



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**TEORIA DAS PERDAS SUCESSIVAS COMO FUNDAMENTO PARA A
BUSCA DO ZERO DEFEITO: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
POR

MARIANA MORAES MACIEL
Orientador: Prof. Dr. Antônio Nunes Barbosa Filho

RECIFE, DEZEMBRO DE 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TEORIA DAS PERDAS SUCESSIVAS COMO FUNDAMENTO PARA A
BUSCA DO ZERO DEFEITO: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – como
requisito parcial para obtenção de Grau em Engenharia de
Produção

RECIFE, DEZEMBRO DE 2010

M152t

Maciel, Mariana Moraes.

Teoria das perdas sucessivas como fundamento para a busca do zero defeito: um estudo exploratório / Mariana Moraes Maciel. - Recife: O Autor, 2010.

vii, 40folhas; il., tabs.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco.
CTG. Curso de Engenharia de Produção, 2010.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Nunes Barbosa Filho.

Inclui Referência.

1. Engenharia de Produção. 2. Controle de Qualidade Zero Defeito. 3. Teoria das Perdas Sociais Sucessivas. I. Barbosa Filho, Antonio Nunes. II. Título

658.5 CDD (22. ed.)

UFPE/BCTG/2010-237

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais por investirem e priorizarem meus estudos e minha formação profissional, em suas vidas. A minha mãe, pelo interesse e preocupação em todas as fases da minha vida acadêmica.

Agradeço a João Marcelo por entender as noites mal dormidas e por todo o incentivo e sugestões que foram dados na construção desse trabalho.

Agradeço também aos meus colegas de classe, e todos os meus professores que sem os quais eu nunca chegaria a esse momento.

Agradeço ao meu orientador, pela infindável paciência e pela sua incrível forma de ensinar.

RESUMO

O rápido avanço tecnológico e de consumo que vêm ocorrendo na última década é um assunto que ainda gera muita polêmica. O consumo de energia e de materiais de um país costuma estar associado ao seu nível de desenvolvimento. Entretanto o consumo e os subprodutos resultantes da oferta de recursos trazem consequências para o meio ambiente e para a manutenção dos recursos naturais. Limitar o uso de recursos em geral em países em desenvolvimento, como o Brasil, representa um grande risco, pois o consumo de energia desses países é em média seis vezes menor do que o verificado nos países industrializados, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para garantir o desenvolvimento sustentável, deve-se atender às demandas através do aumento da eficiência nos processos, ou seja, minimizando as perdas aumentando o grau de utilização dos recursos existentes. A partir desse contexto esse trabalho foi desenvolvido. Trata-se de um estudo exploratório sobre a Teoria das Perdas de Taguchi e a busca do Zero Defeito procurando estabelecer um inter-relacionamento entre essas. Sua principal finalidade é disponibilizar um material sistematizado, que sirva para a difusão dos conceitos centrais dessas teorias e mostrando sua grande utilidade para a sociedade. A principal ideia a ser apresentada nesse trabalho é a da consciência de que as perdas no processo de produtivos podem causar prejuízos tanto para a empresa, como para a sociedade inteira, tornando assim, o conceito do Controle de Qualidade Zero-Defeito mais consistente.

Palavras chave: Controle de Qualidade Zero Defeito, Teoria das Perdas Sociais Sucessivas, Características Funcionais, Tolerância e Valor Nominal.

SUMÁRIO

1. Introdução	8
1.1 Justificativa	8
1.2 Problemática	8
1.3 Fundamento	10
1.4 Objetivos	10
1.4.1 Objetivo Geral	10
1.4.2 Objetivos Específicos	11
1.5 Metodologia	11
1.6 Estrutura do Trabalho	11
2. Histórico da Filosofia de Qualidade Japonesa	13
2.1 Oriente em atraso	13
2.2 O início do Progresso	15
3. Controle de Qualidade Zero Defeito	18
3.1 As Sete Perdas do Sistema Toyota de Produção	18
3.1.1 Perdas por Superprodução	19
3.1.2 Perdas por Transporte	19
3.1.3 Perdas no Processamento em Si	19
3.1.4 Perdas por Fabricação de Produtos Defeituosos	20
3.1.5 Perdas no Movimentação	20
3.1.6 Perdas por Espera	20
3.1.7 Perdas por Estoque.....	20
3.2 Análise entre as perdas sob a ótica de Taguchi e as Perdas do STP	21
3.3 Zero Defeito	21
4. Teoria das Perdas Sociais Sucessivas	24

4.1 QFD – Desdobramento da Função Qualidade	24
4.2 Teoria das Perdas Sociais Sucessivas	25
4.2.1 O projeto de Sistema	27
4.2.2 O Projeto dos parâmetros	27
4.2.3 O projeto de tolerâncias	28
4.3 Estudo de Caso (baseado em Ross, 1991)	29
4.4 Tipos de Tolerância	32
4.4.1 Nominal é melhor	32
4.4.2 Quanto Menor melhor	33
4.4.3 Quanto Maior Melhor	34
4.5 Análise Crítica da Relação entre a TPSS e o ZD	35
5. Considerações Finais	37
5.1 Conclusões	37
5.2 Limitações	38
5.3 Sugestões para trabalhos futuros	38
Bibliografia	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Linha do Tempo	10
Figura 3.1 – Os Custos dos Defeitos	23
Figura 4.1 – Ciclo da Qualidade	26
Figura 4.2 – Síndrome da Meta Final	28
Figura 4.3 – Função Perda de Taguchi	29
Figura 4.4 – Custos associados a cobertura (filme) para estufas para plantas	30
Figura 4.5 – Outras Funções Perdas (Menor-é-melhor)	34
Figura 4.6 – Outras Funções Perdas (Maior-é-melhor)	34

1. INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

Esse trabalho nasceu a partir de uma aula sobre LIDS (Life Cycle Design Strategies – Estratégias do Design do Ciclo de Vida) na disciplina de Engenharia do Produto, onde foi apresentada a Teoria das Perdas Sociais Sucessivas, em que se destacou que para cada unidade monetária perdida na produção de um produto resultaria em uma perda muitas vezes superior na geração seguinte quanto a utilidade do capital disponível.

A partir dessa informação e da escassez de literatura explicando e contextualizando essa teoria, surgiu a necessidade de um trabalho que viesse a agrupar as devidas informações e discorrer sobre o tema de forma explicativa facilitando assim sua disseminação, tratando-se dessa forma de uma pesquisa de caráter exploratório.

Vivendo em uma época de recursos naturais, monetários e energéticos cada vez mais escassos, esse assunto assume uma mister responsabilidade. Ele traz à sociedade evidências objetivas que reduzindo a variabilidade do processo, e conseqüentemente, o valor nominal de especificações do produto, há uma redução no custo da aquisição do produto, evitando assim perdas com um produto fora da conformidade. Essas ideias foram concebidas por Genichi Taguchi, um engenheiro estatístico japonês que viveu em uma época de enorme acumulação de conhecimento da indústria japonesa.

1.2 Problemática

Buscar a eficiência na produção faz parte do planejamento para melhor aproveitar os recursos naturais e energéticos e reduzir os impactos ambientais gerados pelas atividades econômicas. Nesse cenário o tema adquire grande relevância haja vista a escassez desses recursos, e a necessidade de estar consciente da importância de produzir produtos com a qualidade adequada, isto é dentro das especificações, minimizando as perdas para a sociedade.

Tendo isso como base, pode-se entender como o Japão após a Segunda Guerra Mundial conseguiu se reerguer e virar referência em todo mundo em diversas áreas atingindo elevada produtividade de mão-de-obra, menor índice de violência de todo o mundo, mais apropriado sistema educacional, mais avançado sistema de transportes coletivos, etc.

Logo após a Segunda Guerra Mundial, num cenário de baixa produtividade e enorme escassez de recursos no Japão, surge o Sistema Toyota de Produção (STP). Na ótica desse sistema a perda se caracteriza por tudo que agrega custo e não é estritamente necessário ao

processo. E com base nisso foram conceituadas sete perdas que devem ser constantemente perseguidas visando à eliminação de custos:

1. Perdas por Superprodução
2. Perdas por Transporte
3. Perdas no Processamento em Si
4. Perdas por Fabricação de Produtos Defeituosos
5. Perdas no Movimento
6. Perdas por Espera
7. Perdas por Estoque

Genichi Taguchi, por sua vez, foi um engenheiro estatístico japonês, que por volta de 1950, começou a atuar na área de controle estatístico da Qualidade, passou doze anos desenvolvendo métodos para o aumento da qualidade, quando, em seguida, ele passa a prestar serviços de consultoria a inúmeras indústrias japonesas, sendo inclusive o Sistema Toyota influenciado por suas ideias. Segundo Ross (1991), Taguchi considerou a qualidade em duas áreas fundamentais: controle da qualidade (CQ) fora da linha e na linha. O CQ fora da linha se refere ao aperfeiçoamento da qualidade nos estágios de desenvolvimento do produto e do processo. O CQ na linha diz respeito à monitoração dos processos industriais correntes a fim de verificar os níveis da qualidade produzidos. A função Perda de Taguchi aponta que, mesmo o produto estando dentro dos limites de especificação, há um custo definido para a sociedade se a característica não está exatamente no valor nominal; quanto mais longe do nominal, maior o custo. E é justamente isso que ele deseja minimizar: as perdas da sociedade como um todo.

E com base nisso, a Teoria das Perdas Sociais de Taguchi vem a ser um grande impulsionador do conceito de Zero-Defeito, criado por Philip Crosby. Essa filosofia não exige a perfeição de produtos, porém ela prega “fazer certo à primeira vez”, onde estabelecendo uma meta “zero-defeitos”, define-se, um caminho claro para a melhoria contínua.

