

ELDER ANDRÉ ZUIN

**ELIMINAÇÃO DE DEFORMAÇÕES NO CHASSI 28008260C: UM
ESTUDO DE CASO DA EMPRESA IEF**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do certificado de
Especialista em Engenharia da
Qualidade - MBA / USP

São Paulo
2008

ELDER ANDRÉ ZUIN

**ELIMINAÇÃO DE DEFORMAÇÕES NO CHASSI 28008260C: UM
ESTUDO DE CASO DA EMPRESA IEF**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do certificado de
Especialista em Engenharia da
Qualidade - MBA / USP

Orientador:
Prof. Dr. Adherbal Caminada Netto

São Paulo
2008

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a aplicação de ferramentas estatísticas da metodologia Seis Sigma estruturadas em conceitos básicos do Sistema Toyota de Produção para a resolução de deformações em um chassi de rádio automotivo, focando na redução da dispersão e no aumento do índice de capacidade da característica crítica 3. Para tanto, definiu-se um meio de medição confiável, compreendeu-se detalhadamente o processo produtivo, através de seu mapeamento, verificou-se todas as causas potenciais, utilizando-se ferramentas da Qualidade: diagrama de causa e efeito, análise de variância, árvore de causa raiz, entre outras. Como marco principal, destaca-se a semana *kaizen*, onde se tornou possível o conhecimento do processo. O resultado referente à dispersão foi amplamente satisfatório, pois eliminou-se as variações existentes no processo, tais como: folgas nas ferramentas de dobra do *wraparound*, padronizou-se a solda ponto do *bracket connector*. Já, em relação à capacidade, não tão aceitável assim, pois, no transcorrer do trabalho, detectou-se um erro no projeto da ferramenta do *wraparound*, o *blank* está 0,5mm maior que o especificado, fator este que impossibilitou o atendimento à esta meta específica. Vale ressaltar que o projeto foi acompanhado integralmente pelo cliente FF e que obteve a certificação *green belt* ao seu término. Como conclusão, destaca-se o método utilizado para atingimento dos objetivos, que é embasado em dados reais e, não, em suposições.

Palavras-chave: Seis Sigma; Sistema Toyota de Produção

ABSTRACT

The objective of this monography is the application of Six Sigma statistical tools structuralized in Toyota Production System basic concepts for resolution of automotive radio chassis 28008260C deformations, focusing on process variability reduction and in the increase of key characteristic 3 capability level. So, coordinate measure machine was validated as measurement system; process was analised in details through process map; it was verified potencial issues using Quality tools: cause-and-effect diagram, components of variance, root cause tree, etc. As main topic, kaizem week, where the process could be understood. Results about variability were satisfactory, because process variations were eliminated, just as: gaps on wraparound blend tooling; bracket connector point weld standardization. About capability, results weren't so good because, during project, blank was detected 0.5mm bigger specification, precluding implement the goals. This project was assisted by FF, and it get green belt certification. As conclusion, the method used for objectives compliance is distinguished because it is based in real facts and not in suppositions.

Keywords: Six Sigma; Toyota Production System

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - <i>Wraparound</i> 28008261	28
Figura 2 - <i>Bracket Connector</i> 28008262	28
Figura 3 - <i>Bracket Front</i> 28008263	28
Figura 4 - Deformações no conjunto 28008260	29
Figura 5 - Dispositivo de calibração	29
Figura 6 - Dispositivo de controle	30
Figura 7 - Classificação das variáveis	31
Figura 8 - Classificação da assimetria da distribuição normal	37
Figura 9 - Classificação do grau de achatamento da distribuição normal	37
Figura 10 - Exemplo de estruturação vertical e horizontal em uma organização	39
Figura 11 - Modelo de processo de negócios	41
Figura 12 - Variáveis independentes (X) e dependentes(Y)	42
Figura 13 - Propriedades da distribuição normal	42
Figura 14 - O modelo DMAIC	45
Figura 15 - 4P's" da Toyota	47
Figura 16 - Relação gráfica entre Cp e Cpk	56
Figura 17 - Exemplo gráfico de combinações para realização da AV	57
Figura 18 - Exemplo de diagrama de causa e efeito	58
Figura 19 - Estrutura do <i>kaizen</i>	59
Figura 20 - Agenda da semana <i>kaizen</i>	59
Figura 21 - Classificação da matriz de impacto	60
Figura 22 - Divisão da variação da medição	61
Figura 23 - Fluxograma teórico do PMAP	62
Figura 24 - Representação esquemática do SIPOC	64
Figura 25 - Representação gráfica do <i>p-value</i>	65
Figura 26 - Detalhe da dimensão crítica no desenho do produto	67
Figura 27 - Contrato A3	69
Figura 28 - ANOVA do traçador 05/001 e relógio 04/011	70
Figura 29 - R&R do traçador 05/001 e relógio 04/011	71
Figura 30 - ANOVA do traçador 05/018 e relógio 04/037	72

Figura 31 - R&R do traçador 05/018 e relógio 04/037	72
Figura 32 - ANOVA e R&R da tridimensional.....	73
Figura 33 - R&R da tridimensional	73
Figura 34 - Diagrama de causa e efeito	80
Figura 35 - Matriz de impacto	81
Figura 36 - Fatores da AV: dados de entrada, processo e saída.....	83
Figura 37 - Detalhe das cotas 54,0 e 18,6mm no desenho do produto	83
Figura 38 - Matriz de combinações da AV	84
Figura 39 - Resultado da AV.....	86
Figura 40 - Árvore de causa raiz.....	91
Figura 41 - Detalhe do retrabalho no conjunto.....	92
Figura 42 - Detalhe da conformação da dobra.....	93
Figura 43 - Dispositivo de controle.....	94
Figura 44 - Detalhe da melhoria realizada no dispositivo de controle.....	94
Figura 45 - Instrução de trabalho para a solda ponto	95
Figura 46 - Detalhe do ângulo <90º da 3ª operação do 28008261	100
Figura 47 - Detalhe do ângulo >90º da 4ª operação do 28008261	101
Figura 48 - Resultado do teste de hipótese julho e outubro.....	101
Figura 49 - Dispositivo de solda sem os componentes.....	112
Figura 50 - Dispositivo de solda com os componentes.....	112
Figura 51 - A3 final.....	127

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Exemplo de gráfico de colunas ou Pareto	33
Gráfico 2 - Exemplo de gráfico de variáveis contínuas	33
Gráfico 3 - Exemplo de histograma.....	34
Gráfico 4 - Área de Z da curva normal reduzida	38
Gráfico 5 - Exemplo de distribuição normal com alto desvio padrão	43
Gráfico 6 - Exemplo de distribuição normal com baixo desvio padrão.....	43
Gráfico 7 - Cp e Cpk da 1 ^a operação do 28008261	74
Gráfico 8 - Cp e Cpk da 2 ^a operação do 28008261	74
Gráfico 9 - Cp e Cpk da 3 ^a operação do 28008261	75
Gráfico 10 - Cp e Cpk da 4 ^a operação do 28008261	75
Gráfico 11 - Cp e Cpk do 28008262	75
Gráfico 12 - Cp e Cpk do 28008263	75
Gráfico 13 - Cp e Cpk do 28008260	76
Gráfico 14 - Teste de normalidade de julho	76
Gráfico 15 - Capacidade de julho.....	77
Gráfico 16 - Teste de normalidade dos dados da AV	86
Gráfico 17 - Carta de controle individual: dobra 1	87
Gráfico 18- Carta de controle individual: dobra 2.....	87
Gráfico 19 - Carta de controle individual: folga da dobra 1	88
Gráfico 20 - Carta de controle individual: folga da dobra 3	89
Gráfico 21 - Carta de controle individual: ordem de solda dos componentes	89
Gráfico 22 - Carta de controle individual: ordem da solda ponto	90
Gráfico 23 - Carta de controle de agosto	97
Gráfico 24 - Teste de normalidade de agosto	98
Gráfico 25 - Capacidade e teste de normalidade de agosto	98
Gráfico 26 - Carta de controle de setembro	99
Gráfico 27 - Teste de normalidade de setembro.....	99
Gráfico 28 - Capacidade de setembro	100
Gráfico 29 - Teste de hipótese julho e outubro	101
Gráfico 30 - Teste de normalidade de julho	102

Gráfico 31 - Capacidade de julho.....	102
Gráfico 32- Teste de normalidade de outubro.....	103
Gráfico 33- Capacidade de outubro	103
Gráfico 34 - Carta de controle de novembro	104
Gráfico 35 - Teste de normalidade de novembro.....	104
Gráfico 36 - Capacidade de novembro	105
Gráfico 37 - Carta de controle de dezembro	105
Gráfico 38 - Capacidade e Teste de normalidade de dezembro.....	106
Gráfico 39 - Capacidade e Teste de normalidade de dezembro.....	106
Gráfico 40 - Simulação da capacidade de dezembro: outra especificação.....	107
Gráfico 41 - Carta de controle de janeiro	107
Gráfico 42 - Teste de normalidade de janeiro	108
Gráfico 43 - Capacidade de janeiro	108
Gráfico 44 - Carta de controle de fevereiro	109
Gráfico 45 - Teste de normalidade de fevereiro.....	109
Gráfico 46 - Capacidade de fevereiro	110
Gráfico 47 - Carta de controle de março	110
Gráfico 48 - Teste de normalidade de março.....	111
Gráfico 49 - Capacidade de março	111
Gráfico 50 - Carta de controle de abril	112
Gráfico 51 - Teste de normalidade de abril.....	113
Gráfico 52 - Capacidade de abril	113
Gráfico 53 - Carta de controle de maio	114
Gráfico 54 - Teste de normalidade de maio.....	114
Gráfico 55 - Capacidade de maio	115
Gráfico 56 - Carta de controle de junho	115
Gráfico 57 - Teste de normalidade de junho	116
Gráfico 58 - Capacidade de junho	116
Gráfico 59 - Simulação da capacidade de junho: outra especificação	117
Gráfico 60 - Evolução da média do KPC3.....	118
Gráfico 61 - Evolução da dispersão do KPC3.....	118
Gráfico 62 - Evolução da capacidade do KPC3	118
Gráfico 63 - Cp e Cpk atual da 1 ^a operação 28008261.....	119
Gráfico 64 - Cp e Cpk atual da 2 ^a operação 28008261.....	119

Gráfico 65 - Cp e Cpk atual da 3 ^a operação 28008261.....	119
Gráfico 66 - Cp e Cpk atual da 4 ^a operação 28008261.....	119
Gráfico 67 - Cp e Cpk atual do 28008262.....	120
Gráfico 68 - Cp e Cpk atual do 28008263.....	120
Gráfico 69 - Evolução do Cp da 1 ^a operação do 28008261	120
Gráfico 70 - Evolução do Cpk da 1 ^a operação do 28008261	121
Gráfico 71 - Evolução do Cp da 2 ^a operação do 28008261	121
Gráfico 72 - Evolução do Cpk da 2 ^a operação do 28008261	122
Gráfico 73 - Evolução do Cp da 3 ^a operação do 28008261	122
Gráfico 74 - Evolução do Cpk da 3 ^a operação do 28008261	123
Gráfico 75 - Evolução do Cp da 4 ^a operação do 28008261	123
Gráfico 76 - Evolução do Cpk da 4 ^a operação do 28008261	124
Gráfico 77 - Evolução do Cp do 28008262	124
Gráfico 78 - Evolução do Cpk do 28008262	125
Gráfico 79 - Evolução do Cp do 28008263	125
Gráfico 80 - Evolução do Cpk do 28008263	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo de variáveis discretas.....	32
Tabela 2 - Exemplo tabulado de variáveis contínuas.....	33
Tabela 3 - Equivalência entre rendimento sigma e DPMO	44
Tabela 4 - Visão do modelo DMAIC de melhoria de processo.....	46
Tabela 5 - Relação entre ferramentas da qualidade e DMAIC.....	66
Tabela 6 - Matriz é / não é	78
Tabela 7 - Plano de ação do <i>Kaizen</i>	82
Tabela 8 - Resultado das medições da AV.....	85
Tabela 9 - Resultado da semana <i>Kaizen</i>	95
Tabela 10 - Plano de ação do <i>Kaizen</i> 30 dias.....	96
Tabela 11 - Evolução do projeto: julho de 2007 à junho de 2008	117
Tabela 12 - Resultado do projeto.....	126

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

4P's	<i>Philosophy, Process, People/Partners e Problem Solving</i>
6M's	Material, Método, Mão-deObra, Meio Ambiente, Máquina e Medição
AV	Análise de Variância
CEP	Controle Estatístico do Processo
CQ	Controle da Qualidade
CQT	Controle da Qualidade Total
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyse, Improve e Control</i>
DPMO	Defeitos por Milhão de Oportunidades
EI	Engenharia Industrial
FF	Nome fantasia do cliente
GE	<i>General Electric</i>
IEF	Nome fantasia da organização
KPC	<i>Key Product Characteristic</i>
LIE	Limite Inferior da Especificação
LSE	Limite Superior da Especificação
MSA	<i>Measurement Systems Analysis</i>
NDC	Número Distinto de Categorias
PCB	Placa de Circuito Impresso
PDCA	<i>Plan, Do, Check e Act</i>
PMAP	<i>Process Mapping</i>
PPAP	<i>Production Part Approval Process</i>
QFS	<i>Quality Focused Suppliers</i>
R&R	Repetibilidade e Reprodutibilidade
SIPOC	<i>Supplier, Input, Process, Output e Customer</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
TMAP	<i>Thought Process Map</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

μ	Média Aritmética da População
Me	Mediana
Mo	Moda
R	Amplitude
σ^2	Variância
σ	Desvio-Padrão
As	Assimetria
Cp	Índice Relativo à Dispersão do Processo
Cpk	Índice Relativo à Capacidade do Processo
α	Erro Tipo I
β	Erro Tipo II
\bar{X}	Média Aritmética das Amostras

SUMÁRIO

1 REVISÃO DA LITERATURA	15
2 INTRODUÇÃO	21
2.1 Seis Sigma	21
2.2 Sistema Toyota de Produção	23
2.3 Seis Sigma, Sistema Toyota de Produção e o Estudo do Caso	26
2.4 Caracterização da organização	30
3 CONCEITOS TEÓRICOS	31
3.1 Seis Sigma	31
3.1.1 Conceitos básicos de Estatística	31
3.1.2 A estratégia do Seis Sigma	39
3.1.3 Variações do processo	42
3.1.4 O modelo DMAIC	44
3.1.5 A Equipe do Seis Sigma	46
3.2 Sistema Toyota de Produção	47
3.2.1 Filosofia de longo prazo	47
3.2.2 O processo certo produzirá os resultados certos	48
3.2.3 Desenvolvimento de seus funcionários e parceiros	51
3.2.4 Solução contínua de problemas na sua origem	53
3.3 Ferramentas da Qualidade	54
3.3.1 Árvore de Causa Raiz	54
3.3.2 Brainstorming	54
3.3.3 Capacidade do Processo	55
3.3.4 Cartas de Controle	56
3.3.5 Análise de Variância (AV)	56
3.3.6 Diagrama de Causa e Efeito	57
3.3.7 Kaizen	58
3.3.8 Matriz de Impacto	60
3.3.9 Matriz É/Não É	60
3.3.10 Measurement Systems Analysis (MSA)	61
3.3.11 Process Mapping (PMAP)	62
3.3.12 Relatório A3	63

3.3.13 SIPOC.....	63
3.3.14 Teste de Hipótese.....	64
3.3.15 Teste de Normalidade.....	65
3.3.16 <i>Thought Process Map (TMAP)</i>	66
4 O PROJETO	67
4.1 A identificação do problema	67
4.2 O contrato A3	68
4.4 Semana Kaizen	78
4.4.1 Primeiro dia.....	78
4.4.2 Segundo dia.....	79
4.4.3 Terceiro dia.....	84
4.4.4 Quarto dia	91
4.4.5 Quinto dia.....	96
4.5 Kaizen 30 dias	96
4.6 Pós Kaizen 30 dias.....	100
4.7 Resultados obtidos	126
4.8 A3 final	126
5 CONCLUSÕES.....	128
6 REFERÊNCIAS	129
7 APÊNDICE	130
7.1 SIPOC - Wraparound 28008261C	130
7.2 SIPOC - Bracket Connector 28008262A	131
7.3 SIPOC - Bracket Front 28008263B	132
7.4 SIPOC - Chassi 28008260C	133
7.5 PMAP preliminar.....	134
7.6 PMAP real	135
7.7 TMAP - fase DEFINE	136
7.8 TMAP - fase MEASURE	137
7.9 TMAP - fase ANALYZE	138
7.10 TMAP - fase IMPROVE	139
7.11 TMAP - fase CONTROL	139

1 REVISÃO DA LITERATURA

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho.** 2^a reimpressão. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2004. 444 p.

Conteúdo: Os autores contam a história do surgimento do Seis Sigma e o resultado alcançado por algumas empresas que se encontravam praticamente falidas. O foco principal é o modelo DMAIC, que é considerado a estrutura do Seis Sigma, sem se esquecer do cliente, ou seja, preocupam-se com a voz do cliente.

Comentários: O Seis Sigma representa uma revolução para as organizações. Baseia-se no atendimento de metas a médio e longo prazo determinadas pela alta administração da empresa e pode ser utilizado, tanto para a resolução de problemas, como para melhorias, conforme Pande, Neuman e Cavanagh (2004):

Toda a empresa quer "resultados" com o Seis Sigma, mas o tipo de resultado ou mudança que é necessário (ou viável) pode variar muito. Por exemplo, o Seis Sigma pode ser atraente como uma forma de atender a problemas enjoados em termos de falhas nos produtos ou interrupções no serviços a clientes. Por outro lado, você pode ser parte de um negócio lucrativo, em crescimento, mas reconhecer que o seu sucesso é a criação de uma cultura de gestão reativa que ameaça o crescimento do futuro. Cada um desses cenários pode levar a tipos diferentes de esforços Seis Sigma. (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2004, p. 98)

Para este estudo de caso, o ponto mais significativo é o ciclo DMAIC. Como se trata da resolução de um problema, o DMAIC será, integralmente, utilizado por diversas vezes e, em várias oportunidades.

ECKES, G. **A revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucros.** 7^a ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001. 272 p.

Conteúdo: O autor faz um paralelo entre os elementos de uma Gestão de Processo do Negócio com a metodologia Seis Sigma, que são:

- *passo 1:* criação e acordo sobre os objetivos estratégicos do negócio.
- *passo 2:* criação dos processos essenciais, subprocessos-chave e processos capacitadores

- *passo 3: identificação dos donos do processo.*
- *passo 4: criação e validação dos "painéis" de mensuração.*
- *passo 5: coleta dos dados para os painéis.*
- *passo 6: definição dos critérios para a seleção de projetos e escolha dos primeiros projetos.*

Comentários: Esta referência aborda os conceitos e práticas do Seis Sigma, uma espécie de manual de aplicação. O autor enfoca ao extremo a fase inicial da escolha e dos limites do projeto a ser melhorado. Este é o motivo pela comparação com a Gestão do Negócio, conforme Eckes (2001):

O escopo do projeto refere-se às fronteiras dentro das quais a equipe estará trabalhando e, ainda mais importante, com o que a equipe não estará trabalhando.

Pense na participação dos Estados Unidos na guerra do Vietnam. /seu objetivo original, de prestar assistência técnica aos sul-vietnamitas na guerra civil com os vizinhos do norte, era bastante louvável. Quando revermos a triste história deste conflito, contudo, percebemos que o papel dos norte-americanos foi se transformando gradual e informalmente de diversos modos[...] O papel do conselheiro havia sido há muito abandonado, substituído pelo combatente ativo. Este papel não só foi muito além do que era sua missão original, como a invasão do Camboja e do Laos ilustra bem este conceito de "alargamento de escopo". Esse alargamento de escopo não teve pouca influência nos acontecimentos que se seguiram.

O que costumo recomendar para cada equipe de projeto é que nas primeiras reuniões entrem em acordo com relação ao escopo do projeto.[...] (ECKES, 2001, p. 59)

Para este estudo de caso, a definição do escopo do projeto é fundamental pois, trata-se de oito etapas para a finalização do processo de fabricação.

Six Sigma Pocket Guide. New revised edition. Massachusetts: Rath & Strong, 2006. 184 p.

Conteúdo: Trata-se de um guia prático para a compreensão do ciclo DMAIC, apresentando definições, pontos importantes e as ferramentas (técnicas) estatísticas que devem ser utilizadas em cada etapa.

Comentários: Guia muito útil para o discernimento de técnicas em relação as etapas do DMAIC. Neste estudo de caso, será importantíssimo para que a caracterização de cada etapa seja feita de forma correta.

LIKER, J. K. O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Reimpressão 2006. Porto Alegre: Bookman, 2005. 320 p.

Conteúdo: O autor, estudioso dos princípios da Toyota, divide o modelo em quatro categorias: *Philosophy* (Filosofia), *Process* (Processo), *People / Partners* (Pessoal / Parceiros) e *Problem Solving* (Solução de Problemas) denominadas, por ele, os 4P's. Estas, foram dispostas em uma pirâmide, conforme seu grau de importância, iniciando, em sua base, a filosofia e, finalizando, em seu topo, a solução de problemas.

Subdividiu as categorias em 14 princípios:

- *princípio 1:* basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo.
- *princípio 2:* criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona;
- *princípio 3:* usar sistemas puxados para evitar a superprodução;
- *princípio 4:* nivelar a carga de trabalho;
- *princípio 5:* construir uma cultura de parar e resolver os problemas, obtendo a qualidade logo na primeira tentativa;
- *princípio 6:* tarefas padronizadas são a base para a melhoria contínua e à capacitação dos funcionários;
- *princípio 7:* usar controle visual para que nenhum problema fique oculto;
- *princípio 8:* usar somente tecnologia confiável e completamente testada que atenda aos funcionários e processos.
- *princípio 9:* desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros;
- *princípio 10:* desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa;
- *princípio 11:* respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar.
- *princípio 12:* ver por si mesmo para compreender a situação;
- *princípio 13:* tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções; implementá-las com rapidez;
- *princípio 14:* tornar-se uma organização de aprendizagem através da reflexão incansável e da melhoria contínua.

Comentários: o ponto mais importante que o autor transmitiu foi que o modelo Toyota não é um conjunto de ferramentas da qualidade que transformarão a organização. É fundamentada por uma filosofia de trabalho associada com a cultura organizacional, conforme Liker (2005):

A compreensão do sucesso e dos sistemas de melhoria da qualidade da Toyota não significa que automaticamente você poderá transformar uma empresa inserida em uma cultura e circunstâncias diferentes. A Toyota pode inspirar, demonstrar a sua importância da estabilidade da liderança e dos valores que vão além do lucro imediato e sugerir como a combinação correta de filosofia, processo, pessoas e solução de problemas pode criar uma empresa de aprendizado. Acredito que todas as empresas de produtos e serviços que desejam ser bem-sucedidas a longo prazo devem tornar-se empresas de aprendizagem. (LIKER, 2005, p. XX)

E, o pensamento dos líderes ou administradores, obrigatoriamente deve conter metas a serem atingidas a longo prazo, de maneira que ocorra uma consistente estruturação.

Para o estudo de caso deste trabalho, o fator mais importante, é a mudança de cultura da organização para a tomada de decisões e análise dos problemas.

LIKER, J. K.; MEIER, D. O modelo Toyota: manual de aplicação. Um guia prático para a implementação dos 4P's da Toyota. Porto Alegre: Bookman, 2007. 432 p.

Conteúdo: Liker em parceria com Meier, outro estudioso sobre os princípios da Toyota, fizeram um manual para aplicação dos modelo Toyota em diferentes organizações. Assim como no livro "O modelo Toyota", o ponto de partida é a classificação dos 4P's e, consequentemente, a sub-divisão em 14 princípios. O objetivo é, com base na experiência dos dois autores, facilitar o entendimento da teoria, sob o ponto de vista de dois norte-americanos. Apresentam dicas, armadilhas e reforçam a necessidade de reflexão para cada ponto caracterizado como importantes dentro dos princípios da Toyota.

