-se eliminar padrões de cotas no chão de fábrica. Substituir a liderança.
 - Eliminar a gerência por objetivo. Eliminar a gerência por números alcançados. Substituir a liderança.

- 11) Remover barreiras que tiram o trabalhador frequente de sua rotina de trabalho pelo o orgulho de ser um destaque. A responsabilidade dos supervisores deve ser mudada de números para qualidade.
- 12) Remover barreiras que tiram as pessoas das áreas de gerência e de engenharia de seu trabalho pelo orgulho de se destacar. Isto significa abolir qualquer gerência por objetivo.
- 13) Implantar um vigoroso programa de educação e auto melhoramento.
- 14) Colocar todos na companhia para trabalhar em prol da transformação. A transformação é trabalho de todos.

Joseph M. Juran (1991), que também foi à chave para administração da qualidade japonesa. Preocupava-se com a responsabilidade pela qualidade com as atividades administrativas, e criou a expressão adequação ao uso na mudança de uma visão fabril tradicional de qualidade para uma abordagem mais voltada ao usuário. Criou o que se chamou de “trilogia da qualidade” de Juran – planejamento da qualidade, controle de qualidade e gestão de qualidade.

A Norma ABNT NBR ISO 9000:2005 define o termo qualidade como: “o grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz os requisitos” (ABNT, 2005).

Segundo Costa (2005), na literatura específica são encontradas várias definições para qualidade e até mesmo os “gurus da qualidade” não seguem uma mesma definição.

Deming (2000 *apud* Costa et al, 2005) define a qualidade como sendo atender, e se possível, exceder as expectativas do consumidor.

Para Ishikawa (1990), criador do conceito de círculos de qualidade e dos diagramas de causa e efeito, qualidade é satisfação do consumidor, Porém, para este autor, no contexto de qualidade total, a qualidade pode ser considerada (não restrita á qualidade do produto) na qual estão embutidos os aspectos da qualidade de gerenciamento. Assim, a obtenção da qualidade envolve as atividades de projetos, fabricação e venda do produto, todas gerando a satisfação do cliente.

Philip B. Crosby (1992) afirmava que as empresas não sabiam quanto gastavam em qualidade, seja para concertarem o que faziam de errado ou para fazerem certo, e, então desenvol-

veu um trabalho sobre custo da qualidade. Ele procurava destacar os custos e benefícios da implantação de programas de qualidade.

Por fim, deve-se citar que Tagushi e outros (1990) “trabalha” com não qualidade, representada pela função perda de qualidade. A perda de qualidade é definida como a perda em valores monetários que um produto causa a sociedade após a sua venda.

Analisando todas as definições dadas acima, percebe-se que pode resumi-las em uma única frase: “Qualidade é a Satisfação do Cliente”, que para Juran & Gryna (1992) é obtida através de dois componentes enumerados a seguir:

- 1) Característica da qualidade do produto. São os requisitos que caracterizam o produto tecnicamente e que devem ser medidos no produto para verificar se a qualidade exigida está sendo cumprida. (Cheng e Melo Filho, 2007).
- 2) Ausência de deficiência. Estas se refere á qualidade de conformidade e está estreitamente relacionada á redução de custos. Isto significa que, normalmente, o aumento de qualidade de conformidade resulta em diminuição de custo (redução de sucatas retrabalha e outros resultados de deficiências).

Para tanto, para atingir qualidade, deve-se primeiramente investir na qualidade do processo produtivo deste produto ou serviço, e também acompanhar o ciclo de vida do produto desde o seu desenvolvimento até o pós-vendas. Devem se mencionar alguns atributos ao produto de maneira que o mesmo atenda com êxito estes pontos conforme suas especificações detalhadas no projeto. (Feigenbaum, 1991).

2.1.1 Garantia da qualidade

Segundo Falconi (1995), A razão de existência no mercado global de uma empresa são os seus clientes. Por isso, toda administração de uma empresa deve estar norteada á qualidade, seja essa na produção, na logística ou em qualquer processo, é a busca contínua da satisfação dos clientes, mas também atingir a satisfação e necessidades de todo o núcleo envolvido tais como; clientes, funcionários, acionistas, comunidade, enfim, todos os envolvidos direta e indiretamente com a corporação.

Com a sociedade envolvida em tantas mudanças, e como a empresa é inserida em diversas regiões de diferentes culturas, para que a empresa possa sobreviver é necessário que a mesma esteja num constante desenvolvimento de novos produtos e serviços (com produtos melhores, mais acessíveis, novas tecnologias com maior confiabilidade), e para que sejam produzidos novos produtos é preciso ter novos e melhores processos que garantam a qualidade dos produtos produzidos. (Falcone, 1995).

Para garantir uma administração de qualidade, deve-se conhecer claramente o comprometimento da alta administração com os conceitos fundamentais da qualidade, com o intuito de uma política de qualidade robusta que englobe o planejamento estratégico da empresa. Esta visão é apresentada na figura 1, onde pode se lançar a mão de quatro pontos de extrema relevância que orientam a administração da qualidade, são esses:

- Estabelecer metas de qualidade para atender às necessidades dos clientes;
- Garantir a segurança dos usuários do produto;
- Engajar a participação de todos os empregados;
- Garantir o ciclo de vida dos produtos/serviço.



Figura 1 - Administração da Qualidade

Fonte: Falconi 1995

Segundo Falconi (1995), Garantia da qualidade é uma função da empresa com objetivo de confirmar que todas as atividades produtivas estejam sendo desempenhadas conforme requerimento, Sendo assim, a garantia da qualidade é o “juiz” do cliente na empresa, a fim de

visualizar e confirmar que todas as necessidades, expectativas e especificações sejam conduzidas de forma correta.

A mesma é alcançada pelo gerenciamento correto e permanente de todos os trabalhos e atividades da qualidade em cada projeto, processo e produto, buscando reduzir e eliminar possíveis falhas pela insaciável preocupação com a satisfação e expectativas de seus consumidores (Falconi, 1995).

Garantia da qualidade é a atividade de prover às partes interessada a evidência necessária para estabelecer a confiança de que a função qualidade esteja sendo conduzida adequadamente (Juran, 1991).

Contudo, a garantia da qualidade é o emprego interdepartamental e apropriado para ser realizado pelo conjunto de equipe multidisciplinar. Sendo um processo sistemático de verificação para certificação de que as inspeções de qualidade e todas as operações de controle de qualidade estejam sendo conduzidas de forma correta e adequada, além de verificar se os setores de desenvolvimento de produtos, produção e vendas estão trabalhando para que os níveis de qualidade sejam aceitáveis.

Portanto, se uma empresa alcançou o estágio de garantia da qualidade, significa que os consumidores/clientes têm em mãos um produto ou serviço confiável e com alto índice de satisfação e durabilidade. Dentro deste patamar podemos englobar alguns pontos importantes:

- a) Tradição – O consumidor / cliente somente obterá confiança no produto ou serviço que adquirir quando a empresa se tornar conhecida pela sua confiabilidade no mercado em longo prazo (Falconi, 1995).
- b) Satisfação total às necessidades e expectativas do cliente – O produto não pode ter falhas e não conformidades e também devem assegurar as expectativas e especificações do projeto contidas no produto ou serviço (Falconi, 1995).

2.1.1.1 Garantia da qualidade orientada pela inspeção.

O processo de inspeção é realizado por um departamento independente e com grande autoridade concedida, para inspeção do produto e processo produtivo.

Se a qualidade fosse melhorada no processo de produção dos produtos, poderiam até mesmo ser extinto estes processos de inspeção de peças, não podemos deixar de mencionar este aspecto e mais alguns seguintes:

- a) Inspectores de qualidade desempenham atividades que não agregam valor, aumentando os custos da empresa, isto é, somente confirmam a conformidade ou a não conformidade dos produtos;
- b) Com tantos lotes de produção se torna inviável, tanto no âmbito produtivo ou econômico, uma inspeção manual 100%. E mesmo que seja aplicada, não eliminará 100% dos defeitos;
- c) Para produtos com problemas que não ficam aparentes, a inspeção por produto não detecta estes defeitos, pois somente serão visíveis durante o uso do produto;
- d) O operador é responsável pela qualidade do produto que produz, por isso deve ser difundido este conceito a todos envolvido na produção destes produtos.

Portanto, enquanto houver defeitos deverá haver inspeção. A redução de defeitos não ocorre simplesmente com a normalidade, deve-se buscar a melhoria dos processos produtivos, localizando os defeitos na sua causa e raiz e eliminando-os com algumas ferramentas da qualidade que contribuem para contenção e eliminação de perdas não conformes.

2.1.1.2 Garantia da qualidade orientada pelo controle estatístico do processo.

Quando a garantia de qualidade é deslocada para o controle estatístico do processo, é importante ressaltar que todos na empresa devem estar contribuindo para confirmar a qualidade em cada ponto, também todos os setores de compras, engenharia, manutenção, entre outros.

No entanto, somente a garantia de qualidade pelo controle estatístico do processo não garante a qualidade ao cliente, pois se pode ter um processo perfeito, sem falhas e não conformidades, porém que não atendam as necessidades dos clientes.

2.1.1.3 Garantia da qualidade com ênfase no desenvolvimento de novos produtos.

A garantia da qualidade é construída em cada projeto e em cada processo. Neste estágio além de ter controle de processos e de inspeção, também se procura conduzir severamente as avaliações e garantir a qualidade em cada passo e desenvolvimento até o seu pós-vendas.

Ishikawa (1990) menciona alguns itens com razões da importância da garantia da qualidade no desenvolvimento de novos produtos:

- a) A garantia da qualidade somente pode ser efetivamente realizada se for conduzida durante o estágio de desenvolvimento de novos produtos;
- b) O desenvolvimento de novos produtos deve ser a maior preocupação da empresa devido o mercado globalizado, sendo que se a empresa não tomar estes cuidados necessários será candidata á falência;
- c) Com a garantia da qualidade no desenvolvimento, se tem a vantagem adicional de contribuir para que todos os departamentos da empresa ponham o controle da qualidade e da garantia da qualidade.

2.1.2 Ferramentas da qualidade.

A maior parte dos problemas existentes em uma empresa pode ser resolvida com o auxílio destas ferramentas. Cada ferramenta tem sua própria utilização, sendo que não existe uma receita adequada para saber qual a ferramenta será utilizada em cada fase.

Muitas contribuições foram feitas por especialistas de qualidade na utilização de programas e métodos de solução de problemas. As ferramentas de qualidade fazem parte de um grupo de métodos estatísticos elementares, usadas para melhoria de qualidade de produtos, serviços e processo (OAKLAND, 1994).

Segundo Oakland (1994), essas ferramentas devem ser usadas para interpretar e maximizar o uso de dados. O objetivo principal é identificar os maiores problemas e através de análise adequada procurar a melhor solução. Estes métodos devem ser conhecidos de todos os envolvidos em uma organização que deve fazer parte do programa de treinamento da qualidade.

2.1.2.1 Ciclo do PDCA (*Plan, Do, Check, Act* – Planejar, Fazer, Verificar, Agir).

O ciclo PDCA é uma ferramenta de melhoria contínua, ou seja, quando é identificado um problema ou uma oportunidade de melhoria, as etapas são realizadas através de um processo contínuo, que podem ser visualizados na figura 2:

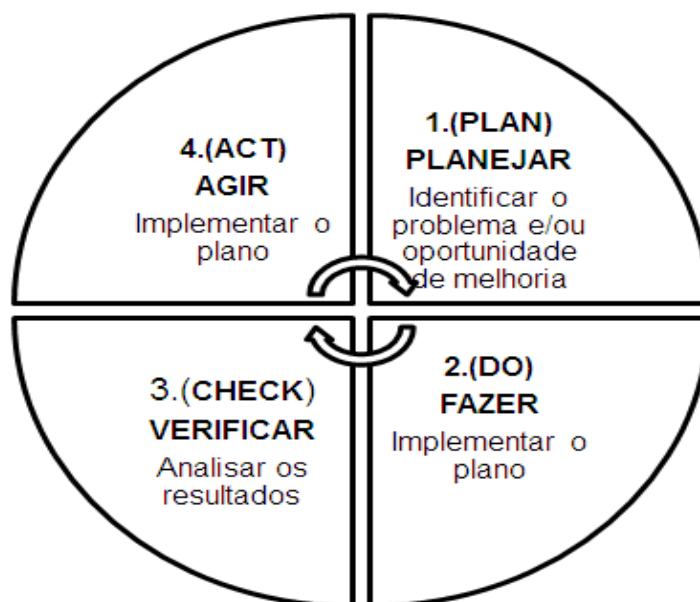


Figura 2: Ciclo PDCA

Fonte: Corrêa, 2005.

- Etapa 1 - **Planejar**: nesta etapa são apontadas as metas, os problemas, as oportunidades de melhoria e como resolvê-los;
- Etapa 2 - **Fazer**: com os dados obtidos anteriormente, a resolução dos problemas e/ou as oportunidades de melhoria devem, de forma experimental, serem resolvidos e os resultados anotados;
- Etapa 3 - **Verificar**: baseado nos resultados experimentais da segunda etapa deve-se avaliar se as metas foram atingidas, e o planejamento definido na primeira etapa deve ser reavaliado;
- Etapa 4 - **Agir**: nesta fase, o que foi planejado é implantado, passando a fazer parte normal dos processos; sendo o ciclo reiniciado tomando-se como base o que foi realizado (CORRÊA, 2005).

2.1.2.2 Gráfico de Pareto.

Werkema (1995) menciona que o Gráfico de Pareto é uma representação de barras verticais que dispõem informação, de forma a tornar evidente e visual a priorização dos temas. A informação assim disposta permite, também, o estabelecimento de metas numéricas viáveis a serem alcançadas.

O gráfico de Pareto sugere que existem elementos críticos e a eles devem prestar toda a atenção, Usa-se, assim, um modelo gráfico que os classifica em ordem decrescente de importância, a partir da esquerda (PALADINI, 1994).

Com isso podemos concluir que é um método gráfico de representação de dados por ordem de grandeza, importância e prioridade.

2.1.2.3 Brainstorming.

Oliveira (1996) conceitua o *brainstorming* como uma das ferramentas para geração de novas idéias, conceitos e soluções para qualquer assunto ou tópico em um ambiente livre de críticas e de restrições à imaginação.

Por isso é muito útil quando se deseja gerar em curto prazo uma quantidade de idéias sobre um assunto a serem resolvidas, possíveis causas de um problema, abordagem a serem usadas, ou ações a serem tomadas.

Oliveira (1996) afirma que o tempo de duração é de aproximadamente trinta e sessenta minutos, dependendo da complexidade do assunto e da motivação da equipe. As equipes variam entre quatro e oito pessoas.

2.1.2.4 Matriz Gut – Gravidade, Urgência e Tendência.

São parâmetros tomados para se estabelecer prioridades na eliminação de problemas, especialmente se forem vários e relacionados entre si. Segundo Grimaldi; Mancuso a técnica do GUT foi desenvolvida com objetivo de orientar decisões mais complexas. É um sistema usado quando desejamos priorizar os itens obtidos através do *brainstorming*, especialmente se forem vários e relacionados entre si. Cada participante atribuirá as idéias apresentadas um peso que corresponde às prioridades por ele sentidas.

Definem-se os escores em função da média aritmética simples ou ponderada dos itens considerados. Depois é hora de conhecer qual a prioridade na solução dos problemas detectados. Isso se faz com três perguntas (MEIRELES, 2001).

- 1) Primeira pergunta: Qual a gravidade do desvio? Indagação que exige outras explicações. Que efeitos surgirão em longo prazo, caso o problema não seja corrigido? Qual o impacto do problema sobre coisas, pessoas, resultados?
- 2) Segunda pergunta: Qual a urgência de se eliminar o problema? A resposta esta relacionada com o tempo disponível para resolvê-lo.
- 3) Terceira pergunta: Qual a tendência do desvio e seu potencial de crescimento? Será que o problema se tornará progressivamente maior? Será que tenderá a diminuir e desaparecer por si só?

Usar a ferramenta GUT obriga, segundo Meireles (2001), a considerar cada problema sobre tríplice foco de sua gravidade, da sua urgência e da sua tendência (Quadro 1), isto é:

- G – Gravidade: Considerando a intensidade dos danos que o problema pode causar se não se atuar sobre ele. Tais dados podem ser avaliados quantitativamente ou qualitativamente. Mas, sempre serão indicados por uma escala que vai de 1 á 5.
- U-Urgência: considerando o tempo para aparecimento de danos ou resultados indesejáveis se não se atuar sobre o problema. O período é considerado numa escala de 1 á 5.
- T – Tendência: considerando o desenvolvimento que o problema terá na ausência da ação. A tendência também é definida numa escala de 1 á 5.

Quadro 1 – Quadro referente às operações da ferramenta GUT

Valor	Gravidade	Urgência	Tendência	GxUxT
5	Os prejuízos, as dificuldades são extremamente graves.	É necessária uma ação imediata.	Se nada for feito a situação irá piorar rapidamente.	125
4	Muito Grave	Com alguma urgência	Vai piorar em pouco tempo.	64
3	Grave	O mais cedo possível	Vai piorar em médio prazo.	27

2	Pouco grave	Pode esperar um pouco	Vai piorar em longo prazo.	8
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Não vai piorar e pode até melhorar	1

Fonte: MEIRELES 2001

2.1.2.5 5W2H

Candeloro (2008) define o método 5W2H um tipo de checklist utilizado para garantir que a operação seja conduzida sem nenhuma dúvida por parte das chefias e subordinados. O 5W correspondem às seguintes palavras do inglês: *What* (o que); *Who* (quem); *Where* (onde); *When* (quando) e *Why* (por que). Os 2H são *How* (como) e *How Much* (quanto custa).