A figura 1.1 ilustra uma linha do tempo entre o surgimento dos conceitos abordados nesse trabalho.

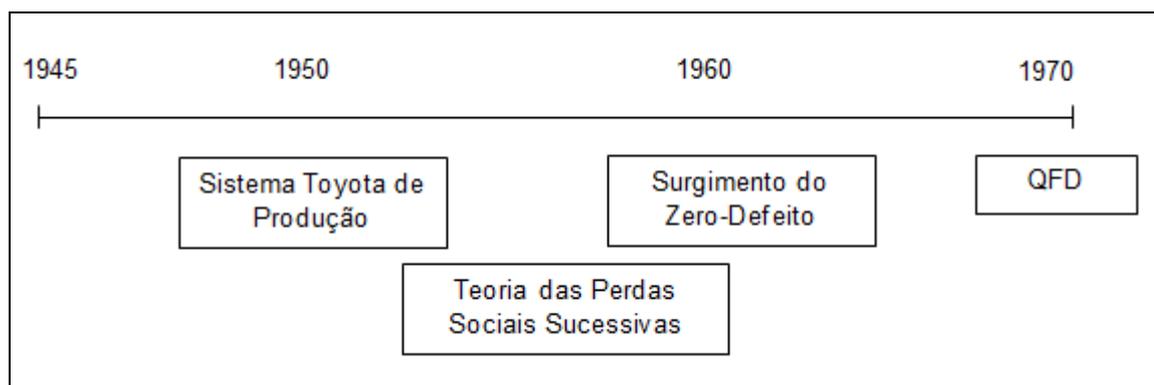


Figura 1.1: Linha do Tempo

FONTE: Autora

A escolha desse tema aconteceu dada à escassez de material demonstrando todo o seu contexto, assim como explicando sua importância. A evidência desses fatos tem grande valor para a sociedade, pois comprova e demonstra claramente – até mesmo usando o exemplo do milagre da indústria japonesa – que a redução na variabilidade do processo e consequentemente de perdas traz inúmeros ganhos para a sociedade.

1.3 Fundamento

O termo “Fundamento” segundo Houaiss (2009) pode ser definido como “base, alicerce” ou ainda “conjunto de princípios a partir dos quais se pode fundar ou deduzir um sistema, um agrupamento de conhecimentos”. O conceito de fundamento enriquece o esclarecimento do tema abordado, de forma que o trabalho tem como objetivo maior buscar na Teoria das Perdas os princípios que alicerçam o Zero Defeito.

O conceito do Zero-Defeito muitas vezes gera polêmica uma vez que muitos autores o consideram uma teoria utópica, não podendo, assim, ser usada na realidade. Todavia esse trabalho usa a Teoria das Perdas como agrupamento de conhecimentos para dar base ao Zero-defeito no cotidiano.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Esse trabalho tem como objetivo geral apresentar a Teoria de Perdas Sociais de Taguchi, com o intuito de disseminá-la, mostrando sua grande utilidade para a sociedade, dessa forma ele propõe o desenvolvimento de suas ideias oferecendo base aos princípios do Zero-Defeito.

1.4.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos pode-se enumerar:

- Conceituar Fundamento;
- Analisar o processo histórico da Qualidade no Japão;
- Conceituar perdas na ótica do Sistema Toyota de Produção;
- Contextualizar o surgimento do Zero Defeito;
- Discorrer sobre a Teoria das Perdas Sociais Sucessivas;
- Analisar criticamente a relação entre a Teoria das Perdas Sociais Sucessivas e o Zero Defeito.

1.5 Metodologia

Esse trabalho foi desenvolvido através de uma pesquisa bibliográfica. Caracteriza-se por uma pesquisa exploratória, tem um objetivo descritivo e sua natureza é qualitativa. As pesquisas foram realizadas através de arquivos científicos e livros. É importante destacar que é uma pesquisa exploratória com o intuito de apresentar os temas estudados, de modo a disseminá-los e desenvolvendo os seus contextos históricos e a interrelação entre as teorias estudadas. No fim do trabalho são realizadas reflexões com os temas estudados.

1.6 Estrutura do Trabalho

O primeiro capítulo apresenta a justificativa da escolha do tema para elaboração do trabalho, a problemática abordada, seus objetivos e a conceituação do termo “Fundamento”.

No segundo capítulo é abordado o contexto histórico japonês na construção do perfil do seu povo, com uma visão para suas características gerenciais e contextualização histórica da evolução da Qualidade no Japão.

O terceiro capítulo trata das perdas sobre a ótica do Sistema Toyota de Produção. Ressalta-se o surgimento dessa empresa, a importante categorização das perdas e a diferença das perdas consideradas por Taguchi.

O quarto capítulo, por sua vez, destaca a criação do Programa Zero-Defeito de Phil Crosby, suas aplicações, seus pontos fundamentais e algumas críticas sobre a subjetividade do programa.

Já no quinto capítulo, é apresentada um pouco da biografia de Genichi Taguchi, o criador da Teoria das Perdas Sociais, e suas principais obras.

O sexto capítulo trata sobre o QFD (desdobramento da função qualidade), seus princípios e sua lógica.

O sétimo capítulo é o aprofundamento sobre a Teoria das Perdas Sociais Sucessivas, explicando sua criação, sua importância para a sociedade, citando as etapas do projeto do produto, exemplificando através de um estudo de caso e apresentando os possíveis tipos de tolerância para as características de um produto.

O oitavo capítulo se baseia em uma análise crítica entre as duas teorias apresentadas, suas cronologias históricas, suas diferenças, limitações e importância para a sociedade.

O nono capítulo é um resumo de todo o estudo apresentado, onde são lançadas as conclusões e limitações do trabalho e algumas sugestões para trabalhos futuros.

2. HISTÓRICO DA FILOSOFIA DE QUALIDADE JAPONESA

2.1 Oriente em atraso

Em meados do século XX o ocidente já podia se considerar industrializado. A Europa ocidental já estava tomada por extensas estradas de ferro que, assim como os automóveis e barcos a vapor, agilizavam os transportes. A Inglaterra era um centro de tecnologia e já empregava mais de duzentos mil homens, mulheres e crianças em suas linhas de montagens. Nessa época, o Japão era um aglomerado de pequenos feudos e, cultivando arroz e algodão, se detinha a venerar a memória de seus ancestrais.

A partir de 1638 o governo japonês, temendo influências na sua cultura, havia fechado as portas do país permanecendo assim até 1854. Esse período de 216 anos fez com que o Japão não acompanhasse as inúmeras inovações tecnológicas que ocorreram nos séculos XVIII e XIX, porém, de certa forma, ajudou a rever e a reestruturar a ordem social japonesa. Era necessário lidar com a terra e a escassa quantidade de recursos da melhor forma possível, para que toda população fosse atendida. A partir desse isolamento o Japão obteve sua identidade como povo, difundindo princípios tais quais: espírito de disciplina comunitária, a dedicação ao trabalho árduo, o desejo e a curiosidade em aprender, o respeito aos mais velhos e à hierarquia, lealdade mútua, entre outros. Foi nessa época que houve uma consolidação da cultura japonesa, afirmando valores e virtudes sociais que ajudaram a impulsionar o país e promover uma profunda reforma econômica.

Nesse tempo a autoridade principal era o Xogun, o supremo comandante militar, que era quem atribuía os feudos aos destacados samurais, membros da classe de elite, ou classe guerreira. Porém assim como esses senhores feudais japoneses ganhavam, também estavam sujeitos a perder a concessão territorial. Para manter essa concessão, eles deveriam mostrar grandes habilidades gerenciais como liderança e capacidade de motivar seu grupo para a produtividade no trato da terra. O cabeça da casa, o senhor feudal, detinha poderes ditatoriais sobre seu grupo. Tornava-se elemento de ligação com os superiores de uma estrutura hierárquica rígida e autoritária. Em alguns grupos, a desobediência às ordens de superiores hierárquicos era considerada e tratada como crime.

Estas qualidades gerenciais eram intensivamente apregoadas e estimuladas, através de editais do governo e nos ensinamentos de pequenas escolas-templo. Estas práticas serviram de padrões de conduta de um administrador competente e, não obstante sua simplicidade,

funcionaram como eficazes fatores educativos e de desenvolvimento da capacidade na condução dos negócios do governo, nesta incipiente economia capitalista.

Com o retorno obtido pelo bom nível de produtividade, já se fazia possível algum investimento em pequenas manufaturas artesanais nos ramos de tecelagem, cerâmica ou sakê. Eram os primeiros passos para uma profunda transformação econômica que não tardaria a ocorrer no Japão.

Depois de tentar manter-se isolado do resto do mundo o Japão abriu os portos para comércio com o ocidente, cedendo à pressão dos EUA, em fevereiro de 1854. Acontecia, assim, a reintegração do Japão na comunidade internacional das nações. Na realidade a intenção americana era garantir abastecimento para suas frotas que estavam fazendo negócios com a China, e não transacionar comercialmente com o Japão, que na época era considerada uma nação muito pobre. Porém essa abertura do país não foi imediatamente aceita por todos os japoneses. O sistema feudal começou a ser ameaçado por fortes críticas pelo seu efeito na economia, diante da presença estrangeira e um antagonismo insustentável contra o regime, a desordem social generalizada tomou conta do país, dando fim a esse período de isolamento comumente chamado de período Tokugawa (por causa do primeiro Xogun Tokugawa Ieyasu).

Foi nesse cenário que se deu a restauração Meiji.

“Inspirado nessas idéias, um punhado de jovens de origem samurai proclamou um golpe de estado, na data de 3 de janeiro de 1868. Esse movimento que recebeu o apelido de Restauração Meiji, passou a ser um dos mais citados da História Moderna da Humanidade, pelo impacto e pela força de transformação, num dado momento, de uma inteira sociedade.” (XAVIER, 1983, p.23).