Comentários: assim como no outro livro, o ponto principal é a filosofia do modelo mas, agora, respeitando os limites da organização que se deseja aplicar o conceito. Este manual não significa garantia de sucesso absoluto para qualquer organização, conforme Liker e Meier (2007):

Acreditamos que este livro está longe de ser um guia de "como fazer". Temos muitos exemplos da Toyota para dar vida aos conceitos. E podemos

compartilhar muitas lições que tivemos a sorte de aprender. Mas levamos nossa compreensão da Toyota um passo adiante, oferecendo conselhos sobre como aprender com o Modelo Toyota. A jornada de aprendizagem deve ser pessoal. Trate este livro como um modo de captar as lições do Modelo Toyota e aplicá-las à forma como você pode aprender com a Toyota. Mas são apenas idéias. Você tem que aplicar as idéias a sua situação e do seu modo. (LIKER; MEIER, 2007, p. 27)

Assim como o comentário anterior, para o estudo de caso deste trabalho, o fator mais importante, é a mudança de cultura da organização para a tomada de decisões e análise dos problemas.

OHNO, T. O sistema Toyota de Produção além da produção em larga escala. Reimpressão 2006. Porto Alegre: Bookman, 1997. 152 p.

Conteúdo: Ohno, idealizador do Sistema Toyota de Produção, apresenta um histórico de como surgiu a idéia, qual era a situação da Toyota nos anos 50 perante ao mercado e os pilares do sistema.

Os pilares são o *just-in-time* e a autonomação, ou seja, um sincronismo de toda a linha de produção juntamente com dispositivos de parada incorporados às máquinas para evitar a produção de produtos defeituosos.

Comentários: o foco principal deste livro é a redução dos desperdícios em uma linha de produção. Ohno identificou como potencial, na época, para aumento da produtividade e redução de rejeitos, a redução dos desperdícios.

O pensamento da Toyota sobre tecnologia de máquinas *versus* produtividade é extremamente interessante, conforme Ohno (2006):

Quando penso a respeito da superprodução, eu freqüentemente conto a história da tartaruga e da lebre.

Em uma fábrica onde as quantidades necessárias realmente ditam a produção, eu gosto de mostrar que a lenta, porém consistente, tartaruga causa menos desperdício e é muito mais desejável que a rápida lebre, que corre à frente e então pára ocasionalmente para tirar uma soneca. O Sistema Toyota de Produção só pode ser realidade quando todos os trabalhadores se tornarem tartarugas. (OHNO, 2006, p. 78)

Para este estudo de caso, o fator mais importante explicado por Ohno é a autonomação, ou seja, evitar que o problema ocorra durante a produção. Está focado na prevenção e não, na detecção.

BUSSAB, W. de O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. São Paulo: Saraiva, 2006. 526 p.

Conteúdo: Esta referência apresenta conceito teóricos básicos sobre estatística, tais como: média, moda, mediana, variância, desvio-padrão, teste de hipótese, intervalo de confiança, entre outros.

Comentários: Como este projeto está fundamentado em ferramentas estatísticas, o domínio dos conceitos básicos é essencial para a análise, interpretação e tomada de decisão quando tem-se dados extraídos do processo produtivo.

LEAL, M.; KOBAIASHI, F. M. **Sessão 1 - Introdução**. Piracicaba: FF, 2007. 432 p. Apostila para treinamento e formação de *green belt*.

Conteúdo: Esta referência apresenta conceito teóricos básicos sobre estatística, seis sigma e ferramentas da qualidade, como: TMAP, PMAP, SIPOC, entre outros.

Comentários: Essencial para o entendimento dos conceitos básicos do seis sigma.

LEAL, M.; KOBAIASHI, F. M. **Sessão 2 - Introdução as Distribuições Não Normais & Distribuições Discretas**. Piracicaba: FF, 2007. 210 p. Apostila para treinamento e formação de *green belt*.

Conteúdo: Esta referência apresenta conceito teóricos básicos MSA, Análise de Variância, cartas de controle, entre outros.

Comentários: Essencial para o entendimento dos conceitos básicos do seis sigma.

2 INTRODUÇÃO

2.1 Seis Sigma

Na década de 80, a Motorola, organização americana de telecomunicações, atravessava uma grave crise financeira e estava sendo ultrapassada pelos principais concorrentes japoneses e perdendo participação no mercado. Os líderes-chave da empresa admitiam que a qualidade de seus produtos era péssima, apesar de a empresa ter inúmeros programas da qualidade e, que o custo de seus produtos era muito alto. Concluíram que estes eram os principais motivos para a perda do mercado e que este deveria ser o ponto de partida para reverter a situação.

Foi, então, em 1981, que o presidente do Conselho da Motorola, Robert Galvin, estabeleceu metas agressivas e desafiadoras de melhoria de desempenho em, teoricamente, curto tempo. A meta inicial de melhorar dez vezes em cinco anos, foi alterada para melhorar dez vezes em dois anos. A partir disto, Bill Smith, engenheiro sênior e cientista do sistema de comunicações da Motorola, iniciou estudos de melhorias da qualidade associados com redução de custos, embasados em ferramentas estatísticas. Pode-se estabelecer que este foi o início do Seis Sigma.

Três anos mais tarde, o Doutor Mikel Harry, desenvolve uma metodologia integrada para melhoria contínua utilizando técnicas estatísticas, de modo a padronizar os estudos iniciais desenvolvidos por Bill Smith.

Os resultados, a longo prazo, obtidos pela Motorola foram impressionantes. A empresa conseguiu restabelecer a situação financeira e recuperar a participação no mercado. E, em 1988, a Motorola foi honrada com o Prêmio Nacional da Qualidade Malcolm Baldrige. O número total de funcionários aumentou de 71.000 em 1980 para mais de 130.000 em 2004.

Conforme Pande, Neuman e Cavanagh (2004), destacam-se em 10 anos de Seis Sigma (1987-1997), as realizações:

- crescimento de cinco vezes nas vendas, com lucros subindo aproximadamente 20% ao ano;
- economia acumulada de US\$ 14 bilhões;

- as ações da Motorola proporcionaram ganhos anuais de 21,3% .

No início dos anos 90, a empresa AlliedSignal, inicia seu trabalho de melhoria da qualidade, tendo como base o Seis Sigma. Um dos responsáveis foi seu principal executivo Larry Bossidy, antigo executivo da *General Electric* (GE). Em nove anos, atingiram uma economia de US\$ 600 milhões ao ano, através de treinamento dos funcionários em Seis Sigma e sua aplicação. As equipes de Seis Sigma não atuaram somente para a redução dos defeitos produzidos mas, também, no desenvolvimento dos novos produtos, reduzindo o tempo de projeto.

A AlliedSignal foi a primeira empresa a implementar o Programa Seis Sigma nos moldes conhecidos atualmente.

Em 1995, Bossidy apresenta o Seis Sigma para Jack Welch e para a Diretoria da GE, que decidem implementá-lo.

Os investimentos da GE para treinamento e formação dos funcionários foram elevadíssimos. Treinaram 30000 funcionários, sendo 800 *Black Belts* e 200 *Master Black Belts* e gastaram cerca de US\$ 200 milhões com treinamento.

Conforme Pande, Neuman e Cavanagh (2004), os resultados financeiros alcançados pela GE foram surpreendentes:

- 1997: US\$ 320 milhões de retorno sobre os investimentos;
- 1998: US\$ 750 milhões de retorno sobre os investimentos;
- 1999: US\$ 1,5 bilhão de retorno sobre os investimentos.

O sucesso do programa na GE alavancou o reconhecimento que o Seis Sigma tem atualmente pois, foi o fator fundamental para erguer a GE do estado de semi falência em que se encontrava.

Apesar de muitos atribuírem o desenvolvimento Seis Sigma à GE, foi a Motorola que o idealizou e determinou sua espinha dorsal, ou seja, a idéia conceitual não sofreu qualquer alteração, mesmo com as adaptações e/ou melhorias efetuadas por outras organizações, como a GE.

Jack Welch notando o poder que a cultura Seis Sigma tem, resolveu divulgar e disseminar para o mercado através da publicação de livros. Este é um dos principais motivos para as pessoas atribuírem à GE a autoria do Seis Sigma.

O método utilizado pela GE e diversas outras empresas para a melhoria dos processos pode ser resumido pelas iniciais DMAIC:

- D - Define (Definir): definir a equipe para trabalhar na melhoria, definir os clientes do processo, suas necessidades e exigências, e criar um mapa do processo a ser melhorado;
- M - Measure (Medir): identificar as medidas-chave da eficiência e da eficácia e traduzi-las para o conceito do sigma;
- A - Analyze (Analisar): pela análise, a equipe pode determinar as causas do problema que precisa de melhoria;
- I - Improve (Implementar): a soma das atividades relacionadas com a geração, seleção e implementação de soluções;
- C - Control (Controlar): garantir que as melhorias se sustentem ao longo do tempo.

Para cada etapa, técnicas estatísticas são utilizadas para apresentar a realidade dos fatos e permitir embasamento nas decisões que serão tomadas posteriormente.

O ciclo DMAIC tem as mesmas características do tradicional PDCA (*Plan, Do, Control, Act*), porém, concentra sua energias nas etapas de análise do problema, de maneira que este seja, de fato, identificado e resolvido. Assim como o PDCA, seu fluxo é contínuo.

2.2 Sistema Toyota de Produção

Ao término da Segunda Guerra Mundial, quando o Japão saiu derrotado, a alta administração da Toyota, percebendo que a montadora enfrentava grave crise financeira, adotou a postura de, em três anos, alcançar os padrões atingidos, na época, pelas indústrias norte-americanas. Para tanto, Toyoda Kiichirō, então presidente da Toyota Motor Company, determinou que funcionários-chave fossem conhecer *in loco* os segredos - controle da qualidade (CQ), controle da qualidade total (CQT) e métodos de Engenharia Industrial (EI) - que faziam tais indústrias serem consideradas como modelos. Visitaram, por 12 semanas, a linha de montagem da Ford que era considerada revolucionária e, também, da General Motors. A proporção de trabalho realizada por americanos e japoneses era extremamente desigual, ou seja, o trabalho realizado por um americano era

realizado por nove japoneses. Deste modo, Kiichirō notou que alcançar os Estados Unidos em três anos, não seria uma meta tão fácil assim.

Um fato importante que chamou a atenção foi que o sistema adotado pela Ford era praticamente o mesmo desde sua concepção (30 anos). Isto significava que, não era tão perfeito assim e, que apresentava diversas falhas. Mas, como estava voltado para produção em massa, tais falhas estavam incorporadas no sistema desenvolvido por Henry Ford.

Nesta linha, os japoneses começaram a pensar que havia muito desperdício em sua própria fábrica pois, não fazia sentido, um americano ter a capacidade de exercer nove ou dez vezes mais esforço físico que um trabalhador japonês. Pode-se considerar este, como sendo o início do Sistema Toyota de Produção (STP), ou seja, a produtividade é inversamente proporcional aos desperdícios. Desta maneira, os japoneses iniciaram o desenvolvimento de um novo sistema de produção, utilizando-se outros métodos e recursos que, até hoje, é o modelo de produção a ser copiado e/ou superado. O responsável e idealizador deste sistema foi Taiichi Ohno.

O STP, após sua implementação nos anos 50, não tinha atraído a atenção da indústria japonesa até a primeira crise do petróleo no outono de 1973. Os gerentes japoneses, acostumados à inflação e às altas taxas de crescimento, se viram confrontados com crescimento zero e forçados a lidar com decréscimos de produção. Foi durante esta emergência que eles notaram, pela primeira vez, os resultados que a Toyota estava conseguindo com a sua implacável perseguição à eliminação do desperdício.

A base do STP é a eliminação do desperdício. Os dois pilares necessários à sustentação do sistema são o *just-in-time* e a autonomação.

Just-in-time é a sincronização absoluta da produção. Os componentes ou partes necessários para a fabricação de determinada peça são disponibilizados para a linha de montagem no instante exato em que serão utilizados. Com isto, reduz-se a praticamente zero, o estoque intermediário. Um dos princípios aqui, é o fluxo unitário de peças, conhecido também, com sistema puxado de produção. O conceito de células de manufatura surgiu aqui. Todas as máquinas necessárias para a fabricação de determinado produto são disponibilizadas em linha dentro de uma célula. Obrigatoriamente, torna-se necessário fabricar uma única peça ao longo desta linha, para que a segunda peça possa ter sua produção iniciada. Assim, identifica-se o processo "gargalo" para determinar o ritmo da produção, evitando,

assim, que estoques intermediários sejam criados. Associado a isto e inspirado nos supermercados americanos, foi desenvolvido o *Kanban*. Considerando-se o fim da linha de montagem como o ponto inicial, a quantidade de carros a ser produzida é informada no final da linha. A quantidade e os componentes necessários para a montagem são solicitados para as etapas anteriores através de um cartão. O requisitante indica aquilo que ele precisa para fazer a montagem. O receptor analisa a solicitação e fornece somente aquilo que foi solicitado. Caso este precise de algum componente do processo anterior ao seu, torna-se necessário o preenchimento de outro cartão para efetuar tal solicitação. E assim, até o início da linha de montagem. Resumidamente, o *Kanban* é o meio usado para transmitir informação sobre apanhar ou receber a ordem de fabricação.

A autonomação é a automação com um toque humano. É sabido que as máquinas trabalham sozinhas uma vez ligadas porém, quando ocorre alguma anormalidade que impacta diretamente na qualidade do produto, a máquina não "sabe" que deve parar para evitar que produtos com defeitos sejam produzidos. Este é o conceito da autonomação, ou seja, incorporar dispositivos de parada instantânea nas máquinas para evitar a produção de produtos não conformes, quando ocorre algum problema. A idéia surgiu com a invenção de uma máquina de tecer auto-ativada por Toyoda Sakichi, fundador da Toyota Motor Company. O tear parava instantaneamente se qualquer um dos fios da urdidura ou da trama se rompesse. Porque um dispositivo capaz de distinguir entre condições normais e anormais foi inserido na máquina. Desta forma, produtos defeituosos não eram produzidos.

Atualmente, em todas as fábricas da Toyota, a maioria das máquinas, novas ou não, possuem este conceito de autonomação.

Basicamente, o STP tem como princípio a eliminação dos desperdícios. O aumento da eficiência só faz sentido quando está associado à redução de custos e deve ser melhorada em cada estágio e, ao mesmo tempo, para a fábrica como um todo.

A Toyota identificou sete desperdícios:

- superprodução ou produção em excesso: consiste em produzir itens mais cedo ou em maiores quantidades do que o cliente necessita, ou seja, produção de itens para os quais não há demanda.
- movimento desnecessário: inclui qualquer movimentação de pessoas ou máquinas que não acrescente valor ao produto ou serviço.

- processamento: inclui o esforço desnecessário, tanto de produção, como de comunicação, que não acrescenta qualquer valor ao produto ou ao serviço, ou seja, realização de atividades ou tarefas desnecessárias para processar as peças.
- excesso de estoque: refere-se a qualquer produto (matéria prima material em processamento e produto acabado ou equipamento) armazenado para além da quantidade necessária para poder fornecer o cliente de uma forma *just-in-time*.
- espera: definido como o ócio entre as operações. Ocorre quando um funcionário é impedido de executar a tarefa seguinte. Por diversos motivos, o processo seguinte não está disponível e resulta sempre em recursos inativos, quebra do ritmo de trabalho, consequentemente, aumento dos custos e falha de compromisso com o cliente.
- transporte de material: qualquer movimentação de material não relacionado com as necessidades imediatas de produção.
- defeitos de fabricação: inclui todos os custos referentes à seleção, reparação ou remodelação, assim como os custos dos produtos que são descartados por não atenderem ao requisito do cliente.

2.3 Seis Sigma, Sistema Toyota de Produção e o Estudo do Caso

Inicialmente, a aplicação simultânea dos conceitos do Seis Sigma e da Manufatura Enxuta (Sistema Toyota de Produção) em uma determinada organização, resultou em alguns conflitos entre os defensores de um e do outro conceito. Mas, com o passar do tempo, as organizações perceberam que o foco dos dois é o mesmo, ou seja, a busca contínua para a redução de produtos não conformes e o aumento da saúde financeira da organização e, portanto, agregados poderiam somente beneficiar. E, além disso, tanto um como outro, podem ser utilizados em empresas de bens ou serviços. Baseados nisto, muitas organizações adotam os dois conceitos simultâneos.

O cliente FF organiza anualmente junto ao seus fornecedores trabalhos de melhoria contínua que podem ser: formação de *green* ou *black belt*, eventos de semana *kaizen*, projetos de manufatura enxuta, entre outros.

O enfoque sempre está baseado em produtos fornecidos à qualquer unidade da FF, seja no Brasil ou no exterior. Os trabalhos ou projetos podem ser para correções de problemas, aumento de produtividade, redução de tempo de *setup*, realização de um desenvolvimento de produto sem falhas, etc.

No caso específico de formação de *green belts*, que é o escopo deste trabalho, a FF possui um programa denominado QFS, cujo significado em inglês é *Quality Focused Suppliers*, em português, Qualidade Focada no Fornecedor. Este consiste em treinamento de aproximadamente 70 horas, divididos em três sessões de três dias, com intervalo de um mês entre sessões. E, o desenvolvimento do projeto deve ocorrer a partir do primeiro dia de treinamento pois, é obrigatório, no último dia de cada sessão, fazer uma apresentação do andamento do projeto para todos os participantes do treinamento.

A metodologia de trabalho é a aplicação dos conceitos do Seis Sigma adicionados de alguns conceitos da Manufatura Enxuta.

Em outras palavras, o QFS é uma estratégia para engajar e focar a cadeia de fornecimento na melhoria do desempenho através do entendimento, da aplicação e do gerenciamento de técnicas, metodologias de Qualidade e Manufatura. Tem como objetivo melhorar o nível da qualidade significativamente, criar uma vantagem competitiva, desenvolver competências e capacidades nos fornecedores estratégicos, além de, fortalecer a parceria cliente-fornecedor na base da mútua confiança.

Obrigatoriamente todo projeto deve contemplar, pelo menos, uma semana de evento Kaizen e um teste de hipótese mostrando o estágio inicial, antes do início das atividades e, o estágio final, após a implementação e controle das ações recomendadas.

A IEF fornece uma grande variedade de estruturas de rádio automotivos denominadas *chassis*. Um destes é o 28008260C, que é composto de três componentes soldados, a saber:

- *Wraparound*, código 28008261, conforme Figura 1;



Figura 1 - Wraparound 28008261

- *Bracket Connector*, código 28008262, conforme Figura 2;

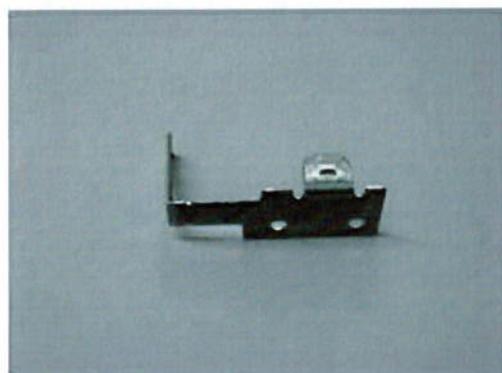


Figura 2 - Bracket Connector 28008262

- *Bracket Front*, código 28008263, conforme Figura 3.

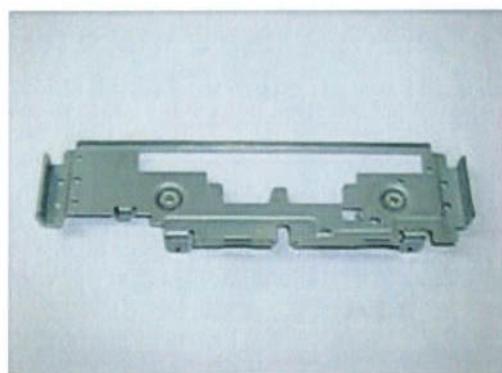


Figura 3 - Bracket Front 28008263

O processo definido, até então, para a fabricação deste conjunto está dividido em quatro operações para o 28008261: estampar progressivamente, primeira dobra, segunda dobra e terceira dobra. Para os outros dois, estampar progressivamente para cada um dos componentes. Posteriormente, solda-se o *bracket connector* no

wraparound. Para conclusão do ciclo fabril, solda-se o *bracket front* no sub-conjunto soldado anteriormente.

No mês de abril de 2007, aproximadamente 5600 conjuntos foram reprovados na linha de montagem da FF por apresentarem deformações excessivas, conforme Figura 4, ocasionando uma parada de linha e, como conseqüência:

- a possibilidade de não fixação ou fixação inadequada das tampas do rádio, gerando ruído;
- a possibilidade de não montagem e/ou montagem inadequada da placa de circuito impresso (PCB), gerando funcionamento intermitente do rádio (devido ao *stress* da PCB);
- dificuldade de extração do espaçador durante processo de montagem na FF.

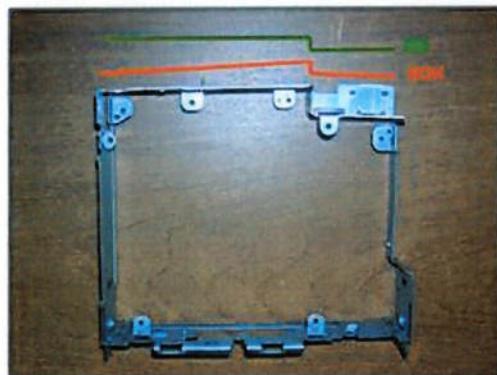


Figura 4 - Deformações no conjunto 28008260

A ação de contenção imediatamente tomada foi a calibração das peças após a última operação de solda, utilizando o dispositivo mostrado na Figura 5.



Figura 5 - Dispositivo de calibração

Além disso, foi construído um dispositivo de controle, vide Figura 6, dentro de um padrão de dimensões aceitável acordado entre as empresas, não necessariamente conforme o desenho.



Figura 6 - Dispositivo de controle

Como, após algumas investigações para identificação do problema, a causa raiz não pôde ser evidenciada e ações preventivas não puderam ser implementadas, o representante da FF, da área de qualidade de fornecedores, decidiu inscrever a IEF no programa QFS.

2.4 Caracterização da organização

A organização considerada para este trabalho é a IEF (unidade de São Paulo). Trata-se de uma indústria metalúrgica, mais especificamente uma estamparia, nacional de médio porte, fabricante de produtos estampados em geral. Os principais ramos de atividades atendidos são: indústrias automobilísticas, indústria eletro-eletrônicas, montadoras de motos, indústria de telecomunicações, entre outros.

Os equipamentos utilizados para a fabricação das peças são prensas excêntricas, hidráulicas e automáticas.

A produção principal da organização é de peças metálicas (aço, inox ou alumínio) estampadas, que podem ser: conjunto completo para sustentação de rádios em veículos, componentes da barra de direção de veículos, suportes de chassis de moto, gabinetes de microcomputadores e dvd's, entre outros.

Alguns produtos podem ser soldados ou cravados, ter tratamento superficial (zinc, cromo, fosfatização, etc). Todos esses processos são feitos internamente.

3 CONCEITOS TEÓRICOS

3.1 Seis Sigma

3.1.1 Conceitos básicos de Estatística

3.1.1.1 Tipos de variáveis

Considerando-se que população é o conjunto de todos os elementos ou resultados sob investigação e que amostra é qualquer sub-conjunto da população, tem-se, portanto que, variável é a característica de interesse que é medida em cada elemento da amostra ou população. Seus valores variam de elemento para elemento e estes podem ser numéricos ou não numéricos.