Conforme Meireles (2001) o 5W2H é um tipo de lista de verificação utilizada para informar e assegurar o cumprimento de um conjunto de plano de ação, diagnosticar o problema e delinear soluções. Essa técnica incidu em equacionar o problema, descrevendo-o por escrito, da forma como é sentido naquele momento particular, como afeta o processo e as pessoas.

2.1.2.6 Diagrama de causa e efeito – Ishikawa

Criado em 1943 por Kaon Ishikawa (por isso é também conhecido com o diagrama de Ishikawa), tem por objetivo principal a visualização de um processo, ou seja, o mapeamento entre uma série de fenômenos que sucedem e que são ligados entre si pelas relações de causa e efeito (ISHIKAWA, 1993).

Segundo Ishikawa (1993) conceitua como análise de processo que esclarece a relação entre os fatores de causa do processo e os efeitos como qualidade, custo, produtividade, etc., quando se este engajado no controle de processo. O controle de processo tenta descobrir os fatores de causa que impedem o funcionamento suave dos processos. Ele procura assim a tecnologia que possa efetuar o controle preventivo. Qualidade, custo e produtividade são efeitos ou resultados desde o controle de processo.

Com a forma de uma espinha de peixe, o modelo original sugeria quatro grandes grupos de causa que deveriam ser analisadas. Esses quatro grupos (também conhecidos como quatro M's) eram: materiais, mão de obra, métodos e máquinas. Versões mais recentes deste grupo

sugerem a análise orientada por seis grandes grupos de causa: materiais, mão de obra, métodos, máquinas, medidas e meio ambiente (VIEIRA, 1999).

Conforme a figura 3, que representa um modelo geral de diagrama. Através dele pode-se compreender o funcionamento da ferramenta:

- Na extremidade direita do eixo central é apresentado o sintoma que representa o problema a ser resolvido, ou efeito desejado do processo.
- A esse eixo central estão ligadas as diversas causas que de alguma forma cooperam para que a sintonia ou efeito ocorra.
- Cada causa, por ocasião de sua análise, transforma-se também em um eixo central e a esse eixo são ligadas causas menores. Essa interação pode ocorrer indefinidamente, até que as causas mais elementares sejam identificadas.

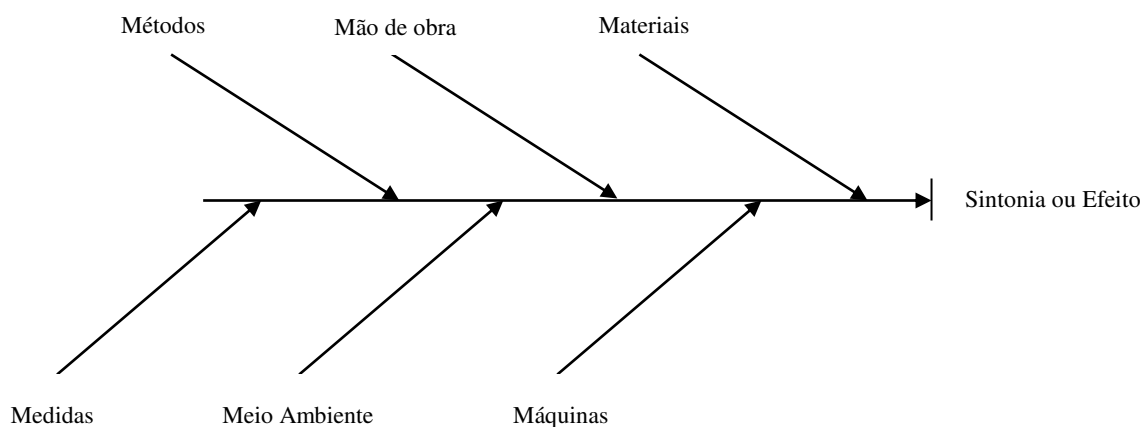


Figura 3: Diagrama de Causa e efeito de Ishikawa

Fonte: VIERA S; 1999

Por isso o diagrama de causa e efeito é utilizado para facilitar a visualização entre os fatores que causam o problema, e o seu efeito. Estes grupos podem ser associados ao 6M's: (VIEIRA,1999).

- Máquina;
- Método;
- Mão de obra;
- Matéria Prima;

- Meio Ambiente.

Normalmente é elaborado a partir de um *brainstorming* e permitem que sejam colocadas através desses grupos as possíveis causas do problema.

2.1.2.7 FMEA – Análise dos modos de falhas e efeito.

A metodologia FMEA - Análise dos modos de falhas e efeito do inglês (*Failure Modes and Effects Analysis*) é uma ferramenta que busca evitar, através da análise das falhas potenciais e propondo melhorias, que ocorram falhas no projeto ou do processo. Com este objetivo pode-se dizer que, com a sua utilização, se está diminuindo a chance do produto ou processo falhar durante sua operação, ou seja, estamos buscando a aumentar a confiabilidade do produto/processo (TOLEDO e AMARAL, 2006).

Para Toledo e Amaral (2006) Apesar de ter sido desenvolvido com enfoque no projeto de novos produtos e processos, a metodologia FMEA, pela sua grande utilidade, passou a ser aplicada de diversas maneiras. Assim, ela atualmente é utilizada para diminuir as falhas de produtos e processos existentes e para diminuir a probabilidade de falha em processos administrativos. Tem sido empregada também em aplicações específicas tais como análise de fontes de risco em engenharia de segurança e na indústria de alimentos.

Visto que o FMEA busca garantir a qualidade e a confiabilidade dos produtos e processos, para Bastos (2006) a confiabilidade pode ser entendida como a probabilidade e um item desempenhar a função requerida sob condições estipuladas durante um determinado período de tempo, ou seja, sem falhas (JURAM e GRZYNA, 1992).

2.1.2.7.1 Tipos de FMEA

Para Toledo e Amaral (2006) FMEA pode ser aplicado tanto no desenvolvimento do projeto do produto como no projeto do processo. As etapas e a maneira de realizar a análise são as mesmas, ambas diferenciam-se somente quanto ao objetivo, assim as análises de FMEA são classificadas em dois tipos:

- FMEA de produto:

Em uma FMEA de produto, são consideradas as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é evitar falhas no produto ou

processo decorrentes do projeto. É também denominado de FMEA de projeto (TOLEDO e AMARAL, 2006).

Segundo Moura (1999), a FMEA de projeto dá suporte ao desenvolvimento do projeto reduzindo o risco de falhas, por:

- Auxiliar na avaliação objetiva dos requisitos do projeto e das soluções alternativas;
- Considerar os requisitos de manufatura e montagem no projeto inicial;
- Aumentar a probabilidade de que os modos de falhas potenciais e seus efeitos nos sistemas e na operação do veículo tenham sido considerados no processo de desenvolvimento/projeto;
- Proporcionar informações adicionais para ajudar no planejamento de programas de desenvolvimento e de ensaios de projetos eficientes e completos;
- Desenvolver uma lista de modos de falhas e potenciais classificadas de acordo com os seus efeitos no cliente, estabelecendo assim um sistema de priorização para melhorias no projeto e ensaios de desenvolvimento;
- Proporcionar uma forma de documentação aberta para recomendar e rastrear ações de redução de risco;
- Proporcionar referências para o futuro ajudar nas análises de problemas de campo, na avaliação de alteração de projeto e no desenvolvimento de projetos avançados.

O “cliente” de uma FMEA de projeto não é apenas o “usuário final, mas também os engenheiros e a equipe responsáveis pelo projeto de montagens de níveis superiores ou do produto final, e/ou os engenheiros responsáveis pelo processo de manufatura em atividades como Manufatura, Montagem e Assistência Técnica” (MOURA 1999).

- FMEA de processo:

Para Toledo e Amaral (2006), em uma FMEA de processo são consideradas as falhas no planejamento e execução de processo, ou seja, o objetivo desta análise é evitar falhas do processo, tendo como base as não conformidades do produto com as especificações do projeto.

Conforme Moura (1999) uma FMEA de processo é uma técnica analítica utilizada pelo engenheiro e a equipe responsável pela manufatura com a finalidade de assegurar que, na medida do possível, os modos de falha de potenciais e suas causas sejam avaliados. De uma forma mais precisa, uma FMEA é um resumo dos pensamentos da equipe durante o desenvolvimento de um processo e inclui a análise de itens que poderiam falhar baseados na experiência e nos problemas passados. Esta abordagem sistemática acompanha, formaliza e documenta a linha de pensamento que é normalmente percorrido durante o processo de planejamento da manufatura.

Para Moura (1999) a FMEA de processo:

- Identifica os modos de falhas potenciais do processo relacionado ao produto;
- Avalia os efeitos potenciais da falha no cliente;
- Identifica as causas potenciais de falhas no processo de manufatura ou montagem e as variáveis que deverão ser controladas para redução da ocorrência ou melhoria da eficácia da detecção das falhas;
- Classifica modos de falha potenciais, estabelecendo assim um sistema de priorização para a tomada das ações corretivas;
- Documenta os resultados de processo de manufatura ou montagem.

Para Moura (1999), “o cliente para uma FMEA de processo pode ser o usuário final do produto, uma operação subsequente do processo de manufatura, uma operação de montagem, ou uma operação de assistência técnica”.

2.2 Produtividade

O conceito de produtividade foi introduzido e desenvolvido nas organizações para auxiliar, avaliar e melhorar seu desempenho. Inicialmente, a produtividade era calculada pela razão entre o resultado da produção e o número de empregados. Por um longo período, esta fórmula representou a produtividade de uma organização, quando se almejava o aumento da produção por empregado utilizado. Outras formas de medir a produtividade surgiram ao longo do tempo, quando era relacionado o resultado da produção com a utilização de outros recursos, como, por exemplo, energia, matéria-prima, insumos, entre outros (KING, 2007).

Segundo Martins (1999), pelo modelo de produtividade industrial, a eficiência provém em grande parte da redução do custo do fator dominante, que no início do século era a mão de obra direta. O custo era avaliado, neste caso, por meio do tempo cronometrado da execução das tarefas, que permitia assim calcular quanto esse recurso poderia produzir. Seguindo essa lógica, todos os produtos fabricados e todas as tarefas necessárias eram transformados em tempos padrão. A partir da apuração do tempo realmente gasto com as tarefas era possível calcular a produtividade e dessa forma pagar os salários dos operários. Essa era a lógica simples na qual o modelo de produtividade de Taylor era pautado. O conceito de produtividade foi evoluindo com o passar do tempo, as teorias desenvolvidas sofreram alterações através dos tempos e vão sendo adaptadas às novas realidades. Vários autores contribuíram para se chegar a algumas definições atuais, porém o significado de produtividade está em constante evolução.

Para Almeida (2003) a eficiência com a qual as entradas são transformadas em produtos finais é uma medida da produtividade do processo. Em outras palavras, a produtividade mede quão bem convertemos as entradas em saídas. Genericamente, produtividade é definida como:

$$\text{Produtividade} = \text{Saída (Output)}/\text{Entradas (Input)}$$

Onde input corresponde aos recursos empregados como matéria-prima, equipamento, trabalho e outros fatores de produção, enquanto output equivale aos resultados obtidos na utilização desses recursos.

A produtividade é um indicador relativo, ou seja, para fazer sentido a produtividade precisa ser comparada com algum fator. Outra abordagem mede a produtividade ao longo do tempo na mesma operação. Assim, pode-se comparar a produtividade em um dado período de tempo com os períodos anteriores e seguintes (ALMEIDA, 2003).

A produtividade, num sentido restrito, para King (2007) tornou-se uma atitude, e, então, evoluiu para convicção, compromisso, e, finalmente, uma filosofia, a partir de um mero cálculo para estimá-la.

De acordo com King (2007) a palavra japonesa produtividade significa “uma atitude do coração”. Para os japoneses, a alta produtividade está diretamente ligada a uma atitude mental que lidera uma ação prática, resultando em melhorias e benefícios para todos.

Se, no passado, a produtividade era domínio de poucos, o autor complementa que, atualmente ela transformou em uma preocupação de todos – políticos, homens de negócio trabalhadores. Tornou-se extremamente importante para as pessoas preocupar-se com este assunto, que praticamente faz parte de seu bem-estar, da melhor forma de viver.

O autor, ainda, demonstra a produtividade sendo definida por diferentes Centros Internacionais de Produtividade (Quadro 2), os quais serviram de base para a criação do modelo de gestão pela produtividade sistêmica, procurando-se obter um indicador que permitisse ter-se como comparar e estar fundamentado em um desenvolvimento reconhecido intencionalmente:

Quadro 2 - Centros Internacionais de Produtividade Fonte: King (2007)

Centros Internacionais de Produtividade	Definições
Organização Europeia para cooperação econômica.	“Produtividade é um quociente obtido por dividir-se um produto por um de seus elementos de produção”
Associação Europeia de Produtividade	“Produtividade é o grau de utilização efetiva da produção de elementos.”
Centro de Produtividade do Japão	“Produtividade é minimizar cientificamente o uso de recursos materiais, mão de obra, equipamentos, etc., para reduzir custos de produção, expandir mercados, aumentar o número de empregados, lutar por aumentos reais de salários e pela melhoria do padrão de vida no interesse comum do capital, trabalho e consumidores.”
Centro Nacional de Produtividade de Cingapura	“Produtividade é uma atitude da mente que busca atingir melhorias contínuas nos sistemas e nas práticas que traduzem as atitudes em ações”
Conselho de Produtividade de Hong Kong	“Produtividade é a relação entre output e input”. Deve ser vista como a adição de valor para a otimização. “É um conceito total que direciona os elementos-chave da competição, inovação, custo, qualidade e entrega.”
Prêmio Nacional da Qualidade Malcolm Baldrige	“Produtividade refere-se a medidas de eficiência do uso dos recursos. Embora o termo seja aplicado para fatores únicos como mão de obra (produtividade do trabalho), máquinas, materiais, energia e capital, o conceito de produtividade aplica-se também ao total de recursos. A combinação normalmente requer que se tenha uma média ponderada de diferentes medidas dos fatores únicos, onde o peso tipicamente flete os custos dos recursos. O uso de uma medida agregada como a produtividade total dos fatores permite determinar se os efeitos das mudanças globais em um processo – possivelmente envolvendo equilíbrio de recursos – são benéficos ou não.”
Instituto nacional da Produtividade da África do	“Acima de tudo, produtividade é uma atitude da mente. É a determinação para melhorar o desempenho de ontem e

Sul	fazer ainda melhor amanhã. É a vontade de melhorar a situação presente, independentemente de quão boa ela possa parecer. É o esforço sustentado para aplicar novas técnicas e métodos. É a fé no progresso”
-----	---

Para Oliveira (2004) os indicadores de produtividade são ligados à eficiência, estão dentro dos processos e tratam da utilização dos recursos para a geração de produtos ou serviços. Medir o que se passa, no interior dos processos e atividades, permite identificar problemas e, conseqüentemente, preveni-los, para que não tragam prejuízos, tanto para a organização como para clientes ou usuários.

Os indicadores de produtividade são muito importantes, uma vez que permitem uma avaliação precisa do esforço empregado para gerar produtos ou serviços. Devem andar lado a lado com os indicadores de qualidade, formando, assim, o equilíbrio necessário ao desempenho global da organização (OLIVEIRA, 2004).

King (2007) enfatiza que o significado contemporâneo de produtividade deve ser considerado de maneira ampla. Isto é, produtividade significa os esforços para adaptar eficiência à humanidade e harmonizá-la com o meio ambiente.

O autor, de uma forma mais ampla, define produtividade como sendo a conjugação de eficiência mais eficácia, ou seja, fazer certas as coisas no tempo certo. Não é somente obter o máximo de eficiência e o máximo de eficácia. É necessário ir além do conceito básico de output/input e entender os fatores determinantes da melhoria da produtividade.

Martins (1999) propõem a busca de um novo modelo de organização que, ao invés de ser baseada na produtividade dos recursos, é baseada na produtividade para organização. O modelo de produtividade para organização procura romper com o conceito de produtividade do modelo clássico fordista/taylorista no qual a produtividade do sistema é igual à soma da produtividade das partes (tarefas).

Ainda, estes mesmo autores têm uma proposta que abandona o conceito no qual a tarefa é o elemento central da produção de bens e serviços. No modelo proposto pelos autores, a produtividade da organização advém, principalmente, da coordenação entre as tarefas para incorporar e atingir os objetivos da empresa.

Martins (1999) complementa colocando três propostas que são feitas para a estruturação do modelo de produtividade para organização: abandono do conceito de operação (tarefa) em prol do conceito de evento, construção da cooperação por meio da comunicação ativa ao invés da comunicação retorcida e formal e participação e interpretação da formulação estratégica no lugar da tomada de decisão por meio do recorte hierarquico-funcional.

De acordo com King (2007) as empresas devem medir sua produtividade pelas seguintes razões:

- Os indicadores de produtividade apoiam-se no desenvolvimento do planejamento estratégico da empresa, não somente porque exercem o papel de um instrumento de medida para mostrar se os objetivos estratégicos estão sendo atingidos ou não, mas porque mostram, de uma maneira mais segura, onde ela deve concentrar esforços para se tornar mais produtiva;
- Com um correto sistema de indicadores, os funcionários tornam-se mais conscientes sobre o que é produtividade. Ao invés de um conceito abstrato, a produtividade ganha uma dimensão mais concreta;
- Utilizando-se os indicadores de produtividade como uma ferramenta de diagnóstico, será possível identificar áreas problemáticas que requerem atenção imediata e então implementar melhorias;
- Em programas de incentivo ou de distribuição dos resultados é mais eficiente interligar melhorias ou crescimento da produtividade com aumento de salários;
- Um sistema de indicadores de produtividade devidamente integrado com a distribuição dos resultados financeiros irá contribuir na melhoria do padrão de vida das pessoas.