A restauração Meiji acelerou a industrialização assim como fortaleceu as autoridades militares no Japão até o ano de 1905, sob o lema de “Enriqueça o país, fortaleça as forças armadas”.

As prioridades do novo governo japonês foram superar os problemas de natureza política: forte antagonismo às novas idéias e ameaça de desintegração interna e carência de tecnologia para apoiar qualquer tipo de empreendimento industrial. No ano de 1870 foi criado o Ministério da Indústria. Nessa época, o governo queria instalar indústrias para dar sustentabilidade às suas estratégias, tendo que investir seu próprio capital para fundar as primeiras empresas. Quando as indústrias entravam em funcionamento, o governo repassava para proprietários privados.

Fatores que impunham limitações ao crescimento econômico do Japão eram a debilidade da economia e a carência de tecnologia. Dessa forma, o Ministério da Educação

coordenou grupos estudiosos que viajavam ao redor do mundo, em busca de know-how para o enriquecimento de suas atividades. Consultores estrangeiros também foram buscados para dar um apoio na utilização de equipamentos importados acompanhando e treinando seus primeiros operadores.

Após a primeira guerra mundial, em que os grandes vencedores seriam o Japão e os Estados Unidos, considerando-se o ponto de vista econômico, o Japão já se consagrava como uma das grandes potências mundiais. Havia expandido ousadamente os mercados externos, aumentando o volume de exportações e, como potência econômica, já desafiava a concorrência inglesa, alemã e americana. Nos anos que se seguiram à Primeira Guerra Mundial passaram a dispor da terceira marinha mercante do mundo e com os lucros gerados pela guerra, aumentaram seu arsenal militar.

Porém em 1923, quando um terremoto no Japão provocou enorme destruição onde mais de cem mil japoneses sofreram no distrito de Kanto, inúmeros prejuízos abalaram seriamente as finanças do governo japonês. Além disso, a ordem internacional tinha se restabelecido, fazendo com que as empresas japonesas precisassem empregar um enorme esforço para continuar atuando no concorrido mercado externo. Em paralelo, os gastos com a expansão militarista só aumentavam, e a péssima qualidade dos produtos japoneses contribuíram para criar um sentimento anti-japonês.

Na década de 30 o desemprego tornou-se uma bandeira política, a sociedade havia empobrecido e insatisfeita, motins, assassinatos e suicídios fanáticos começaram a tomar conta dessa época. Com o fanatismo militar associado a tudo isso, em 1941 é deflagrada a Segunda Guerra Mundial, de onde o Japão, em 1945, sai rendido em um clima de desolação, miséria e humilhação.

A determinação dos japoneses, de certa forma, diminuiu sua prostração diante da derrota e de inúmeras perdas materiais. O abalo veio em natureza econômica, moral e religiosa para a sociedade japonesa. A apatia em relação à vida e ao trabalho era comportamento comum no Japão, o que refletia na péssima reputação do desempenho industrial desse país. Produtos japoneses não ofereciam confiabilidade e eram rejeitados nos mercados externos. Isso chamou a atenção da elite empresarial japonesa.

2.2 O início do Progresso

Pode-se dizer que o despertar da consciência para a qualidade no Japão foi dado em 1949, quando iniciou-se o emprego de esforços na obtenção de conhecimento de controle da

qualidade. Várias atividades começaram a ser desenvolvidas pelo J.U.S.E. (Japanese Union of Scientist and Engineers – Sindicato Japonês de Cientistas e Engenheiros). Em 1950, o americano W. Edwards Deming foi convidado pelo J.U.S.E. para ministrar um seminário sobre controle de qualidade no Japão, despertando grande interesse dos japoneses nesse assunto. Um prêmio, que levava o nome desse estudioso, foi instituído no Japão com o objetivo de estimular as empresas e prestigiar aquela que se destacasse quanto ao Controle de Qualidade.

É dessa forma que a qualidade passa a ser prioridade número um para a nação japonesa. Com o objetivo de mudar a sua atuação no mercado e superar suas deficiências, o Japão começava a investir na melhoria de seus produtos estimulando estudos sobre Qualidade e obtendo suporte de grandes especialistas sobre o tema. Joseph Juran, americano e especialista em Controle da Qualidade, ajudou a institucionalizar a qualidade como parte integrante do desempenho gerencial em todos os níveis, o que mais tarde ficou conhecido como Controle Total da Qualidade. Nesse momento o Controle da Qualidade passou a ser responsabilidade de todos dentro da empresa. Os treinamentos começaram a ser difundidos, da diretoria até os trabalhadores mais humildes precisavam estar envolvidos.

Em 1956, o governo japonês começa a patrocinar um programa de rádio sobre Controle de Qualidade, para atingir toda a nação. O mês de novembro, foi oficialmente considerado o mês da Qualidade e em 1960, foi inaugurada a bandeira da qualidade, que foi posteriormente usada em muitas fábricas, com o objetivo de difundir suas práticas.

Finalmente pode-se concluir que uma série de fatores contribuiu para a consciência da qualidade, na sociedade japonesa. Como exemplo tem-se a má reputação de seus produtos tanto no mercado doméstico, como no mercado externo; humildade para buscar experiência em países mais desenvolvidos; determinação para agir na causa do problema; envolvimento e visão da alta administração das grandes empresas japonesas que se comprometeram com o controle da Qualidade; apoio do governo nessa busca pela melhoria da qualidade; criação de associações como a J.U.S.E.; e incorporação na cultura japonesa da consciência e do respeito à qualidade.

O abrangente e intensivo movimento pelo Controle de Qualidade foi conduzido no Japão de modo a criar a consciência nos trabalhadores e obter o máximo de perfeição em todas as atividades desempenhadas. E nesse contexto a atuação dos supervisores de primeira linha adquiriu uma profunda importância. Ele era a figura central responsável por disseminar e interagir com os demais funcionários. Na década de 60 inúmeras revistas sobre controle de

qualidade, como “Controle Estatístico da Qualidade” e “Controle da Qualidade para Supervisor”, começaram a circular e tornaram-se populares entre os supervisores. Eles retransmitiam seus conhecimentos fazendo reuniões com pequenos grupos onde debatiam sobre problemas, defeitos, causas e conseqüências e as soluções viáveis. Esse é o início dos Círculos de Controle da Qualidade (CCQ) que aconteceu em torno de 1962. Segundo Xavier (1983, p. 53):

Os círculos de controle da Qualidade constituem-se de pequenos grupos de empregados, que ao desempenharem atividades afins, em uma mesma área de uma empresa, se reúnem para buscar soluções e problemas que lhes são comuns.

Logo, o CCQ passou a exercer um papel muito importante na obtenção de melhorias para os pequenos grupos, para as empresas e para a sociedade japonesa como um todo.

É então que o Japão passa da separação ou conserto de peças defeituosas a produzir apenas peças boas, e fazer bem-feito da primeira vez. A qualidade passa a ser uma bandeira a ser hasteada na grande maioria das empresas e difundida em todo país através de diversos meios de comunicação como revistas, jornais e programas de rádio, para ser criada como uma cultura na essência dos trabalhadores.

3. Controle de Qualidade Zero Defeito

3.1 As Sete Perdas do Sistema Toyota de Produção

Para seguir a contextualização histórica é importante descrever a criação do Sistema Toyota de Produção, e o seu conceito de Perdas. A Toyota Motor Company surgiu com Sakichi Toyoda, filho de um humilde carpinteiro. Toyoda nasceu em 1867, e viveu em um povoado de camponeses onde as mulheres trabalhavam em teares. Ele usou seus conhecimentos em carpintaria para aprender a modernizar o antigo tear manual com o qual sua mãe trabalhava.

Em 1891, Sakichi patenteou seu primeiro tear automático. Em 1896 ele desenvolveu um tear automático que tinha capacidade de parar imediatamente quando ocorria uma falha (é o surgimento da ferramenta poka-yoke). Em 1907, Sakichi funda a empresa Toyoda Loom Works e três anos mais tarde, Sakichi viaja aos Estados Unidos e se interessa pela complexidade de um novo produto, o automóvel. De volta ao Japão, Sakichi funda a Toyoda Spinning and Weaving Co. Ltd. plantando as bases da corporação Toyota.

Em 1929, Toyoda vende os direitos de suas patentes (de teares) à empresa britânica Platt Brothers e encarrega a seu filho Kiichiro os investimentos na indústria automobilística. Sakichi morre um ano depois e Kiichiro inicia seu trabalho no desenvolvimento de motores de combustão à gasolina. Dois anos depois, funda a Divisão Automobilística da Toyota Automatic Loom Works. Finalmente, em 1937, Kiichiro consegue produzir o primeiro protótipo de automóvel e estabelece as bases para fundar a Toyota Motor Company Ltd.

Ao se tornar presidente da Toyota, Kiichiro Toyoda lançou o desafio de alcançar o desempenho da indústria automobilística americana, que já estava consolidada no mercado, em três anos. Segundo Ohno (1997, p.25) “Toyoda Kiichiró, então presidente da Toyota Motor company, disse ‘Alcancemos os Estados Unidos em três anos. Caso contrário, a indústria automobilística do Japão não sobreviverá.’”. Foi nessa época que Taiichi Ohno e Shigeo Shingo propõem as Sete grandes classes de perdas do que se convencionou chamar por Sistema Toyota de Produção (STP), que devem ser continuamente perseguidas e eliminadas. Faremos a seguir uma breve análise de cada uma destas.