As variáveis são classificadas conforme indicado na Figura 7:

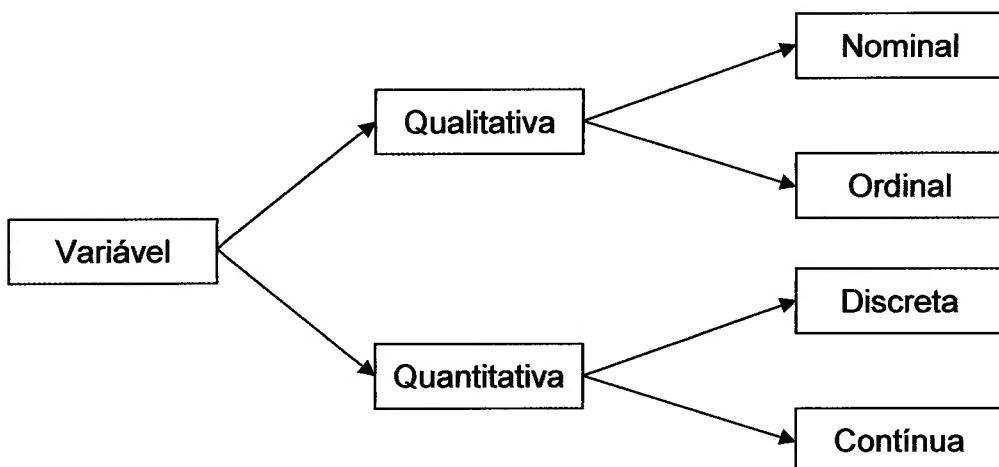


Figura 7 - Classificação das variáveis

As variáveis qualitativas são representadas por uma qualidade do indivíduo pesquisado, também conhecido como atributo, e, não apresentam mensuração. Por exemplo: sexo, cor dos olhos e escolaridade dos pesquisados.

Estas podem ser sub-divididas em:

- nominais: não existe nenhuma ordenação nas possíveis realizações. Exemplos: sexo, cor dos olhos, fumante/não fumante, doente/sadio;

- ordinais: existe uma ordem nos seus resultados. Exemplos: escolaridade (1º, 2º, 3º graus), estágio da doença (inicial, intermediário, terminal), mês de observação (janeiro, fevereiro,..., dezembro).

As variáveis quantitativas apresentam como possíveis realizações números resultantes de uma contagem ou mensuração. São sub-divisionadas em:

- discretas: seus valores formam um conjunto finito de números resultantes de uma contagem. Exemplos: número de filhos, número de bactérias por litro de leite, número de cigarros fumados por dia;
- contínuas: os valores pertencem a um intervalo de números reais e que resultam de uma mensuração. Exemplos: peso (balança), altura (réguas), tempo (relógio), pressão arterial, idade.

3.1.1.2 Distribuição de Freqüências

Quando um estudo sobre uma determinada característica ou variável de uma população ou amostra é realizado, um dos objetivos é conhecer o comportamento desta variável, ou seja, identificar a freqüência ou ocorrência de suas possíveis realizações. Conhecido os resultados, estes são tabulados para melhor compreensão.

Tomando-se como referência uma pesquisa sobre o grau de escolaridade dos funcionários de uma empresa fictícia no ano de 2006 (variáveis discretas), tem-se conforme Tabela 1:

Tabela 1 - Exemplo de variáveis discretas

escolaridade	freqüência	proporção	porcentagem
2º grau ou menos	1665	0,8102	81,02
universitário incompleto	247	0,1202	12,02
universitário completo	82	0,0399	3,99
pós-graduação	61	0,0297	2,97
total	2055	1,0000	100,00

Geralmente estes dados são apresentados em formato gráfico que, por exemplo, pode ser o gráfico de colunas ou Pareto, conforme Gráfico 1:

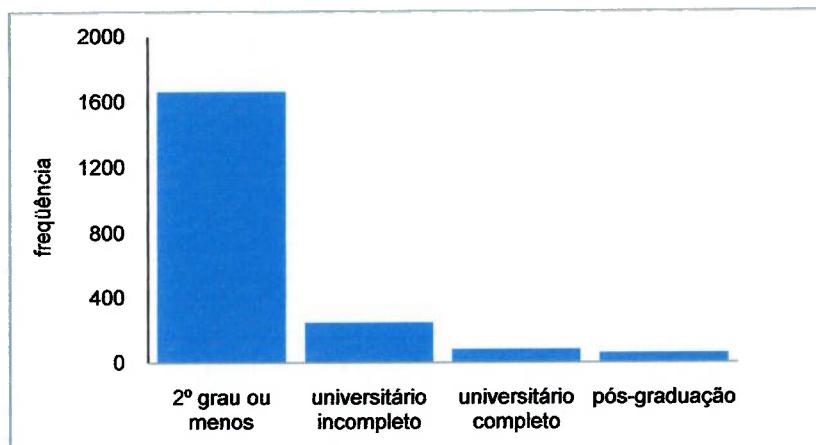


Gráfico 1 - Exemplo de gráfico de colunas ou Pareto

A mesma tratativa pode ser feita para variáveis contínuas, quando se refere, por exemplo, de salários dos funcionários da empresa JC em 2007, vide Tabela 2 e Gráfico 2:

Tabela 2 - Exemplo tabulado de variáveis contínuas

salários	freqüência	proporção	porcentagem
0 - 499	591	0,5244	52,44
500 - 999	348	0,3088	30,88
1000 - 1999	102	0,0905	9,05
2000 - 3999	64	0,0568	5,68
4000 - 6999	16	0,0142	1,42
7000 - 9999	5	0,0044	0,44
acima de 10000	1	0,0009	0,09
total	1127	1,0000	100,00

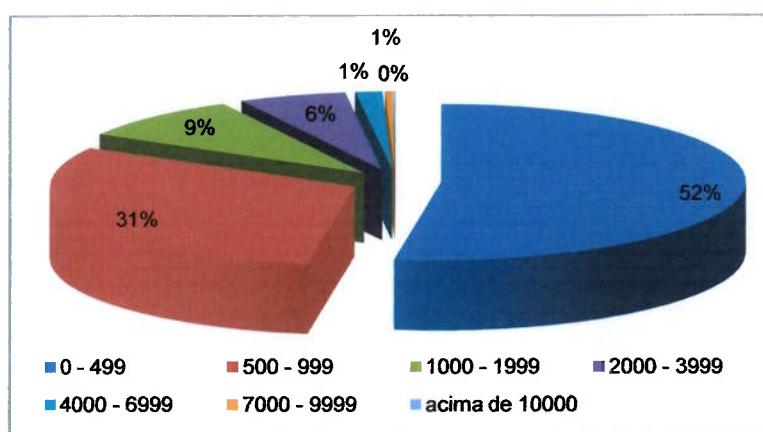


Gráfico 2 - Exemplo de gráfico de variáveis contínuas

Usualmente, utiliza-se como padrão gráfico de representação de variáveis o histograma pois, aproxima-se na maioria dos casos de uma distribuição normal, que é representada pela curva normal ou curva de Gauss.

O histograma é um gráfico de barras contíguas, com bases proporcionais aos intervalos das classes e a área de cada retângulo proporcional à respectiva freqüência (absoluta ou relativa). Como exemplo, tem-se o Gráfico 3:

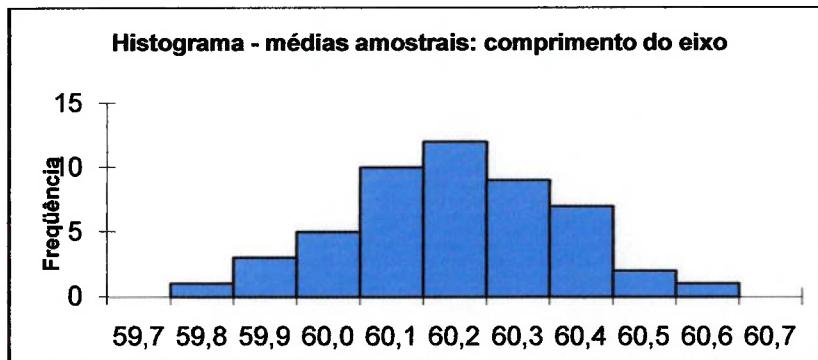


Gráfico 3 - Exemplo de histograma

3.1.1.3 **Medidas de Posição**

3.1.1.3.1 Média Aritmética (μ)

É o valor médio de uma distribuição definida como a soma das observações dividida pelo número delas. Geralmente é representada pelo símbolo μ . A expressão matemática que determina a média aritmética é:

$$\mu = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

onde:

x_i : valores das observações

n: número de observações

3.1.1.3.2 Mediana (Me)

É a realização que ocupa a posição central da série de observações, quando estão colocadas em ordem crescente. Mais concretamente, metade da população terá

valores inferiores ou iguais à mediana e a outra metade valores superiores ou iguais à mediana.

Em casos de populações (n) ímpares, a mediana será o elemento central $(n+1)/2$.

Para os casos de populações (n) pares, a mediana será o resultado da média simples dos elementos $n/2$ e $(n/2)+1$.

Exemplos:

- para a população: 1, 3, 5, 7, 9 a mediana é 5 (média 5);
- para a população: 1, 2, 4, 10, 13 a mediana é 4 (média 6);
- para populações pares: 1, 2, 4, 7, 9, 10 a mediana é $(4+7)/2 = 5,5$.

3.1.1.3.3 Moda (Mo)

É o valor que detém o maior número de observações, ou seja, o valor ou valores mais freqüentes. A moda não é necessariamente única, ao contrário da média ou da mediana e são classificadas em bimodal (duas modas), trimodal (três modas), etc.

É especialmente útil quando os valores ou observações não são numéricos, uma vez que a média e a mediana podem não ser bem definidas.

Exemplos:

- a moda de {maçã, maçã, banana, laranja, laranja, laranja, pêssego} é laranja;
- a série {1, 3, 5, 5, 6, 6} apresenta duas modas (bimodal): 5 e 6;
- a série {1, 3, 2, 5, 8, 7, 9} não apresenta moda.

3.1.1.4 Medidas de Dispersão

3.1.1.4.1 Amplitude (R)

É a diferença entre o maior e o menor valor de uma distribuição de dados.

3.1.1.4.2 Variância (σ^2)

É o somatório do quadrado da distância de cada valor em relação à média, dividido pelo total de observações:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2$$

Considera-se $n-1$ para número de amostras (n) menor que 30

3.1.1.4.3 Desvio-Padrão (σ)

É a raiz quadrada da variância. Ele estima o quanto, em média, cada valor se distancia da própria média aritmética de uma distribuição com a vantagem de preservar a unidade de mensuração original das observações, algo que não ocorre com a variância:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}$$

Considera-se $n-1$ para número de amostras (n) menor que 30

3.1.1.5 Distribuição Normal

A curva normal, basicamente, é definida pela simetria e curtose. Entende-se por simetria, a área localizada abaixo da curva, que, obrigatoriamente, estão distribuídas simetricamente em referência à media (μ) e, a curva apresenta apenas um pico, ou seja, é unimodal.

Assimetria (As), vide Figura 8, significa o desvio ou afastamento da simetria e pode ser classificada em:

- simétrica: média = mediana = moda
- assimétrica à esquerda ou negativa: média < mediana < moda

- assimétrica à direita ou positiva: média > mediana > moda

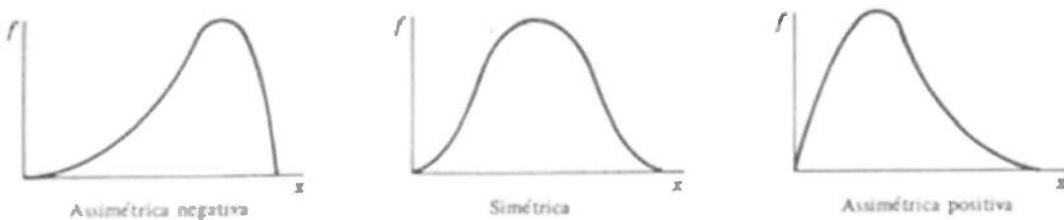


Figura 8 - Classificação da assimetria da distribuição normal

O coeficiente de assimetria de Pearson é definido como:

$$As = 3 \cdot \left(\frac{\mu - M_e}{\sigma} \right)$$

se:

$As = 0 \Rightarrow$ simétrica

$0,15 < |A_s| < 1 \Rightarrow$ assimétrica moderada

$|A_s| \geq 1 \Rightarrow$ assimétrica forte

Curtose mede o grau de achatamento ou afilamento de uma distribuição em relação a uma distribuição padrão, conforme Figura 9.

É classificado em:

- mesocúrtica, se a curva de freqüências apresentar um grau de achatamento equivalente ao da curva normal.
- leptocúrtica, se a curva de freqüências apresenta-se mais fechada (ou mais afilada na parte superior) que a curva normal.
- plasticúrtica, se a curva de freqüências apresenta-se mais aberta (ou mais achatada na parte superior) que a curva normal.

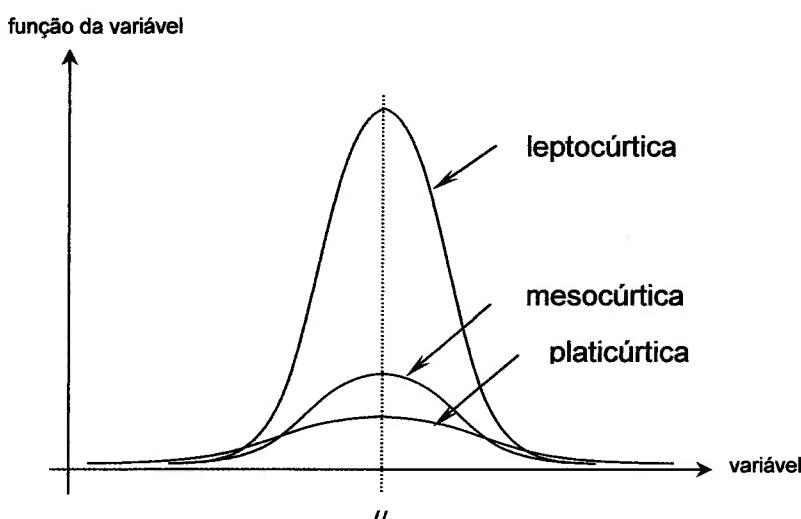


Figura 9 - Classificação do grau de achatamento da distribuição normal

A distribuição normal, também é conhecida como de Gauss ou de Laplace, é uma distribuição contínua, simétrica em formato de sino. A expressão da sua função de densidade é :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}}$$

onde:

X: variável aleatória ($-\infty < X < +\infty$)

μ : média da população

σ : desvio-padrão da população

A parte mais importante da fórmula é o expoente $-\frac{(x-\mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}$ pois, este expressa quem determina os parâmetros da distribuição, média e desvio padrão, em função dos dados empíricos que, variam conforme a coleta dos dados.

O ideal é transformar estes dados em padrão, para tanto, desenvolveu-se a curva normal padronizada ou reduzida, que é tabelada e definida pela fórmula:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{z^2}{2}}$$

A vantagem desta é que alguns parâmetros estão automaticamente definidos independentemente da escala de medida utilizada, ou seja, a média é sempre zero e a variância 1. Além disso, existem tabelas definidas para essa curva que mostram a porcentagem da população que se encontra dentro de cada faixa z.

A equação de Z é dada por:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

e representa a área indicada no Gráfico 4:

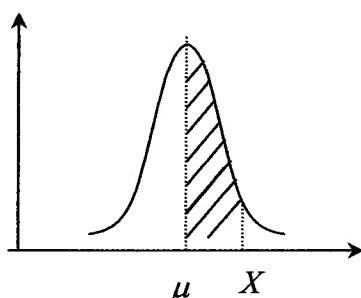


Gráfico 4 - Área de Z da curva normal reduzida

3.1.2 A estratégia do Seis Sigma

O Seis Sigma, diferentemente dos programas de qualidade tradicionais, tem como estratégia, vincular a qualidade com a gestão dos negócios, de maneira que, não seja visto somente como uma ferramenta isolada aplicada para a resolução pontual de um determinado problema. Conforme Pande, Neuman e Cavanagh (2004):

SEIS SIGMA: Um sistema abrangente e flexível para alcançar, sustentar e maximizar o sucesso empresarial. Seis Sigma é singularmente impulsionado por uma estreita compreensão das necessidades dos clientes, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análise estatística e a atenção diligente à gestão, melhoria e reinvenção dos processos de negócios. (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2004, prefácio XIII)

Neste raciocínio, George Eckes, no livro *A revolução Seis Sigma*, descreve os elementos essenciais para um bom sistema de gestão do negócio:

- a alta liderança deve estar totalmente comprometida e envolvida para que um programa da qualidade seja bem-sucedido;
- utilizar estruturação horizontal para organização dos processos e, não a vertical, pois, o foco principal deve ser o cliente e, não, os departamentos, conforme ilustrado na Figura 10. Posteriormente, deve-se classificar os processos em: essenciais, são aqueles que impactam no atendimento do objetivo estratégico; subprocessos, são aqueles que fazem parte dos essenciais e capacitador, aqueles que causam impacto indireto no cliente. Essa classificação é importante para o estabelecimento das metas;

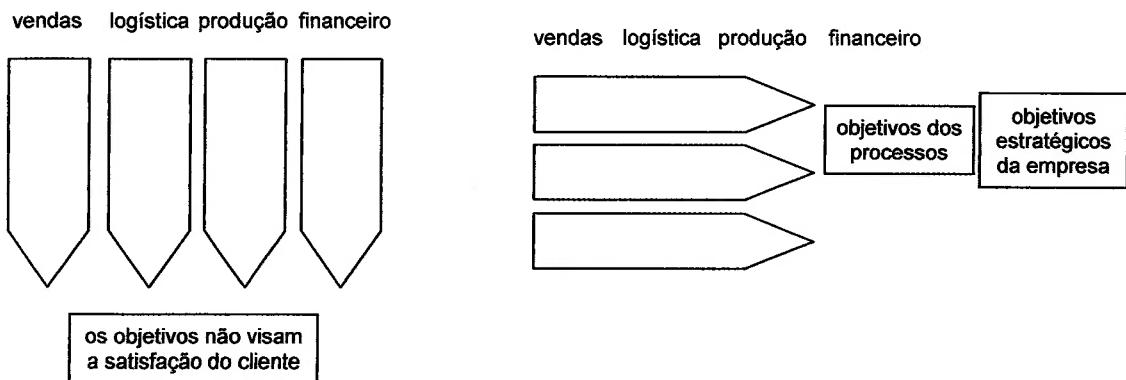


Figura 10 - Exemplo de estruturação vertical e horizontal em uma organização

- identificar os donos de cada processo. Não obrigatoriamente, devem ser os chefes dos departamentos relacionados mas, este devem ter alguns requisitos: conhecimento suficiente do processo; habilidade de liderança; conhecimento em

gestão do negócio; ser responsável pelo sucesso ou fracasso do funcionamento do processo e respeitar os participantes dos demais processos;

- criar painéis de mensuração do gerenciamento de cada processo. A meta de um programa de qualidade é melhorar a eficácia e eficiência de uma organização. Eficácia significa atingir ou exceder as expectativas do cliente. Eficiência diz respeito ao tempo, custo ou valor das atividades que levam à satisfação dos clientes;
- coletar dados referentes aos indicadores estabelecidos;
- selecionar os projetos de melhoria da qualidade em função dos impactos proporcionados nos objetivos de negócios da empresa.

Eckes faz um raciocínio interessante inter-relacionando o cliente, o processo e os funcionários como foco na obtenção de melhorias da qualidade. Faz um paralelo entre a satisfação e encantamento dos clientes com lucratividade:

É claro que qualquer negócio (incluindo-se o trabalho de consultoria) tem como objetivo principal dar lucros, mas muitas empresas não percebem que a lucratividade resulta da satisfação e do encantamento do cliente. Embora esta afirmação não costume criar controvérsias, é impressionante quantas empresas perdem o foco sobre o cliente. (ECKES, 2001, p. 43)

O enfoque somente no cliente não é suficiente para obtenção do sucesso. Os três elementos: cliente, processo e funcionário devem ser focados. Como o cliente transita dentro da organização por diversos processos, a falta de controle nestes processos resultam em insatisfação do cliente.

Eckes cita um episódio em que estava em um restaurante e o prato que solicitou foi fornecido de maneira errônea. Após a reclamação, desculpas foram pedidas, a correção do prato feita e, como cortesia, uma taça de vinho. Aqui, faz uma alusão ao desperdício ocasionado pelo retrabalho e comenta:

Sem haver controle dos processos, não interessa o quanto a empresa esteja focada no cliente. O restaurante existe para transformar a prestação de serviços em lucros. A compensação da falha no controle dos processos através da oferta de desconto e de vinho grátis causa um impacto negativo na lucratividade. Atitudes tomadas para remediar o mau desempenho dos processos podem resultar tanto em perda de lucratividade para a empresa, ou até mesmo sua saída dos negócios. (ECKES, 2001, p. 46)

Por fim, o foco nos empregados. É constatado que funcionários envolvidos e motivados desempenham melhor suas tarefas e, por consequência, impacta na satisfação dos clientes.

O sucesso de uma gestão de negócios, principalmente à longo prazo, está baseado em um sistema de *loop* fechado, no qual informações internas e externas direcionam o gestor ou gerente de maneira a corrigir o caminho e manter-se no rumo do sucesso. Neste critério, o Seis Sigma cria um sistema de *loop* fechado, sensível o suficiente para reduzir os efeitos de quaisquer problemas que possam afetar diretamente o desempenho da organização, ou seja, ter pleno domínio dos processos internos e, também, o retorno referente aos objetivos, incluindo, lucro, satisfação dos clientes, entre outros.

Sob o ponto de vista técnico, o Seis Sigma visa diminuir o máximo possível a variação do processo ou, a quantidade de defeitos produzidos, seja em empresas de bens ou serviços, recorrendo-se a métodos de monitoramento e melhoria contínua.

Na

Figura 11, tem-se o fluxo de processo de uma organização genérica. Em seu lado esquerdo, as entradas. Na parte central, a organização ou o processo propriamente dito. E, na direita, as saídas: clientes, produtos e lucros.

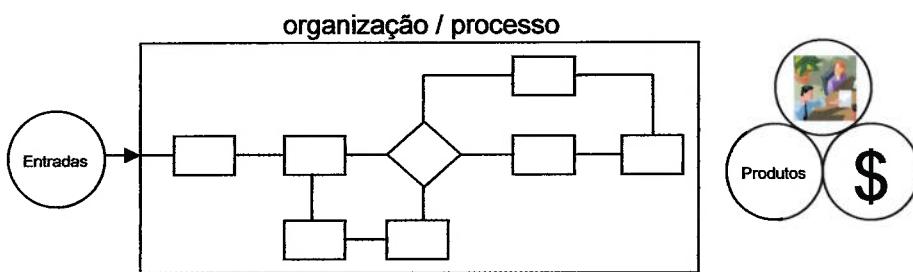


Figura 11 - Modelo de processo de negócios

Agora, introduzindo-se na mesma representação, vide Figura 12, variáveis em diferentes pontos do sistema, indicadas pelas letras X e Y, pode-se visualizar com um pouco mais de clareza a característica principal do Seis Sigma, descrita anteriormente, que é o monitoramento das entradas e saídas de um processo, por exemplo. Os X que aparecem na entrada e no fluxo de processo podem ser considerados como indicadores de mudanças ou desempenho das partes independentes do sistema. Por outro lado, os Y representam as medidas do desempenho do negócio. Sob o ponto de vista da matemática, pode-se considerar a expressão $Y=f(X)$, ou seja, precisa-se compreender quais as entradas, aqui indicadas pela letra X, impactam direta e determinantemente na saída (Y).

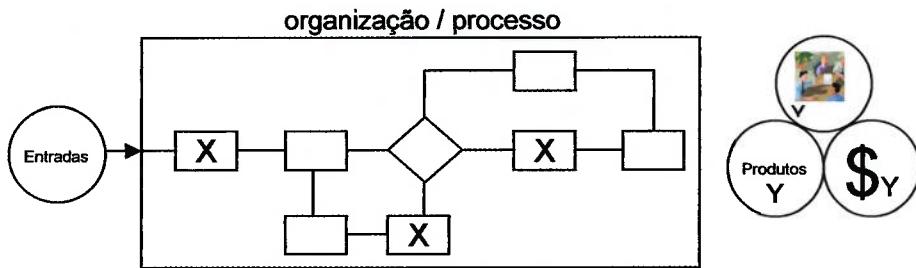


Figura 12 - Variáveis independentes (X) e dependentes(Y)

Y pode significar: objetivo estratégico; requisito do cliente; lucros; satisfação do cliente; eficiência geral dos negócios; entre outros.