O mesmo complementa dizendo que os indicadores físicos de produtividade são utilizados somente em situações onde o output é constante e a sua aplicação está mais voltada ao nível onde são desenvolvidas as atividades operacionais. Eles mostram a eficiência com que a empresa opera, mas não demonstram sua efetividade. Uma empresa pode estar produzindo uma grande quantidade de produtos que não terão nenhuma utilidade se não houver pessoas interessadas em comprá-los. Portanto, o objetivo último da empresa é gerar resultado financeiro que possa beneficiar todos os que apoiam a geração de sua riqueza. Neste nível, a empre-

sa necessita de indicadores que possibilitem analisar não somente os reflexos referentes à eficiência da produção, mas também o quanto a empresa está gerando de valor (sua efetividade).

Para Macedo (2002) a produtividade do processo produtivo em uma empresa não pode ser avaliada somente pela eficiência de uma de suas fases, a produção. Todos os fatores/variáveis que afetam o desempenho da empresa (preço e qualidade do produto, estratégia de mercado, volume de vendas, estoque de produtos acabados, padrão tecnológico, qualidade dos processos de produção, relações de trabalho, custo e qualidade das matérias primas, estoque de matérias-primas, relação com fornecedores) afetam também, sistemicamente, a produtividade.

A produtividade e os indicadores de produtividade vêm sendo utilizados ao longo do tempo por pessoas e organizações para medir e acompanhar o seu desempenho. Porém, em muitos casos, tais indicadores de produtividade são subutilizados, ou seja, não são trabalhados de forma sistêmica. Com o intuito de explorar toda a potencialidade que a análise da produtividade pode fornecer, vem sendo desenvolvido um modelo para a Produtividade Sistêmica (IBQP, 2001).

2.2.1 Produtividade Sistêmica

Segundo Macedo (2002) ainda é presente a visão de que as determinantes da produtividade das empresas se referem a cada departamento isoladamente. Entretanto, nos últimos 30 anos, essa concepção vem sofrendo fortes mudanças e, em seu lugar, têm sido difundidos novos sistemas e técnicas de gestão, cujo princípio básico é o desenvolvimento de uma visão sistêmica da empresa. O autor enfatiza a importância da visão sistêmica (ou global) da empresa ao afirmar que a otimização local de cada departamento, ou de cada máquina, não garante a otimização total da empresa.

Para atender a esta nova realidade, novos modelos de produtividade começaram a ser desenvolvidos, buscando uma melhor compreensão de produtividade e crescimento econômico. Com base nisso King (2007) expõe que a proposta da Produtividade Sistêmica perpassa fortemente todas as definições anteriormente citadas, ampliando apenas a sua forma de atuação como maneira de se medir a riqueza de uma organização ou de um setor produtivo. Ou seja, o dimensionamento da produtividade e do valor agregado gerado nos níveis micro (produtividade medida pela eficiência dos recursos empregados e eficácia dos resultados

obtidos em uma empresa e/ou setor) e macro (produto interno bruto per capita), consideram alguns fatores e princípios além dos já convencionados pela análise tradicional de medição da produtividade.

Para Oliveira (2004) a sustentabilidade das organizações produtivas passa necessariamente pelo processo de melhoria contínua nas políticas de gestão e nas ferramentas de tomada de decisão. Atualmente, para o setor produtivo, a sobrevivência não é mais suficiente para garantir o sucesso, as organizações devem buscar longevidade com qualidade, em parceria com o meio ambiente e tendo como cúmplice a sociedade com a qual convivem e para qual devem demonstrar sua preocupação com a qualidade da vida desta e das futuras gerações. O setor produtivo deve compatibilizar a busca pelo desenvolvimento econômico com a preservação das condições de vida, pela integração dos sistemas de gestão da qualidade, da gestão ambiental e da segurança e saúde ocupacional e pelo exercício da responsabilidade social, e é justamente dentro desta visão que se desenvolvem os modelos de produtividade sistêmica.

Produtividade sistêmica segundo Macedo (2002) é uma abordagem integrada dos diversos fatores que integram os processos produtivos: sociais, tecnológicos, culturais, econômicos e ambientais. Complementa que quando a produção é customizada e/ou os bens e serviços produzidos pela empresa não são homogêneos, esse método de medição, pela produtividade sistêmica, é também o mais adequado, pois não apresenta problemas de agregação.

Silva (2010) defende que o senso comum, assim como o senso estritamente científico, aceita como suficiente uma definição de produtividade como a arte de fazer mais com menos. Já os grandes Mestres da humanidade assumiram que a produtividade consiste na arte de ser mais com menos, o que pressupõe, também, fazer mais com menos. O conceito de produtividade sistêmica integra as duas definições anteriores, além de pressupor que a sua avaliação deve ser feita sob diversos pontos de vista.

As pressões do curto prazo impõem, em situações extremas, que se busque a sobrevivência sem a devida atenção aos aspectos humanos e ambientais envolvidos. Mas isso pode dar-se por falta de tempo, ausência de conhecimento ou falta de um senso de responsabilidade. Muitas vezes a visão de curto prazo torna-se um vício, sem levar em conta conhecimentos disponíveis e critérios morais referendados pela experiência histórica (SILVA, 2010).

O autor propõe que um dos remédios de largo espectro para combater os males apontados consiste em se adotar a produtividade sistêmica para medir os resultados da ação humana. Neste sentido, a produtividade não seria medida apenas de forma parcial, pela capacidade de acumular e de consumir, mas pelo aumento contínuo da capacidade de enriquecer a sociedade, por exemplo, criando oportunidades de trabalho e de vida saudável. O novo desafio da produtividade implica a capacidade de ser feliz com poucos recursos materiais, simultaneamente com a exigência de se produzir cada vez mais com cada vez menos.

Tradicionalmente, os indicadores de produtividade utilizados mundialmente constituem-se em indicadores de produtividade do capital e do trabalho. Em função desses dois elementos (capital e trabalho) King (2007), estabelece para a produtividade sistêmica um desdobramento ou uma extensão para que a análise da produtividade não seja um fim ou um resultado em si mesmo. A avaliação da produtividade deve passar pelos aspectos humanos, dos meios físicos de produção, de meio ambiente e de gestão, balizados através de dois princípios que nortearão todo um propósito de análise da produtividade: o princípio da comparação e o princípio da distribuição.

Contextualizando-se o sistema como forma condicional de se medir a Produtividade, cria-se uma abordagem, portanto sistêmica e integrada, que visa acima de tudo à sinergia e à dinâmica de todos os fatores diretos e indiretos de produção. Ou seja, consideram-se também, além do desempenho de uma economia, os aspectos sociais e ambientais ou ecológicos, imprescindíveis para formar e dignificar a qualidade de vida e de trabalho de todos os cidadãos (KING, 2007).

Assim, para o Instituto Brasileiro da Qualidade e Produtividade (IBQP) a produtividade tem como objetivo principal o desenvolvimento sustentável com o melhor padrão de vida para a sociedade. A produtividade tem, acima de tudo, uma função social, e o conceito de Produtividade Sistêmica está fundamentado nesta função.

2.2.2 Modelo de gestão através da produtividade sistêmica

Macedo (2002) menciona que a produtividade sistêmica não se restringe ao pensamento de eficiência apenas no contexto da organização, mas como amplo horizonte que relaciona compras de fornecedores intermediários, relacionamento com clientes internos e externos.

Afirma, também, que a eficiência na produção é condição necessária, mas não suficiente, do processo produtivo da empresa.

A produtividade sistêmica é formada por 5 fatores e 2 referenciais da produtividade. Os fatores são todos aqueles que afetam diretamente a produtividade de uma organização, ou seja, os recursos humanos, os meios de produção, o inventário, os recursos naturais e a gestão. Os referenciais são fatores orientadores que devem direcionar toda a análise de produtividade, ou seja, a comparação que se faz com os indicadores e referências de medida e a distribuição do valor agregado aos seus diversos segmentos envolvidos no processo econômico e social. (IBQP, 2007). Como mostra a figura 4:

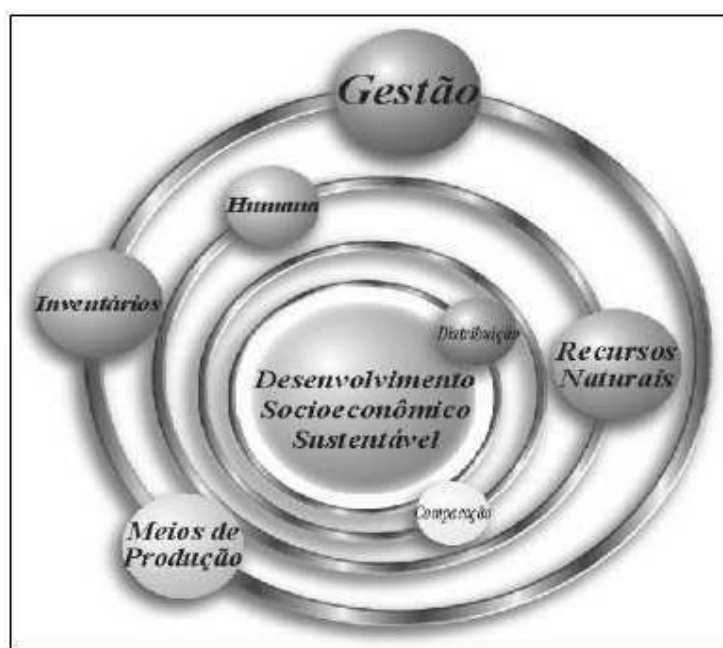


Figura 4 – Produtividade Sistêmica

Fonte: Martins, 1999

De acordo com a figura (IBQP, 2007):

- Fator Humano;

É a relação entre o resultado obtido em um determinado período e o número de pessoas envolvidas ou pelo valor investido nessas pessoas (despesas com pessoal), objetivando aperfeiçoar ou aumentar a produtividade gerada por essas pessoas. Neste fator, a Gestão pela Produtividade Sistêmica (GPS) visa a um melhor aproveitamento do trabalho, relacionado com as

condições que a organização disponibiliza para seus colaboradores, para que estes tenham as condições necessárias de criar um maior valor agregado e obter melhores resultados.

Com esta visão do fator humano, pode-se acrescentar que, de acordo com a ABNT NBR 16001 (2004), que trata da Responsabilidade Social, baseando-se no crescimento da preocupação, em todos os tipos de empresas, com a ética, cidadania, direitos humanos, desenvolvimento econômico, desenvolvimento sustentável e inclusão social. Ainda nesta norma, é dito que algumas organizações têm conduzido e avaliado programas de responsabilidade social, mas tais avaliações podem não ser suficientes se não forem conduzidas dentro de sistemas de gestão estruturados e que estes estejam integrados à empresa.

- Fator Meios de Produção:

É a relação entre o resultado da produção e os meios utilizados para a sua obtenção (máquinas, equipamentos e instalações), objetivando o aumento do rendimento, da eficiência e da efetividade dos meios de produção. A ferramenta da qualidade, o ciclo PDCA, é utilizado visando à melhoria contínua, podendo ser usado neste fator para que, após o término do seu ciclo, coloquem-se outro objetivo a serem alcançados, obtendo-se, assim, uma constante evolução do mesmo.

- Fator Inventário:

É a relação entre a produção e o estoque, objetivando buscar o balanceamento ideal dos estoques de matéria-prima, material em processo e produto acabado. O fator Inventário, também pode ser entendido como Fator Estoque, que visa relacionar e utilizar com uma maior eficiência os estoques iniciais, intermediários e finais. Este fator só é levado em consideração se o seu uso for representativo no resultado.

- Fator Recursos Naturais

É a otimização do uso racional dos recursos naturais, visando a minimizar e/ou eliminar os efeitos ambientais decorrentes das atividades humanas, objetivando a busca permanente de uma melhor qualidade ambiental, avaliando, incorporando e integrando a filosofia, os princípios e os conceitos de meio ambiente dentro do contexto da produtividade, de forma a verificar o desempenho da cadeia produtiva em relação à proteção ambiental e sua própria sustentabilidade.

- Fator Gestão

É a relação entre os recursos utilizados e os resultados obtidos através do gerenciamento efetivo de todos os fatores que compõem o sistema, objetivando a otimização do gerenciamento dos processos para a obtenção de produtos/benefícios, gerando riqueza, competitividade e desenvolvimento sustentável (econômico social e ambiental).

- Referencial de comparação

É o processo de comparação a uma fonte preestabelecida e determinada dos 5 fatores mencionados acima, com o objetivo de posicionar as organizações em relação a outras organizações do mesmo ou de diferentes grupos, indicando seus pontos passíveis de melhoria. Neste referencial, é usado o benchmarking, que consiste em desenvolver um processo contínuo e sistemático de comparação das práticas de negócios reconhecidas como melhores em suas áreas, com o propósito de melhoramento e desenvolvimento organizacional.

- Referencial de distribuição

É a distribuição justa da riqueza gerada pela empresa entre empresários, trabalhadores, governo, consumidores, investimentos e terceiros (aluguéis, bancos), com o intuito de, através da metodologia do valor agregado, possibilitar a justa distribuição dos ganhos da empresa entre todos os componentes que apoiaram e contribuíram para esta geração.

Assim produtividade, significa criar condições para o desenvolvimento sustentável e um melhor padrão de vida para a sociedade. Portanto, Produtividade tem acima de tudo uma função social e o conceito de Produtividade Sistêmica está fundamentado nessa função.

Segundo King (2007), a gestão integrada da produtividade deve ter dois propósitos principais:

- integrar e sistematizar todas as técnicas e sistemas cujo objetivo seja a melhoria contínua da produtividade da empresa;
- construir um sistema que seja suficientemente flexível e ágil para se adaptar às frequentes inovações (processos e produtos) que são desenvolvidas em uma organização.

Segundo o mesmo autor, esses propósitos especificamente representam:

- estabelecer objetivos específicos e indicadores de referência ou de benchmarking para as atividades de melhoria, fazendo com que uma organização, eficaz e eficientemente, possa identificar o que fazer para aumentar a sua produtividade;
- adotar uma postura do tipo *top-down* e focada em prioridades como abordagem básica para a gestão;
- garantir que todas as atividades estejam perseguindo os seus objetivos, de maneira eficiente e clara, na definição das suas estratégias e ações;
- construir um modelo de organização baseado na eficiência e motivação, uma organização vigorosa e dinâmica na implementação das estratégias selecionadas e no atingimento dos objetivos que a definem;
- atingir os objetivos desejados na operação, através do envolvimento dos empregados no desenvolvimento de operação do sistema de produção, observando elevados níveis de desempenho.

Aplicar a Produtividade Sistêmica dentro de uma empresa é um processo que exige a participação de todos os envolvidos uma vez que, após o entendimento e aplicabilidade do conceito, as melhorias devem ser contínuas. Nesse sentido, a ferramenta PDCA pode ajudar a melhor entender a necessidade, as fases e aplicabilidade do modelo.

De acordo com Macedo (2002) com essa perspectiva metodológica, a empresa é analisada não como um mero conjunto de departamentos (vendas, produção, entre outros), mas como uma unidade sistêmica. O foco da empresa passa a ser a geração de valor adicionado pelo seu processo produtivo e não mais a sua produção física. O autor complementa que o conceito de Gestão da Produtividade Sistêmica amplia o escopo dos aspectos relativos à eficiência do processo produtivo de uma empresa. Como a variável-chave da produtividade sistêmica é o valor adicionado por esse processo, a sua gestão deixa de ter natureza operacional e transforma-se no eixo de formulação das estratégias da empresa. O quadro analítico da produtividade, de seus fatores determinantes e de suas relações com a lucratividade passa a ser o referencial de planejamento estratégico da empresa.

2.3 Processo

Processo é qualquer atividade que torna um input (entrada), processa-o, adicionando valor a ele e fornece um output (saída) a um determinado cliente. Os processos utilizam recursos da organização para oferecer resultados objetivos a seus clientes (HARRINGTON, 1993). De maneira formal, processo é um grupo de atividades realizadas numa seqüência lógica com o objetivo de produzir um bem ou serviço que tem valor para um grupo específico de clientes (HAMMER & CHAMPY, 1994). Em outra definição, os processos empresariais são atividades coordenadas que envolvem pessoal, procedimentos e tecnologia (MALHORTA, 1998 e GONÇALVES, 2000). Um processo é, portanto, uma específica ordenação de atividades de trabalho através do tempo e do espaço com um início, um fim e um conjunto claramente definido de entradas e saídas: uma estrutura para a ação (KEEN, 1997).

Os processos são a fonte das competências específicas da empresa que fazem a diferença em termos de concorrência, além da influência que podem ter a estratégia, os produtos, a estrutura e a indústria (KEEN, 1997).

Segundo Netto (2006), a visão por macroprocessos (grandes conjuntos de atividades pelos quais a empresa cumpre sua missão) de uma organização envolve três elementos necessários para descrever um negócio: o cliente, o produto e o fluxo de trabalho. Ainda, Paim (2007) propõe como fundamental para determinar os macroprocessos e chegar a uma orientação horizontal os seguintes pontos: ver como realmente são executadas as atividades que agregam valor ao cliente, independentemente das fronteiras funcionais; os colaboradores, por sua vez, devem entender como o seu trabalho se alinha com o processo, como interfere no mesmo e como favorece o trabalho em equipe e, por fim; ver os relacionamentos internos e externos entre cliente-fornecedor, por meio dos quais são gerados produtos e serviços.