3.1.1 Perdas por Superprodução

Esta perda é considerada muito perigosa para o STP, pois tem a característica de esconder as outras perdas e é extremamente difícil de ser eliminada. Dessa forma esse sistema busca constantemente atingir o nivelamento da Produção. Existem dois tipos de perdas por superprodução:

- Quantitativa (superprodução por quantidade), que é a perda por produzir além do volume programado ou necessário (sobram produtos). Esse tipo de perda é altamente evitado pelo STP.
- Antecipada, que é a perda por produzir antes do momento necessário, ou seja, os produtos fabricados ficarão estocados aguardando a ocasião de serem consumidas ou processadas por etapas posteriores. É onde se destaca a característica Just-in-time (no momento certo) do STP, que significa produzir no momento adequado.

3.1.2 Perdas por transporte

O transporte é uma atividade que não agrega valor na fabricação de um produto, e dessa forma ele é considerado uma perda a ser minimizada. A otimização do transporte significaria sua completa eliminação. Conforme Shingo (1996, p. 59) “Melhorias reais de transporte *eliminam* a função de transporte tanto quanto possível”.

O mais importante em termos de melhorias nos transportes em uma rede de processos são as definições de *layout*. Alterações de *layout* podem trazer melhorias significativas eliminando movimentações desnecessárias por motivo de um arranjo físico inadequado.

Segundo Ghinato (1996) a eliminação ou redução do transporte deve ser encarada como uma das prioridades no esforço de redução de custos, pois, em geral, o transporte ocupa 45% (quarenta e cinco por cento) do tempo total de fabricação de um item.

3.1.3 Perdas pelo processamento em si

Esse tipo de perda se caracteriza por etapas do processo que não são exatamente necessárias para que o produto adquira suas características funcionais. Nessa etapa utiliza-se da Engenharia de Análise de Valor, analisando as funções do produto e os métodos de fabricação a serem empregados, objetivando otimizar o processamento.

3.1.4 Perdas por Fabricação de Produtos Defeituosos

Essa perda se caracteriza por produzir tanto peças em processamento como produtos acabados fora dos padrões de especificações de qualidade. Normalmente nas empresas, a área de controle de qualidade se concentra em minimizar esse tipo de perda sendo responsáveis pela inspeção do produto. É a perda mais visível, pois se trata do objeto da produção, exigindo retrabalho ou refugo do produto.

3.1.5 Perdas por Movimentação

Esse tipo de perda está ligada aos movimentos desnecessários executados durante o processo pelos operadores. Reduzir perdas por movimentação irá melhorar os resultados do tempo total de operação. O estudo dos tempos e movimentos pode promover melhorias significativas nesse aspecto. Conforme Ghinato (1996, p. 61) “A introdução dessas melhorias como resultado do estudo dos movimentos pode reduzir os tempos de operação em 10 a 20%”.

3.1.6 Perdas por Espera

A perda por espera se caracteriza através dos tempos em que nenhum processo é executado enquanto os custos horários de utilização dos recursos produtivos são contabilizados.

Na realidade existem dois tipos de espera: a que acontece quando o operário tem que permanecer junto à máquina acompanhando o processamento, e a perda por espera da máquina, que é a parada da máquina por falta de suprimento de matéria-prima.

De acordo com o STP, a única perda tolerável seria a da espera de máquina, uma vez que é o objetivo principal é uma produção enxuta, com estoque mínimo e entrega no tempo certo.

3.1.7 Perdas por Estoque

Esta perda está relacionada aos custos de manter o estoque e àqueles associados à movimentação de matérias-primas, material em processamento e produtos acabados. O STP tem como estratégia a eliminação gradativa dos estoques intermediários para identificar outros problemas no sistema, que normalmente ficam escondidos pelo estoque. Uma das grandes armas para isso é a TRF (troca rápida de ferramentas), com o objetivo de reduzir o tempo de setup (preparação), viabilizando a redução dos tamanhos dos lotes.

3.2 Análise entre as Perdas sob a Ótica de Taguchi e as Perdas do STP

É necessário aqui esclarecer a diferença entre as perdas consideradas por Taguchi e as Perdas do Sistema Toyota de Produção. Taguchi desenvolveu essa teoria visando o controle de Qualidade Fora da linha, isto é, ainda na parte de desenvolvimento de produto e do processo, antes do produto estar sendo propriamente produzido. O sistema Toyota de Produção abrange as Perdas que podem também ocorrer dentro do processo produtivo, ou seja, na linha. Ambas têm sua destacada relevância em um sistema de produção e devem ser analisadas conjuntamente conforme os princípios do QFD.

3.3 Zero Defeito

Philip Crosby foi empresário e escritor na área da Qualidade, nascido em 1926 na cidade de Wheeling, West Virginia nos Estados Unidos, ele trabalhou como engenheiro na empresa Crosley Corporation e como gestor da qualidade na Martin-Marietta. Foi nesta última que desenvolveu o conceito de zero-defeito.

E expressão Zero-Defeito surgiu em 1962 como denominação de um programa de melhorias de uma das divisões de Martin-Marietta Company, nos Estados Unidos. Tal companhia fornecia mísseis para o exército americano e foi solicitada a reduzir os prazos de entrega praticados.

A empresa percebeu que atingir esse objetivo só seria possível se os erros e defeitos que ocorriam ao longo do processo de produção fossem eliminados em todas as fases. O padrão do desempenho exigido nada mais é do que “fazer certo na primeira vez”, expressão que foi disseminada por Philip Crosby, na década de 60.

Com o sucesso dessa organização, eliminando os defeitos e reduzindo os prazos de entrega, o exército americano divulgou os resultados incentivando a adoção do programa nas outras indústrias.

Joseph Moses Juran e Frank Gryna (engenheiros e consultores em qualidade) logo analisaram as publicações a respeito dos resultados alcançados e os conteúdos dos programas adotados pela companhia engajadas com o Zero Defeito. Os programas, segundo Ghinato (1996, p. 90) consistiam basicamente em:

1. Um pacote motivacional que ajudava a reduzir os defeitos controláveis pelo trabalhador. Neste pacote apareciam recursos do tipo cartazes, quadro de desempenho, avisos, reuniões motivacionais, etc.
2. Um “pacote” preventivo que ajudava a reduzir os defeitos controláveis pela gerência. Este pacote centrava-se nas sugestões para eliminação da

causa do erro que eram apresentadas pelos trabalhadores e posteriormente analisadas e adotadas pela supervisão.

Nessa época, houve um grande movimento para adoção desse programa nas empresas, seguido de uma frustração pelo fato de muitas delas não atingirem o resultado esperado. A questão era que muitas organizações acreditavam que ter o programa já era o suficiente para alcançar a meta zero-defeito. Confiou-se que o estímulo da motivação para os trabalhadores, por si só, já eliminaria todos os erros do processo.

O programa Zero Defeito sofreu várias críticas, porém, de fato, ele muitas vezes estava ligado unicamente à filosofia e motivação, ficando em segundo plano propostas específicas e técnicas de soluções de problemas. No Oriente, através do Sistema Toyota de Produção a questão do Zero Defeito teve um significado muito diferente do ocidente. O Controle de Qualidade Zero Defeitos (CQZD) na Toyota assumiu um caráter de método racional e científico, que era capaz de eliminar a ocorrência de defeitos através da identificação e controle de causas.

Ou seja, diferentemente das organizações ocidentais o CQZD no Sistema Toyota de Produção dá ênfase especial à questão operacional. O método está estruturado no processo de identificação das causas dos defeitos e aplicação de mecanismos capazes de detectar problemas na operação e tomar uma ação imediata quando estes desvios são detectados. Isto é, o método é levado ao modelo científico e desenvolvido através de atividades específicas para tratamento real dos defeitos da companhia. Só através da filosofia não seria possível implantar tal programa. Porém com o auxílio de técnicas para cada etapa do processo e dispositivos que tentam evitar a ocorrência do defeito obtém-se resultados surpreendentes. O fato é que quando afirma-se a ênfase operacional do CQZD defendido por Shingo, na Toyota, não quer dizer que os aspectos motivacionais sejam negligenciados.

Podem-se descrever quatro pontos fundamentais para a sustentação do CQZD:

- Utilização da inspeção na fonte. Este método de inspeção tem caráter preventivo, capaz de eliminar completamente a ocorrência de defeitos pois a função controle é aplicada na origem e não sobre os resultados;
- Utilização da inspeção 100% ao invés de inspeção por amostragem;
- Redução do tempo decorrido entre detecção de uma anormalidade e a aplicação de uma ação corretiva (*feedback* imediato);
- Reconhecimento de que os trabalhadores não são infalíveis (dispositivos poka-yoke).

A análise da figura 1 mostra a importância de se corrigir os defeitos na fonte para minimizar os custos.



FIGURA 3.1 – Os custos dos defeitos

FONTE: Lynch (1989) apud Ghinato (1996).

A intangibilidade do Zero Defeito é considerada por alguns autores, como Schonberger (1988) uma utopia, algo para se estabelecer uma meta, porém não necessariamente alcançável. Essa consideração de Schonberger se baseia na experiência ocidental, onde de fato o programa não obteve bons resultados, e o índice “zero” de defeitos esteve longe de ser alcançado.

Shingo (1996), por sua vez, acredita no Zero defeito, não como um programa milagroso e salvador, mas como uma abordagem científica que se baseia em um processo de melhoria contínua. A meta no CQZD não é apenas garantir que um produto venha livre de defeitos, mas garantir a capacidade de um sistema de fabricar produtos livres de defeitos. Dessa forma toda operação na Toyota é planejada considerando todas as possibilidades de falha.

De fato, experiências mostram os benefícios do CQZD. Ainda segundo Ghinato (1996, p.93).

“Comparando-se o índice de defeitos de montagem da Toyota (Takaoka) com o índice alcançado pela GM (Framingham), por exemplo, constata-se que a Toyota apresenta um desempenho quase três vezes superior. Como o aprimoramento contínuo é a base do CQZD, é de se esperar que esta diferença amplie-se ainda mais em favor da Toyota”.