X pode significar: ações essenciais para alcançar objetivos estratégicos; qualidade do trabalho feito pelo negócio; influências-chave sobre a satisfação do cliente; variáveis do processo (mão-de-obra, turno de trabalho, diferentes lotes de matéria-prima, etc.); qualidade das entradas do processo, entre outros.

Essa variação do processo é conhecida, estatisticamente falando, como desvio-padrão e este é representado pela letra grega σ (sigma).

Todo processo produz resultados que seguem alguma distribuição. Esta distribuição pode ser descrita através de três propriedades: tendência, dispersão e distribuição, identificadas na Figura 13.

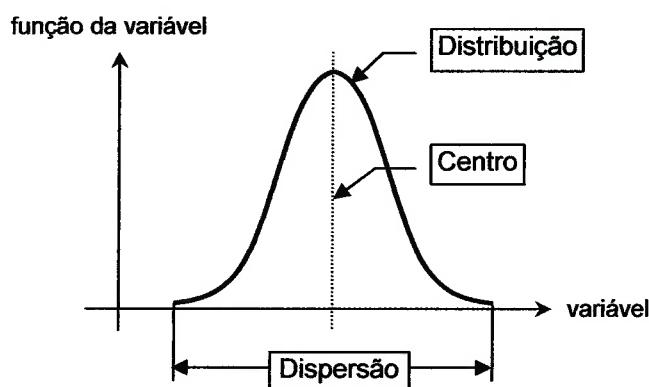


Figura 13 - Propriedades da distribuição normal

3.1.3 Variações do processo

Qualquer processo produtivo de bens ou serviços possui uma variação que é inerente ao próprio processo. O objetivo principal do Seis Sigma é identificar, compreender e minimizar o máximo possível o efeito da variação.

Considera-se, como exemplo, o processo de usinar o comprimento de um eixo. Sabe-se que o cliente especifica uma dimensão de $30,0 \pm 0,1$ mm, ou seja, os limites inferior e superior são conhecidos. No caso, 29,9 mm, o limite inferior da especificação (LIE) e, 30,1 mm, o limite superior da especificação (LSE).

Após alguns meses de produção monitorada, sabe-se que a média aritmética desta dimensão é 30,0 mm e que o desvio padrão é 0,15 mm. Analisando-se através da distribuição normal, nota-se que o objetivo da média foi alcançado porém, há uma probabilidade considerável de produzir eixos com o comprimento fora do especificado, conforme mostrado no Gráfico 5:

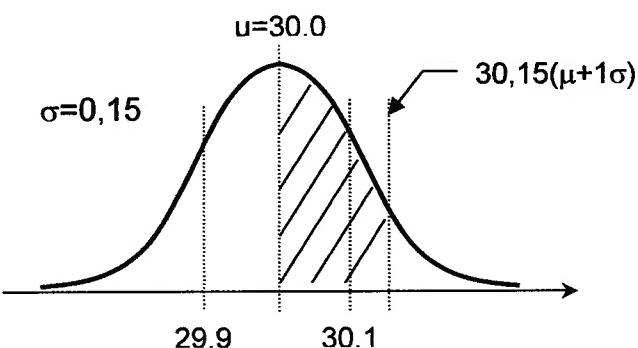


Gráfico 5 - Exemplo de distribuição normal com alto desvio padrão

Apesar de atingir-se a média, uma grande parte do lote produzido, em função da alta variação, não atenderá às especificações do cliente. Calculando-se a área localizada abaixo da curva, entre a média e o limite superior da especificação, obtém-se 34,1%, ou seja, 34,1% das peças produzidas atenderão a especificação. Considerando-se que um especialista em usinagem tenha acesso a estes dados e resolva modificar alguns parâmetros do processo com o objetivo de reduzir a variação e obtenha como média 30,0 mm mas, como desvio padrão, 0,01 mm. Plotando estes pontos, conforme Gráfico 6, obtém-se a seguinte distribuição normal:

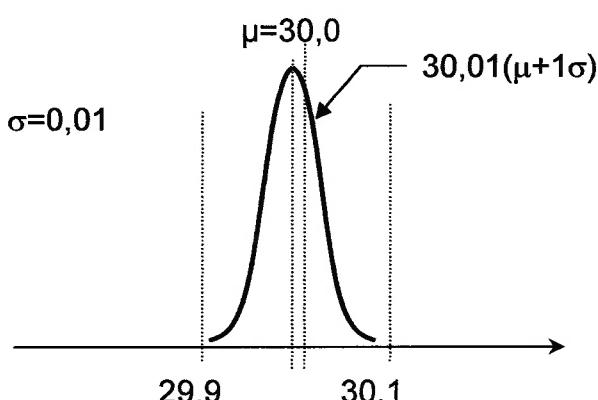


Gráfico 6 - Exemplo de distribuição normal com baixo desvio padrão

Neste caso, 99,9997% dos eixos usinados atenderão à especificação pois, a média somada ou subtraída ao desvio padrão multiplicado por seis não ultrapassa os limites da especificação. Isto é considerado um processo seis sigma. Quando tem-se seis vezes o desvio padrão para cada lado da curva sem extrapolar a especificação é o chamado seis sigma.

Em linhas gerais, os mentores do seis sigma simplesmente transformaram um processo qualquer em números, seja classificado como matemática ou como estatística. A compreensão deste dados torna-se mais clara e objetiva aos interesses dos acionistas da organização pois, facilmente visualiza o caminho que a sua empresa, aqui exemplificada por um processo, está seguindo.

Para atingir o nível seis sigma, a organização precisa entender o quanto de defeitos está produzindo. A definição de defeito, conforme Pande, Neuman e Cavanagh (2004): "Defeito é qualquer instância ou evento no qual o produto ou processo falha em satisfazer um requisito do cliente." (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2004, p. 30)

Um indicador fortemente difundido na linguagem sigma é o DPMO, defeitos por milhão de oportunidades. A relação entre DPMO e rendimento sigma está apresentado na Tabela 1:

Tabela 3 - Equivalência entre rendimento sigma e DPMO

rendimento	DPMO	sigma
30,9%	690.000	1
69,2%	308.000	2
93,3%	66.800	3
99,4%	6.210	4
99,98%	320	5
99,997%	3,4	6

3.1.4 O modelo DMAIC

Nos sistemas tradicionais de qualidade, o ciclo de melhoria contínua PDCA é amplamente utilizado. Suas etapas resumem-se em:

- **Planejar:** estabelecer missão, visão, objetivos (metas), procedimentos e processos (metodologias) necessárias para o atingimento dos resultados;
- **Executar:** realizar e executar as atividades;
- **Verificar:** monitorar e avaliar periodicamente os processos e resultados, confrontando-os com o planejado;
- **Agir:** agir de acordo com o avaliado e, eventualmente, determinar e confeccionar novos planos de ação, de forma a melhorar a qualidade, eficiência e eficácia, aprimorando a execução e corrigindo eventuais falhas.

No caso do Seis Sigma, utiliza-se o DMAIC, vide Figura 14, similar ao PDCA, porém mais focado na avaliação do problema antes da implementação das ações:

- **Definir:** identificação do problema à partir do sintoma, formação da equipe de trabalho e obtenção da aprovação do *champion*;
- **Medir:** definição do método de medição, padronização da coleta de dados e a coleta de dados propriamente dita;
- **Analizar:** análise dos dados coletados, identificação de uma ou mais causas raízes e elaboração do plano de ação;
- **Implementar:** realização das ações contidas no plano de ação, padronização do processo e confirmação da eficácia das ações;
- **Controlar:** monitoramento das ações implementadas.

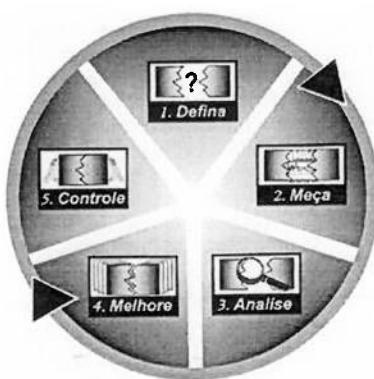


Figura 14 - O modelo DMAIC

Pande, Neuman e Cavanagh no livro *Estratégia Seis Sigma* apresenta um diagrama das principais atividades do DMAIC, vide Tabela 4, chamado de visão geral dos caminhos do DMAIC, e efetua um comparativo entre a melhoria de processo e o

projeto ou reprojeto do processo. Na realidade, trata-se de um visão macro para entendimento das etapas do ciclo.

Como o objetivo deste trabalho e o caso a ser apresentado trata-se de melhoria de processo, explanar-se-á somente este aspecto:

Tabela 4 - Visão do modelo DMAIC de melhoria de processo

1. Definir	<ul style="list-style-type: none"> • identifique o problema • defina requisitos • estabeleça metas
2. Medir	<ul style="list-style-type: none"> • valide problema / processo • redefina problema / objetivo • meça passos-chave / entradas
3. Analisar	<ul style="list-style-type: none"> • desenvolva hipóteses causais • identifique causas-raiz "poucas e vitais"
4. Implementar	<ul style="list-style-type: none"> • desenvolva idéias para remover causas-raiz • teste soluções • padronize solução / meça resultados
5. Controlar	<ul style="list-style-type: none"> • estabeleça medidas-padrão para manter desempenho • corrija problema quando necessário

3.1.5 A Equipe do Seis Sigma

A equipe de trabalho está estruturada em:

- *Champion*: líder treinado que conduz a distribuição do seis sigma em uma área de grande importância para o negócio;
- *Master Black Belt*: líder treinado e responsável por seis sigma quanto à estratégia, treinamento, aconselhamento, desdobramentos e resultados;
- *Black Belt*: especialistas em seis sigma que lideram as equipes de aperfeiçoamento, projeto de trabalho por todo o negócio e são mentores dos *green belts*;
- *Green Belt*: indivíduos treinados que aplicam habilidades seis sigma aos projetos.

3.2 Sistema Toyota de Produção

Segundo Liker, Jeffrey K. em "O modelo Toyota - 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo", os 14 princípios da Toyota podem ser divididos em quatro categorias, os 4 P's, conforme Figura 15: *Philosophy* (Filosofia); *Process* (Processo); *People / Partners* (Pessoal / Parceiros) e *Problem Solving* (Solução de Problemas).



Figura 15 - 4P's" da Toyota

3.2.1 Filosofia de longo prazo

Esta categoria, cujo foco principal é o pensamento de longo prazo, está sub-dividida somente em um princípio: Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo.

O princípio 1 enfoca a cultura do povo japonês no que se refere a paciência e o foco para atingir objetivos, ou seja, possuir um senso filosófico de propósito que sobreponha a qualquer decisão de curto prazo; trabalhar, crescer e alinhar toda a organização rumo a um objetivo em comum mais importante do que ganhar dinheiro; compreender seu lugar na história da empresa e trabalhar para levá-la ao próximo nível. Esta missão filosófica é o pilar para os demais 13 princípios. Por este motivo, localiza-se na base da pirâmide ilustrada na Figura 15.

O ponto de partida é gerar valor para o cliente, para a sociedade e para a economia. Este pensamento é o que diferencia o STP dos demais modelos de produção existentes atualmente e, é por isto que, copiá-lo como sendo um kit de ferramentas da qualidade não garante o sucesso de uma organização. Aplicá-lo parcialmente e, principalmente com visão de curto prazo, são os principais motivos para algumas empresas dizerem que o modelo não é flexível e que, não pode ser aplicado para todos os segmentos produtivos.

O STP não é somente um modelo de gestão, e sim, uma filosofia associada com a cultura de um povo que é capaz de produzir produtos com agregação de valor, gerando o menor desperdício possível.

3.2.2 O processo certo produzirá os resultados certos

Esta categoria, cujo foco principal é a eliminação de perdas, está sub-divisionada em sete princípios, do 2 ao 8.

O princípio 2 tem como objetivo criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona. O fluxo contínuo ou unitário de peças expõe os problemas da linha de fabricação no momento em que ocorrem, de maneira que, não sejam produzidos grandes lotes defeituosos. A idéia principal é fazer com que uma única peça percorra todas as etapas de manufatura até seu estágio final, eliminando o tempo de ociosidade ou de espera entre operações, de maneira a mover rapidamente o material e as informações, bem como encadear processos e pessoas de modo que os problemas se tornem imediatamente visíveis.

A maneira adotada pela Toyota para determinar a velocidade ou o ritmo da produção é o conceito de *takt-time*. *Takt* é uma palavra alemã para o ritmo ou o compasso. *Takt* é a razão da demanda do cliente, isto é, a razão na qual o cliente está comprando o produto. É o quociente entre a quantidade mensal de peças que o cliente solicita e a quantidade de segundos trabalhos no mesmo período. Desta maneira, se a produção for mais rápida que o necessário, haverá superprodução e, se for mais lenta, criará operações congestionadas.

O *takt-time* pode ser usado para estabelecer o ritmo de produção e para alertar os funcionários toda vez que estiverem atrasados ou adiantados.

As principais vantagens do fluxo unitário são: aumenta a qualidade do produto pois, os problemas são resolvidos no instante em que ocorrem, evitando passar para a próxima operação; flexibilidade real de disponibilidade dos equipamentos; aumenta a produtividade; aumenta a área de espaço livre na fábrica; aumenta a segurança dos funcionários; estimula o moral e a criatividade dos funcionários; reduz o custo de estoque.

Tornar o fluxo aparente em toda a cultura organizacional é a chave para um verdadeiro processo de melhoria contínua e para o desenvolvimento das pessoas.

A base do princípio 3 é o sistema puxado de produção. O princípio do sistema puxado é um dos pilares do STP: *just-in-time*. Oferecer aos clientes no processo de produção o que eles desejam, quando o desejam e na quantidade que necessitam. Para total sincronia deste, recorre-se à utilização de cartões, denominados *kanban*, cuja função principal é indicar o que e a quantidade de peças que a operação seguinte necessita. O ponto de partida é sempre a última etapa do processo e, a primeira o fornecedor externo ou interno da matéria-prima ou do componente. Para isto, a parceria de fornecedores que trabalhem com o *just-in-time* é primordial para o perfeito andamento do processo. Caso contrário, o fluxo pode ser interrompido por falta de componentes ou, apresentar estoque de peças no almoxarifado ou, até mesmo, entre as etapas do processo. Uma destacada vantagem do fluxo unitário é a flexibilidade para atender as mudanças na demanda do cliente, além da eliminação dos estoques intermediários ou não.

O foco do princípio 4 é a nivelação da carga de trabalho. A idéia principal é trabalhar como uma tartaruga e não como uma lebre, ou seja, prefere-se produzir na quantidade exata que o cliente solicita com uma determinada velocidade, do que, além das necessidades do cliente, o que aumenta consideravelmente os estoques. Como Taiichi Ohno comenta no livro *O sistema Toyota de produção* - além da produção em larga escala:

Quando penso a respeito da superprodução, eu freqüentemente conto a história da tartaruga e da lebre.

Em uma fábrica onde as quantidades necessárias realmente ditam a produção, eu gosto de mostrar que a lenta, porém consistente, tartaruga causa menos desperdício e é muito mais desejável que a rápida lebre, que corre à frente e então pára ocasionalmente para tirar uma soneca. O Sistema Toyota de Produção só pode ser realidade quando todos os trabalhadores se tornarem tartarugas. (OHNO, 2006, p. 78)

Nivelar a produção consiste em realizar uma combinação de modelos e volume de produtos. Não se fabrica produtos conforme o fluxo real de pedidos dos clientes, o que pode subir e descer drasticamente, mas sim considerando o volume total de pedidos em um período, para que a mesma quantidade e combinação sejam produzidas a cada dia.

A eliminação de perdas é somente um terço da equação para o sucesso da produção enxuta. A eliminação da sobrecarga das pessoas e do equipamento e da instabilidade no programa de produção também são importantes, embora, geralmente, não são compreendidas em organizações que tentam implementar os princípios enxutos.

A finalidade do princípio 5 é construir uma cultura de parar e resolver os problemas, obtendo a qualidade logo na primeira tentativa. Pode ser traduzido pela palavra autonomação. Autonomação não é simplesmente automatizar as máquinas para aumentar sua produtividade. Tem um significado muito mais consistente que é implementar dispositivos à prova de erros, de maneira que, interrompa a produção quando ocorre alguma anormalidade. O foco principal é a prevenção e não a detecção, ou seja, impede que, grande lotes com problemas sejam produzidos.

De maneira geral, significa introduzir no equipamento, a capacidade de detectar problemas e de se autodesligar. E, avisar aos líderes de produção, através de um sistema visual, que determinada máquina está parada, necessitando de assistência.

O conveniente é introduzir na organização, sistemas de apoio para solução rápida de problemas e imediato estabelecimento de soluções. E, além disso, agregar em sua cultura, a filosofia de parar ou desacelerar para obter qualidade na primeira tentativa com o intuito de aumentar a produtividade a longo prazo.

O princípio 6 enfatiza as tarefas padronizadas, que são a base para a melhoria contínua e a capacitação dos funcionários. Uma vez determinada a melhor maneira de produzir determinado produto, deve-se padronizar os parâmetros de processo para manter a previsibilidade e a regularidade dos tempos e dos processos. É a base para o fluxo unitário e o sistema puxado.

As idéias básicas são:

- captar a aprendizagem acumulada sobre um processo até um certo momento, padronizando as melhores práticas atuais;

- permitir a expressão criativa individual para melhorar o padrão e incorporá-la ao novo padrão de modo que, quando uma pessoa se afastar, ocorra transmissão de aprendizagem para a pessoa substituta.

O princípio 7 objetiva o uso de controle visual para que nenhum problema fique oculto. A Toyota evita o uso de instruções de trabalho que contenham muitas informações escritas pois, considera que a minoria dos funcionários as lê e, além disso, necessita de um tempo considerável para sua interpretação. O adotado são indicadores visuais simples para ajudar as pessoas a perceberem imediatamente se estão diante de uma situação padrão ou de um problema. Considera-se também que, instruções em telas de computadores tiram a atenção dos funcionários.

O recomendado é que tais instruções estejam localizadas no próprio local de trabalho para sustentar o fluxo e o sistema puxado.

Por fim, o princípio 8 fundamenta o uso de tecnologia confiável e completamente testada que atenda os funcionários e processos. O objetivo da Toyota é utilizar tecnologia para auxiliar as pessoas e, não para substituí-las. Freqüentemente, é melhor trabalhar manualmente em um processo antes de utilizar a tecnologia para executá-lo. Muitas vezes, não se pode confiar em uma nova tecnologia, que pode ser difícil de padronizar, prejudicando o fluxo. Um processo que comprovadamente funciona em geral prevalece sobre a tecnologia nova que ainda não foi testada.

Em alguns casos, uma nova tecnologia pode aumentar consideravelmente a produtividade de determinada a operação porém, isto pode tornar-se prejudicial, principalmente quando o balanceamento do fluxo unitário é afetado. Pode tornar outros processos gargalos e, além disso, produzir mais que o necessário, contrapondo-se ao *takt-time*. Este fato não é interessante para o STP pois, conflita com sua cultura ou porque podem romper sua estabilidade, confiabilidade e previsibilidade. Nestes casos, o uso de tal tecnologia é abortado.

3.2.3 Desenvolvimento de seus funcionários e parceiros

Esta categoria, cujo foco principal é o respeito e o desenvolvimento de seres humanos, está sub-dividida em três princípios, do 9 ao 11.

A finalidade do princípio 9 é o desenvolvimento de líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros. Como a estrutura do STP está baseada na filosofia, a Toyota desenvolve líderes, preferencialmente funcionários e não aqueles disponíveis no mercado de trabalho, de maneira a absorver esta filosofia e tornar-se modelos da filosofia da empresa e de seu modo de fazer negócios. A Toyota não vê o trabalho dos líderes como uma simples realização de tarefas e boas habilidades em lidar com pessoas. Um bom líder deve entender detalhadamente o trabalho diário, de modo que possa ser o melhor professor da filosofia de sua empresa. Geralmente, o tempo médio de formação de um líder dentro da Toyota é de dez anos. Desta maneira, não é interessante formá-lo e permitir que o mercado o absorva. Por este motivo, a valorização dos funcionários é o foco principal deste princípio.

O princípio 10 prioriza o desenvolvimento de pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa. Assim como os líderes, a Toyota desenvolve pessoas e equipes para seguir a filosofia da empresa de maneira a criar uma cultura forte e estável em que os valores e crenças da empresa sejam amplamente compartilhados e vivenciados por um período de vários anos.

O objetivo é treinar indivíduos e equipes excepcionais para trabalharem na filosofia da corporação para alcançar resultados excepcionais. Para tanto, é necessário trabalhar com empenho para reforçar continuamente a cultura.

Quando usa-se equipes inter-funcionais, melhora-se a qualidade e produtividade, além de aumentar o fluxo, pois consegue-se resolver problemas complexos. O trabalho em equipe é algo que deve ser aprendido.

O escopo do princípio 11 é o respeito pela sua rede de parceiros e de fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar. Diferentemente de outras organizações, na Toyota o fornecedor ou parceiros são fundamentais para que o STP siga sua filosofia pois, são aqueles que iniciam todo o processo produtivo. A intenção é sempre ajudá-los a melhorar, desafiando-os, pois, assim, o STP, como um todo, melhora. A valorização e o respeito aos fornecedores é algo pleno e absoluto da cultura da Toyota.

3.2.4 Solução contínua de problemas na sua origem

Esta categoria, cujo foco principal é a aprendizagem e melhoria contínua, está subdividida em três princípios, do 12 ao 14.

O princípio 12 enfatiza o "ver por si mesmo para compreender a situação". A resolução de problemas e a melhoria de processos devem ser feitas indo à sua origem, observando e verificando pessoalmente os dados, ao invés de teorizar e tomar decisões com dados que outras pessoas coletaram ou com informações que o computador indica.

O objetivo principal é pensar e falar com base em dados pessoalmente verificados.

A filosofia da Toyota prega que, até mesmo administradores e executivos de alto nível, devem verificar os fatos por si mesmos para que tenham mais do que uma compreensão superficial sobre o assunto.

O objetivo do princípio 13 é a tomada de decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções. As decisões nunca devem ser tomadas em uma única direção e seguir adiante sem antes ter considerado completamente todas as alternativas possíveis. Quando a opção for escolhida, deve-se movimentar rapidamente mas com cautela.

Nemawashi é o processo de discussão de problemas e de soluções potenciais com todos os envolvidos para coletar suas idéias e obter o acordo quanto ao caminho a seguir. Este processo de consenso, embora demorado, auxilia ampliar a busca por soluções e, uma vez que uma decisão é tomada, tem rápida implementação.

Finalmente, o princípio 14 aborda como tornar-se uma organização de aprendizagem através da reflexão incansável e da melhoria contínua. Os objetivos deste princípio são:

- usar ferramentas de melhoria contínua para determinar a causa de uma ineficiência e aplicar soluções eficazes;
- criar processos que quase não exijam estoque. Caso contrário, o tempo e os recursos desperdiçados tornam-se visíveis. Utilizar melhoria contínua para eliminar as perdas;
- proteger a base de conhecimentos da organização desenvolvendo equipes estáveis, a promoção lenta de sistemas de sucessão muito cuidadosos;

- usar *hansei* (reflexão) em atividades-chaves e, depois de terminar um projeto, identificar claramente todas as dificuldades em executá-lo. Desenvolver soluções para evitar que erros sejam repetidos;
- aprender padronizando as melhores práticas, em vez de reinventar a roda em cada novo projeto e com cada administrador novo.