Ishikawa (1993) vai mais longe quando afirma que enquanto houver causas e efeitos, ou fatores de causas e características, todos podem ser processos.

Outra característica importante dos processos é o fato de terem clientes (sejam eles internos ou externos). Os processos se valem dos recursos da organização a fim de oferecer resultados objetivos aos seus clientes.

A definição dos processos em uma organização tem caráter essencialmente dinâmico. Novos componentes vão sendo adicionados e outros são adaptados à medida que o ambiente se altera, a empresa cresce e o conhecimento especializado se desenvolve. O processo precisa, então, ser flexível, pra que seu funcionamento possa ser adaptado, visando sua adequação à nova situação.

2.3.1 Tipos de processos

Entender como funcionam os processos e quais são os tipos existentes é importante para determinar como eles devem ser gerenciados para a obtenção do máximo resultado. Afinal, cada tipo de processo tem características específicas e deve ser gerenciado de maneira específica (MARTIN, 1999).

Sendo assim, torna-se vital saber diferenciar os tipos de processos existentes na organização, visto que cada um contém particularidades e necessidades distintas, exigindo, muitas vezes, estratégias diferentes.

De acordo com Slack (2002), os tipos de processos em operações de manufatura são:

- **Processos por Projeto:**

Caracterizados pela produção de produtos discretos, usualmente bastante customizados, com tempo de produção relativamente longo. As atividades envolvidas na execução do produto, geralmente, são mal definidas ou incertas. O local de realização do processo varia conforme o projeto. Cada trabalho tem início e fim bem definidos e os recursos transformados são organizados de forma especial para cada projeto. Exemplos: construções de navios, produção de filmes.

- **Processos de Jobbing:**

Difere do Processo por Projeto na questão dos recursos transformadores, os quais não serão mais dedicados exclusivamente ao processo, mas sim, cada produto devera compartilhar os recursos de operação com diversos outros.

Os Processos de Jobbing produzem mais itens e usualmente menores do que os produzidos através dos Processos por Projeto.

Exemplos: restauradores de moveis, alfaiates que trabalham por encomenda, técnicos especializados, gráfica que produz ingressos para evento social local.

- Processos em lotes ou bateladas:

Esse tipo de processo apresenta semelhanças com o Processo de Jobbing, porem não possui o mesmo grau de variedade deste ultimo. Cada vez que um Processo em Lotes produz um produto, na realidade, são produzidos mais de um produto. Se os lotes forem grandes, as atividades de produção tornam-se relativamente repetitivas.

Exemplos: produção da maior parte das roupas, produção de alguns alimentos congelados especiais, a manufatura da maior parte das pecas de conjuntos montados em massa.

- Processos de produção em massa:

A operação em Processos de Produção em Massa caracteriza-se, essencialmente, pelo fato de que as diferentes variantes de seu produto não afetam o processo básico de produção. As atividades envolvidas na operação são amplamente repetitivas e previsíveis.

Exemplos: fabrica de automóveis, fabricante de pizza congelada, fabrica de engarrafamento de cerveja, fabrica de produção de CD's.

- Processos contínuos:

Situados um passo alem dos Processos de Produção em Massa, pelo fato de operarem em volumes ainda maiores e variedades menores. Caracterizados pela produção ininterrupta de um só produto, sendo que este, geralmente, não pode ser individualizado. São associados a tecnologias relativamente inflexíveis, de capital intensivo com fluxo altamente previsível. Exemplos: siderúrgicas, refinarias petroquímicas.

Esses tipos de processos em operações de manufatura, bem como suas relações entre volume e variedade, podem ser vistos, de forma esquemática, na figura 5.

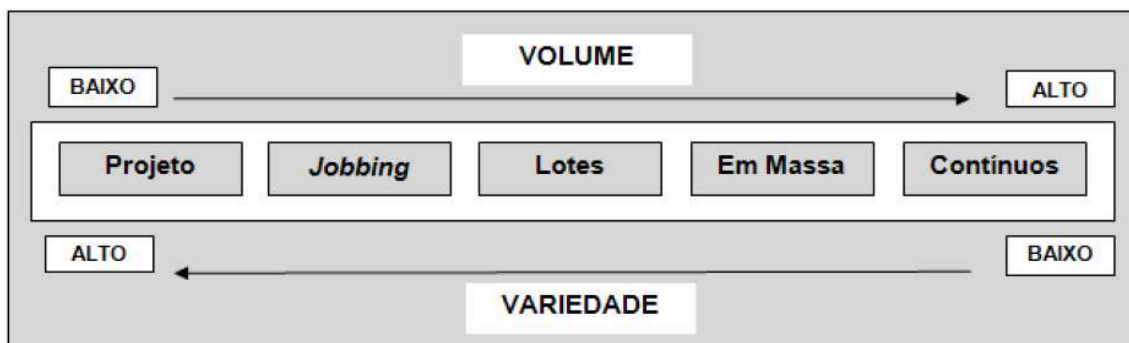


Figura 5 - Tipos de processos em operações de manufatura

Fonte: SLACK, 2002.

2.4 Desdobramentos da Função Qualidade (QFD)

O QFD (*Quality Function Deployment*), ou comumente chamado de Desdobramento da Função Qualidade, surgiu no Japão na década de 60, criado pelo japonês Yoji Akao, chegando ao Brasil na década de 90. O método é utilizado para garantir que as necessidades exigidas pelo cliente sejam atingidas, assegurando a qualidade do produto a partir do seu desenvolvimento, ou seja, é a conversão dos requisitos dos clientes em características da qualidade do produto, transferindo a qualidade do projeto para o produto acabado através de desdobramentos sistemáticos pelas relações entre as demandas e características da qualidade do produto (Akao, 1990).

Para Cheng (1995), o QFD pode ser definido como uma forma de comunicar sistematicamente informação relacionada com a qualidade e de explicitar ordenadamente trabalho relacionado com a obtenção da qualidade; tem como objetivo alcançar o enfoque da garantia da qualidade durante o desenvolvimento de produto.

O QFD é um método para desenvolver projetos com qualidade, direcionando o atendimento da satisfação dos consumidores, através da tradução de suas necessidades e desejos, em objetivos para o desenvolvimento de novos produtos e/ou melhoria dos atuais, garantindo desta forma a qualidade do projeto como um todo desde a sua fase de idealização até as fases de produção, comercialização e pós-vendas (Moura 1999).

Segundo Buss (2001), o QFD é uma técnica orientada à realização da transposição da informação entre áreas de conhecimento diversas. Essa ferramenta é utilizável na passagem da

informação de natureza qualitativa, normalmente originada na área de marketing, para a de natureza quantitativa, utilizada em engenharia.

O QFD integra as diversas atividades de desenvolvimento de um produto ou serviço em um único processo.

Em complemento, O QFD busca ouvir o que dizem os clientes, descobrir exatamente o que eles querem e utilizar um sistema lógico para determinar a melhor forma de satisfazer as necessidades desses clientes com os recursos existentes (Buss, 2001).

2.4.1 Origem do QFD

O QFD foi criado no Japão, principalmente pelos professores Mizuno e Akao. Desde então, tem sido continuamente aperfeiçoado pelo grupo do professor Akao, hoje com base na Universidade de Tamagawa, em cooperação com empresas japonesas. (CHENG, 1995).

No Japão, as empresas davam, já na década de 60, uma maior ênfase ao desenvolvimento de novos produtos. O rápido crescimento da indústria automobilística japonesa nesta época promoviam desenvolvimentos de novos automóveis e mudanças de modelos. Conforme Akao (1996), nesta ocasião, dois pontos serviram como ponto de partida para a idealização do QFD:

1. Começou a ser dada maior ênfase à qualidade projetada, mas não existia nenhuma bibliografia acerca deste assunto;
2. O padrão técnico de processo (PDP) estava sendo utilizado, mas o mesmo era elaborado pela produção depois de iniciada a fabricação de um novo produto.

O QFD foi desenvolvido em um ambiente como um método ou conceito dentro da filosofia do TQC (Akao, 1996). No decorrer desta situação, foi introduzido, em primeiro lugar, o conceito da confiabilidade e, a seguir, foram iniciadas, a partir de 1966, as tentativas de Desdobramento da Qualidade.

O método QFD pode ser subdividido em desdobramento da qualidade (QD) e desdobramento da função qualidade no sentido restrito (QFDR). De acordo com Cheng (1995) o desdobramento da qualidade pode ser conceituado como o processo que tem em vista: buscar e traduzir as exigências dos clientes em características da qualidade do produto por intermédio

de desdobramento sistemático, iniciando-se com a determinação da voz do cliente, passando pelo estabelecimento de funções, mecanismos, componentes, processos, matéria-prima, e estendendo até o estabelecimento dos parâmetros de controle dos processos.

Segundo Akao (1996) o desdobramento da função qualidade no sentido restrito pode ser definido como sendo o desdobramento em detalhes das funções profissionais ou dos trabalhos que formam a qualidade, seguindo a lógica de objetivos e meios e que se trata de um método que tem por fim estabelecer a qualidade do projeto, capaz de obter a satisfação do cliente, e efetuar o desdobramento das metas do referido projeto e dos pontos prioritários, em termos da garantia da qualidade, até o estágio da produção.

2.4.2 Vantagens e benefícios da aplicação do QFD

Os benefícios e vantagens do QFD analisados por Cheng (1995) vão de encontro com a consequência do déficit de planejamento da qualidade. Tais consequências são relatadas por: Alto número de mudanças no projeto, lançamento do produto além do prazo, alto custo do projeto devido ao retrabalho, provável possibilidade de não atendimento das necessidades do cliente e baixa moral gerada pelo mal estar do insucesso.

- Redução do ciclo de desenvolvimento do produto, pelo fato de que quando o produto lançado no mercado leva em conta características desejáveis, além de o desenvolvimento concentrar-se naquilo que é importante. A aplicação do QFD encurta o desenvolvimento do produto da ordem de 30 a 50 % (Weidmann, 1997);
- Lobo (2000) aponta que o QFD pode obter custos menores e maior produtividade, além de fornecer visão geral de todo o projeto. Dados relatados pela Toyota apontam uma redução da ordem de 20% nos custos iniciais de lançamento de uma nova van, chegando a uma redução acumulativa de 61% depois de 5 anos;
- Redução de problemas no lançamento de novos produtos e quando o produto já está no mercado, resultando em menores mudanças de projeto, pois se concentra nas características relevantes do produto. Essa redução pode chegar a um terço devido à diminuição do número de alterações de engenharia (Sullivan, 1986);

- Melhor atendimento às demandas do cliente, redução das reclamações, maior comunicação entre os Departamentos, crescimento e desenvolvimento dos participantes através do aprendizado mútuo, entre outros (Akao1990).

2.4.3 Abordagem do QFD

O desdobramento das necessidades dos clientes até o estágio de produção é feito através do uso de matrizes de relacionamento e de priorização. Este modelo conceitual representa o caminho por onde o estudo deve percorrer para alcançar o objetivo desejado, ou seja, é um plano de trabalho que direciona todo o processo de desdobramento (FIATES, 1995).

No Japão o QFD é denominado pelas empresas por Hinshitsu Kino Tenkai, o qual é subdividido em QD (Desdobramento da Qualidade) e QFDr (Desdobramento da Função Qualidade no sentido Restrito), onde o entendimento está ligado ao planejamento da qualidade e ao sistema de garantia da qualidade. (CHENG, 1995).

Conforme King (1989), a segunda versão é difundida pelo Goal/QPC e teve origem nos trabalhos do professor Akao. Esta versão contempla o desdobramento da qualidade através do desdobramento sistemático de matrizes ao invés de tabelas.

2.4.3.1 Abordagem de Akao

Para Ribeiro (1998), Akao possui a abordagem mais abrangente, pois pode ser aplicado em diversas situações de desdobramento, cada caso tem um modelo conceitual próprio. Para Ribeiro (1998) os desdobramentos são:

- Desdobramento da qualidade;
- Desdobramento das funções;
- Desdobramento dos mecanismos;
- Desdobramento da produção;
- Desdobramento da tecnologia;
- Desdobramento da confiabilidade;
- Desdobramento do custo.

Quadro 3 – Modelo de QFD proposto por Akao. (Adaptado de AKAO, 1990)

	Qualidade		Tecnologia	Custos	Confiabilidade
Produto	Qualidade Demandada X Características do Produto		Requisitos do Consumidor X Desdobramento do Mecanismo	Avaliação do Mercado Preço / Participação Lucro	Qualidade Demandada X Árvore de Falhas
Sistemas	Desdobramento da Função X Característica do Produto	Desdobramento da Função X Qualidade Demandada	Desdobramento da Função X Desdobramento das Características X Desdobramento do Mecanismo	Estudo de Gargalo	Desdobramento da Função X Árvore de Falhas X Desdobrameno das Características
Partes	Componentes X Características do Produto		Componentes X Desdobramento do Mecanismo	Desdobramento do Custo das Partes	Análise de Falhas
Produção			Métodos de Desdobramento / Cartas de Controle e Garantia da Qualidade		

Fonte Fiates (1995).

2.4.3.2 Abordagem de Makabe

Abordagem das quatro matrizes, esta abordagem é mais utilizada nos Estados Unidos, apesar de ter sido desenvolvida no Japão, por Makabe. (EUREKA, 1992).

Método difundido devido a sua simplicidade, tendo como principais disseminadores nos Estados Unidos: Don Clausing, John Hauser e o American Supplier Institute (ASI). (HAUSER, 1988).

De acordo com Hauser (1988), seu modelo conceitual se baseia em quatro fases propostas, estas fases são:

- Matriz I – Casa da Qualidade: planejamento do produto;
- Matriz II – Desdobramento das partes: projeto do produto;
- Matriz III – Planejamento do processo;
- Matriz IV – Planejamento da produção.

Para Fiates (1995), devido ao acesso a bibliografias americanas no Brasil, este método tem recebido maior número de adeptos no Brasil. As quatro fases desta abordagem se cons-

tituem em quatro matrizes que orientam o desenvolvimento do produto ou serviço, desde os requisitos dos consumidores até a fabricação como mostra a figura a seguir:

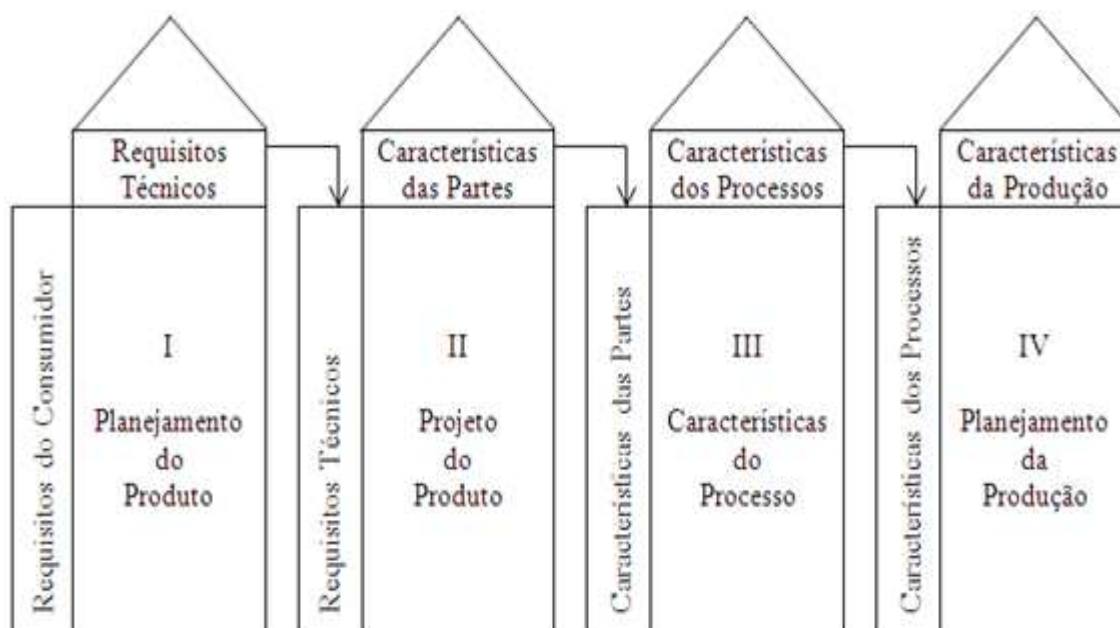


Figura 6 – Representação da abordagem de Makabe

Fonte: Hauser (1988)

Conforme Hauser (1988), o relacionamento estabelecido entre as matrizes é rígido, devendo seguir da Matriz I até a Matriz IV. Seu desenvolvimento é iniciado com os Atributos do consumidor e em seguida são desdobradas as Características de Engenharia, formando-se a matriz. Seguindo-se a mesma seqüência para as matrizes seguintes, vai-se completando o modelo.

A abordagem de Makabe é indicada para melhorias de um produto já existente ou para o desenvolvimento de um produto de baixa complexidade. (MARTORANO, 1993).