4. TEORIA DAS PERDAS SOCIAIS SUCESSIVAS

4.1 QFD – Desdobramento da Função Qualidade

O Desdobramento da Função Qualidade (QFD – Quality Function Deployment) é o desdobramento em funções ou operações que determinam a qualidade sistematicamente com procedimentos objetivos mais do que com subjetivos. Ele é uma tentativa de desdobrar as características da qualidade de um produto entre funções que contribuam para a qualidade já na fase de projeto. Dessa forma o QFD é um olhar sistemático da qualidade onde se tenta traduzir para a prática as necessidades dos clientes em cada uma das funções do produto.

O conceito de QFD nasceu no Japão no fim da década de 60. Nessa época a ideia do Controle Estatístico de Qualidade já estava bastante difundida na indústria japonesa. Shigeru Mizuno e Yoji Akao foram os responsáveis pelo desenvolvimento desse método que visa assegurar a qualidade que garante a satisfação do cliente antes mesmo do produto ser manufaturado. Pois os métodos de qualidade anteriores visavam sempre verificar o problema apenas durante ou após sua fabricação.

A lógica do QFD é aproximar as demandas do consumidor do processo de produção, organizando-o de acordo com essas demandas e, dessa forma, aumentando substancialmente as chances de satisfação das necessidades do cliente. Segundo o *QFD Institute* (Instituto QFD), o Desdobramento da Função Qualidade se caracteriza por:

- Entender os requisitos do cliente;
- Conceito do Sistema da Qualidade + Psicologia + Conhecimento/Epistemologia, que segundo Houaiss, (2009) é a “reflexão geral em torno da natureza, etapas e limites do conhecimento humano [...]”;
- Maximizar a Qualidade que agrega valor;
- Sistema de Qualidade voltado à satisfação do cliente;
- Estratégia para ficar à frente do jogo.

A partir disso o QFD oferece um entendimento das reais necessidades dos clientes e o que realmente é de valor para eles, para dessa forma incluir no produto (assim como no serviço) os recursos que necessariamente farão diferença na decisão do cliente no momento da compra. Esse sistema deve englobar todas as etapas do negócio do marketing, ao design, qualidade, processos de produção e venda, alinhando assim, toda a companhia de modo a atingir um alvo comum.

Isso deve acontecer com uma organização que procura permanentemente as necessidades declaradas e não declaradas pelo cliente, identificando as oportunidades de negócio e usando métodos transparentes e analíticos para encorajar a superar as expectativas gerando um nível de satisfação que agrega valor ao produto.

Essa breve descrição sobre o conceito de QFD deve-se a necessidade de esclarecer esse tema para um melhor entendimento da visão de Taguchi para a concepção da Teoria das Perdas Sociais Sucessivas. O QFD é o ponto de partida para a Teoria de Taguchi haja vista que é necessário ter em mente todas as reais necessidades do cliente, o que ele precisa e o que ele quer de um produto, para poder determinar tanto suas características funcionais como os desvios dessas características que são toleráveis para o produto em questão.

4.2 Teoria Das Perdas Sociais Sucessivas

Na década de 1960 Taguchi, enriquecendo os extensos estudos japoneses na área da Qualidade, apresenta um estudo inovador, na Teoria das Perdas.

Taguchi considera o controle de Qualidade dividido em duas áreas fundamentais: Controle de Qualidade (CQ) fora da linha e na linha. O CQ na linha diz respeito à monitoração dos processos de fabricação a fim de verificar os níveis de qualidade fabricados. É muito analisado na Área de Controle Estatístico de Processos. O CQ fora da linha é relacionado ao aperfeiçoamento da qualidade nos estágios de desenvolvimento de produto e processo. Este último será tratado nesse trabalho em virtude da necessidade de esclarecimento do tema e, principalmente, pelos impactos nos custos gerados pelas decisões nas fases iniciais do processo de fabricação de determinado produto.

O preço de um produto é definido por itens como o custo total de produção, despesas e custo com publicidade e pela margem de lucro do fabricante. Já a procura por um produto é afetada pela sua qualidade e pelo seu preço de venda. Taguchi concentrou seus estudos na tentativa de aumentar a qualidade e reduzir os custos dos produtos fabricados no Japão. O custo de um produto para a sociedade pode ser reduzido pela minimização de perdas e pela minimização da fabricação de produtos cujos efeitos sejam prejudiciais.

Na prática são os consumidores os grandes avaliadores dos produtos. É a partir de seu poder aquisitivo que eles devem definir se os produtos atendem às suas exigências. É nele que o projetista deve buscar as informações necessárias a fim de aplicar no produto as características que o consumidor espera, traduzindo em especificações, que incluem desenhos, dimensões, tolerâncias, materiais, processos, instrumentos e calibração. Tudo isso deve ser

dimensionado e levado ao cliente por um preço certo. Isso é o que desenha a definição mais simples de qualidade superior: cliente satisfeito.

A retroalimentação de clientes para projetistas e fabricantes configura um sistema de melhoria da qualidade, onde as expectativas dos clientes estão cada vez mais sendo atendidas, levando ao aumento no volume das vendas e participação no mercado.

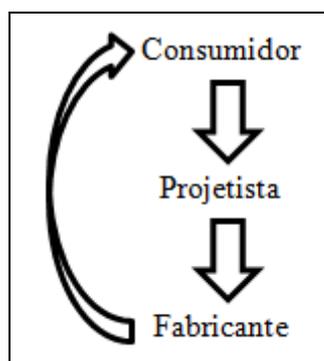


Figura 4.1 – Ciclo da Qualidade

Fonte: Autora

É de senso comum que o produto fabricado de acordo com o projeto, dentro da tolerância permitida, é de qualidade superior. Essa visão, comumente chamada de Filosofia da Meta Final, impede a retroalimentação, pois, mesmo que um produto tenha suas especificações de projeto atendidas, não significa que está atendendo as expectativas do consumidor.

Segundo Taguchi (1990), do ponto de vista de valor agregado, a qualidade de certo produto é determinada pelas perdas econômicas impostas à sociedade a partir do momento em que ele é liberado para a venda. “Um produto de qualidade superior causará perda mínima para a sociedade no decorrer de seu ciclo de vida. A perda sofrida pelo consumidor pode ser experimentada em diversas formas, mas geralmente ela consiste na perda da função do produto ou de suas propriedades.” (ROSS, 1991). Dessa forma, um produto pode trazer perdas à sociedade de diversas maneiras entre elas, a perda devido ao efeito colateral causado pelo produto, e a perda devido à variação nas características funcionais. Isto é, um remédio, por exemplo, pode perder o seu valor caso desencadeie efeitos colaterais indesejáveis. Um outro exemplo seria uma pilha que pode definir uma voltagem de 3 volts para a iluminação ideal de uma lâmpada. Essa voltagem deve ser o mais próximo possível desse valor nominal (3 volts). Se a voltagem estiver acima disso, é possível que a lâmpada queime

prematuramente e, caso esteja abaixo, provavelmente a lâmpada não oferecerá a iluminação esperada.

Ross (1991) afirma que a função perda de Taguchi admite o desejo do consumidor de obter produtos mais duradouros e o desejo do fabricante de produzir produtos com um custo menor. A perda para a sociedade é representada tanto pelos custos do processo de produção, quanto pelos custos dos consumidores no decorrer da vida útil do produto (reparos, perdas de negócio, imagem).

Um exemplo a ser dado é o desenvolvimento da tampa de uma garrafa de refrigerante. A tampa deve estar vedada suficientemente a ponto de não permitir a passagem do gás prejudicando o sabor da bebida. Por outro lado, ela não pode estar tão vedada a ponto de dificultar sua abertura pelo consumidor, que poderão ser crianças ou adultos, haja vista que é uma bebida de consumo amplo. Desta feita, o valor para a força de abertura da tampa do refrigerante deve ser definido no projeto assim como uma determinada tolerância, haja vista que as tampas não podem ser exatamente iguais reproduzidas.

A variação funcional é um desvio de uma das principais características funcionais da especificação nominal do produto fixada em projeto. Com o propósito de alcançar a robustez (conceito indicativo que características funcionais do produto não são sensíveis às variações causadas por esses mesmos fatores) necessária para o produto, os esforços de controle da qualidade devem começar na fase do projeto do produto e continuar durante as fases de engenharia da produção e fabricação. Dessa forma, durante esse projeto devem ser percorridas as seguintes etapas:

4.2.1 O projeto de Sistema

Para realizar um projeto de Sistema é necessário o projeto de um protótipo básico que possua características desejadas e desempenhe as funções exigidas de um produto. Segundo Taguchi (1990) o projeto de sistema inclui seleção de materiais, de peças, de componentes e o sistema de montagem.

4.2.2 O Projeto dos parâmetros

A determinação dos níveis ótimos de parâmetros é um processo fora da linha e é realizado através dos conceitos de experimentação planejada, isto é, o resultado final desta etapa do projeto é a determinação de combinações ótimas de níveis de parâmetros para todos os componentes do protótipo, que minimizam ou diminuem os efeitos de perturbações e que

mantêm um desempenho semelhante ao valor nominal. Tais experimentos têm por objetivos determinar os fatores que influenciam na saída do processo, ajustar e fixar os fatores controláveis para se obter respostas dentro dos valores nominais do projeto e tornar o projeto robusto, sendo mais robusto quanto menos for impactado por fatores interno ou externo – em outras palavras quando o desempenho de saída é o melhor possível inclusive em condições não ideais.