3.3 Ferramentas da Qualidade

3.3.1 Árvore de Causa Raiz

Assim como o diagrama de causa e efeito, este é utilizado para a descoberta da causa raiz do problema. A partir do problema, ramifica-se, como os galhos de uma árvore, nos problemas potenciais, sem a necessidade de classificação no 6M's. Cada galho subdivide-se em ramificações, até a obtenção da causa raiz. A semelhança com o diagrama de Ishikawa está na utilização do 5 porquês, ou seja, cada ramificação é uma resposta do 5 porquês. É um método extremamente simples de execução e eficaz.

3.3.2 Brainstorming

É um termo em inglês que significa tempestade de idéias e tem como função auxiliar um grupo a criar quantas idéias forem possíveis no menor espaço de tempo. O objetivo principal é a descoberta da causa raiz de um problema.

Há dois tipos: o estruturado e o não estruturado. No primeiro, todas as pessoas do grupo devem dar uma idéia a cada rodada ou abster-se até que chegue sua próxima vez. Isto faz com que as pessoas mais retraídas participem porém, pode criar certa pressão sobre outras pessoas. No segundo, os membros do grupo simplesmente dão idéias conforme elas surgem. Pode-se criar um ambiente menos tenso porém, há o risco das pessoas mais extrovertidas dominarem o processo.

Algumas posturas, durante o *brainstorming*, não devem ser adotadas, como: participantes autoritários, participantes relutantes, menosprezo, participantes antagônicos, devaneios, pressa em finalizar e participantes dominadores.

3.3.3 Capacidade do Processo

Capacidade é um termo originário do inglês *capability* e significa a habilidade que um processo pode ter em garantir a especificação do cliente em termos de sua dispersão ou variação, desempenho e repetibilidade. Os índices utilizados são o Cp, relativo à dispersão, e o Cpk, relativo ao desempenho.

O Cp é definido pela expressão:

$$C_p = \frac{LSC - LIC}{6\sigma}$$

onde:

LSC: limite superior da especificação

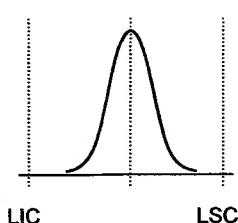
LIC: limite inferior da especificação

σ : desvio-padrão

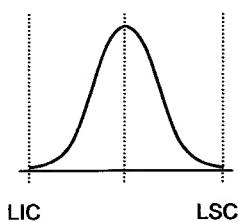
O Cpk é definido pela expressão:

$$C_{pk} = \min \left(\frac{LSC - \bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x} - LIC}{3\sigma} \right)$$

A relação entre o Cp e o Cpk estão representadas na Figura 16.



$C_p \geq 1,33$ $C_{pk} \geq 1,33$ A distribuição do processo está com folga entre os limites de especificação \Rightarrow processo capaz



$C_p = 1$ $C_{pk} = 1$ A distribuição do processo está sem folga entre os limites de especificação \Rightarrow processo não suficientemente capaz

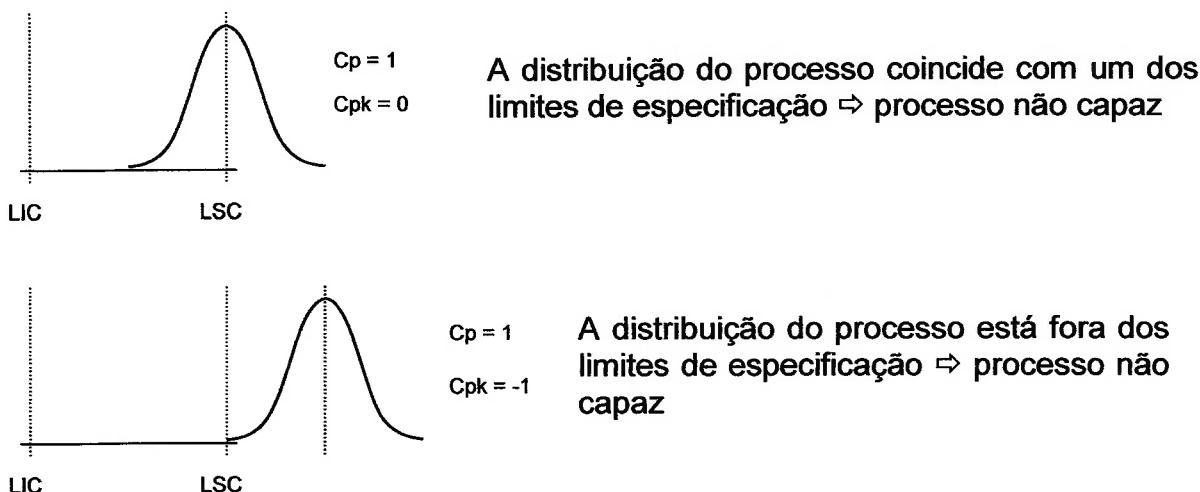


Figura 16 - Relação gráfica entre C_p e C_{pk}

3.3.4 Cartas de Controle

São gráficos que mostram o comportamento das amostras coletadas ao longo do tempo. No caso específico desta monografia, somente serão abordadas as cartas das médias e das amplitudes.

O gráfico *X-bar* (médias) descreve a variação entre as amostras ao longo do tempo. Já o gráfico *R* (amplitudes), descreve a variação dentro da amostra ao longo do tempo.

Para a elaboração das cartas, deve-se calcular os limites de controle, com o objetivo de determinar a média ou amplitude que se pode esperar do processo. Esses limites calculados não possuem relação com os limites de especificação do cliente, ou seja, não significa que os dados pertencentes aos limites de controle estão dentro dos limites de especificação. A idéia do uso dos limites de controle é determinar se o processo está sob controle estatístico ou não, e permitir a diferenciação entre as causas comuns (variação normal do processo) e causas especiais (eventos que ocorrem e que podem ser isolados e explicados através de suas causas).

3.3.5 Análise de Variância (AV)

É uma ferramenta estatística que avalia, dentre alguns fatores potenciais, aqueles que mais contribuem para a variação que se deseja estudar. Em sua análise, considera-se a variação do processo entre lotes, a variação das amostras e a variação da medição.

Após identificação dos fatores potenciais, deve-se determinar graficamente todas as combinações possíveis, conforme Figura 17.

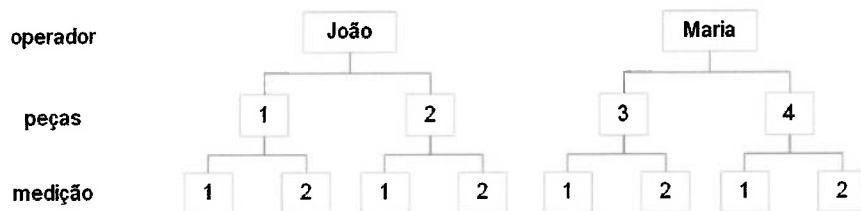


Figura 17 - Exemplo gráfico de combinações para realização da AV

No exemplo hipotético, há suspeitas de que as peças fabricadas pelo operador João e pela Maria são diferentes. Além disso, entre os operadores, suspeita-se de variação de peças e de medidas. E, que isto, impacta em um problema qualquer. Nestes casos, onde há alguns fatores que podem interferir no processo, recomenda-se a aplicação da Análise de Variância.

O software minitab fornece o resultado da AV em porcentagem referente aos fatores potenciais. A interpretação deve ser feita classificando em ordem decrescente as porcentagens. Recorrendo-se ao exemplo anterior, o resultado da análise foi: medição 15%; operador 34% e peças 51%. As peças são aquelas que mais contribuem para o problema hipotético, seguido pelo operador e, depois, peça e medição.

A AV é uma maneira de priorizar as ações a serem tomadas relativas ao impacto que os fatores proporcionam do problema analisado.

3.3.6 Diagrama de Causa e Efeito

Também conhecido como diagrama "espinha de peixe" ou de "Ishikawa". É útil para documentar um problema e suas possíveis causas pois, provê focos para discussão.

A idéia principal é classificar as possíveis causas no chamado 6M's. Os 6M's são a abreviação de material, método, mão-de-obra, meio ambiente, máquina e medição. Para iniciar sua construção, primeiramente, o problema deve estar definido de forma precisa e clara. Posteriormente, identifica-se, como categorias macro, os 6M's. Para cada categoria, lista-se as possíveis causas que não conflitam com os dados conhecidos. Estas podem ser identificadas através de brainstorming ou análise de dados. Para cada causa, perguntar-se “por que” e registra-se as causas de menor nível. Repete-se este procedimento até chegar na causa raiz de cada item. A Figura 18 representa o diagrama de causa e efeito teórico.

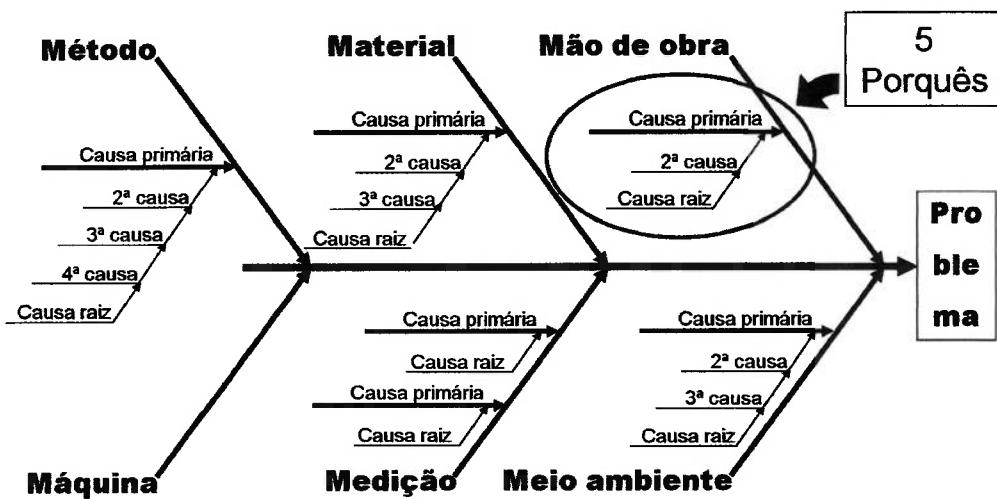


Figura 18 - Exemplo de diagrama de causa e efeito

3.3.7 Kaizen

O *kaizen* surgiu com o STP e foi idealizado por um engenheiro da Toyota, Taiichi Ohno. Primeiramente o sistema foi implantado na fábrica da Toyota e mais tarde foi estendido para os fornecedores.

É um termo japonês que significa *KAI*: mudança e *ZEN*: boa, ou seja, mudar para melhor ou melhoria contínua.

A metodologia *kaizen* é uma filosofia e um método de implementação que abraçam o espírito de melhorias rápidas e contínuas. Suas principais características são: ter objetivos claros; trabalho em equipe; foco nos prazos; ter criatividade antes de gastar dinheiro; ser rápido e improvisado, não devagar e elegante; ter recursos

necessários disponíveis de imediato; apresentar resultados imediatos (área funcionará no final de semana); entre outros.

A estrutura do *kaizen* utilizado pela FF está detalhado na Figura 19.

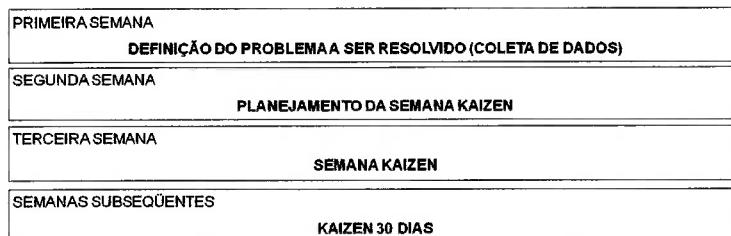


Figura 19 - Estrutura do *kaizen*

A primeira semana de planejamento consiste em: analisar o histórico e tendências do problema; identificar e analisar os processos onde o problema é gerado; identificar e resolver os problemas básicos do processo; analisar a capacidade dos processos e das medições; identificar e resolver os problemas do sistema de medição; obter a concordância da administração sobre o problema priorizado.

A segunda semana de planejamento consiste em: definir as semanas para realização do *kaizen* e do *kaizen* 30 Dias; definir o líder do time; identificar o executivo responsável pelo treinamento; identificar os membros do time; identificar as áreas de suporte requeridas; comunicar a agenda da semana do *kaizen*; identificar a necessidade de antecipar a produção da semana do *kaizen*, para evitar que a entrega seja afetada; definir e reservar os recursos necessários para o *kaizen* (salas, *datashow*, máquina fotográfica, computadores, etc.)

Especificamente a semana *kaizen* apresenta uma agenda teórica das atividades a serem desenvolvidas. Esta agenda está ilustrada na Figura 20.

9:00 em diante ABERTURA APRESENTAÇÃO DA EQUIPE CONCEITOS TEÓRICOS	8:00 em diante - Definição do problema - Definição da situação inicial - Mapeamento do processo - Definição da medição e metas - Definição da Contenção - Definição da causa raiz - Identificação das soluções potenciais - Seleção das soluções viáveis - Planejamento da implementação das soluções	8:00 em diante - 5S / Segregação e Descarte - Implementação das soluções	8:00 em diante - 5S / Organização e padronização - Implementação das soluções - Verificação da correção do problema - Padronização e gestão visual das soluções - Definição da situação final - Planejamento da implementação das ações de longo prazo	8:00 - 11:00 - Preparação para encerramento - Resolução de pendências
	17:00 - 18:00 REVISÃO C/ STAFF	17:00 - 18:00 REVISÃO C/ STAFF	17:00 - 18:00 REVISÃO C/ STAFF	11:00 - 12:00 ENCERRAMENTO

Figura 20 - Agenda da semana *kaizen*

A equipe de trabalho da semana *kaizen* é composta por:

- consultor: especialista em *kaizen*, e tem com função principal orientar o andamento das atividades;
- líder de equipe: comprehende o processo e o *kaizen*, orienta e supre recursos para a equipe;
- co-líder de equipe: especialista no processo, orienta a solução técnica do problema;
- membros da equipe: realizam as melhorias;
- membros da equipe (estrangeiros): trazem ponto de vista externo ao processo (sem paradigmas).

3.3.8 Matriz de Impacto

A matriz de impacto é uma forma simples de classificar, referente ao impacto no problema analisado e a facilidade de sua implementação, as ações propostas durante a semana *kaizen*. Nela registra-se a quantidade de ações conforme a classificação indicada na Figura 21.

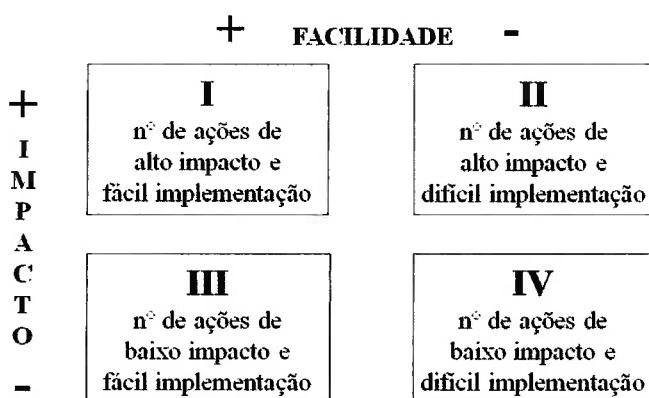


Figura 21 - Classificação da matriz de impacto

É uma maneira de visualizar o grau do impacto *versus* o grau de facilidade de implementação de ações pertinentes a resolução do problema.

3.3.9 Matriz É/Não É

A matriz é/não é é uma tabela onde são relacionados dados pertinentes ao problema a ser analisado, com o objetivo de direcionar e focar o problema e descartar questões não pertinentes ao escopo do projeto. Os elementos da tabela são: questão; é; não é e diferença:

- questão: deve-se perguntar quando, onde, quem, como, quantos e quais, sob todos os pontos de vista relevantes;
- é: deve-se indicar as respostas que são suspeitas de causarem o problema;
- não é: deve-se indicar aquelas respostas que não causam o problema;
- diferença: indica-se somente a diferença entre a resposta "é" e a resposta "não é", encontrada naqueles casos onde foi comprovado que as respostas da coluna "não é" realmente nunca podem causar o problema.

3.3.10 Measurement Systems Analysis (MSA)

É a análise do sistema de medição, onde são identificados os erros de medições dos instrumentos e/ou dos operadores. Em outras palavras, é a combinação de pessoas, instrumentos, métodos, ambiente e o material a ser medido. A variação da medição é dividida conforme Figura 22.

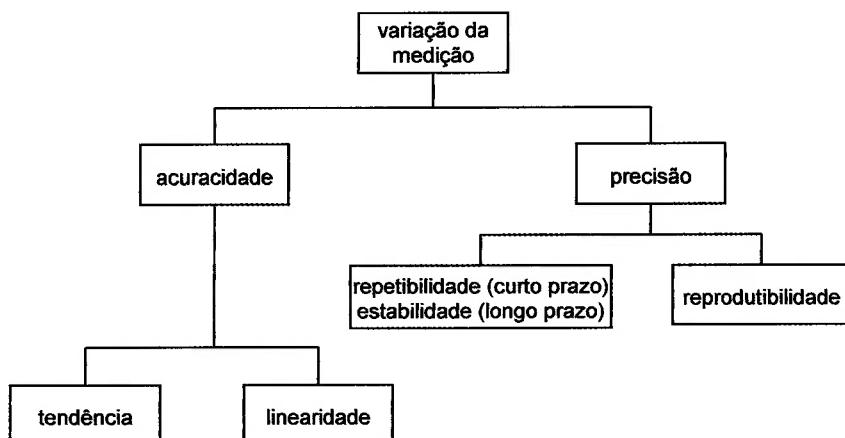


Figura 22 - Divisão da variação da medição

Acuracidade é o grau de ausência de erro.

Tendência é a diferença entre a média observada das leituras e o valor de referência.

Linearidade é a diferença entre os valores de tendência ao longo da faixa esperada de operação do instrumento.

Precisão é o grau de confiabilidade das medições.

Reprodutibilidade é a variação das médias das medições feitas por diferentes inspetores, usando um mesmo instrumento de medição, medindo a mesma dimensão na mesma peça.

Repetibilidade é a variação encontrada em um instrumento de medição, quando usado várias vezes por um mesmo inspetor, para medir a mesma dimensão na mesma peça.

Estabilidade é a variação total nas leituras obtidas de um sistema de medição, medindo sempre a mesma dimensão, nas mesmas peças, ao longo de um grande período de tempo.

3.3.11 Process Mapping (PMAP)

O PMAP pode ser entendido como um fluxograma detalhado do processo a ser estudado e seu escopo é determinado pelo SIPOC, conforme Figura 23.

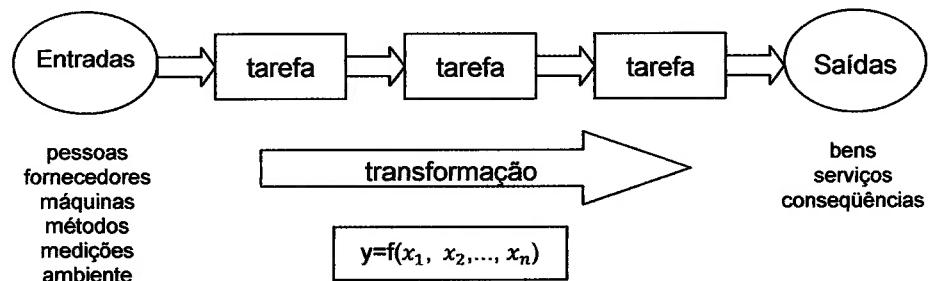


Figura 23 - Fluxograma teórico do PMAP

A característica principal é a classificação das entradas em: controlável, padrão ou ruído e, além disso, críticas ou não.

Controlável são variáveis de entradas que podem ser alteradas para verificar seus efeitos nas variáveis de saída.

Padrão são procedimentos que descrevem como o processo é executado e identificam certos fatores a monitorar e manter.

Ruído são variáveis de entrada que impactam nas saídas e não são controláveis, são de difícil controle ou de custo muito alto.

Críticas são variáveis de entrada que têm grande impacto nas saídas.

3.3.12 Relatório A3

O relatório A3 consiste em resumir os pontos principais do projeto em um formulário nas dimensões de um formato A3, ou seja, 275mm x 475mm.

Jeffrey K. Liker e David Meier no livro *O modelo Toyota - manual de aplicação* aborda a influência do relatório A3 na Toyota:

O importante nos relatórios A3 não é a elegância com que se preenchem as caixas e se traçam gráficos atraentes. É o processo de comunicação. O A3 integra o processo de solução de problemas e de tomada de decisão. Ele permite que somente as informações mais críticas sejam compartilhadas com os outros para avaliação cuidadosa do processo de pensamento usado, como um meio de solicitar apoio ou aconselhamento e para chegar a um consenso. (LIKER; MEIER, 2007, p. 344)

Este, divide-se em dois tipos: a inicial e o final. O inicial deve conter informações como a descrição do produto / processo a ser analisado; os objetivos e metas do projeto; os impactos nos negócios; os indicadores de desempenho; tempo estimado para a finalização do projeto; os obstáculos e barreiras para a realização do projeto; entre outros.

O A3 final apresenta uma visão global do histórico do projeto, descrevendo todas etapas até o estágio final, onde os resultados são apresentados.

3.3.13 SIPOC

O SIPOC, sigla de *Supplier - Input - Process - Output - Customer*, é um mapa de alto nível do processo relacionado ao problema tratado que relaciona os fornecedores com os clientes de um determinado processo, conforme indicado na Figura 24.

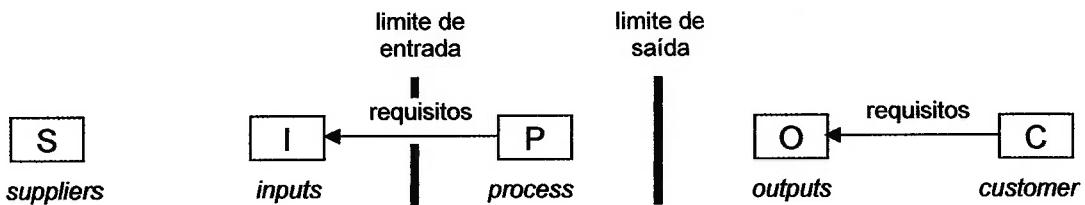


Figura 24 - Representação esquemática do SIPOC

Suppliers (fornecedores): provém as entradas do processo;

Inputs (entradas): são os recursos requeridos pelo processo;

Input Boundary (limite de entrada): define quando o processo inicia;

Input Requirements (requisitos de entrada): o que o processo requer das entradas (mensurável e quantificável);

Process (processo): atividade que transforma entradas em saídas;

Output Boundary (limite de saída): define quando o processo termina;

Outputs (saídas): bens ou serviços fornecidos;

Output Requirements (requisitos de saída): o que o cliente requer das saídas (mensurável e quantificável);

Customers (clientes): acionistas que definem requisitos para as saídas.

3.3.14 Teste de Hipótese

Considerando-se hipótese como sendo uma suposição feita com o objetivo de se testar suas consequências lógicas, então, teste de hipótese é o procedimento de tomada de decisão. O propósito do teste é o de estabelecer uma base para que se possam obter evidências que reprovem a declaração ou a aceitem como verdadeira. Usualmente, as hipóteses são classificadas como nula e alternativa. A hipótese nula, denominada H_0 , é aquela aceita como verdadeira, até que se encontrem evidências suficientes do contrário. Por outro lado, a hipótese alternativa, H_1 , é aquela aceita como verdadeira quando a hipótese nula é rejeitada.

Pode-se ter dois erros no teste de hipótese, o do tipo I e o do tipo II. O erro do tipo I, chamado α , ocorre quando a hipótese nula é rejeitada quando esta é verdadeira. O

erro do tipo II, chamado β , ocorre quando aceita-se a hipótese nula quando esta é falsa.