2.4.3.3 Abordagem de Bob King

Bob King é o responsável pela Matriz das Matrizes, que é uma matriz que agrupa todas as matrizes utilizadas por Akao, essa Matriz das Matrizes possui um desdobramento de maneira ordenada que segue uma seqüência. Bob King também introduz o fator inovação no processo do QFD (FIATES, 1995). Segue o modelo conceitual de Bob King:

Quadro 4 – Modelo conceitual de Bob Jing (adaptado de King, 1989).
Fonte King (1989)

	A Características da Qualidade		B Custos		C Mecanismos		D Modo de Falha do Produto		E Novas Concepções	F Engenharia de Valor
Demandas dos Clientes	A1	Demandas dos Clientes	B1	Novas Tecnologias	C1	Demandas dos Clientes	D1	Demandas dos Clientes	E1	F1
	Características da Qualidade		Custos		Mecanismos		Modo de Falha do Produto		Novas Concepções	FMEA
Funções	A2	Análise dos Componetes	B2	Funções	C2	Funções	D2	Funções	E2	F2
	Características da Qualidade		Alvos de Rompime nto		Mecanismos		Modo de Falha do Produto		Novas Concepções	Análise de fator
Característic as da Qualidade	A3	Característic as da Qualidade	B3	Característic as da Qualidade	C3	Característic as da Qualidade	D3	Característic as da Qualidade	E3	F3
	Características da Qualidade		Caracterís ticas da Qualidade		Mecanismos		Modo de Falha do Produto		Novas Concepções	Desdobram ento
Partes	A4	Partes Críticas	B4	Partes	C4	Partes	D4	Resumo	E4	F4
	G1		G2		G3		G4		G5	G6
	Planilha da Garantia da Qualidade		Desdobra mento		Planejament o		FTA		FEMA	Carta de CQ no Processo

Existe uma seqüência de matrizes diferentes para cada objetivo específico: confiabilidade, custos, inovação, métodos de produção. O Quadro 5 ilustra esta seqüência. (KING, 1989).

Quadro 5 – Sequência de Matrizes
Fonte King (1989)

Objetivo	Matrizes
Análise das demandas do consumidor	A1, B1, D1, E1
Funções críticas	A2, C2, D2, E2
Definir características de qualidade	A1, A2, A3, A4, B3, B4, C3, D3, E3
Identificar partes críticas	A4, B4, C4, E4

Bob King é o responsável pela Matriz das Matrizes, que é uma matriz que agrupa todas as matrizes utilizadas por Akao, essa Matriz das Matrizes possui um desdobramento de maneira ordenada que segue uma sequência. Bob King também introduz o fator inovação no processo do QFD (FIATES, 1995).

2.4.4. Etapas para aplicação do QFD

O desdobramento da função qualidade é um sistema para projetar produtos e serviços, baseados nas exigências do cliente, com a participação de membros de todas as funções da empresa, descreve Oakland (1994). Esta seção irá descrever as etapas de aplicação do QFD.

Segundo Silva (2002), o QFD pode ser usado para desenvolvimento de novos produtos, melhoria de produtos existentes, ou ainda correção de problemas detectados através de reclamações de clientes. Nessa etapa deve ser definido o que se pretende obter com o QFD, ou seja, em quais casos citados acima ele deverá ser aplicado. Nessa etapa também pode ser definido qual deve ser a amostra, por exemplo, se é dirigida para clientes internos ou externos ou voltada para o mercado nacional ou exportação.

2.4.4.1 Escolha da equipe multifuncional de trabalho

No emprego de grupos multifuncionais é essencial que seja estabelecida uma correta coordenação, seja por meio de líderes do grupo ou de um grupo de coordenação, capaz de entender as diferentes perspectivas e harmonizar as diferentes linguagens. O emprego de grupos multifuncionais age principalmente nas barreiras de comunicação e nas barreiras de linguagem, diminuindo as diferenças em linguagem e jargões utilizados pelas diferentes áreas (Buss, 2001).

O primeiro passo para um trabalho de QFD é justamente montar um grupo multifuncional para a aplicação da atividade. Seu objetivo é justamente fazer o levantamento das necessidades do mercado e traduzi-las que possam ser satisfeitas pela unidade operativa e entregues ao cliente, como descreve Oakland (1994).

2.4.4.2 Levantamento dos dados originais

A informação obtida junto aos clientes por meio de pesquisas de mercado, utilizando qualquer método, produz uma grande quantidade de informação denominada dados originais.

Em geral, os clientes não expressão suas necessidades diretamente, mas por meio de descrições sobre os seus desejos. Tomando como referencia os produtos existentes, eles expressão aspectos que eles gostam, sugerem contramedidas para melhorar o produto ou, ainda, falam muito genericamente sobre como eles gostariam que fosse o produto. Esses dados precisam, então, serem trabalhados para se transformarem em uma informação útil para o desenvolvimento do produto. (Cheng, 1995).

Segundo Ribeiro (2002), a forma inicial para transformar as necessidades dos clientes em características da qualidade pode ser obtida com a aplicação de um questionário aberto. Esse questionário nos fornece informações para atender os objetivos principais e secundários dos clientes. Esse questionário consta de perguntas elaboradas por especialistas, de forma aberta, de modo a fazer com que os clientes exponham suas necessidades e expectativas. Sabendo quais são as necessidades e expectativas dos clientes podemos elaborar a arvore da qualidade demandada que permitira após a tabulação dos dados a elaboração do questionário fechado.

Etapas para a obtenção das necessidades e expectativas dos clientes:

- Elaborar o questionário aberto;
- Elaborar a arvore da qualidade demandada;
- Elaboração do questionário fechado;
- Atribuição dos pesos aos itens de qualidade demandada.

2.4.4.3 A Casa da Qualidade

A casa da qualidade (matriz da qualidade) é a ferramenta básica de projeto do QFD, ela não está presente apenas nos modelos de QFD, ela inicia os desdobramentos. (HAUSER e CLAUSING, 1988).

Conforme Akao (1996) a casa da qualidade inicia o processo de “Tradução da Voz do Cliente”, no caso todas as informações pesquisadas são organizadas nas matrizes para que a diagramação de priorização de recursos e ações para que sejam definidas estratégias e resolução de problemas. Conforme se obtém a casa da qualidade através do cruzamento dos requisitos do cliente, ou da qualidade exigida, ou qualidade demandada com as características da qualidade, sendo o resultado de saída às especificações do produto. Portanto o conjunto de características técnicas do produto com suas qualidades projetadas (especificação), sendo então, os requisitos dos clientes a entrada da casa da qualidade e as características da qualidade a saída.

Define-se a matriz da qualidade como sendo a matriz que tem finalidade de executar o projeto da qualidade, sistematizando as qualidades verdadeiras exigidas pelos clientes, convertendo essas qualidades em características substitutas e mostrando a correlação entre essas características substitutas e as qualidades verdadeiras. (AKAO, 1996).

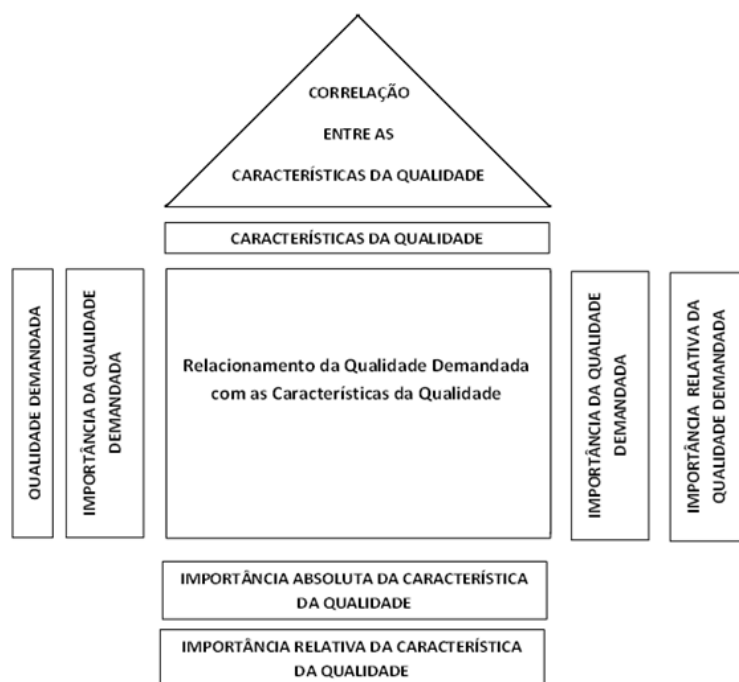


Figura 7 – Matriz da Qualidade Teórica.

Fonte: Guinta, 1993.

Segundo Cheng (1995) a matriz da qualidade é formada por:

- Sistematização das qualidades verdadeiras exigidas pelos clientes;
- Transformação das qualidades exigidas pelos clientes em características de qualidade ou técnicas;
- Relações entre a qualidade demandada e as características de qualidade.

Cheng (1995) propõe os seguintes passos para que a casa da qualidade seja montada:

- Descrever as necessidades dos clientes;
- Montar e analisar a matriz de planejamento;
- Obter as características de qualidade;
- Obter e analisar os relacionamentos;
- Obter e analisar as correlações;
- Descrever e analisar a concorrência;
- Definir os objetivos;
- Planejar o desenvolvimento.

Uma importante ferramenta do método QFD é a matriz da qualidade, mais comumente conhecida como “Casa da Qualidade”, esta ferramenta tem grande peso no sucesso ou fracasso do método QFD. A matriz da qualidade é, muitas vezes, a primeira matriz a ser construída durante os trabalhos de QFD. Ela possui um papel muito importante dentro das atividades de desenvolvimento do produto, cuja operacionalização requer a colaboração de diversas áreas funcionais da empresa, como marketing, assistência técnica, pesquisa e desenvolvimento, engenharia, entre outras. A sua utilização permite que as informações e pontos de vistas destes dois diferentes “mundos” (mercado e empresa) possam ser coordenados, gerando produtos que realmente reflitam os desejos e necessidades dos consumidores (Cheng, 1995).

Conforme Akao (1996) obtém-se a casa da qualidade através do cruzamento dos requisitos do cliente, ou da qualidade exigida, ou qualidade demandada com as características da qualidade, sendo o resultado de saída às especificações do produto, ou seja, o conjunto de características técnicas do produto com suas qualidades projetadas (especificados), sendo então, os requisitos dos clientes a entrada da casa da qualidade e as características da qualidade a saída.

A casa da qualidade inicia o importante processo de “Tradução da Voz do Cliente”, onde todas as informações pesquisadas são organizadas nas matrizes para fazer a diagramação

de priorização de recursos e ações para definição de estratégias e resolução de problemas. (AKAO, 1996).

Estas etapas incluem a construção da tabela de qualidades exigidas e a definições da planejada. Além desta,também incluem a construção da tabela de desdobramento das características da qualidade, a identificação do grau de importância atribuído a cada uma,a comparação com os concorrentes e o estabelecimento da qualidade projetado (Cheng,1995).

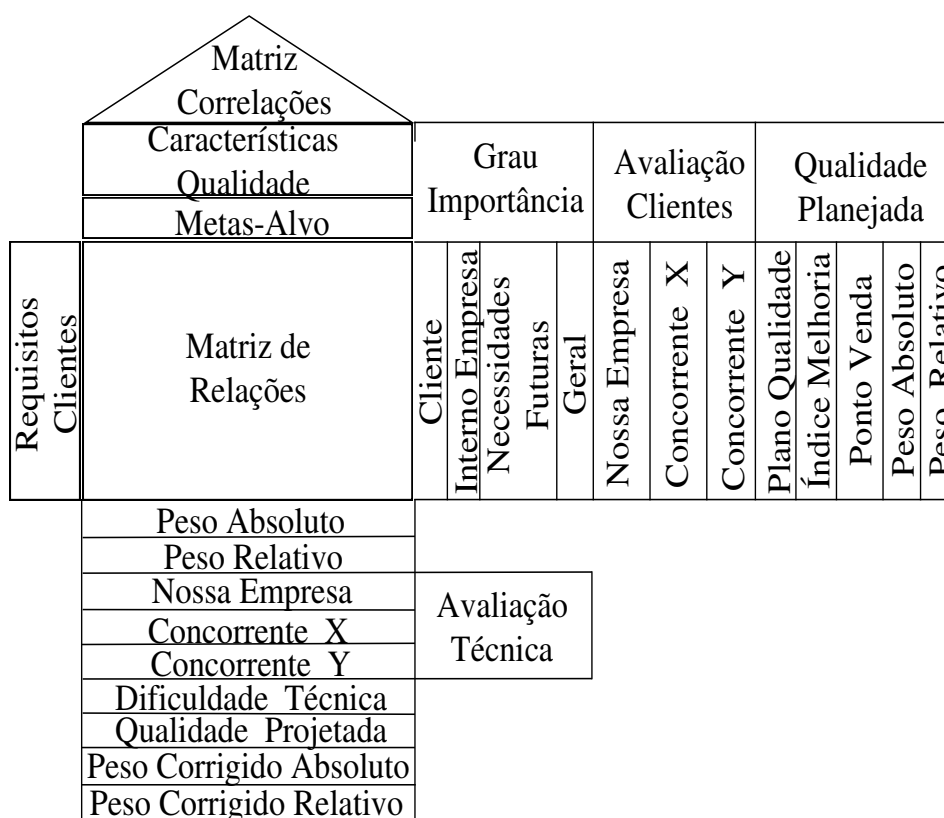


Figura 8 – Matriz da Qualidade e seus elementos

Fonte - Lima, 2009.

A casa da qualidade pode ser definida como a matriz que tem a finalidade de executar o projeto da qualidade, sistematizando as qualidades verdadeiras exigidas pelos clientes por meio de expressões linguísticas, convertendo-as em características substitutas e mostrando a correlação entre essas características substitutas (características de qualidade) e aquelas qualidades verdadeiras (Akao, 1996). Ela é obtida pelo cruzamento da tabela dos requisitos do cliente (ou da qualidade exigida) com a tabela das características de qualidade (Akao, 1990).

2.4.4.4 Elemento da casa da qualidade

Tabela dos requisitos do cliente é a parte da casa da qualidade pela qual a voz do cliente é introduzida no desenvolvimento de produto. Também é a tabela onde se planeja como o produto irá atender às solicitações dessa voz.

		Grau Importância			Avaliação Clientes			Qualidade Planejada				
Requisitos Clientes	Cliente	Interno Empresa	Necessidades Futuras	Geral	Nossa Empresa	Concorrente X	Concorrente Y	Plano Qualidade	Índice Melhoria	Ponto Venda	Peso Absoluto	Peso Relativo

Figura 9 - Requisitos do cliente

Fonte - Cheng, 1995.

- Qualidade demandada (requisitos do cliente): São as expressões linguísticas dos clientes, convertidas em necessidades reais (Lima, 2009).
- Grau de importância (Cliente): É a identificação do grau de importância que os clientes atribuem a cada requisito, sendo obtido diretamente com os clientes, que mencionam uma pontuação a cada requisito. (Akao, 1996).
- Grau de importância (interno da Empresa): É o enquadramento dos requisitos do cliente, através da pontuação de uma escala numérica, baseando-se em uns do cinco tipos da qualidade. (Lima, 2009).
- Grau de importância (Necessidades Futuras): É a previsão da importância dos requisitos quando o produto for lançado no mercado (Akao, 1996).
- Grau de importância (Geral): É o valor final de cada requisito como resultado da análise dos três itens anteriores (Lima, 2009).

- Avaliação competitiva do cliente (Empresa x Concorrente): É uma pesquisa quantitativa que identifica como os clientes percebem o desempenho do produto atual da empresa quando comparado aos principais concorrentes (Lima, 2009).
- Plano de Qualidade (Requisitos): É o plano de qualidade que faz a inserção da estratégia da empresa no planejamento do produto (Akao, 1996).
- Melhoria: É a maneira de pontuar a importância final dos requisitos (peso absoluto e relativo) ao plano estratégico da empresa. Esse índice reflete quantas vezes o produto precisa melhorar seu desempenho, em relação ao produto atual, para alcançar a situação planejada (Akao, 1996).
- Ponto de venda: Significa o grau de consonância dos requisitos dos clientes com a política da empresa para o mercado alvo (Akao, 1996).
- Peso Absoluto (Requisitos): Representa a prioridade de atendimento de cada requisito sob os esforços de melhorias que devem ser concentradas em três pontos: requisitos mais importantes, requisitos que estão em consonância com a estratégia da empresa e os requisitos que a empresa precisa melhorar (Lima, 2009).
- Peso Relativo (Requisitos): É a conversão do peso absoluto em porcentagem, através da divisão do peso absoluto de cada requisito pelo resultado da soma de todos os pesos absolutos (Cheng, 1995).

Segundo Cheng (1995), a voz dos clientes deve ser transformada em características de qualidade. As características de qualidade são características técnicas, ou características substitutas, para o produto final (Akao, 1996). A análise dessas duas afirmações leva a percepção que as características de qualidade são os requisitos dos clientes (ou qualidades verdadeiras) transformadas em características de projeto (características substitutas). Tais características de projeto, segundo Clausing (1993), têm que ser mensuráveis por definição.

Porém, Cheng (1995) explicam que as características técnicas do produto podem ser divididas em elementos da qualidade e características de qualidade. Os elementos da qualidade são definidos como itens não quantificáveis, capazes de avaliar a qualidade do produto (itens intermediários entre a qualidade exigida e as características de qualidade).

As características de qualidade são características técnicas, ou características substitutas, para o produto final. (AKAO, 1996). As características técnicas são divididas em: elementos da qualidade e características de qualidade. Os elementos da qualidade são itens não quantificáveis, capazes de avaliar a qualidade do produto. As características de qualidade são definidas como itens que devem ser medidos no produto verificando se a qualidade exigida está sendo cumprida. (AKAO, 1990).

Já as características de qualidade são definidas como itens que devem ser medidos no produto para verificar se a qualidade exigida está sendo cumprida Akao (1990), por sua vez, diz que os elementos da qualidade são as características de projeto que devem ser medidas, enquanto as características de qualidade são os aspectos individuais mensuráveis dos elementos da qualidade.



Figura 10 - Características de qualidade

Fonte: Cheng, 1995.