4.2.3 O projeto de tolerâncias

Uma vez que o projeto está completo e que os valores ótimos dos parâmetros dos elementos sejam obtidos, a próxima etapa é determinar a tolerância de cada parâmetro individualmente, estabelecendo-se a relação perda da qualidade-custo. É necessário definir a amplitude do desvio tolerável de cada parâmetro. Quanto mais reduzida for a amplitude desse desvio, mais caro o produto se torna. Por outro lado, quanto maior for a amplitude, maior será o desvio em relação ao especificado para o desempenho do produto. Essa etapa determina tolerâncias mais econômicas: aquelas que minimizam o custo do produto para um determinado desvio tolerável a partir dos valores nominais.

Assim, voltando-se ao exemplo do refrigerante, para o consumidor, quanto mais próxima a força para abertura da garrafa estiver do valor nominal, melhor será. Caso ela esteja abaixo do limite inferior, o gás provavelmente saíra e haverá perda no sabor da bebida, caso esteja acima do limite superior, haverá risco do consumidor se machucar quebrando a garrafa, causando assim perda ao produto que está fora do seu limite de tolerância.

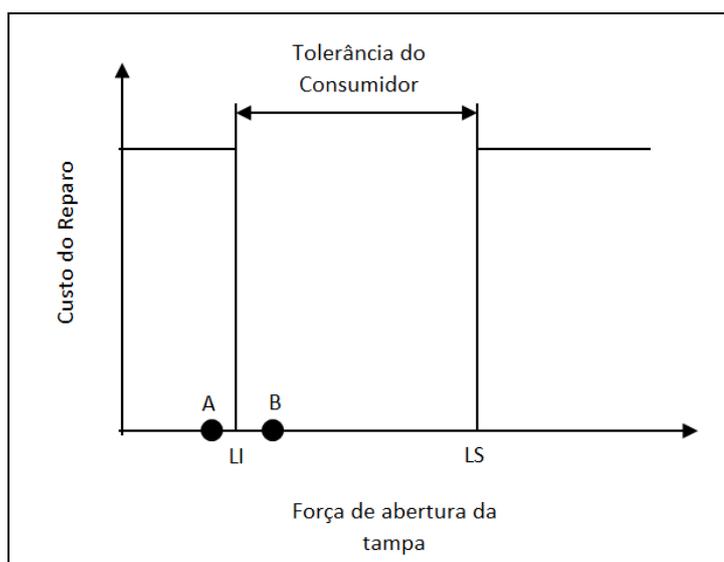


Figura 4.2 – Síndrome da Meta Final

FONTE: Ross, 1991

Qual seria então a diferença entre os pontos A e B na figura 3? Do ponto de vista do consumidor, sendo este padrão, valores fora do seu limite de tolerância o levariam a reclamar ao fabricante, com relação ao gosto da bebida, tendo este a obrigação de trocar o produto. Caso o valor para a força de abertura esteja dentro dessa tolerância, ele é admitido pelo fornecedor.

Na realidade o gráfico que melhor demonstra esse comportamento é a função perda. Que indica que na realidade quanto mais próximo, o valor da função do produto estiver do seu valor nominal, menor será o custo associado ao reparo. Por outro lado, quanto mais distante estiver, maior deverá ser o custo associado, até que os limites tolerados pelo usuário sejam alcançados, e o custo será equivalente ao custo do ajuste.

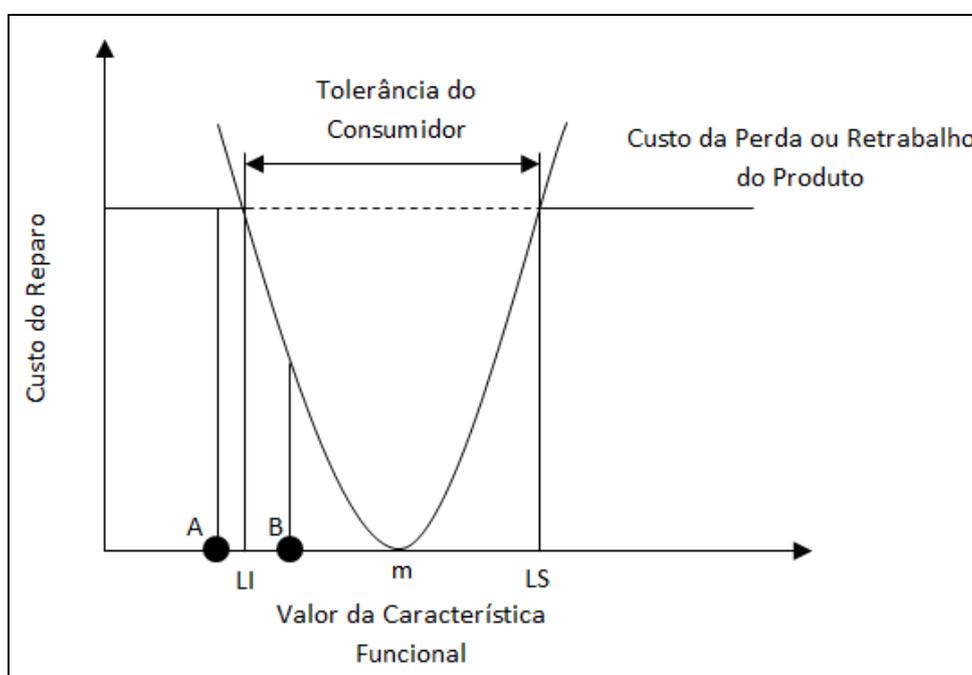


Figura 4.3 – Função Perda de Taguchi

4.3 Estudo de Caso (baseado em Ross, 1991)

Um fabricante no Japão produzia filmes de Polietileno com uma espessura nominal de 1,0 mm (um milímetro), sendo este usado para a cobertura de estufas para plantas. O desejo dos consumidores desse produto é um filme espesso o suficiente para proteger as plantas dos danos causados pelo vento, porém não tão espesso para permitir a passagem de luz. Ao passo que os fabricantes desejam que o filme seja mais fino para que se possa produzir uma maior área do produto pelo mesmo custo. A figura 4.4 indica os desejos conflitantes.

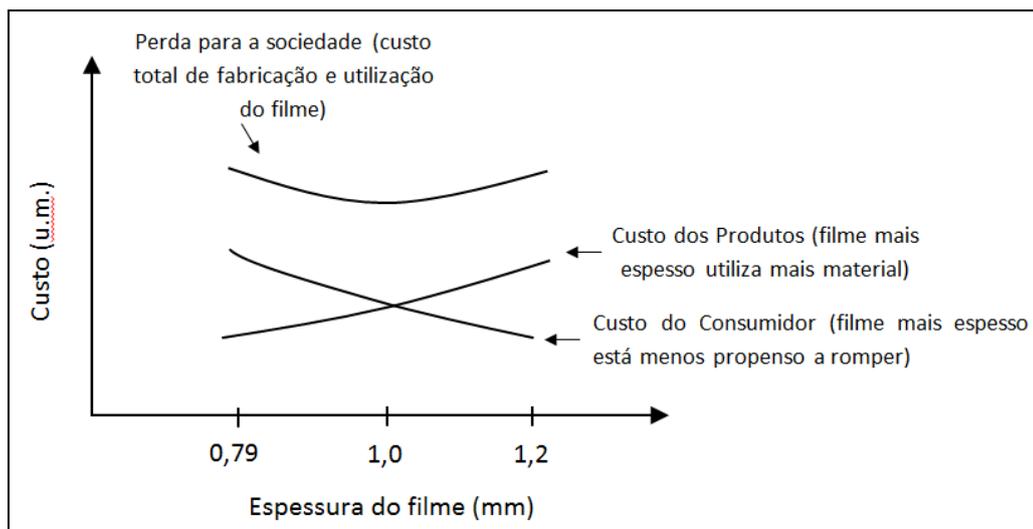


Figura 4.4 – Custos associados a cobertura (filme) para estufas para plantas

FONTE: Taguchi; Yu-in Wu (1979) apud Ross (1991)

Naquele momento as especificações nacionais para aquele tipo de filme estabelecia uma espessura de 1 mm ±0,2 mm. O fabricante sabia que poderia controlar a espessura do filme para mais ou menos 0,02 mm consistentemente e sendo assim, na tentativa de reduzir seus custos, reduziu a espessura nominal para 0,82 mm e como já que possuía um processo com menor variabilidade (sua tolerância era menor), o produto atenderia às especificações do país, pois:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,82 + 0,02 = 0,84 \\ 0,82 - 0,02 = 0,80 \end{array} \right.$$

Entretanto, ventos muito fortes e um furacão causou a destruição de um grande número de estufas. Quem teve que arcar com os custos de reposição das estufas foram os consumidores, já que o produto estava dentro das especificações. A função-perda, que é a perda para a sociedade, é representada pela primeira curva, sendo a soma das curvas do fabricante e do consumidor. É esta curva que consegue demonstrar a espessura adequada para a fabricação do produto, e este é o ponto do valor nominal de 1 mm.

Ao observar a figura 5, é possível perceber que quando o filme se torna mais espesso do que o valor nominal o custo do produto é maior, sendo, naturalmente, repassado para o consumidor, que estará perdendo dinheiro. Chega-se então a seguinte conclusão: o fabricante por pertencer à sociedade, deve fabricar produtos dentro do valor nominal e ainda reduzir a variação da espessura para um valor menor possível.

O que é importante destacar na filosofia de Taguchi, é que do seu ponto de vista, o fabricante causar perdas adicionais à sociedade fabricando produtos fora de seu valor nominal é pior que roubar do próprio consumidor. Segundo Ross (1991, p. 8):

Se alguém furta 10 u.m. a perda líquida da sociedade é zero; alguém sofre uma perda de 10 u.m. e o ladrão um ganho de 10 u.m.. Contudo, se o produtor causa uma perda adicional para a sociedade, todos dentro desta sofrem de certo modo, alguma perda.

Com esta experiência a especificação nacional foi substituída para uma espessura média de 1 mm e com tolerância em 0,02 mm.