No software minitab, o teste de hipótese é analisado através do p -value, assim como o teste de normalidade. P -value, é o risco que existe no teste de hipótese de se cometer um erro tipo I, ou seja α é o limite aceitável para o p -value, vide Figura 25.

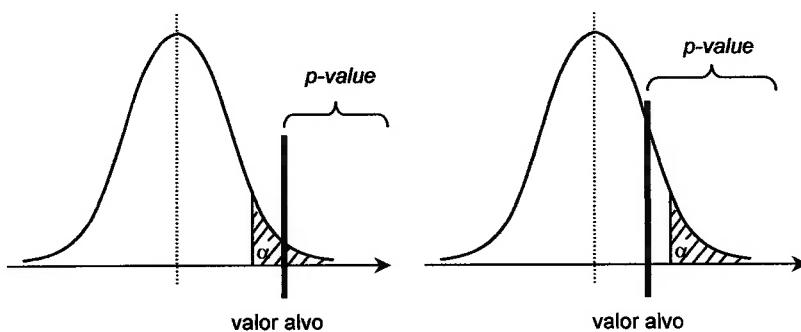


Figura 25 - Representação gráfica do p -value

Se p -value $> \alpha$, o risco real de cometer um erro tipo I é maior que o limite aceitável.

Se p -value $< \alpha$, o risco real de cometer um erro tipo I é menor que o limite aceitável.

O valor de α padrão utilizado nas indústrias é 0,05 ou 0,01. Neste projeto, está considerado $\alpha=0,05$.

3.3.15 Teste de Normalidade

É um teste que verifica se os dados coletados caracterizam uma distribuição normal. Basicamente, o teste compara as estimativas dos valores encontrados nas amostras com as probabilidades que deveriam ser obtidas, se a amostra fosse normalmente distribuída. Esta comparação é feita através de um teste de hipótese, e seu resultado, no software minitab, é expresso em função do p -value.

P -value significa os limites do intervalo de confiança do teste. É a diferença de 100% e o grau de confiabilidade do teste, geralmente 95%, ou seja, 5%. Quando o p -value é maior que 5%, significa que os dados pertencem a este intervalo e pode-se afirmar, com 95% de confiança, que os dados são normais. Quando este é menor que 5%, não pode-se fazer tal afirmação.

3.3.16 Thought Process Map (TMAP)

O TMAP é um mapa de raciocínio lógico por trás de uma série de decisões para resolver um problema que direciona o andamento do projeto de forma clara e objetiva. A idéia principal consiste na elaboração de perguntas-chaves que focam o escopo daquilo que está sendo estudado, evitando que fatores importantes ou, até mesmo secundários, mas que impactam fortemente no projeto, sejam esquecidos.

Uma característica importante do TMAP é a relação com o DMAIC pois, para cada fase do ciclo, elabora-se um mapa, direcionando individualmente os níveis, para, na conclusão do projeto, unificá-las e criar uma espinha dorsal lógica do projeto.

Os principais benefícios são: administrar o tempo de maneira a reduzir o montante do trabalho; ajudar na comunicação da equipe; manter o foco do projeto; mostrar a utilização de ferramentas, estatísticas ou não, e suas interligações, entre outros.

3.4 Relação entre Ferramentas da Qualidade e DMAIC

Rath & Strong em *Six Sigma Pocket Guide* faz uma relação entre as ferramentas da qualidade e as etapas do DMAIC, conforme indicado na Tabela 5.

Tabela 5 - Relação entre ferramentas da qualidade e DMAIC

ferramentas da qualidade	D	M	A	I	C
árvore de causa raiz			x		
<i>brainstorming</i>			x	x	
capacidade do processo		x		x	
cartas de controle	x	x	x	x	x
Análise de Variância			x	x	
diagrama de causa e efeito			x		
<i>kaizen</i>		x	x	x	x
matriz de impacto			x		
matriz é/não é	x				
MSA		x	x		
PMAP	x				
A3	x				
SIPOC	x				
teste de hipótese			x	x	
teste de normalidade	x	x	x	x	x
TMAP	x	x	x	x	x

4 O PROJETO

4.1 A identificação do problema

Analisando-se os desenhos, tanto do conjunto como dos componentes, além da foto enviada juntamente com a reclamação e do relatório dimensional elaborado pela FF, identificou-se que uma cota crítica do conjunto, a dimensão de $136,34 \pm 0,13$ mm, denominada como KPC3 (*Key Product Characteristic* número 3) estava diretamente relacionada com o sintoma detectado, conforme Figura 26. E, conforme apontado pelo relatório dimensional, extremamente fora do especificado, isto é, 2 mm maior que o limite superior.

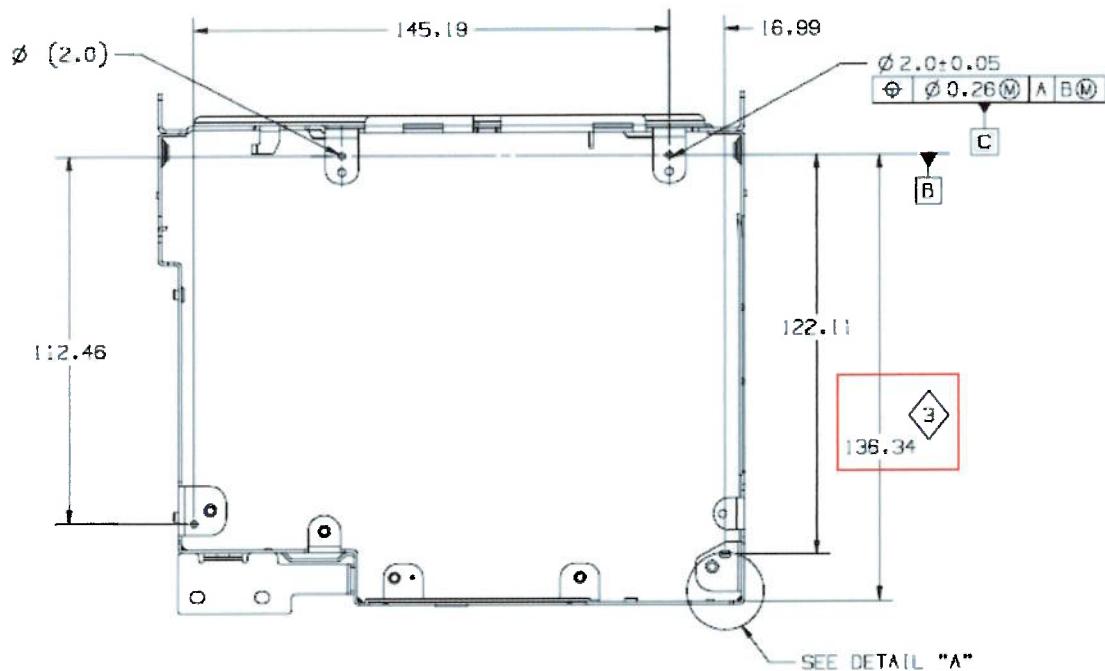


Figura 26 - Detalhe da dimensão crítica no desenho do produto

O requisito específico do cliente exige que, para cotas KPC, o fornecedor atinja um valor mínimo de 1,67 para Cpk e, aplique o CEP (Controle Estatístico de Processo) durante a produção do item. Neste caso específico, o estudo estatístico inicial entregue durante a submissão do PPAP (*Production Part Approval Process*), apontava valor dentro das exigências. Porém, o CEP, jamais foi realizado e o PPAP estava em situação de aprovação condicional.

Certamente, a IEF não tinha domínio da variação do processo de fabricação do *chassis* e, também, não conhecia os limites inferior e superior de controle desta KPC3.

Dentre as metas do projeto destacam-se:

- eliminar a contenção;
- atingir um Cpk entre 1,33 e 1,67, mesmo sabendo que a especificação exige maior ou igual a 1,67. A obtenção de valores superiores a este, pode ser considerado como sugestão de trabalhos futuros.

4.2 O contrato A3

O histórico do sintoma foi sucintamente descrito no contrato A3, Figura 27, mencionando a parada de linha, a data da ocorrência, a ação de contenção e de detecção implementadas, além, das metas do projeto:

- nenhuma parada de linha na FF;
- eliminação da contenção;
- $1,33 \leq Cpk \leq 1,67$;
- descobrir a causa-raiz.

O contrato A3 foi assinado pelo *champion* do projeto, neste caso, o Presidente da IEF e, tem-se, então, o início do projeto em que este trabalho está fundamentado.

QFS: ELIMINATE DEFORMATION PROBLEMS ON CHASSIS OF 1400 - 2600260C PROJECT: DF1400		Approved by: G. M. - FF D. J. - FF C. F. - IEF	Date: 10/07/2007 Owner: R. M.																								
BACKGROUND <p>During all year 2006, FF faced problems with the pieces from IEF supplier.</p>																											
CAUSE ANALYSIS and PROBLEM STATEMENT <p>Although the PPM from 2005 to 2006 has decreased, it was the worse year in quality issues. As IEF is a strategic supplier to FF, it is mandatory to focus on continuous improvements and solve SPILL problems.</p>																											
COUNTERMEASURES 																											
GOAL 																											
ACTION PLAN / TIME LINE <table border="1"> <thead> <tr> <th>Week</th> <th>Description</th> <th>Responsible</th> <th>Date</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1st IEF workshop</td> <td>FF / IEF</td> <td>W/25</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1st Kultzen DPS</td> <td>FF / IEF</td> <td>July 2007</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2nd DPS workshop</td> <td>FF / IEF</td> <td>W/22</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3rd DPS workshop</td> <td>FF / IEF</td> <td>W/26</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2nd Kultzen DPS (FF new version)</td> <td>FF / IEF</td> <td>W/29</td> </tr> </tbody> </table>				Week	Description	Responsible	Date	1	1st IEF workshop	FF / IEF	W/25	2	1st Kultzen DPS	FF / IEF	July 2007	3	2nd DPS workshop	FF / IEF	W/22	4	3rd DPS workshop	FF / IEF	W/26	5	2nd Kultzen DPS (FF new version)	FF / IEF	W/29
Week	Description	Responsible	Date																								
1	1st IEF workshop	FF / IEF	W/25																								
2	1st Kultzen DPS	FF / IEF	July 2007																								
3	2nd DPS workshop	FF / IEF	W/22																								
4	3rd DPS workshop	FF / IEF	W/26																								
5	2nd Kultzen DPS (FF new version)	FF / IEF	W/29																								
IMPACT <ul style="list-style-type: none"> Reduce PRR / Eliminate SPILL cases / Eliminate dimensional problems 																											
OBSTACLES <ul style="list-style-type: none"> Suppliers awareness to quality and leadership is key for getting the desired results 																											
CURRENT STATE <p>On September 2006, Kultzen DPS was applied at IEF focus on grease/ oil and Deformation - those problems were eliminated - Dimensional is the problem that still impacts FF</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>PPR - 2007</th> <th>TOP QUALITY PROBLEMS - 2007</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. SPILL</td> <td>SPILL</td> </tr> <tr> <td>2. SPILL</td> <td>SPILL</td> </tr> <tr> <td>3. Deformation</td> <td>Deformation</td> </tr> <tr> <td>4. Oil / Grease</td> <td>Oil / Grease</td> </tr> <tr> <td>5. Dimensional</td> <td>Dimensional</td> </tr> </tbody> </table>				PPR - 2007	TOP QUALITY PROBLEMS - 2007	1. SPILL	SPILL	2. SPILL	SPILL	3. Deformation	Deformation	4. Oil / Grease	Oil / Grease	5. Dimensional	Dimensional												
PPR - 2007	TOP QUALITY PROBLEMS - 2007																										
1. SPILL	SPILL																										
2. SPILL	SPILL																										
3. Deformation	Deformation																										
4. Oil / Grease	Oil / Grease																										
5. Dimensional	Dimensional																										

Figura 27 - Contrato A3

4.3 Planejamento do Kaizen

Antes da realização de um estudo estatístico para compreensão do estado atual, resolveu-se fazer um estudo de MSA. Para tanto, selecionou-se três operadores e dez peças, onde cada operador mediu três vezes cada peça. Utilizou-se o método da análise da variância (ANOVA) conforme o manual da *Automotive Industry Action Group* (AIAG).

O primeiro equipamento analisado foi o traçador de altura 05/001 + relógio apalpador 04/011 e, o resultado conforme Figura 28 e Figura 29. Os resultados apresentados na sequência foram tabulados no software Minitab.

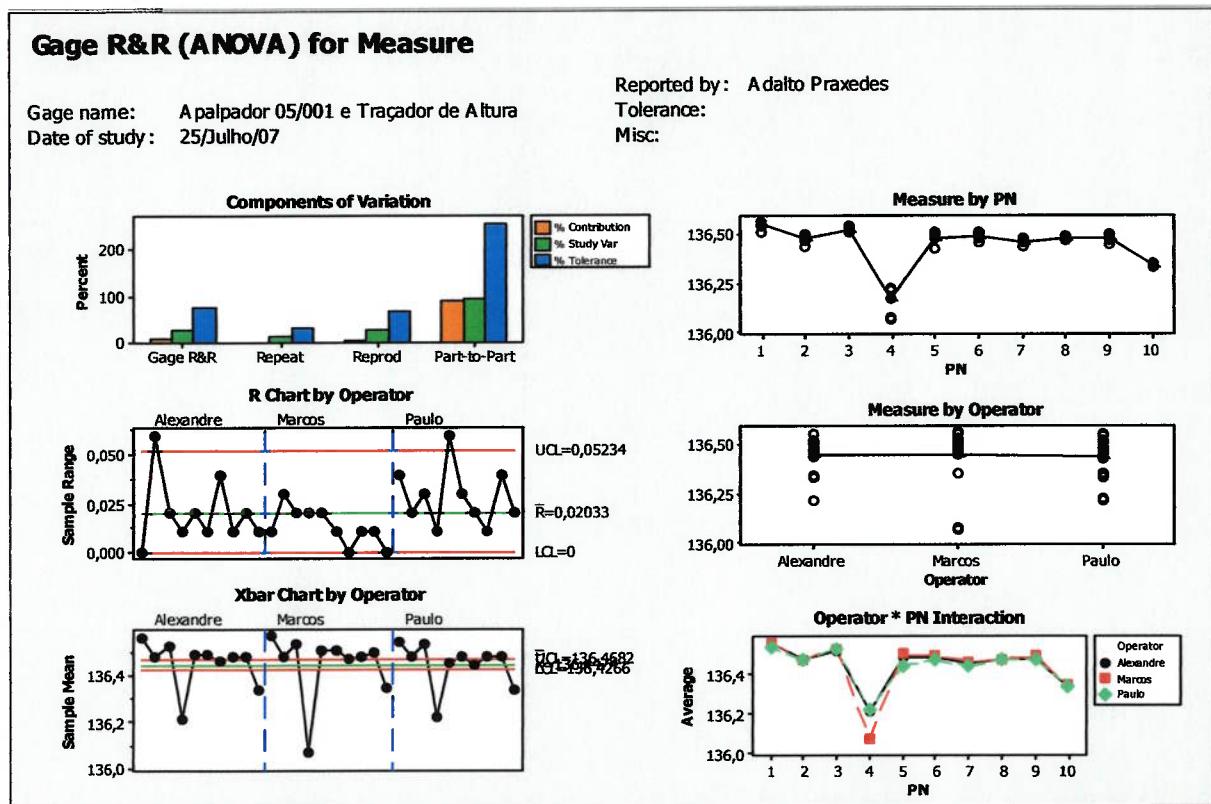


Figura 28 - ANOVA do traçador 05/001 e relógio 04/011

Gage R&R		%Contribution (of VarComp)		
Source	VarComp			
Total Gage R&R	0,0011047	8,21		
Repeatability	0,0001900	1,41		
Reproducibility	0,0009147	6,80		
Operator	0,0000000	0,00		
Operator*PN	0,0009147	6,80		
Part-To-Part	0,0123528	91,79		
Total Variation	0,0134574	100,00		
Process tolerance = 0,26				
Study Var				
Source	StdDev (SD)	(6 * SD)	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	0,033236	0,199418	28,65	76,70
Repeatability	0,013784	0,082704	11,88	31,81
Reproducibility	0,030243	0,181459	26,07	69,79
Operator	0,0000000	0,0000000	0,00	0,00
Operator*PN	0,030243	0,181459	26,07	69,79
Part-To-Part	0,111143	0,666858	95,81	256,48
Total Variation	0,116006	0,696036	100,00	267,71
Number of Distinct Categories = 4				

Figura 29 - R&R do traçador 05/001 e relógio 04/011

Como interpretação, tem-se:

- boa discriminação (6 níveis), ou seja, no gráfico "R Chart by Operator" localizado na Figura 28, visualmente verifica-se que as amplitudes estão dispostas em seis níveis diferentes e, não, na mesma faixa de valores;
- repetibilidade regular (11,88%), conforme indicado na Figura 29 nos campos *Repeatability versus %Study Var (%SV)*;
- instável com relação aos operadores 1 (Alexandre) e 3 (Paulo), ou seja, há pontos fora de controle no gráfico "R Chart by Operator" localizado na Figura 28;
- R&R (Repetibilidade & Reprodutibilidade) inaceitável / reprovado: total = 28,65%, conforme indicado na Figura 29 nos campos *Total Gage R&R versus %Study Var (%SV)* e total/tolerância = 76,70%, conforme indicado na Figura 29 nos campos *Total Gage R&R versus %Tolerance (SV/Toler)*;
- número distinto de categorias (ndc) não aceitável, pois deve ser maior ou igual a 5 e, conforme a Figura 29 no campo "*Number of Distinct Categories*", apresenta resultado igual a 4.

E, como conclusão, a reprovação do equipamento e necessidade de definição de outro.

O seguinte analisado foi o traçador de altura 05/018 + relógio apalpador 04/037. Os resultados conforme Figura 30 e Figura 31.

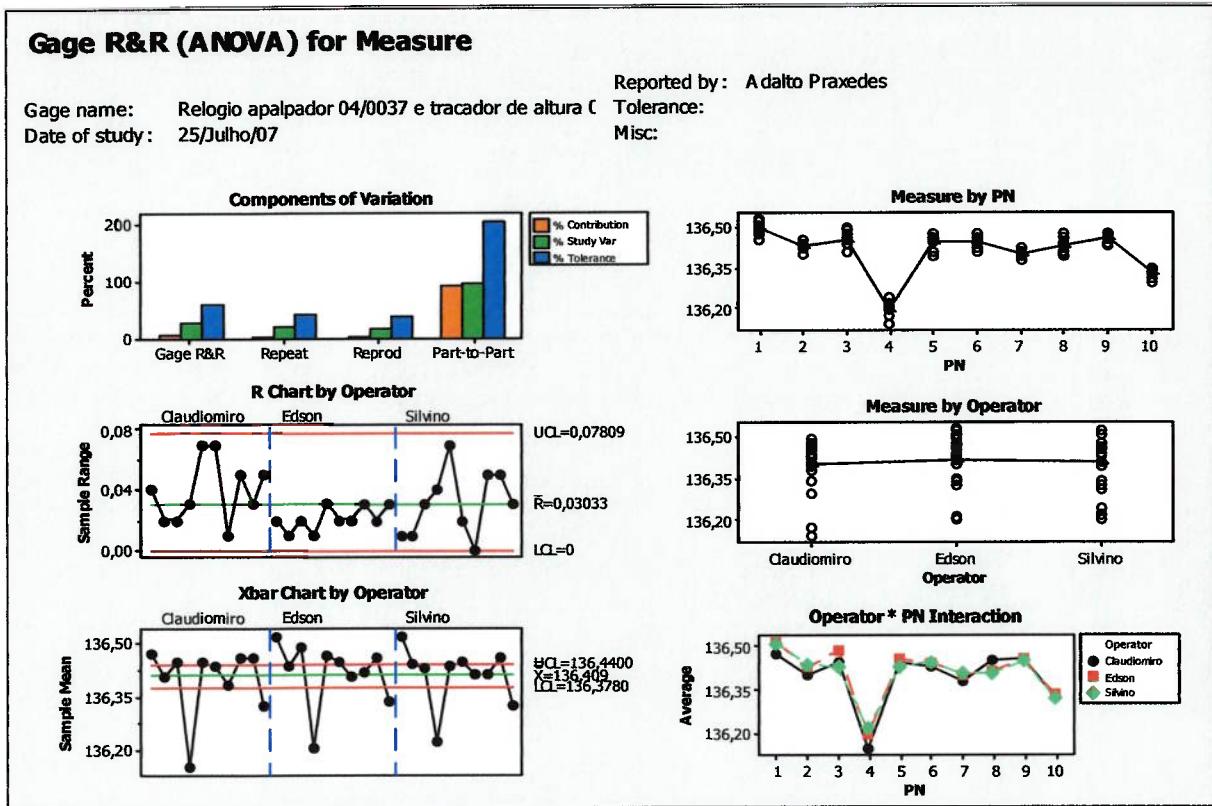


Figura 30 - ANOVA do traçador 05/018 e relógio 04/037

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0006767	7,96
Repeatability	0,0003600	4,24
Reproducibility	0,0003157	3,73
Operator	0,0000598	0,70
Operator*PN	0,0002569	3,02
Part-To-Part	0,0078226	92,04
Total Variation	0,0084993	100,00

Process tolerance = 0,26

Source	StdDev (SD)	(6 * SD)	Study Var (%SD)	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	0,0260128	0,156077	28,22	28,22	60,03
Repeatability	0,0189737	0,113842	20,58	20,58	43,79
Reproducibility	0,0177951	0,106771	19,30	19,30	41,07
Operator	0,0077300	0,046380	8,38	8,38	17,84
Operator*PN	0,0160285	0,096171	17,39	17,39	36,99
Part-To-Part	0,0884457	0,530674	95,94	95,94	204,11
Total Variation	0,0921917	0,553150	100,00	100,00	212,75

Number of Distinct Categories = 4

Figura 31 - R&R do traçador 05/018 e relógio 04/037

Como interpretação, tem-se:

- boa discriminação (5 níveis);
- repetibilidade ruim (20,58%);
- estável;
- R&R inaceitável / reprovado (total = 28,22% e total/tolerância = 60,33%);

- ndc não aceitável.

E, como conclusão, a reprovação do equipamento e necessidade de definição de outro.

O outro equipamento analisado foi a máquina tridimensional automática. Os resultados são mostrados na Figura 32 e Figura 33.