- Matriz de Correlações: É o teto da casa da qualidade e por ela é feito o cruzamento da característica da qualidade sempre duas a duas para identificar como elas se relacionam (Cheng, 1995).
- Matriz de Relações: É a interseção dos itens da qualidade demandada pelos clientes com a característica da qualidade. A intensidade das relações é indicada no seguinte nível: forte, médio, fraca e inexistente (Cheng, 1995).

- **Peso Absoluto:** É a soma dos valores obtidos em cada coluna e colocando o resultado final desta soma na célula correspondente. (Cheng, 1995).
- **Peso Relativo:** É obtido através da conversão dos valores do peso absoluto em pesos relativos percentuais (Cheng, 1995).
- **Avaliação competitiva:** O estabelecimento das especificações de projetos é feita sem fatos e dados, com base exclusivamente na experiência pessoal da equipe de projetos sem levar em consideração as necessidades do mercado. Esta pesquisa se dá através de notas atribuídas pelos clientes para os produtos concorrentes (Cheng, 1995).
- **Dificuldade técnica**

Este fator é uma nota em função da dificuldade tecnológica que a empresa terá para obter o valor determinado para a qualidade projetada das características de qualidade, com a confiabilidade projetada e com o objetivo de custo. (AKAO, 1996).

Segundo Ribeiro (2000) é importante avaliar os itens de infraestrutura e recursos humanos com relação a custos com a finalidade de incluir na priorização a análise custo/benefício dos equipamentos ou tecnologias que estão sendo propostas para utilização na empresa.

Segundo Hauser e Clausing (1998), a dificuldade técnica determina quais são as características que exigirão maior comprometimento de esforços e recursos para obtenção da sua qualidade projetada. É usada na matriz da qualidade para corrigir o peso das características de qualidade.

- **Qualidade projetada**

É a última etapa do modelo proposto se concretizando o planejamento das melhorias da qualidade que reforçará o sistema de qualidade existente e levando em consideração os desenvolvimentos anteriores, a voz do cliente e aspectos referentes à concorrência, custo e dificuldade de implantação. (RIBEIRO, 2000).

A Qualidade Projetada pode ser entendida como os valores-meta para as características da qualidade do produto considerando seu peso relativo e a comparação com as características da qualidade dos produtos da concorrência e os objetivos do projeto. (CHENG, 1995).

- Peso absoluto corrigido

É o resultado da multiplicação do peso absoluto de cada característica de qualidade pelo fator de dificuldade técnica, ou seja, indica a importância de cada característica de qualidade no atendimento do conjunto de requisitos dos clientes. (AKAO, 1996).

- Peso relativo corrigido

É a conversão do peso corrigido absoluto em percentual. É calculado dividindo o peso absoluto de cada característica de qualidade pelo resultado da soma dos pesos absolutos de todas as características de qualidade. (AKAO, 1996).

2.5. Solda Laser

A palavra LASER é formada pelas iniciais de “*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*”, que podemos entender por “Amplificação de Luz por Emissão Estimulada de Radiação”. Essa fonte de energia que incide sobre o material a ser soldado provoca aquecimento concentrado na faixa de 1,5mm sobre o material (Damoulis & Batalha, 2004). Os tipos de lasers mais usados na indústria de acordo com Mayer (1994) são o laser de CO₂ e laser Nd: YAG.

2.5.1 Descrição do Processo de Soldagem a Laser

O blank soldado é produzido a partir da união de dois ou mais blanks, configurados ou retos, com espessuras diferentes.

A montagem de carrocerias de automóveis, utilizando-se blanks soldados, tem como objetivo um aumento da segurança dos passageiros em caso de colisão, menor peso da carroceria, (aumentando assim o rendimento do automóvel) e menor custo de produção.

O equipamento responsável pela solda dos blanks é uma linha de solda Laser ou Laser welding machine. Os blanks são posicionados lado a lado e transportados através de um feixe de Laser que une as peças por calor. Variáveis de processo como, por exemplo, velocidade de transporte dos blanks sob o foco, ângulo de inclinação do feixe Laser, espessura dos blanks, refrigeração do cordão de solda, etc., exercem influência direta sobre a qualidade da solda. A Figura 11 mostra a seção transversal dos blanks de diferentes espessuras

posicionados sob o feixe de Laser e a Figura 12 o aspecto da união entre os blanks, após solda ter sido executada.

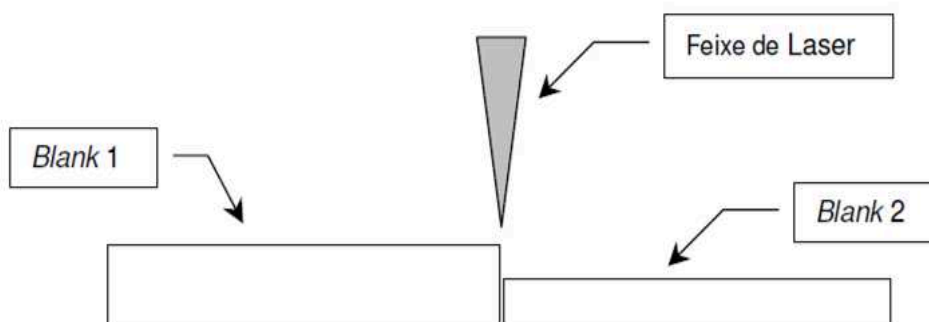


Figura 11 – Blank posicionados sob o feixe Laser para serem soldados

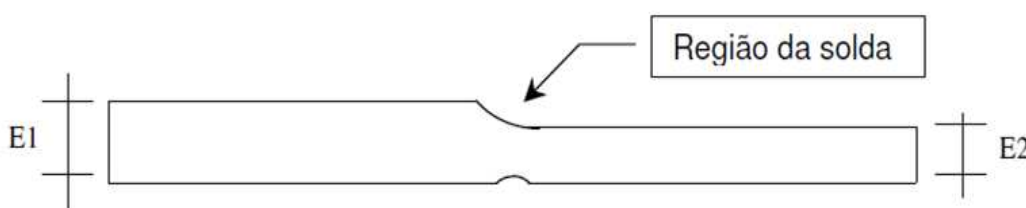


Figura 12 – Blank soldado. União entre dois blanks de espessuras E1 e E2

Segundo Ladario (2004) o processo de soldagem a laser envolve a focalização de um feixe de alta potência sobre uma pequena área do material, gerando intensidades acima de 10^4 W.mm^2 . Nestes níveis de potência, o material vaporiza no ponto focal do laser criando uma cavidade chamada *keyhole*. Esta cavidade ajuda a transmitir o feixe para dentro do material por reflexões múltiplas, o que aumenta o acoplamento entre o feixe e o material (aumento da absortividade). Conforme o feixe de laser se desloca para criar o cordão, o material é continuamente fundido na frente do feixe, fluindo ao redor do *keyhole* e solidificando-se na parte posterior da poça de fusão.

2.5.2 Tailor Welded Blanks

O relatório técnico do Auto/Steel Partnership, (2001, p.91) define que Tailor Welded Blanks (TWB) consiste de chapas de aços de diferentes espessuras, classes de resistência e tipos de revestimentos, unidos por meio de algum processo de soldagem de alta qualidade,

atualmente solda laser, de forma a resultar em único blank conforme figura 13 que, após ser conformado dará origem a peça final.

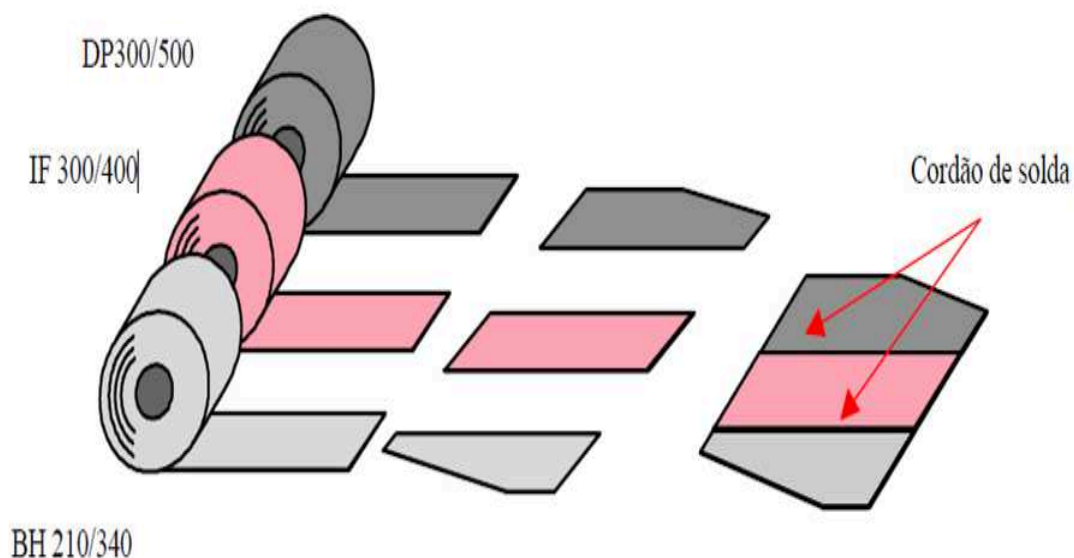


Figura 13- Desenho representativo da fabricação de um componente Tailored Welded Blank
Fonte: Saunders, 1996.

A característica fundamental do TWB é a distribuição correta e precisa de peso na estrutura da carroçaria do veículo. Materiais mais resistentes e/ou mais espessos são posicionados em regiões da carroçaria sujeitas a maiores solicitações mecânicas, e materiais menos espessos com características especiais de absorção de energia são introduzidos fundamentalmente com a finalidade de completar a peça, constituindo zonas de deformação e proporcionando maior segurança à célula do habitáculo em situações de colisões. (Meindeirs, 2000).

Conforme Meinders (2000), combinar diferentes materiais numa única peça facilita o desenvolvimento de componentes com formas mais precisas, evitando o excesso de peso e propiciando assim um melhor desempenho da estrutura. Esse processo não só reduz custos de parte final, mas também elimina reforços estruturais nos veículos reduzindo custos de fabricação. Algumas partes da geratriz utilizada podem conter chapas de um material mais resistente com objetivo de aumentar a rigidez, e no caso da chapa mais fina, a deformação localizada. Essa definição é melhor compreendida na figura 14, onde é possível visualizar a lateral de um automóvel produzida através da tecnologia de Tailored Welded Blanks, onde especifica-se a resistência mecânica e espessura para cada um dos materiais utilizados.

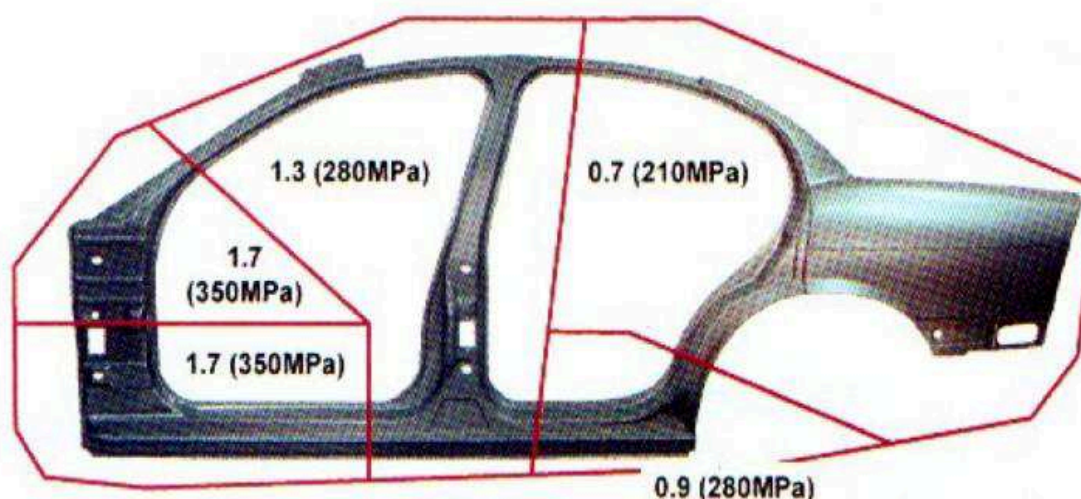


Figura 14 – Lateral de um automóvel utilizando TWB
 Fonte: Thyssenkrupp, 2016.

Jaroni e Dohr (2000) citam em seu trabalho outras vantagens atribuídas ao uso de TWB pelas indústrias automobilísticas com respeito ao processo, produto e design. Algumas das vantagens que podem ser enumeradas são:

- redução de tolerâncias das partes unidas, tal como a otimização do tamanho da chapa a ser utilizada no processo de estampagem;
- aumenta o potencial de absorção de energia no caso de colisão;
- redução do nível de rebarba da peça conformada;
- redução do número de partes a serem montadas, resultando o numa logística simplificada;
- otimização e redução de custos na parte do ferramental, incluindo matrizes e instalações;
- aumento no potencial de formar novos produtos com novas formas.

Mas para o processo também são atribuídas algumas desvantagens, como;

- altos investimentos em processos de solda e automação da linha de alimentação das chapas;
- cuidados de manuseio das chapas antes do processo de solda;
- alta exigência na qualidade de cortes da chapas, o corte deve ser o mais linear possível;

- qualidade no cordão de solda;
- unir materiais com diferentes propriedades mecânicas. Cada material se comporta de uma maneira diferente quando conformado.

Os pontos negativos do TWB é o aumento nos preços do ferramental na ordem de 30 a 100%, além do preço do blank ficar aproximadamente 50% mais caro.

Atualmente a aplicação do TWB atingiu sua maturidade, podemos ver isso pela gama de regiões onde já existe aplicação dessa tecnologia, ver figura 15.

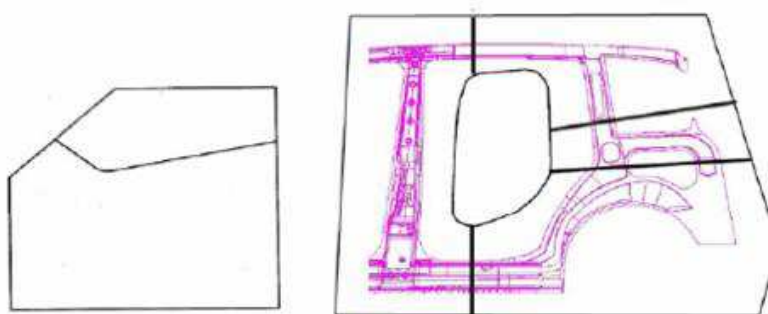


Figura 15 - Costura não linear para TWB de Painel de Porta e costura linear para TWB de Lateral Interna.

Fonte: Steel, 2016.

Schultz (1997) ilustra em seu trabalho as possíveis aplicações quanto ao uso de TWB na montagem de um automóvel. O autor cita a inovação e a dinâmica na montagem da carroceria de um automóvel atribuindo ao processo de dar uma pré-forma nas partes que compõem antes da montagem do conjunto, utilizando diferentes combinações de geometria das chapas posteriormente unindo-as por solda laser conforme figura 16.

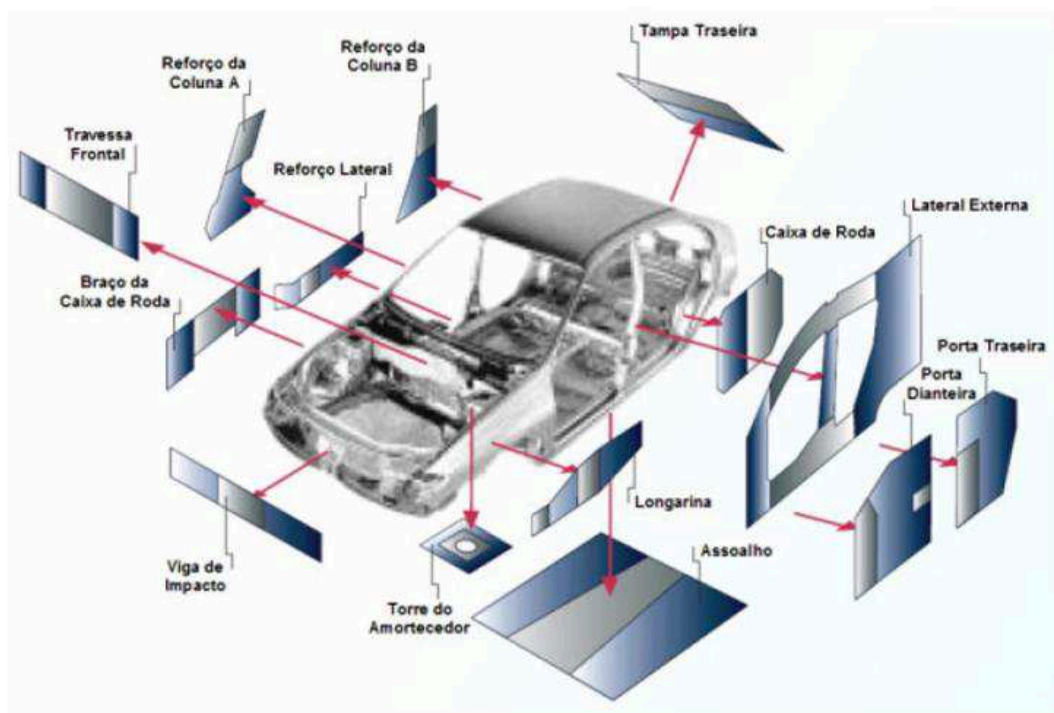


Figura 16 - Regiões de aplicação do tailored blank

Fonte: Arcelor, 2016.

As figuras 17 e 18 abaixo mostram peças com tailored blank aplicado.