De acordo com Barbosa Filho (2008), orientador deste trabalho, as perdas sociais sucessivas que ocorrem de geração para geração, estão relacionadas à:

- Poder de compra reduzido da população;
- Compras alternativas em função da capacidade de compra limitada.

Para melhor exemplificar, admite-se um universo com três empresas X, Y e Z fabricantes de diferentes produtos, e uma população consumidora dos produtos fabricados pelas três empresas, que naturalmente possui um poder de compra limitado. Caso a empresa X comece a reduzir seus custos de fabricação e conseqüentemente seu preço de venda, ela irá fornecer a população um aumento no seu poder de compra e, dessa forma, os indivíduos poderão comprar mais produtos em qualquer uma das empresas.

Se, caso contrário, alguma das empresas do sistema operar um processo de alta variabilidade, produzindo produtos fora de especificações, haverá um incremento nos seus custos, sendo naturalmente repassado para o seu preço de venda dos produtos. Esse acontecimento faz com que os indivíduos façam compras alternativas, isto é, ou ele compra da empresa X, ou da empresa, Y ou da empresa Z, já que ele não possuirá mais recursos para comprar nas três empresas.

Ainda há a possibilidade de alguma das empresas produzirem dentro das especificações, porém estas não foram adequadamente projetadas de modo que chegam a ser vendidas ao consumidor, e com pouco tempo perdem sua utilidade (por defeitos ou necessidades de ajustes), o que da mesma forma reduzirá o poder de compra do indivíduo.

Os dois últimos casos trazem conseqüências seriamente negativas tanto para as empresas como para a população em geral, ou seja, os erros apesar de acontecerem dentro de uma empresa específica do sistema se tornam perdas para a sociedade como um todo. De modo que quanto menor o poder de compra de uma população menor são os ganhos auferidos

pelas organizações, e conseqüentemente menor o poder de investimento em melhorias para a empresa. Esses acontecimentos se transformam em um ciclo vicioso, pois vão ocorrendo sucessivamente e se acumulam através das gerações. Sendo assim, a Teoria das Perdas Sociais Sucessivas de Taguchi destaca essa importância para a sociedade de impedir a continuidade desse ciclo de perdas.

4.4 Tipos de Tolerância

4.4.1 Nominal é melhor

A tolerância do tipo “Nominal é melhor” é usualmente exigida na fabricação de produtos e componentes quando um tamanho nominal é preferido. Pode-se exemplificar esse caso da seguinte forma: suponha uma fabricação de uma régua com valor nominal de comprimento 10 cm e uma tolerância de $\pm 0,05$ cm. Para o fabricante, toda régua que ao final da linha medir mais que 10,05 ou menos que 9,95 cm estará fora de sua faixa de tolerância e dessa forma deve ser retrabalhada a um custo de 5,0 u.m. (unidades monetárias) por peça. A variabilidade no processo, além de resultar em produtos fora da especificação, resulta também em produtos dentro dos limites de especificação, porém muito próximos a estes e sendo assim, proporcionando uma menor satisfação do cliente, onde destaca-se que produtos discrepantes de seu valor nominal proporcionam um pior desempenho ao consumidor.

Segundo Ross (1991) Taguchi utiliza a seguinte função para exemplificar o gráfico de custos x valores de saída do produto:

$$L = k (y - m)^2 \quad (7.1)$$

A função perda já caracterizada na figura 4.3 pode ser representada pela função acima, onde L é a perda associada a um determinado valor y de comprimento, m é o valor nominal (no caso de 10 cm) e k é a constante associada ao custo. Sendo assim, com o custo de 5,0 u.m. associado a um valor de y acima do LSE (limite superior de especificação) ou abaixo do LIE (limite inferior de especificação), tem-se o valor de k :

$$k = \frac{5,00}{(\text{LIE} - m)^2} = \frac{5,00}{(9,95 - 10)^2} = 2000 \text{ u.m./cm}^2$$

A partir disso, para o exemplo citado, a função perda de Taguchi determina a perda para a sociedade para qualquer valor de y (comprimento da régua), mesmo que o produto não precise ser retrabalhado e chegue a ser vendido para o consumidor final.

Em um processo de fabricação o custo médio da peça para um determinado grupo de peças pode ser calculado da seguinte forma:

- a) Calcula-se a perda para cada valor da característica funcional (y);
- b) Soma o valor total desses custos;
- c) Divide-se pelo total de peças do grupo.

E para um grande número de peças a perda média pode ser determinada a partir da seguinte equação:

$$L = k [S^2 + (\bar{y} - m)^2] \quad (7.2)$$

S^2 = Variância relativa à média, \bar{y}

\bar{y} = Valor médio de y , na amostra

$(\bar{y} - m)$ = desvio da média das amostras em relação ao valor nominal m .

Em suma, esta versão da função perda se adapta a um caso em que a perda cresce simetricamente com o desvio do valor funcional em questão em torno do valor nominal, ao passo que decresce até chegar a zero ao aproximar-se de tal valor. Esse tipo de tolerância também é chamado de “tipo N”.

4.4.2 Quanto Menor melhor

De acordo com a tolerância “quanto menor melhor” o valor característico de y é sempre não negativo ($y \geq 0$) e o valor nominal é zero ($m = 0$). Vários exemplos podem ser destacados desse tipo de característica: teor de impureza de uma solução, um indicador de reclamação de cliente, o nível de ruído de um ambiente, perda por força de atrito, o tempo de espera na fila para atendimento, etc. A característica menor é melhor é mostrada na figura 7.5:

Para este caso a equação de Taguchi é representada da seguinte forma: $L = k y^2$. E para determinar a perda média de um processo nesse caso, tem-se: $L = k [S^2 + (\bar{y})^2]$. Da mesma forma que no caso anterior a constante pode ser calculada tomando como base a perda associada ao valor determinado de y . Esse tipo de tolerância também é chamada de “Tipo S”.

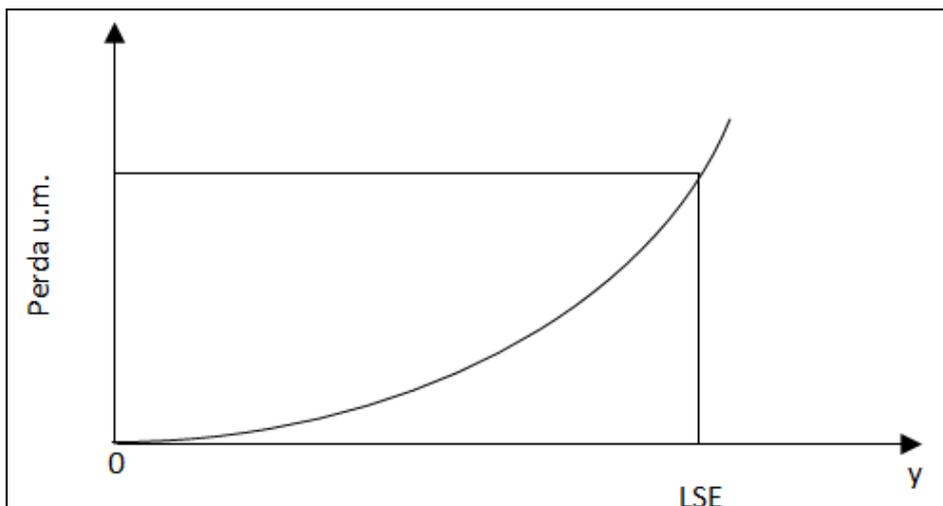


Figura 4.5: Outras Funções Perdas (Menor-é-melhor)

FONTE: ROSS (1991)

$$L = k y^2 \tag{7.3}$$

4.4.3 Quanto Maior Melhor

Esse tipo de tolerância é aplicável a características tais como resistência de material ou rendimento de um combustível. Não há valores nominais pré-determinados, assim como no caso quanto menor-é-melhor não há valores negativos ($y \geq 0$) e quanto maior for o valor da característica melhor será. O limite inferior de tolerância pode ser representado por Δ e o valor nominal (ideal) é $m = + \infty$.

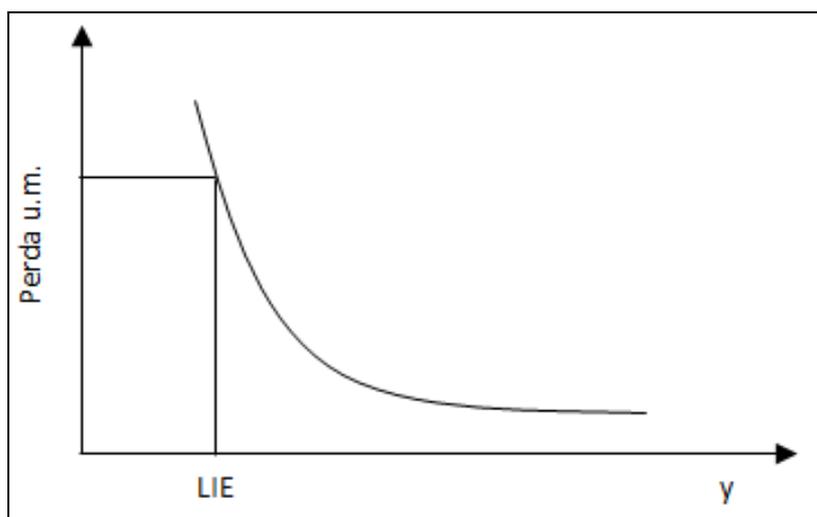


Figura 4.6: Outras Funções Perdas (Maior-é-melhor)

FONTE: ROSS (1991)

Sendo assim a equação da perda fica assim definida: $L = k (1/y^2)$. E para determinar a perda média de um processo tem-se:

$$L = k [1/\bar{y}^2][1 + (3S^2/\bar{y}^2)] \quad (7.4)$$

Esse tipo de tolerância também é chamado de Tolerância Tipo L.