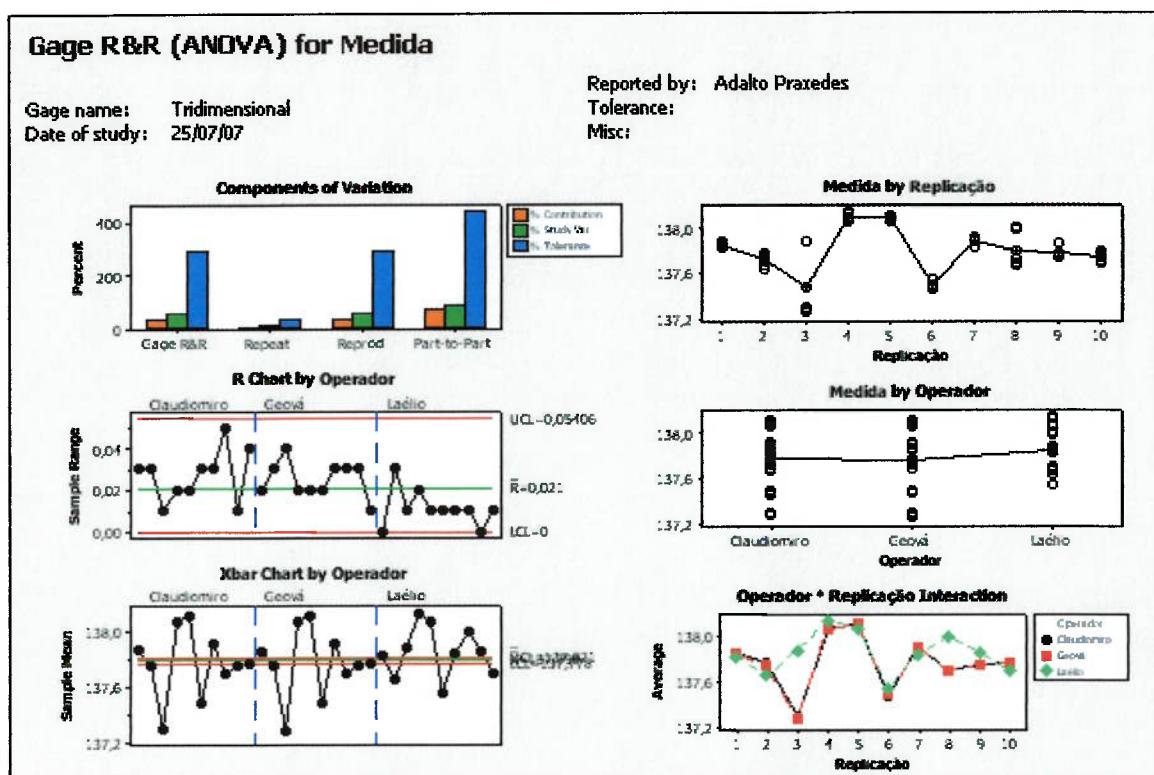


Figura 32 - ANOVA e R&R da tridimensional

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0001826	0,30
Repeatability	0,0001826	0,30
Reproducibility	0,0000000	0,00
Operador	0,0000000	0,00
Part-To-Part	0,0609698	99,70
Total Variation	0,0611525	100,00

Process tolerance = 0,26

Source	StdDev (SD)	Study Var ($6 \cdot SD$)	%Study Var ($\%SV$)	%Tolerance ($\%Toler$)
Total Gage R&R	0,013514	0,08108	5,46	31,19
Repeatability	0,013514	0,08108	5,46	31,19
Reproducibility	0,000000	0,000000	0,00	0,00
Operador	0,000000	0,000000	0,00	0,00
Part-To-Part	0,246921	1,48152	99,85	569,82
Total Variation	0,247290	1,48374	100,00	570,67

Number of Distinct Categories = 25

Figura 33 - R&R da tridimensional

Como interpretação, tem-se:

- boa discriminação (6 níveis);
- boa repetibilidade (5,46%);
- estável;
- R&R aceitável (total = 5,46% e total/tolerância = 31,19%) pois, o foco do estudo realizado é a variação.

E, como conclusão, aprovação do equipamento.

Após isto, realizou-se um estudo estatístico de 125 peças (25 amostras de 5 elementos), considerando todas as dimensões que impactam diretamente no KPC3, incluindo os três componentes e a última operação de solda, para visualização do momento e direcionamento do projeto. Todos os processos analisados seguem uma distribuição normal e, além disto, apresentaram estabilidade. Os resultados do Cp e do Cpk estão representados no Gráfico 7 ao Gráfico 13.

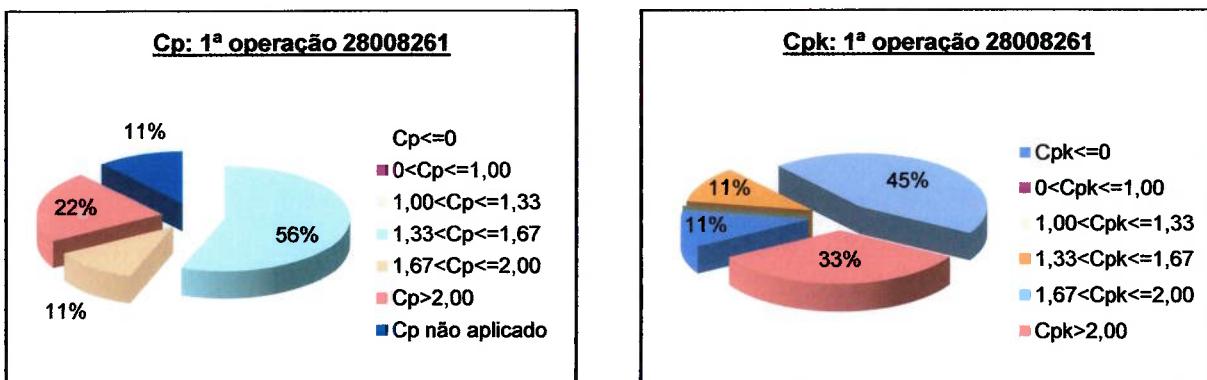


Gráfico 7 - Cp e Cpk da 1ª operação do 28008261

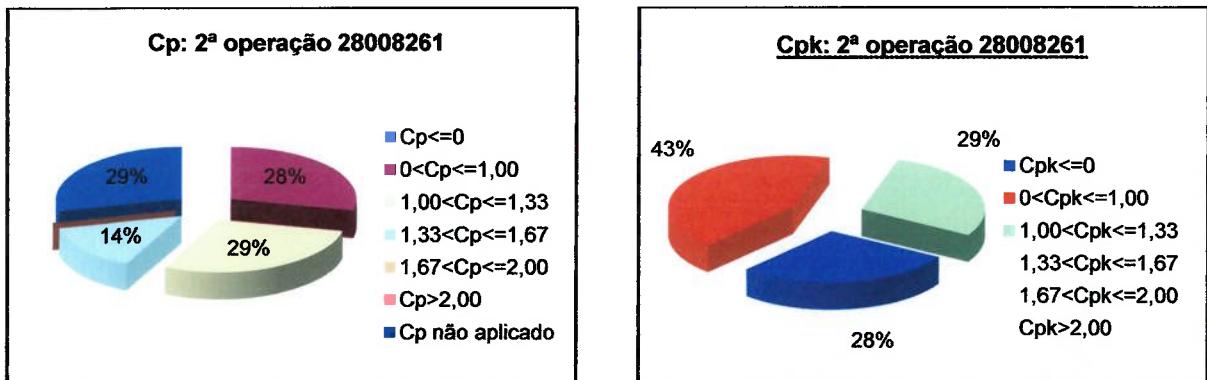


Gráfico 8 - Cp e Cpk da 2ª operação do 28008261

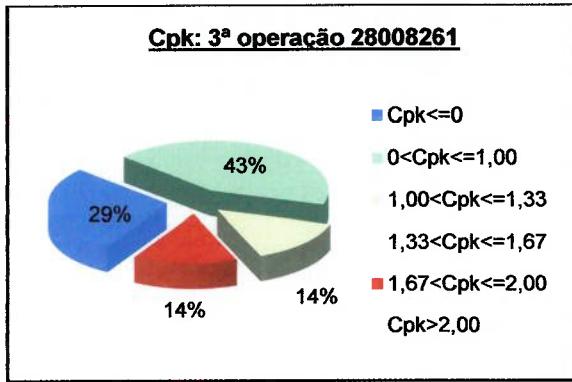
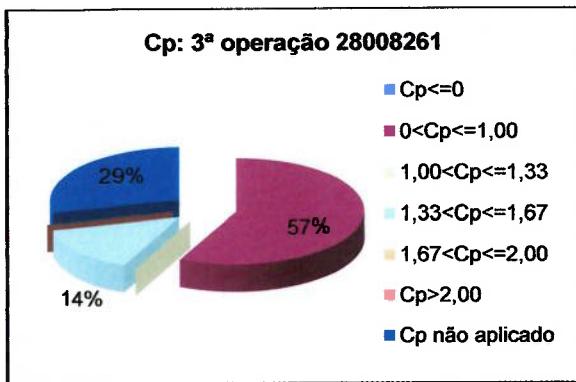
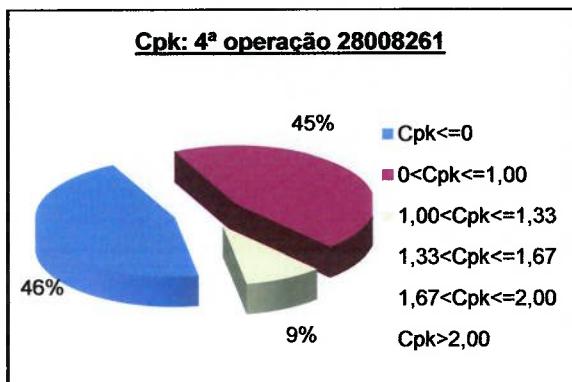
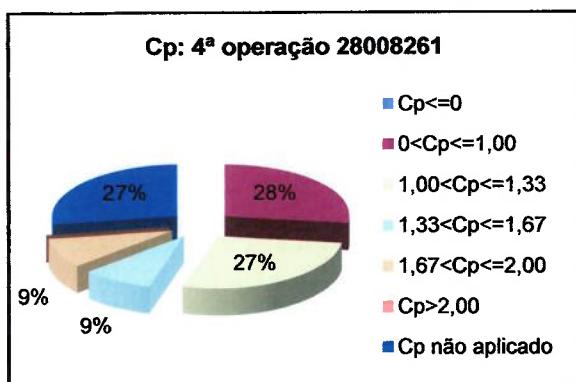
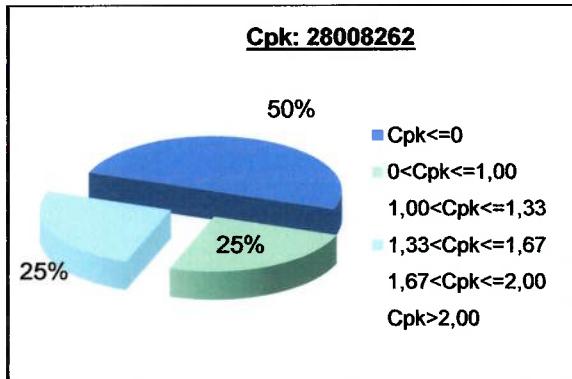
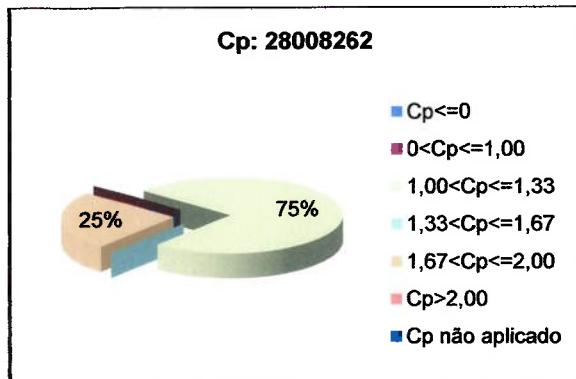
Gráfico 9 - Cp e Cpk da 3^a operação do 28008261Gráfico 10 - Cp e Cpk da 4^a operação do 28008261

Gráfico 11 - Cp e Cpk do 28008262

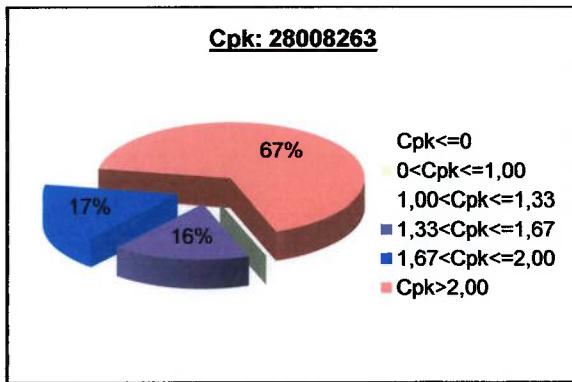
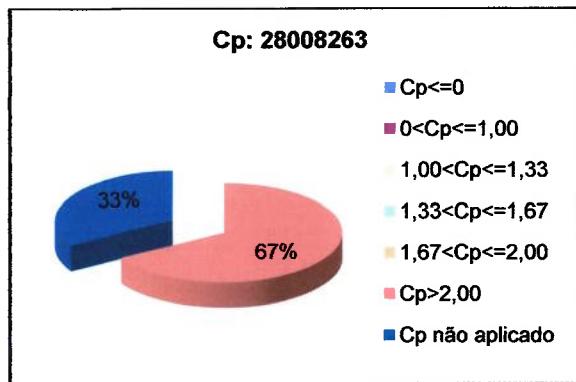


Gráfico 12 - Cp e Cpk do 28008263

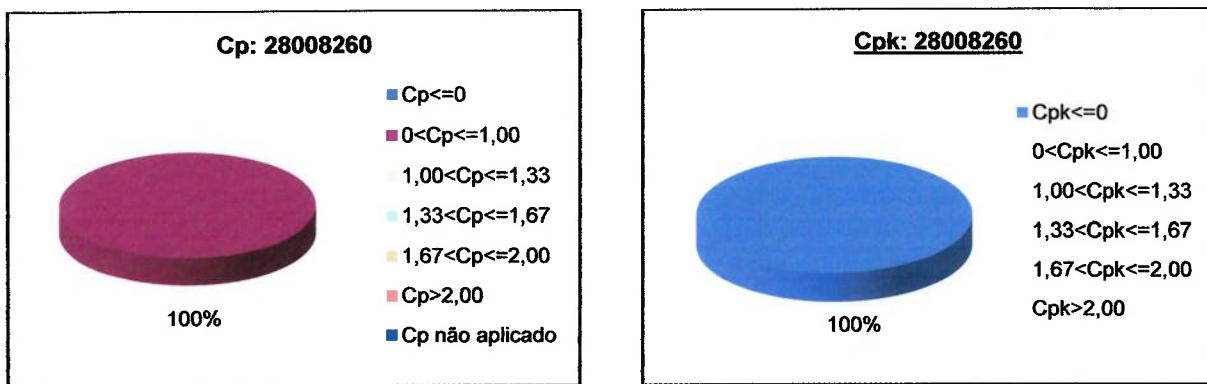


Gráfico 13 - Cp e Cpk do 28008260

Baseadas nas informações contidas nestes gráficos, descartou-se o componente 28002863, *bracket front* pois, o valor mais baixo do Cpk está compreendido na faixa entre 1,33 e 1,67. Resultando-se, portanto, em um estudo detalhado a ser feito nas demais peças e nas operações de solda.

Isoladamente, o valor de Cpk para a dimensão $136,34 \pm 0,13$ mm resultante da última operação de solda, baseado no estudo das 125 peças mencionado anteriormente, está indicado no Gráfico 14 e no Gráfico 15:

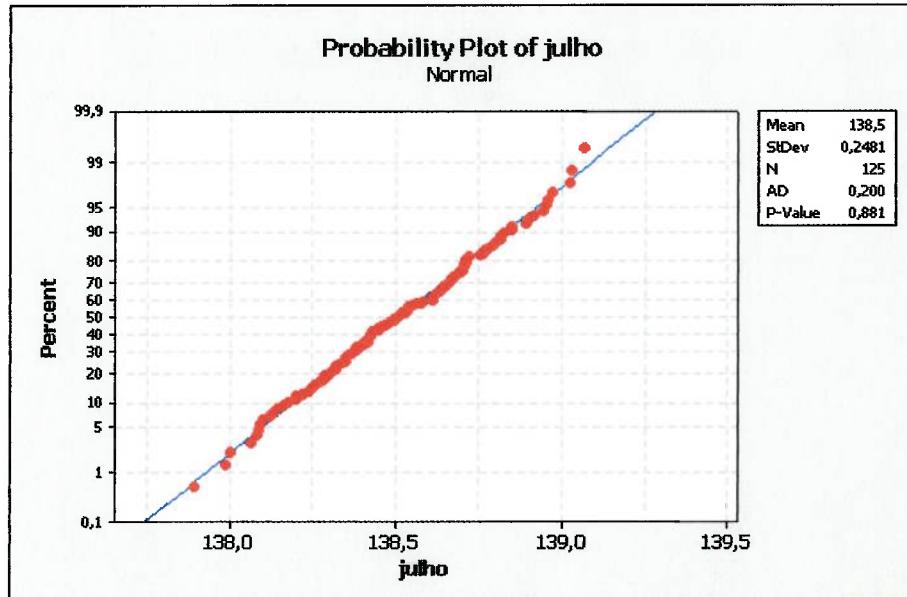


Gráfico 14 - Teste de normalidade de julho

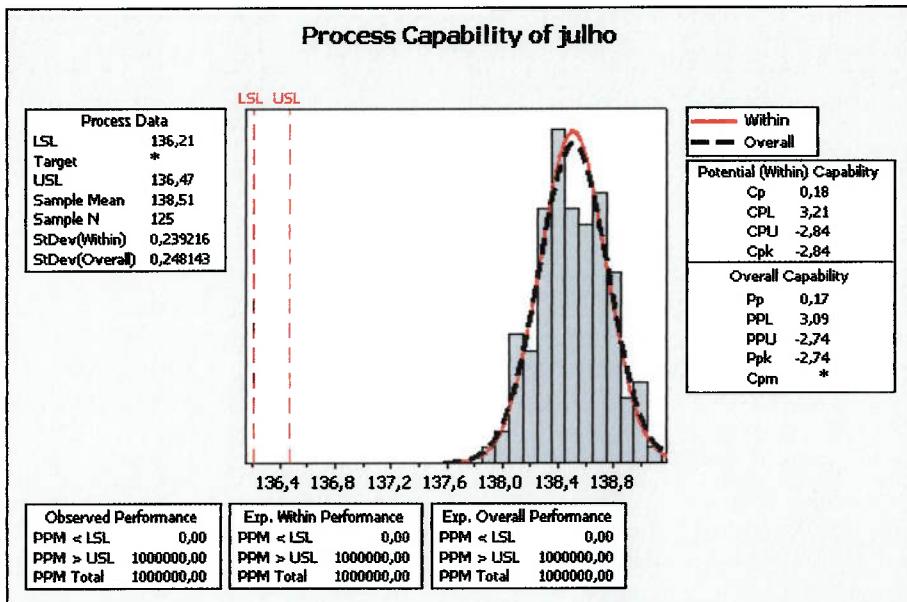


Gráfico 15 - Capacidade de julho

Posteriormente, elaborou-se o SIPOC, separadamente, de todos os componentes, inclusive o *front* descartado conforme explicação anterior, e das operações de solda como um todo. Os SIPOC's detalhados encontram-se no apêndice desta monografia.

Na seqüência, os candidatos a *green belt* elaboraram o mapa, preliminar e teórico, do processo (detalhado no apêndice desta monografia). Vale ressaltar que revisões no PMAP foram realizadas durante a semana *kaizen*, com a participação da equipe de melhoria completa e observando e analisando o processo na prática.

Por fim, definiu-se a equipe de participação na semana *Kaizen* e a data de sua realização. O critério de escolha dos participantes seguiu a recomendação do cliente, ou seja, pessoas diretamente envolvidas na área produtiva, englobando operadores, tanto de estamparia como da solda, líder do setor de estamparia, ferramenteiro e estrangeiros, do Laboratório Químico e Planejamento e Controle da Produção. Neste caso, diferentemente de outros *Kaizen's* realizados na IEF, a participação maciça de especialistas na área tornou-se necessária por tratar-se um de um problema extremamente específico e complexo.

Para agregar conhecimentos da aplicação e das contra-peças do *chassis*, a equipe de melhoria foi incrementada de um engenheiro da FF.

4.4 Semana Kaizen

4.4.1 Primeiro dia

Inicialmente, foram apresentados os objetivos da semana *Kaizen* que, não necessariamente são os mesmos do projeto QFS:

- encontrar pelo menos uma causa raiz;
- atingir $Cpk > 1,00$ para o KPC3 ($136,34 \pm 0,13$ mm);
- implementação de 3 itens de segurança / ergonomia;
- implementação de 3 itens de “5S”.

Após o término do treinamento, a matriz é/não é foi elaborada, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Matriz é / não é

QUESTÕES		É	NÃO É	DIFERENÇAS
QUAL ?	Qual Peça?	Chassis (28008260C)	Demais	---
	Qual Defeito?	Dimensional $136,34 \pm 0,13$ mm fora do especificado	<ul style="list-style-type: none"> - Deformações - Oxidações - Manchas de Óleo - Rebarbas - Solda Fraca 	—
	Quais Componentes?	28008261 e 28008262	28008263	Cpk do frontal 28008263 entre 1,33 e 1,67
ONDE ?	ONDE ? (Processo)	<ul style="list-style-type: none"> - Estamparia - Solda 	<ul style="list-style-type: none"> - Recebimento - Manuseio - Embalagem - Expedição - Transporte 	—
QUANDO?	Na FF	Após Abril/2007	Antes de Abril/2007	—
	Na IEF	Após Fevereiro/2007	Antes de Fevereiro/2007	—
COMO?	Padrão do defeito	Continuo	Intermitente	—
QUAL VARIAÇÃO DO DEFEITO?		> 2mm	< 2mm	—

Para finalizar o dia, iniciou-se o mapeamento do processo, dividindo-se o grupo em sub-grupos vinculados aos processos críticos.

4.4.2 Segundo dia

Este foi dedicado ao mapeamento do processo *in loco*, ao *brainstorming*, a elaboração do diagrama espinha-de-peixe, a definição da matriz de impacto e do plano de ação e a coleta de dados para a Análise de Variância.

Cada sub-grupo dirigiu-se à fábrica com o objetivo de analisar o método em que os processos são realizados, verificando todas as entradas e saídas, observando e anotando propostas de melhorias relativas ao problema, à segurança, ao 5S e à ergonomia.

Expirado o tempo previamente estipulado para a realização desta tarefa, todos os integrantes retornaram a sala e iniciaram o preenchimento manual das entradas e saídas e afixaram em um quadro denominado estacionamento de idéias todas as propostas de melhorias.

Posteriormente, cada tópico classificado como entrada e saída, foi analisado criticamente por todos e classificados como padrão, controlável e ruído e, por fim, crítico ou não. Feito isto, um novo PMAP, denominado aqui como real (detalhado no apêndice desta monografia). Certamente, como previsto, algumas diferenças podem ser apontadas entre este e aquele teórico, em virtude de se tomar decisões com base em que foi comprovado pessoalmente e, não, baseado naquilo em que os outros disseram. Esta etapa caracteriza o princípio 12 da manufatura enxuta citado por Liker (2005).

Em paralelo com esta atividade, traçou-se o diagrama espinha-de-peixe, classificando todos os ruídos críticos em 6M's, conforme ilustrado na Figura 34.