Figura 17 - Longarinas com tailored blank de 3 espessuras

Fonte: Ulsab, 2016.

Para Akira (2007) é evidente que o tailored blank permite uma construção mais correta em relação aos esforços e com economia de peso, devido à combinação dirigida de placas parciais. Peças estruturais importantes para segurança como Longarinas ou Reforço da Coluna B podem ser dispostas de tal forma que áreas com grandes solicitações possuam chapas de alta resistência, enquanto em lugares de pequenos esforços seja possível o uso de chapas com boa deformidade.



Figura 18 - Reforço Lateral e Torre do Amortecimento com tailored blank de 2 espessuras.

Fonte: Ulsab, 2016.

Algumas montadoras acreditam que 25% será o máximo que um veículo utilizará de tailored blank. Já os fabricantes de tailored blank acreditam que o volume chegará a 60%.

2.5.3 Cuidados exigidos na fabricação do TWB

Um dos principais cuidados que se deve ter em relação à manufatura de geometria desejada é a qualidade do corte da chapa. Para garantir um processo livre de falhas deve-se buscar um corte mais linear e regular possível, a fim de reproduzir pequenos espaços que se formam entre as chapas quando estas são unidas e alinhadas para junção.

Conforme Dittlo et. al (2000), estudos e teste comprovam que para garantir um processo livre de defeitos espaços não deve exceder 10% da espessura da chapa mais fina a ser soldada. Alguns fornecedores de chapas soldadas adotam parâmetros de espaço conforme a indústria automobilística específica. Existem algumas tecnologias desenvolvidas a fim garantir um mínimo de espaço entre as chapas. A empresa Soudronic, desenvolveu um sistema onde um rolete imprime certa força de esmagamento na borda a ser soldada na chapa de maior espessura, resultando numa pequena deformação plástica e conseqüentemente no preenchimento de um possível espaço. A Thyssenkrupp, utiliza roletes magnetizados com certo ângulo no alinhamento a fim de pressionar uma aresta contra a outra eliminando o espaço existente entre as chapas. Estas tecnologias são caras e contribuem para um aumento de custo na fabricação de Tailored Welded Blanks.

2.5.4 Outras aplicações do uso de Tailored Welded Blanks

Com toda a vantagem e recursos do uso desta tecnologia, geralmente é comum a transferência de tecnologia para outros setores que utilizam chapas para manufatura de seus produtos. Na verdade, toda a indústria que utiliza chapas para manufatura de seus produtos de linha de produção, seja ela de embalagens, construção, eletrodoméstico, e que requer uma mudança de propriedade mecânica em uma determinada área do produto ou um melhor desempenho dele em função de algum componente relacionado a chapa, pode utilizar a tecnologia de união de chapas para aumentar a qualidade e reduzir peso do produto. O seu uso pode beneficiar indústrias que produzem máquinas de lavar por exemplo, utilizando um aço de elevada resistência a corrosão somente nas partes mais vulneráveis localizados junto a portas, selos e puxadores, e nas outras partes utilizar aço comum.

O uso do Tailored Blanks fora da indústria automobilística ainda está em um patamar muito baixo, isso se deve pela falta de conhecimento das indústrias metalúrgicas de seu potencial. O fato do custo elevado que se encontra atualmente o processo de solda laser, o investimento em laboratórios equipados para controle de qualidade e a qualidade do corte da chapa limitam o avanço desta tecnologia para outras áreas. (Pallet, R.J, 2001).

3. METODOLOGIA

Foi realizado um estudo de caso da aplicação da técnica do QFD (*Quality Function Deployment*) na melhoria do processo de solda laser de uma indústria de beneficiamento de aços do Vale do Paraíba. Segundo Silva e Menezes (2001) este método visa o estudo profundo de poucos objetos de maneira que se permita o detalhado conhecimento. Portanto, a metodologia de pesquisa utilizada, é de natureza aplicada, pois tem por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos (SILVA; MENEZES, 2001).

Para obtenção dos resultados, foram analisados os dados disponíveis e sua coleta, relatórios e indicadores levantados na organização. A voz do cliente foi executada através de questionários abertos e fechados (ver apêndice I e II), aplicados diretamente aos clientes internos dependentes do processo de solda laser (Vendas, Engenharia de produto, PCP, Engenharia de Qualidade Laboratório de controle e Logística) como fonte de construção de bancos de dados, para a identificação das demandas de qualidade mais importantes.

Os dados coletados foram analisados e, com o auxílio de uma matriz de QFD, foram identificadas as dificuldades existentes no processo de solda laser, no qual foram representadas em gráfico seguindo a lógica de priorização proposta por Pareto. Após a aplicação do QFD, ocorreu a priorização das características da qualidade através da qual foi definido um plano de ação para execução do trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo aborda a utilização do método QFD com objetivo de identificar pontos de melhorias dentro do processo produtivo do TWB, este trabalho foi desenvolvido na empresa de beneficiamento de aço do Vale do Paraíba, considerada uma das principais fornecedoras de Tailor Welded Blank do Brasil, garantindo vendas e serviços agregados á clientes do setor automotivo.

Os principais problemas identificados nesta empresa, na época, foram constantes retrabalhos decorrentes de alto índice de recusas internas e externas do produto, bem como indicadores de pesquisa de satisfação do cliente fora da meta como demonstra a figura abaixo:



Figura 19 – Gráfico de pesquisa e satisfação ano 2012

A partir de entrevistas realizadas com colaboradores da empresa pode-se identificar que a maioria dos problemas tinha relação com inadequada interpretação dos requisitos dos clientes. Partindo deste princípio foi feito um levantamento de quais eram as principais reclamações e quais eram as expectativas dos clientes internos para com o produto.

Dentro deste conceito, percebe-se uma grande oportunidade de ganho competitivo na melhoria de seu processo de solda laser. Assim uma implementação de técnicas estatística e análise de decisão na empresa em estudo, podem melhorar a qualidade do produto TWB, podendo garantir a lealdade dos clientes existentes e a conquista de novos clientes.

O método utilizado foi à realização de pesquisa e opinião dos clientes internos dependentes do processo de solda laser de duas chapas de aço galvanizadas á quente de qualidade EN-10346-09 graus HX300-YD e HX780-YD e espessuras de 1,00 e 1,50mm respectivamente. A etapa de identificação dos clientes foi definida no ano de 2013 e a voz do cliente foi executada através de questionários abertos e fechados (ver apêndice I e II), aplicando diretamente aos departamentos de Vendas, Engenharia de produto, PCP, Engenharia de Qualidade, Laboratório de controle e Logística. As perguntas foram aplicadas buscando descobrir os aspectos fundamentais do processo, seus pontos fortes e pontos fracos; as vantagens e desvantagens do processo de solda laser.

Para a elaboração da árvore da qualidade demandada, os itens de qualidade obtidos através da pesquisa foram agrupados por afinidade e organizados numa árvore lógica através de níveis primário, secundário e terciário. As reclamações e qualidades negativas foram transformadas em qualidades positivas e foram feitos alguns ajustes, no sentido de equilibrar o número de itens em cada nível secundário e agrupar algumas superposições. Esse estudo de caso da tabela 1 referem-se exclusivamente a qualidade do produto TWB, a qual depende basicamente dos controle do processo produtivo.

Tabela 1: Diagrama de Árvore de Qualidade Demandada.

Requisitos dos Clientes Internos		
R. Primário	R. Secundário	R. Terciário
Melhorar a qualidade do processo solda laser	Matéria prima	Apresentar perfil de corte perfeito
		Isento de limalhas na borda
	Diminuir índice de retrabalho	Evitar porosidade no cordão de solda
		Garantir dimensional dos blanks
		Embutir dimples conforme croqui
	Melhorar estrutura da linha	Evitar soldar peças em duplicidade
		Sistema de aspiração do equipamento
		Definir parametrização do setup
	Melhorar a confiabilidade do estoque	Controle de gás He durante o processo
		Manter prazo definidos por vendas
		Diminuir a divergência de qtd de peças
	Melhorar procedimento	Utilizar embalagem adequada
		Criar ficha de processo
	Melhorar método controle de processo	Realizar treinamentos específicos
Instalar sistema on line de inspeção 100%		
Atualizar Software de ensaios		
		Criar equipe de melhoria continua

Após esta etapa, foi elaborado o questionário fechado (ver apêndice II) com questões objetivas e extraídas do diagrama de árvore onde os clientes internos representados pelos setores de Vendas, Engenharia de produto, PCP, Engenharia de Qualidade, Laboratório de controle e Logística atribuíram um grau de importância (IDi) para cada um dos itens da qualidade demandada.

Cada item da qualidade demandada foi analisado em relação a sua relevância para os negócios da empresa, tendo em vista as metas gerenciais estabelecidas para o futuro; desta maneira foi realizada uma avaliação estratégica dos itens da qualidade demandada (Ei).

Foi utilizada uma escala de 0,5 a 2,0, onde 0,5 representava a importância pequena e a 2,0 representava uma importância muito grande. Os itens de qualidade demandada também passaram por uma avaliação competitiva (Mi) – benchmarking comercial, onde foi analisada a situação da empresa comparada aos concorrentes.

O índice de importância corrigida foi calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$IDi^* = IDi \times \sqrt{Ei} \times \sqrt{Mi}$$

Tabela 2 Desdobramento da Qualidade Demandada para o processo de solda laser.

Desdobramento da Qualidade Demandada para o Processo de solda laser							
R. Primário	R. Secundário	R. Terciário	Importância	Peso (IDi)	Ei	Mi	IDi^*
Melhorar a qualidade do processo solda laser	Matéria prima	Apresentar perfil de corte perfeito	2	8.5	1.5	0.5	7.3
		Isento de limalhas na borda	2	7.0	1.5	1.0	8.5
	Diminuir índice de retrabalho	Evitar porosidade no cordão de solda	2	10.5	2.0	1.5	18.1
		Garantir dimensional dos blanks	1	6.5	1.5	0.5	5.6
		Embutir dimples conforme croqui	1	6.5	1.0	1.0	6.5
		Evitar soldar peças em duplicidade	2	7.5	1.5	1.5	11.2
	Melhorar estrutura da linha	Sistema de aspiração do equipamento	2	8.4	2.0	1.0	11.8
		Definir parametrização do setup	1	7.5	1.5	1.5	11.2
		Controle de gás He durante o processo	2	9.8	2.0	1.5	16.9
	Melhorar a confiabilidade do estoque	Manter prazo definidos por vendas	1	8.0	1.5	1.0	9.7
		Diminuir a divergência de qtd de peças	1	7.3	1.0	1.0	7.3
		Utilizar embalagem adequada	1	6.9	1.0	0.5	8.4
	Melhorar procedimento	Criar ficha de processo	2	7.4	1.5	1.0	9.0
		Realizar treinamentos específicos	1	7.3	1.0	1.0	7.3
	Melhorar método controle de processo	Instalar sistema on line de inspeção	1	6.7	1.0	1.0	6.7
		Atualizar Software de ensaios	1	6.8	0.5	1.0	4.8
Criar equipe de melhoria continua		1	6.5	1.5	1.0	7.9	

Em seguida, são estabelecidas as características de qualidade ouvindo-se o corpo técnico da empresa. As características de qualidade devem ser organizadas e dispostas na parte superior da Matriz da Qualidade, formando o cabeçalho das colunas.

A etapa de relacionamento da qualidade demandada com as características de qualidade complementa o preenchimento da Matriz da Qualidade. A intensidade do relacionamento entre os itens da qualidade demandada e as características de qualidade foi feita utilizando uma escala de 0 a 9 (0 – nenhuma influência; 1 – pouca influência; 3 – média influência; 9 – forte influência).

A partir da definição do relacionamento entre os itens de qualidade demandada e as características de qualidade, foi determinada a importância de cada característica de qualidade.

Matriz de Qualidade		Importância (Peso)	Dimensional	Velocidade	Ajuste de Potência	Corte sem irregularidade	Resistência do cordão de solda	Controle de vazão do gás He	Controlar Porosidade	Largura do cordão de solda	Cota de solda	Distância dos Dimples	Profundidade dos Dimples	Defeito Superficial	Tipo de Embalagem	Peso do fardo	Etiqueta de identificação		Importância do D Q	Avaliação Estratégica	Avaliação Competitiva	Priorização			
RC: Melhorar a qualidade do processo solda laser	Matéria prima	Sistema de aspiração do equipamento	2	Δ	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	7.3	15	0.5	6.3		
		Isento de limalhas na borda	2	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	8.5	15	1.0	10.4	
	Diminuir índice de retrabalho	Evitar porosidade no cordão de solda	2	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	18.1	2.0	1.5	31.3	
		Garantir dimensional dos blanks	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5.6	1.5	0.5	8.4
		Embutir dimples conforme croqui	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	6.5	1.0	1.0	6.5
	Melhorar estrutura da linha	Evitar soldar peças em duplicidade	2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	11.2	1.5	1.5	16.8
		Apresentar perfil de solda perfeito	2	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	○	11.8	2.0	1.0	23.6
		Definir parametrização do setup	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	11.2	1.5	1.5
	Melhorar a confiabilidade do estoque	Controle de gás He durante o processo	2	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	○	16.9	2.0	1.5	29.2
		Manter prazo definidos por vendas	1	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	○	9.7	1.5	1.0	11.8
		Diminuir a divergência de qtd de peças	1	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	○	7.3	1.0	1.0	7.3	
	Melhorar procedimento	Utilizar embalagem adequada	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	8.4	1.0	0.5	8.4
		Criar ficha de processo	2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	9.0	1.5	1.0	11.0
		Realizar treinamentos específicos	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	7.3	1.0	1.0	7.3
	Melhorar método controle de processo	Instalar sistema on line de inspeção 100%	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	6.7	1.0	1.0	6.7
		Atualizar Software de ensaios	1	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	4.8	0.5	1.0	3.3
		Criar equipe de melhoria continua	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	7.9	1.5	1.0	9.6
	Valores Objetivos			Croqui	m/min	10 ³ W/cm ²	45-grau	> 70% da menor	15 l/min	ISO 13319-1	mm	Croqui	Croqui	Croqui	Visual	intacto	Kg	legível							
	Importância técnica	Grau de importância (req. produto)	163	207	177	219	253	191	341	77	101	143	125	71	91	103	97	2359							
		Percentual %	7	9	8	9	11	8	14	3	4	6	5	3	4	4	4	100							

Figura 20 – Matriz de Qualidade do processo solda laser.

As figuras 21 e 22 apresentam respectivamente a priorização dos itens da demanda de qualidade e das características de qualidade. Conforme observado nos gráficos de priorização alguns aspectos se destacam e serão contemplados no planejamento da qualidade. Entre os itens da demanda da qualidade, destacam-se evitar porosidade no cordão de solda e apresentar perfil de corte perfeito; e entre as características da qualidade destacam-se a controlar porosidade e resistência da solda além do corte irregular.

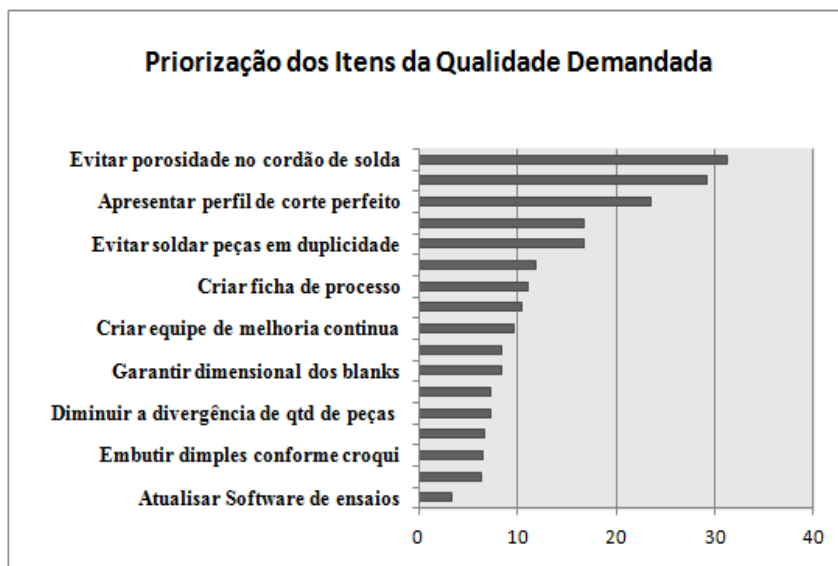


Figura 21 – Gráfico de Pareto - Priorização dos itens da Qualidade Demandada.

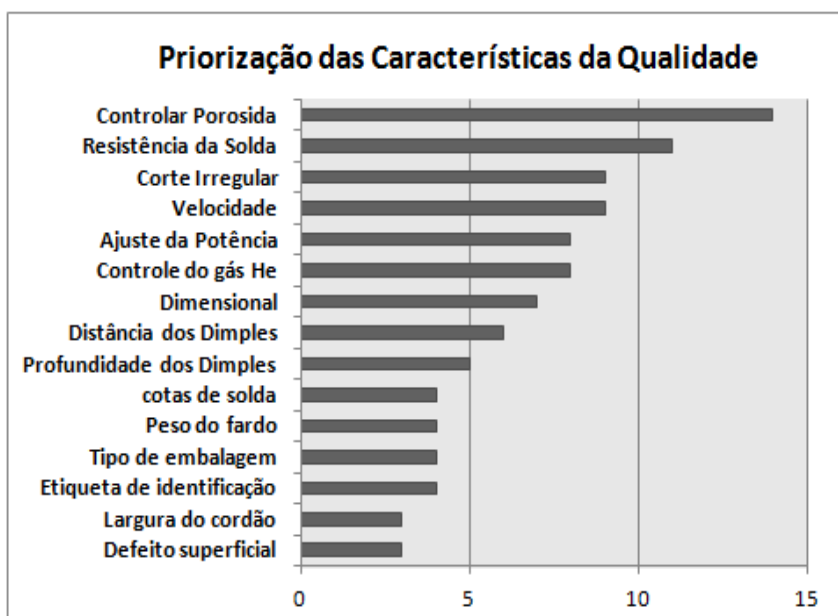


Figura 22 – Gráfico de Pareto - Priorização das Características da Qualidade.