Em resumo, a partir da equação da tolerância Nominal é Melhor, onde: Perda = $k [S^2 + (\bar{y} - m)^2]$ tem-se que a constante e o valor nominal são previamente definidas, fica claro que, a função perda depende basicamente de duas variáveis de um processo: S^2 e y , respectivamente a variância e o valor da característica do produto. Dessa forma Taguchi conclui que a minimização da perda para a sociedade se dá a partir da centralização da característica do produto no valor nominal e a redução da variância do processo.

Para que um processo em uma fábrica tenha como resultado um perda mínima para a sociedade é necessário um forte trabalho na centralização de seus resultados no valor nominal definido, assim como a redução da variância do processo. O primeiro esforço está fortemente ligado ao pessoal de chão de fábrica nas atividades rotineiras. Enquanto que o segundo é de responsabilidade da engenharia de produto e de processo, envolvendo toda etapa de projeto do produto, até a definição dos parâmetros do processo, condições de trabalho, ferramentas utilizadas, planos de manutenção, etc.

4.5 Análise Crítica da Relação entre a TPSS e o ZD

A priori, é necessário informar que essa análise tem caráter conclusivo de um trabalho de esclarecimento dos temas abordados. Essas duas diferentes teorias amplamente difundidas nesse texto foram desenvolvidas por duas pessoas de diferentes nacionalidades e cultura, porém em algum momento do seu desenvolvimento se fortalecem mutuamente.

É importante destacar que não foi encontrada bibliografia informando que o conceito de Zero-Defeito se baseou na Teoria das Perdas de Taguchi, assim como não há bibliografia negando esse fato. A filosofia do Zero Defeito é objetiva. Da sua visão a qualidade é um conceito estratégico que deve ser especificamente quantificado em valores monetários para obter profundas melhorias de produtividade e lucratividade. A grande ênfase da Teoria de Philip Crosby é na prevenção e não na inspeção. O esforço contínuo na busca pela qualidade está atrelado a não errar, sempre desempenhando as atividades corretamente na primeira vez.

Taguchi por sua vez possui uma visão mais abrangente das consequências de um processo mal dimensionado e de baixa capacidade, isto é, aquele que não tem capacidade de fabricar produtos dentro de uma faixa de tolerância adequadamente definida nos níveis de projeto. Ele defende que a perda deve ser evitada onde quer que ela se manifeste, tanto para o consumidor quanto para o produtor. A sociedade em conjunto é quem sai perdendo ao se fabricar um produto longe de seu valor nominal. Sendo assim, a ênfase da Teoria das Perdas é justamente no valor nominal, o ponto alvo de todo o processo, aquele valor que satisfaz o consumidor e traz o mínimo de perda para a sociedade. Para isso, ele afirma a necessidade de se trabalhar com limites de especificações. Eles não são ideais, porém são necessários para se determinar parâmetros e até onde é possível aceitar valores de uma característica diferentes daquilo que foi determinado em projeto. Quanto mais afastados do valor nominal mais os erros do processo irão custar para companhia e conseqüentemente para toda a sociedade.

Segundo Douchy (1992, p.34):

“Se perdermos mercados por falta de qualidade na oferta de nossos produtos, limitaremos progressivamente nossas capacidades de investimento. [...] Se não tivermos cuidado, este fenômeno se agravará e entraremos em uma espiral de declínio. Então serão necessárias uma vontade e uma energia ainda maiores para recuperar nossa competitividade e assegurar nossa sobrevivência.”

Apesar de o autor ter usado como base os princípios do Zero-Defeito na elaboração dessa obra essa afirmação chega a se confundir com a Teoria das Perdas Sociais Sucessivas de Taguchi. De fato ambas chegam à mesma importante conclusão: é necessário aumentar a qualidade do produto com o objetivo de trazer não apenas ganho de mercado para a empresa, mas também prosperidade para toda a sociedade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

A elaboração desse trabalho foi de grande importância para obter uma melhor compreensão do principal motivo da busca pela qualidade. Nos últimos tempos muito se fala em melhoria contínua dentro das organizações. É claramente sabido que empresas que fabricam produtos de melhor custo-benefício deverão obter uma maior fatia de mercado. As empresas na maioria das vezes divulgam ideias sobre qualidade e incentivam os funcionários a agir nesse sentido, porém a qualidade é tratada de maneira muito subjetiva, sem maturidade.

Para isso, foi muito importante descrever um profundo relato histórico sobre as características do povo japonês que, apesar de todas as limitações em termos de recursos juntamente com a grande destruição de boa parte de seu território causada pela Segunda Guerra Mundial, conseguiu consolidar um conceito no mercado mundial de produtos de altíssima qualidade. O fato é que o Japão não considerou a qualidade apenas como um conceito para incentivar os funcionários a trabalhar mais e melhor, mas sim, estudaram os ganhos que esta poderia trazer para toda uma sociedade. Um grande exemplo disso é o Controle de Qualidade Zero Defeito, que apesar de ter origem em uma fábrica norte-americana, concebido pelos próprios americanos, teve resultados muito melhores ao ser aplicado no Japão, onde foi utilizado de maneira mais racional e científica.

De uma maneira geral, a maior relação que se pode perceber após esse estudo é que a Teoria das Perdas Sociais Sucessivas demonstra claramente que a redução de custos deve ser analisada para a sociedade como um todo, e sendo assim, é preciso que as organizações controlem seus processos de modo a produzir mercadorias robustas dentro das especificações dos clientes. Para isso é necessário fazer um Desdobramento da Função Qualidade que trará o valor exato das características dos produtos demandados pelo consumidor. Com valores nominais claramente determinados em projetos, a organização, por sua vez, deverá assegurar um processo com baixa variabilidade que sendo melhorado continuamente, desenvolverá produtos o mais perto possível do valor nominal, do alvo, ou seja, daquilo que o cliente realmente deseja. Caso a organização atinja esse nível, ela estará atuando com uma linha livre de defeitos o que resultará em perdas com estoques, produtos defeituosos, espera, e as demais dentro do Sistema Toyota de Produção, cada vez menores.

5.2 Limitações

A maior limitação para realização do trabalho se caracteriza por sua própria natureza, enquanto um trabalho exploratório. A abordagem de temas diferentes que não foram apresentados conjuntamente nas bibliografias pesquisadas, exigiu uma grande capacidade de abstração e uma maturidade no domínio dos assuntos. Além disso, pode-se destacar também a dificuldade na realização de pesquisas associada à Teoria das Perdas Sociais Sucessivas. Há pouca bibliografia traduzida para português e disponível no Brasil relativa a esse tema.

5.3 Sugestões para trabalhos futuros

Como recomendações para trabalhos futuros pode-se apontar o aprofundamento de como reduzir as perdas dentro dos sistemas de produção na ótica de cada uma das teorias (Zero Defeito e Teoria das Perdas Sociais) e ainda os principais meios de reduzir a variância nos processos para obtenção do valor nominal.

Bibliografia

BARBOSA FILHO, A. N. Projeto e Desenvolvimento de produtos. SP: Atlas, 2009.

BARBOSA FILHO, A. N. Notas de Aula da disciplina Engenharia de Produto. Não publicado (s/d)

CROSBY, P. B. **Qualidade é investimento**. 7. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1999.

DOUCHY, J. M. **Em Direção ao Zero-Defeito na Empresa: da qualidade total (TQC) aos círculos de qualidade**. São Paulo: Atlas, 1992.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in-time**. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Dimensão Econômica – Padrões de Produção e Consumo**. Disponível em: <<ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursosnaturais/ids/prodconsumo.pdf>>. Acesso em 13/02/2010.

INSTITUTO ANTÔNIO HOUAISS. **Dicionário Houaiss Eletrônico**, Versão Monusuário 3.0. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

OHNO, T. **O sistema Toyota de Produção: além da produção e larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

ROSS, P. J. **Aplicações das técnicas de taguchi na Engenharia da Qualidade**. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.

SCHONBERGER, R., **Técnicas Industriais Japonesas: nove lições ocultas sobre a simplicidade**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1988.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.** 2ª Ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

TAGUCHI, G.; Elsayed, E. A.; Hsiang, T. C. **Engenharia de Qualidade em sistemas de produção.** São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

TOYOTA MOTOR COMPANY. Sítio Institucional no Brasil. Disponível em: http://www.toyota.com.br/sobre_toyota/historia.asp acessado em 22/04/10.

WHAT are Taguchi Methods? In: American Supplier Institute. Disponível em: http://www.amsup.com/taguchi_methods/index.htm. Acessado em 20/09/10.

WHAT is QFD? In: QFD Institute. Disponível em http://www.qfdi.org/what_is_qfd/what_is_qfd.htm, acessado em 15/11/2010.

XAVIER, E. P. **Círculos de Controle de Qualidade: um método gerencial renovador porém...** Curitiba: Centro de Produtividade do Parana, 1983.

YOSHIMOTO, T. Qualidade, produtividade e cultura: o que podemos aprender com os japoneses. 2. Ed. São Paulo: Saraiva, 1992.

M152t **Maciel, Mariana Moraes.**

Teoria das perdas sucessivas como fundamento para a busca do zero defeito: um estudo exploratório / Mariana Moraes Maciel. - Recife: O Autor, 2010.

vii, 40folhas; il., tabs.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Curso de Engenharia de Produção, 2010.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Nunes Barbosa Filho.

Inclui Referência.

1. Engenharia de Produção. 2. Controle de Qualidade Zero Defeito. 3. Teoria das Perdas Sociais Sucessivas. I. Barbosa Filho, Antonio Nunes. II. Título

658.5 CDD (22. ed.)

UFPE/BCTG/2010-237