Constata-se também que a aplicação do QFD contribuiu para a redução de 80% do índice de não conformidades internas, aumento da produtividade e aumento da satisfação dos clientes externos como evidenciado nas figuras 23 e 24.

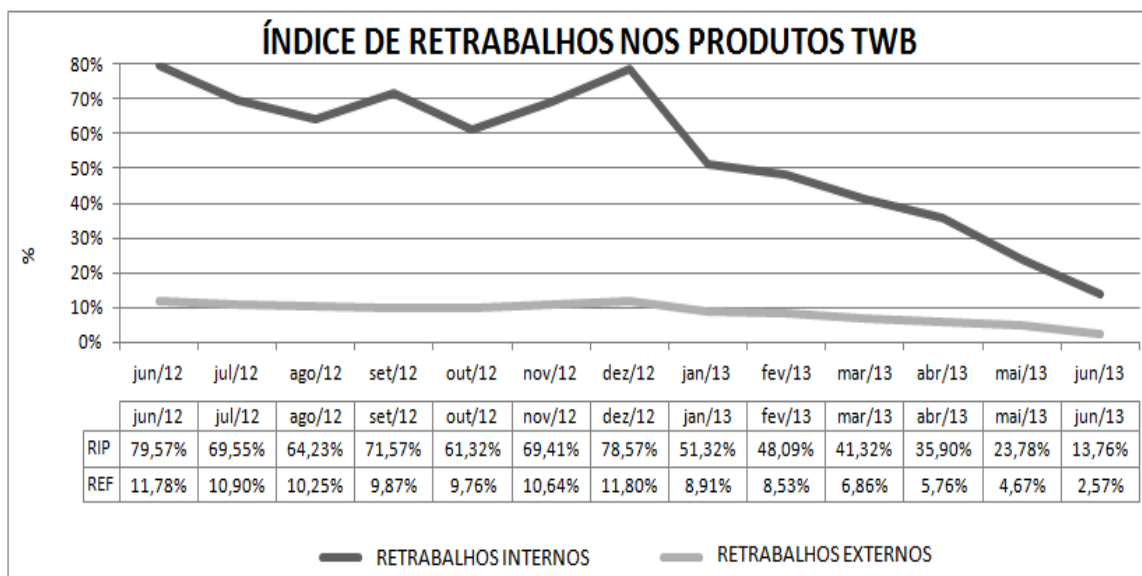


Figura 23 – Gráfico de Controle do processo solda laser.



Figura 24 – Gráfico de pesquisa e satisfação ano 2013/2014

5. CONCLUSÃO

A aplicação do QFD no processo de solda laser da empresa em estudo mostrou que ele é um método indicado para auxiliar a gerência no planejamento e garantia da qualidade á medida que a matriz é desdobrada, alinhada com as demandas do cliente, o plano de melhoria surge naturalmente.

A aplicação da Metodologia QFD permitiu:

- Identificar os itens mais importantes da Qualidade Demandada, em ordem decrescente de prioridade: 31,3% Evitar porosidade no cordão de solda, 23,6% Apresentar perfil de corte perfeito e 16,8% Evitar soldar peças em duplicidade;
- Identificar os itens menos importantes da Qualidade Demandada, em ordem decrescente de prioridade: 3,3% Atualizar software de ensaios e 6,5% Embutir dimples conforme croqui;
- Identificar os itens mais importantes de Característica da Qualidade, em ordem decrescente de prioridade: 14% Controlar a porosidade durante o processo, 11% Controlar a resistência da solda e 9% Prevenir o corte irregular;
- Identificar os itens menos importantes de Característica da Qualidade, em ordem decrescente de prioridade: 3% Evitar defeito superficial e 3% Priorizar a largura do cordão de solda e 4% Melhorar a etiqueta de identificação.
- Uma contribuição ao processo de solda laser para sua estabilidade a fim de assegurar as respectivas especificações do produto TWB, atendendo aos requisitos de todos os clientes internos envolvidos:
 - Vendas;
 - Engenharia de Produto;
 - PCP / Logística;
 - Engenharia de Qualidade, e,
 - Laboratório de Controle.

Constata-se também que a aplicação do QFD contribuiu para a redução de 80% do índice de não conformidades internas, aumento da produtividade e aumento da satisfação dos clientes externos.

Com base no modelo é possível concluir que é extremamente útil buscar melhorias no processo com o foco no cliente. O *QFD* facilita e agiliza a identificação dos pontos a serem atuados, ajuda a aproximar o cliente da empresa, melhora a organização e comunicação interna da empresa, contribuindo para a melhoria do grau de satisfação dos clientes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – NBR ISO 9000:2005 – Sistema de Gestão de Qualidade/fundamentos e Vocabulário.

ABNT – NBR ISO 9001:2008 – Sistema de Gestão de Qualidade.

ABNT – NBR 16001:2004 - Responsabilidade social – Sistema da gestão – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004, 11 p.

AKAO, Y. (1996). Introdução ao desdobramento da qualidade. Trad. Zelinda Tomic Fujikswa e Seiichiro Takahashi. Belo Horizonte, Escola de Engenharia da UFMG. Fundação Cristiano Ottoni.

AKAO, Y., Ed (1990). Quality Function Deployment: integrating customer requirements into product design. Trad.por Glenn H Manzur. Cambridge, Productive Press.

BUSS, C. O., Coordenação de equipes multidisciplinares no desenvolvimento integrado de produtos 21º Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Salvador, 2001.

CALVITI, C.M.A. Proposta de Processo e Desenvolvimento de Produto: Motor de Combustão Interna, São Paulo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo-USP,São Paulo,2008.

CAMPOS, V.F (1992). TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês). Belo Horizonte, Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG.

CERQUEIRA, J.P. A metodologia de análise e solução de problemas. São Paulo: Pioneira, 1995.

CHENG, L. C. et al. QFD: planejamento da qualidade. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

CHENG, L.C. e MELO FILHO, L.D.R. QFD: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

CLAUSING, D (1993). Total quality development: a step-by-step guide to work-class concurrent engineering. New York, ASME (ASME press series on international advances in design productivity).

COSTA, A. F. B.; EPPRECHIT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. Controle Estatístico de Qualidade: Métodos Estatísticos. São Paulo: Atlas, 2005.

CORRÊA , HENRIQUEL.; Administração de Produção e Operações. Manufatura e Serviço: uma abordagem estratégica; São Paulo: Atlas, 2005.

CRIVELLARO, R.S.(2003). “Estudo da Estampabilidade do Tailor Welded Blank Soldado a Laser – Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre”.

CROSBY, P.B..Qualidade sem lágrimas: A arte da gerência descomplicada Rio de Janeiro: José Olympio. 1992.

DAVENPORT, Thomas H. Reengenharia de processos: como inovar na empresa através de tecnologia de informação. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

DEMING, W.E Qualidade: A revolução da Administração, Editora Marques Saraiva, Rio de Janeiro, 1990.

DITTO et al, “Weight Reduction and Safety Improvement Associated with the Use of Laser Welded Tailored Blanks” The European Automotive Industry Meets The Challenges of the Year 2000 – 5th International Congress Strasburg, 21-23 junho 1995.

EUREKA,W.H; KYAN, N. QFD – perspectives gerenciais do desdobramento da função qualidade. Rio de Janeiro : Qualitymark, 1992

FALCONI CAMPOS V. **Controle de Qualidade Total no Estilo Japonês**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

FALCONI CAMPOS V. **TQC: Gerenciamento da rotina de trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

FEIGEMBAUM. A .V, Controle da Qualidade Total, Editora Makro Books, São Paulo, 1991

Ferramentas estatística básicas para o gerenciamento de processo. Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda, 2006.

FIATES, G. G. S., A utilização do QFD como suporte a implementação do TQC em. empresas do setor de serviços. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

GARVIN. D.A (1992). Gerenciando a qualidade a visão estratégica e competitividade. Traduzida por João Ferreira de Souza. Rio de Janeiro, Qualitymark.

GONCALVES, Jose Ernesto Lima. Processo, que processo RAE - Revista de Administração de Empresas, v. 40, n. 4 (Out.Dez.), p. 8-19. 2000b.

HAMMER, Michael; CHAMPY, James. Reengenharia revolucionando a empresa em função dos clientes, da concorrência e das grandes mudanças da Gerencia. Tradução da versão original Reengineering the corporation: a manifesto for business revolution. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

HAUSER, J.R.;CLAUSING,D. The House Quality.Harward Business Review, 1988.

HARRINGTON, James. Aperfeiçoando processos empresariais, Makron Books, SP,1993.

<http://www.steel.org/AM/Template> (acesso: 22/Fev/2016).

<http://www.arcelor.com/fcse/repository/Publications> (acesso: 22/Fev/2016)

http://www.ulsab.org/ulsab/image_library (acesso: 22/Fev/2016)

<http://www.Thyssenkrupp.com> - Fórum – Thechnische Mitteilungen Thyssenkrupp” Edição 1/ (1999). Acesso em 14 de Fev. de 2016.

IBQP. **Produtividade sistêmica**. São Luiz. 2001. Programa de capacitação de agentes da produtividade - módulo I.

IBQP. **Diagnóstico da produtividade sistêmica**. Curitiba. 2004. Programa de capacitação de agentes da produtividade - módulo IV.

IBQP. **Produtividade sistêmica**. Disponível em: < <http://www.ibqp.org.br>> Acesso em: 15 Fev. 2016.

ISHIKAWA, Kaoru, Controle de Qualidade Total: á maneira japonesa, Rio de Janeiro: Campos 1993.

ISHIKAWA.K (1990) Introduction quality control s.1 3^a Corporation.

JARONI e DOHR “ Tailored Blanks – Von der Marktnische zur Weltweiten Proktion, Stahl und Eisen 118 (1998)

JURAN, J. M., Controle Da Qualidade, conceito, política e filosofia da Qualidade – Editora Graw-Hill/Makron Books, São Paulo, 1991.

JURAN, J. M., GRZYNA, F.M Controle De Qualidade, componentes básicos da função qualidade – Editora Graw-Hill/Makron Books, São Paulo, 1991.

JURAN, J. M. **A Qualidade desde o projeto**: os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. São Paulo: Editora Guazzelli Ltda., 1992.

KEEN, Peter. The process edge, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts,1997.

KING, N. C. O. **Desenvolvimento de um processo para análise da Produtividade Sistêmica**. Curitiba: PUC – PR, 2007.

KING, B. Better Desing in Half the Time: Implementing QFD in America. 3. Ed. Methuen; Goal/QPC, 1989.

LADARIO, F.P, (2004) “Um Estudo do Processo de Soldagem a Laser de Blanks Automotivos, com e sem Revestimento, no Ambiente Industrial Visando Melhorias Incrementais e Redução de Custo”.

LIMA, B. P,(2009) Desenvolvimento de embalagem aplicando o método QFD. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/publicacoes/>>. Acesso em: 11 de Fev. de 2016.

MACEDO, M. M. Gestão da produtividade nas empresas. **Revista FAE Business**, Curitiba, v.5, n. 3, p. 18-22, 2002.

MALHORTA, Yogesh. Business process redesign: an overview. S.I: Brint Research Institute, 1998.

MALIK, A.M. Avaliação, qualidade, gestão para trabalhadores da área da Saúde e outros interessados. São Paulo (SP): Centro de Educação em Saúde/SENAC; 1996.

MARTINS, R. A. **Sistemas de medição de desempenho: um modelo para estruturação do uso**. 1999. 269 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999.

MATORANO, Enzo. O QFD no projeto e desenvolvimento de produtos com ênfase nas quatro fases. Dissertação de Mestrado Florianópolis: UFSC, 1993.

MEINDERS, T.(2000), “Deep drawing simulation of tailored blanks and experimental verification, Journal of Material Processing Technology , vol. 103, pp.65-73 ,

MOURA, W. G. Aplicação do QFD no desenvolvimento do produto e do processo. 1º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, Belo Horizonte, 1999.

NETTO, Clovis Armando Alvarenga. Proposta definindo gestão por processos: características, vantagens, desvantagens. Atlas, São Paulo, 2006. In: LAURINDO, Fernando Jose Barbin; N.

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

OLIVEIRA, D. P. R. **Planejamento Estratégico: Conceitos, Metodologia e Práticas**. São Paulo: Atlas, 2004.

OLIVEIRA, Sidney Taylor de. Ferramentas para aprimoramento da qualidade. 2 ed. São Paulo: Editora Pioneira, 1996.

PAIM, R.. As tarefas para Gestão de Processos. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.

PALADINI, EDSON PACHECO. Qualidade Total na Prática. 3ed. Atlas, 1994.

PALADINI, E.P, Gestão estratégica da qualidade – Princípios, Métodos e Processos, Editora Atlas, São Paulo, 2009.

PALADINI, E.P, Gestão de qualidade, Editora Atlas, São Paulo, 2009.

PALLET, R.J & LARK, R.J., “The use of tailored blank in manufacturing of construction components”, Journal of Materials Processing Technology , Vol. 117, pp 249-254 , 2001.

- RIBEIRO, J.L.D. Confiabilidade de componentes e sistemas – UFRGS Porto Alegre, 1998.
- ROTONDARO, Roberto Gilioli. (org), Gestão integrada de processos e da tecnologia de informação, Atlas, 2006.
- Saunders, F.I; Wagoner, R.H. “Forming of Tailored Blanks” *Physical Metallurgy and Science* v27A n9 Setembro 1996.
- Slack, S. Chambers and R. Johnston, *Administração da Produção*. Ed. Atlas, 2002
- SCHULZ, E. “Leichtbau von Fahrzeugen mit innovation Stählen” *Stahl und Eisen* 117 (1997) Nr.10 p. 37-46.
- SILVA, J. M. **Produtividade Sistêmica**. Disponível em: < <http://www.ubq.org.br> > Acesso em: 30 set 2010.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E.M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 2001. 121 f. Dissertação (Pós-Graduação), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- SULLIVAN, L.P. Quality Function Deployment. *Quality Progress*, pp. 39-50, Junho, 1986.
- TAGUCHI G; ELSAYED, E HSIANG. T . (1990) Taguchi – Engenharia de qualidade em sistema de produção. New York McGraw-Hill.
- TOLEDO, J.C; AMARAL, D.C – FMEA (Análise do tipo e efeito de falha. Grupo de Pesquisa Em Qualidade, Universidade de São Federal de São Carlos 2008.
- TWBPT - TAILOR WELDED BLANK PROJECT TEAM. **Tailor welded blank applications and manufacturing: a state-of-the art survey**, Relatório técnico do Auto/Steel Partnership, 2001, 91p.
- VIERA, S Estatística para Qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. Rio de Janeiro Editora Campus, 1999.
- VIEIRA. S, As Sete Ferramentas Estatística para Controle de Qualidade. Brasília. AO&T Consultores Associados Ltda, 1994.
- WERKEMA M. C. **Ferramentas estatísticas básicas para gerenciamento de processo**. V. 2, Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1995.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos, TQC. Gestão pela qualidade total. v 1 Minas Gerais: Fundação Chistiano Ottoni – Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

7 APÊNDICES

APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO ABERTO

PROCESSO DE SOLDA LASER SOLUÇÕES USIMINAS

NOME: _____ FUNÇÃO: _____
SETOR: _____ TURNO: _____

1- Quais aspectos você julga fundamental no processo solda laser:

2- Cite três pontos fortes neste setor de solda laser:

3- Cite três aspectos que podem ser melhorados no processo solda laser:

4- Apresente características positiva e negativa quanto aos equipamentos utilizados no processo de solda laser:

Positivo

Negativo

5- Apresente qualquer outro comentário sobre o processo solda laser:

APÊNDICE II – QUESTIONÁRIO FECHADO

PESQUISA SOBRE O PROCESSO SOLDA LASER SOLUÇÕES USIMINAS	
Data: Cliente (Setor): Responsável: Função: Ramal:	Formulário nº: Revisão: Emissão: Responsável:
<p>Sendo o setor de solda laser um prestador de serviço interno, responda as questões abaixo sobre quais aspectos você julga importante para melhorar a qualidade do processo de solda laser levando em consideração sua experiência no processo.</p>	

Matéria Prima	NOTA
Apresentar perfil de corte perfeito	
Isento de limalhas na borda	

Diminuir índice de retrabalho	NOTA
Evitar porosidade no cordão de solda	
Garantir dimensional dos blanks	
Embutir dimples conforme croqui	
Evitar soldar peças em duplicidade	

Melhorar estrutura da linha	NOTA
Sistema de aspiração do equipamento	
Definir parametrização do setup	
Controle de gás He durante o processo	

Melhorar a confiabilidade do estoque	NOTA
Manter prazo definidos por vendas	
Diminuir a divergência de qtd de peças	
Utilizar embalagem adequada	

Melhorar procedimento	NOTA
Criar ficha de processo	
Realizar treinamentos específicos	

Melhorar método controle de processo	NOTA
Instalar sistema on line de inspeção 100%	
Atualizar Software de ensaios	
Criar equipe de melhoria continua	

Escala de Importância	
Grau de Importância	Escala
Muito Importante	2,0
Importante	1,0
Pouco Importante	0,5