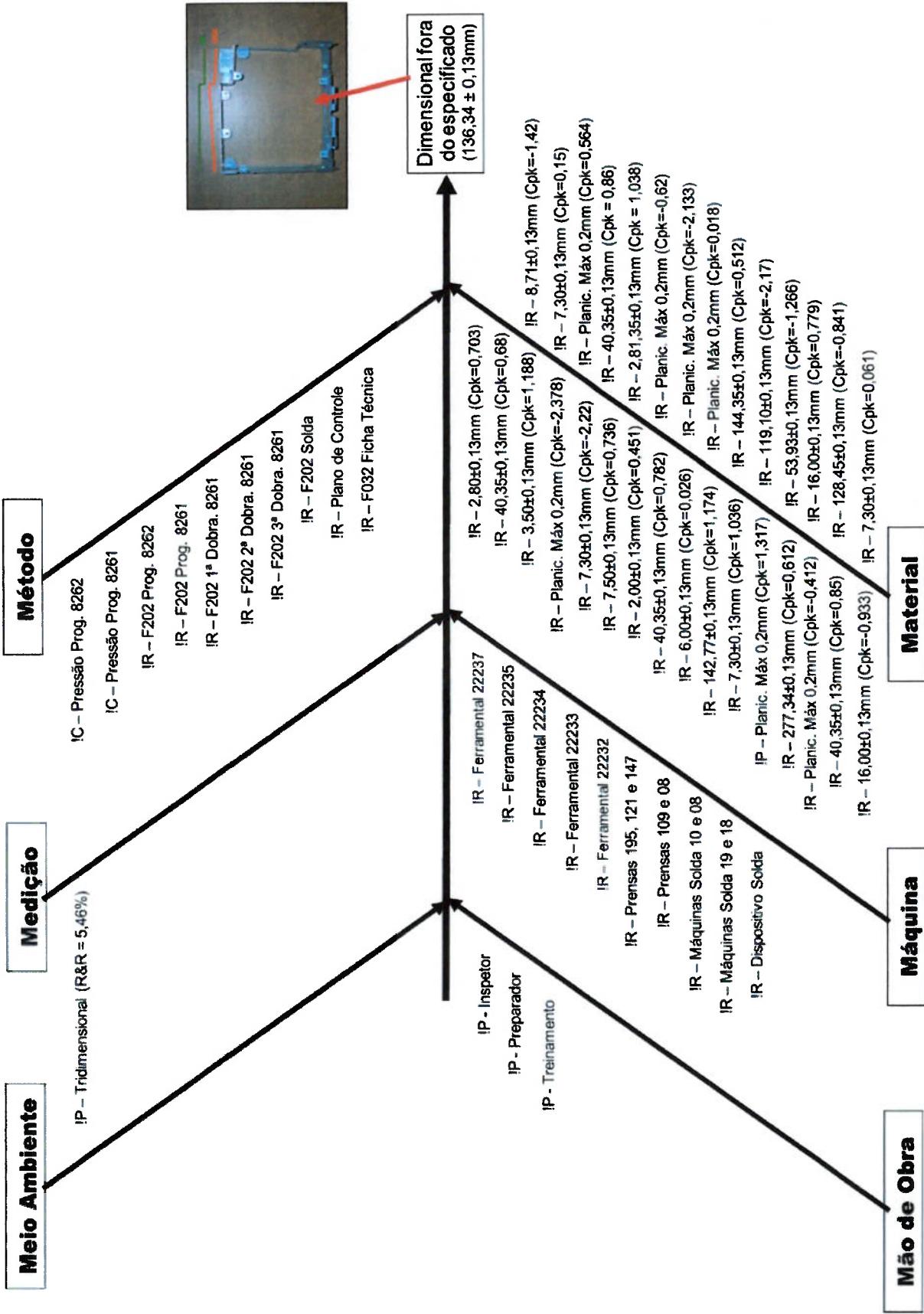


Figura 34 - Diagrama de causa e efeito

Continuando as atividades programadas, foram analisadas, individualmente, todas as idéias afixadas no estacionamento de mesmo nome, classificadas na matriz de impacto, conforme Figura 35, em função de seu impacto e de sua dificuldade, expressa em investimento, relativa ao problema estudado. Simultaneamente, o plano de ação foi proposto, evidenciado na Tabela 7, identificando, de forma objetiva, o responsável e o prazo. Vale ressaltar que, a maioria das ações, puderam ser realizadas durante a semana, mas, algumas, em virtude de sua dificuldade, ficaram programadas para o Kaizen 30 dias.

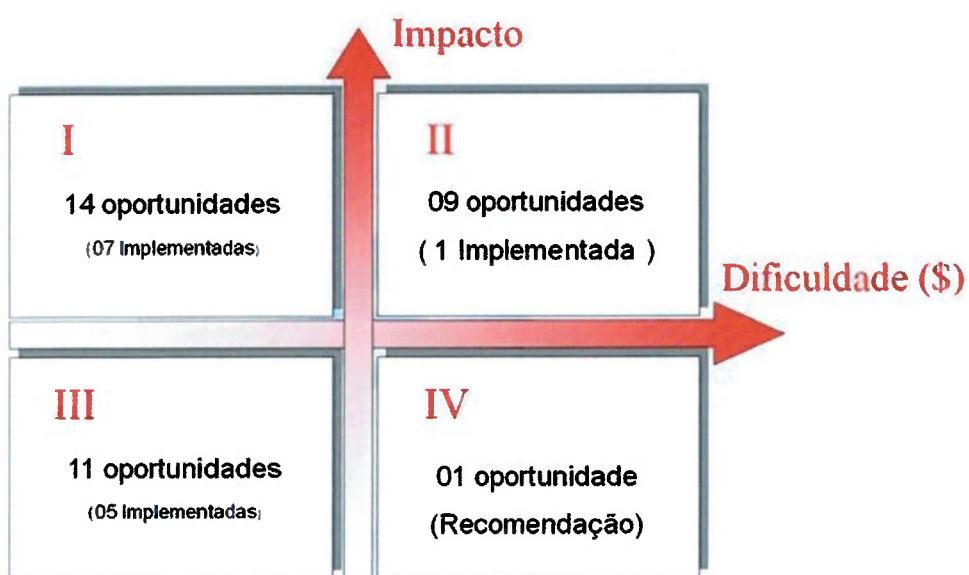


Figura 35 - Matriz de impacto

Tabela 7 - Plano de ação do Kaizen

Plano de Ação - KAIZEN DPS - IEF						
ITEM	AÇÃO	TIPO	PRIOR.	RESP.	PRAZO	STATUS
1	Corrigir a ferramenta 22234 <i>item cancelado</i>	Qual.	II	Manoel/ Edmilson	26/jul/07	
2	Adequar local para calhas	Seg.	I	Agenor	26/jul/07	
3	Retirar peças dispostas nos corredores	5"S"	II	Elder	26/set/07	
4	Retirar peças de solda do setor de prensas	5"S"	II	Elder	26/set/07	
5	Melhorar a iluminação da prensa 135	Seg.	III	Alex	26/set/07	
6	Abrangencia do suporte de fixação de documentos	5"S"	III	Monize	26/jul/07	
7	Substituição do bi manual por barreira	Seg.	II	Alex	26/set/07	
8	Proteção para alimentador na máquina 131	Seg.	I	Edmilson	26/jul/07	
9	Melhorar suporte do desbobinador - máquina 131	Seg.	III	Manoel	26/ago/07	
10	Melhorar fixação de solda	Seg.	I	José Acácio	26/jul/07	
11	Abrangencia das caixas intermediárias	Seg.	I	Davi	26/jul/07	
12	Substituir bancadas de madeira por metálica	Seg.	I	Edinelson	26/jul/07	
13	Organização das luvas e caixas vazias no setor de solda	5"S"	III	Luciene	26/jul/07	
14	Substituição do arame da barra de liberação de material	Seg.	I	José Acácio	25/jul/07	
15	Organizar dispositivos do setor de solda e ferramentas de set-up	5"S"	III	José Ivan	25/jul/07	
16	Organização de componentes soldados	5"S"	III	Luciene	26/jul/07	
17	Elaborar Instrução de Trabalho p/ todas as etapas do processo que não tem	Qual.	I	Adalto	26/jul/07	
18	Padronizar lay-out de trabalho + área demarcada	Qual.	I	Luciene	26/jan/08	
19	Retirar mangueira da prensa no 8	5"S"	III	Monize	25/jul/07	
20	Melhorar posição do painel das máquinas prensa 07, 08 e 135	5"S"	III	Elder	26/jul/07	
21	Melhorar lay-out das prensas 07, 08, 135 e 121 <i>será alterada apenas as mesas das prensas</i>	5"S"	III	Edmilson	03/ago/07	
22	Melhorar fixação do botão de emergência	Seg.	I	Davi	26/jul/07	
23	Melhorar lay-out das três dobras	Prod.	II	Elder	03/ago/07	
24	Melhorar refrigeração no setor de solda	Seg.	II	Edinelson	26/jul/07	
25	Verificar a possibilidade de criar um dispositivo de solda para soldar o PN 28008262C (bracket conn.)	Qual.	II	Elder	26/jul/07	
26	Colocar mais um pino guia na 3a. Dobra <i>item cancelado</i>	Qual.	I	Manoel	26/jul/07	
27	Acrescentar dois pinos no dispositivo de controle que simula a montagem da PCB	Qual.	I	Manoel	26/jul/07	
28	Substituir as cadeiras do setor de Dobra	Seg.	II	José Acacio	26/jul/07	
29	Disponibilizar mesas (bancos) para o setor de Dobra	Seg.	I	Monize	26/jul/07	
30	Fazer teste de hipótese para verificar os dois pontos de solda	Qual./ Prod.	III	Elder	26/jul/07	
31	Conter vazamento de óleo na prensa 8	5"S"	III	Edmilson	26/jul/07	
32	Melhorar o nivelamento do chão de fábrica	5"S"	II	Elder	26/jan/08	
33	Comprar kits para set-up	Prod.	II	Edmilson / Elder	03/ago/07	
34	Comprar carrinho hidráulico para setores F e E (3000 ton.)	Prod.	IV	Davi	26/jul/07	
35	Colocar Quadro de Sugestões em cada setor		I	Monize	26/jul/07	
36	Realizar estudo de R&R dos equipamentos dos setores E, F e Solda + tridimensional	Qual.	I	Adalto	25/jul/07	
37	Melhorar iluminação da área CARE	Qual.	I	Alex/Adalto	26/set/07	

Para finalizar o dia, o grupo decidiu aplicar a Análise de Variância, em virtude da gama de potenciais de variação detectada no planejamento do *Kaizen*.

Os fatores de entradas foram determinados baseados nas análises das capacidades disponíveis durante o planejamento do *Kaizen* e da observação *in loco* do processo produtivo. Os fatores, representados na Figura 36, são:

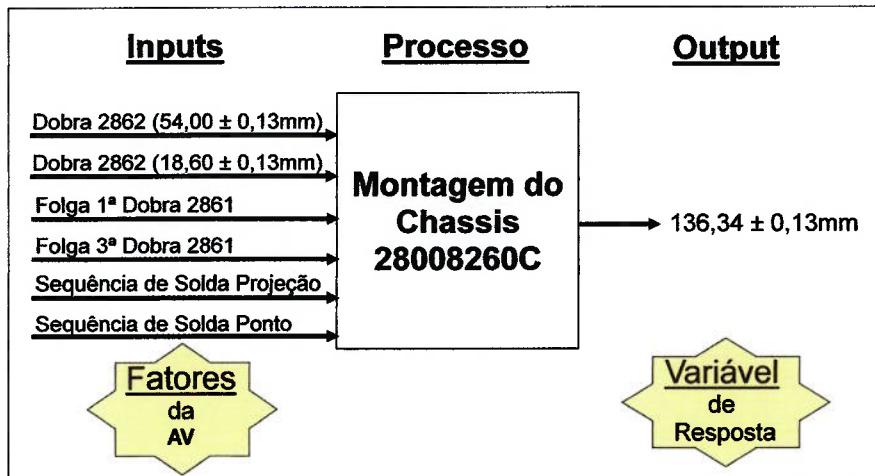


Figura 36 - Fatores da AV: dados de entrada, processo e saída

- ângulo correspondente a cota de 54mm do componente 28008262, vide Figura 37;
- ângulo correspondente a cota de 18,6mm do componente 28008262, vide Figura 37;

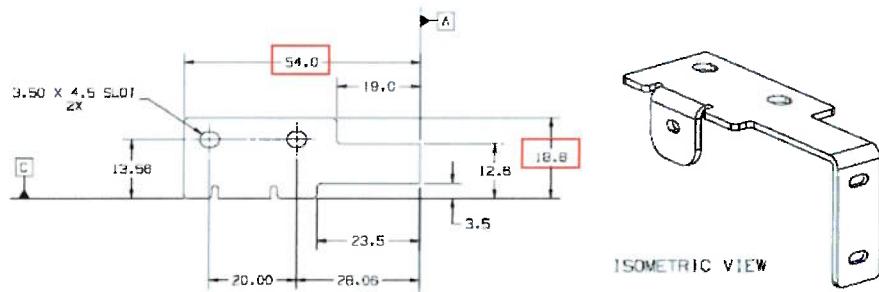


Figura 37 - Detalhe das cotas 54,0 e 18,6mm no desenho do produto

- folga existente entre a peça e a ferramenta na primeira operação de dobragem do componente 28008261;
- folga existente entre a peça e a ferramenta na terceira operação de dobragem do componente 28008261;
- seqüência de solda dos componentes: bracket front e bracket connector;

- seqüência da solda ponto no componente 28008262.

O procedimento determinado pela equipe, consistiu em três replicações para cada peça e as peças forma identificadas com números, de 1 à 64, para identificar os níveis testados e, com letras, A,B e C, para identificar a replicação, para garantir a rastreabilidade do teste, totalizando 192 peças. A Figura 38 representa as combinações necessárias para a realização do estudo.

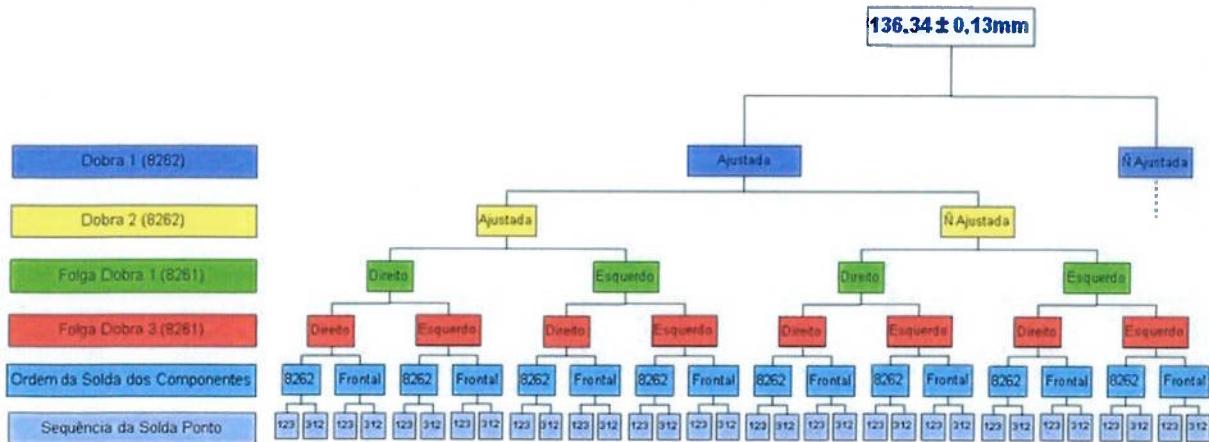


Figura 38 - Matriz de combinações da AV

Como trata-se de uma coleta de informações relativamente demorada, neste dia, resolveu-se fabricar as peças simulando as diversas combinações dos fatores de entrada, desde os componentes até a última operação de solda. As medições ficaram para o dia posterior.

4.4.3 Terceiro dia

O foco deste dia foi a AV e da elaboração da árvore de causa-raiz.

O resultado das medições das peças utilizadas na AV encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultado das medições da AV

Peça Nº	Dobra 1	Dobra 2	Folga (Dobra 1)	Folga (Dobra 3)	Solda dos Componentes	Seqüência de Solda	Medição 1	Medição 2	Medição 3
1	Ajustado	Ajustado	Direita	Direita	8262	123	138,050	137,780	138,180
2	Ajustado	Ajustado	Direita	Direita	8262	312	138,340	138,270	137,870
3	Ajustado	Ajustado	Direita	Direita	Frontal	123	137,000	137,550	137,250
4	Ajustado	Ajustado	Direita	Direita	Frontal	312	138,000	138,000	138,210
5	Ajustado	Ajustado	Direita	Esquerda	8262	123	138,160	138,400	137,870
6	Ajustado	Ajustado	Direita	Esquerda	8262	312	138,390	138,210	138,290
7	Ajustado	Ajustado	Direita	Esquerda	Frontal	123	137,650	137,960	137,600
8	Ajustado	Ajustado	Direita	Esquerda	Frontal	312	138,000	138,160	138,260
9	Ajustado	Ajustado	Esquerda	Direita	8262	123	138,210	137,950	138,250
10	Ajustado	Ajustado	Esquerda	Direita	8262	312	138,120	138,110	138,170
11	Ajustado	Ajustado	Esquerda	Direita	Frontal	123	137,750	137,700	137,550
12	Ajustado	Ajustado	Esquerda	Direita	Frontal	312	137,760	138,130	138,040
13	Ajustado	Ajustado	Esquerda	Esquerda	8262	123	137,770	137,920	138,000
14	Ajustado	Ajustado	Esquerda	Esquerda	8262	312	137,970	138,080	138,270
15	Ajustado	Ajustado	Esquerda	Esquerda	Frontal	123	137,730	137,680	137,590
16	Ajustado	Ajustado	Esquerda	Esquerda	Frontal	312	137,850	137,730	137,860
17	Ajustado	N	Direita	Direita	8262	123	138,180	138,250	138,150
18	Ajustado	N	Direita	Direita	8262	312	138,520	138,370	138,340
19	Ajustado	N	Direita	Direita	Frontal	123	137,740	137,520	137,940
20	Ajustado	N	Direita	Direita	Frontal	312	137,970	138,120	137,830
21	Ajustado	N	Direita	Esquerda	8262	123	138,150	138,230	138,100
22	Ajustado	N	Direita	Esquerda	8262	312	138,260	138,540	138,340
23	Ajustado	N	Direita	Esquerda	Frontal	123	137,690	137,800	137,730
24	Ajustado	N	Direita	Esquerda	Frontal	312	138,110	138,190	137,800
25	Ajustado	N	Esquerda	Direita	8262	123	138,150	137,920	137,910
26	Ajustado	N	Esquerda	Direita	8262	312	138,060	138,470	138,280
27	Ajustado	N	Esquerda	Direita	Frontal	123	137,810	137,570	137,660
28	Ajustado	N	Esquerda	Direita	Frontal	312	137,880	138,160	138,060
29	Ajustado	N	Esquerda	Esquerda	8262	123	137,890	137,840	137,960
30	Ajustado	N	Esquerda	Esquerda	8262	312	138,250	138,060	138,070
31	Ajustado	N	Esquerda	Esquerda	Frontal	123	137,650	137,760	137,690
32	Ajustado	N	Esquerda	Esquerda	Frontal	312	137,790	138,140	137,980
33	N	Ajustado	Direita	Direita	8262	123	138,040	138,170	138,370
34	N	Ajustado	Direita	Direita	8262	312	138,020	138,240	138,380
35	N	Ajustado	Direita	Direita	Frontal	123	138,140	137,700	137,870
36	N	Ajustado	Direita	Direita	Frontal	312	138,290	138,460	138,140
37	N	Ajustado	Direita	Esquerda	8262	123	138,200	137,850	138,070
38	N	Ajustado	Direita	Esquerda	8262	312	138,380	138,600	138,430
39	N	Ajustado	Direita	Esquerda	Frontal	123	137,720	137,920	138,090
40	N	Ajustado	Direita	Esquerda	Frontal	312	137,880	137,990	137,970
41	N	Ajustado	Esquerda	Direita	8262	123	138,520	137,930	137,980
42	N	Ajustado	Esquerda	Direita	8262	312	138,520	138,160	138,080
43	N	Ajustado	Esquerda	Direita	Frontal	123	137,760	137,580	137,850
44	N	Ajustado	Esquerda	Direita	Frontal	312	137,960	138,000	138,060
45	N	Ajustado	Esquerda	Esquerda	8262	123	137,890	137,890	137,870
46	N	Ajustado	Esquerda	Esquerda	8262	312	138,500	138,220	138,250
47	N	Ajustado	Esquerda	Esquerda	Frontal	123	137,630	137,880	137,570
48	N	Ajustado	Esquerda	Esquerda	Frontal	312	137,730	138,120	137,680
49	N	N	Direita	Direita	8262	123	138,000	138,100	138,090
50	N	N	Direita	Direita	8262	312	138,480	138,240	138,100
51	N	N	Direita	Direita	Frontal	123	137,860	137,840	138,110
52	N	N	Direita	Direita	Frontal	312	138,080	138,150	138,380
53	N	N	Direita	Esquerda	8262	123	138,070	138,050	138,050
54	N	N	Direita	Esquerda	8262	312	138,290	138,310	138,050
55	N	N	Direita	Esquerda	Frontal	123	137,830	137,790	137,760
56	N	N	Direita	Esquerda	Frontal	312	137,690	138,080	137,840
57	N	N	Esquerda	Direita	8262	123	138,010	137,890	137,760
58	N	N	Esquerda	Direita	8262	312	138,190	138,110	138,150
59	N	N	Esquerda	Direita	Frontal	123	137,940	137,870	137,720
60	N	N	Esquerda	Direita	Frontal	312	137,950	137,930	138,100
61	N	N	Esquerda	Esquerda	8262	123	137,350	137,700	138,000
62	N	N	Esquerda	Esquerda	8262	312	137,930	137,750	138,100
63	N	N	Esquerda	Esquerda	Frontal	123	137,680	137,650	137,770
64	N	N	Esquerda	Esquerda	Frontal	312	137,940	137,840	137,910

Os dados seguem uma distribuição normal, conforme Gráfico 16 pois, o valor de *P-value* é maior que 0,05 (0,542). Seguindo uma distribuição normal, pode-se analisar e avaliar o resultado da AV fornecido pelo minitab.

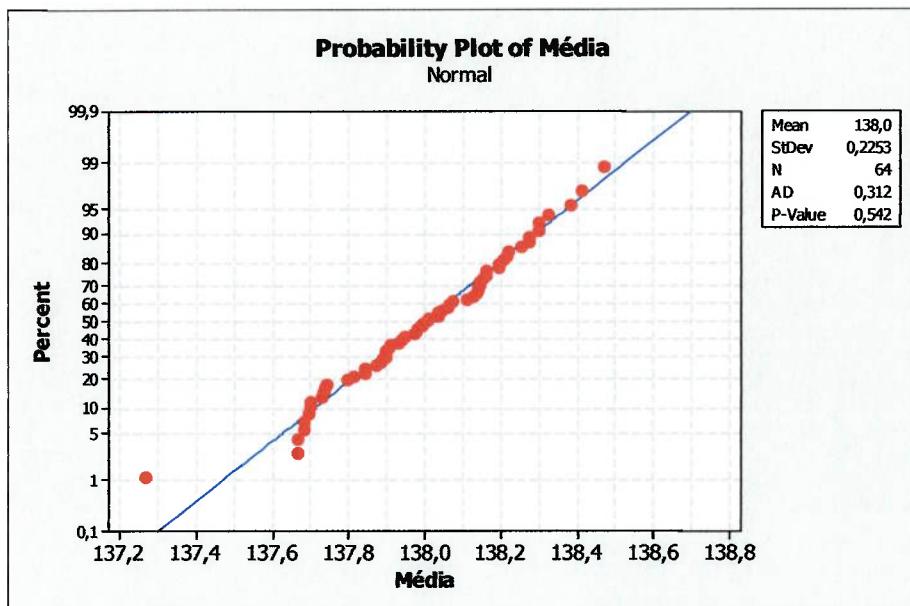


Gráfico 16 - Teste de normalidade dos dados da AV

A interpretação dos resultados, conforme Figura 39, deve ser feita através da coluna porcentagem do total, ou seja, os fatores que mais contribuem para a variação, classificados por criticidade, são, a seqüência da solda ponto no componente 28008262 com 61,07% e a seqüência de solda dos componentes 28008263 e 28008262 com 32,42%. Vale ressaltar que a folga existente entre a peça e a ferramenta da primeira dobra representa 6,51% de contribuição para a variação.

Nested ANOVA: Média versus Dobra 1; Dobra 2; ...					
Analysis of Variance for Média					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dobra 1	1	0,0109	0,0109	0,232	0,677
Dobra 2	2	0,0936	0,0468	0,737	0,534
Folga Dobra 1	4	0,2540	0,0635	2,166	0,164
Folga Dobra 3	8	0,2345	0,0293	0,355	0,930
Solda dos Componentes	16	1,3227	0,0827	2,062	0,040
Seqüencia de Solda	32	1,2832	0,0401		
Total	63	3,1989			

Variance Components				
Source	Var Comp.	Total	StDev	% of
Dobra 1	-0,001*	0,00	0,000	
Dobra 2	-0,001*	0,00	0,000	
Folga Dobra 1	0,004	6,51	0,065	
Folga Dobra 3	-0,013*	0,00	0,000	
Solda dos Componentes	0,021	32,42	0,146	
Seqüencia de Solda	0,040	61,07	0,200	
Total	0,066		0,256	

* Value is negative, and is estimated by zero.

Figura 39 - Resultado da AV

Analisando-se individualmente os fatores de entrada com os dados apresentados na Tabela 8, tem-se:

a) dobra 1 da peça 28008262: dados indicados no Gráfico 17.

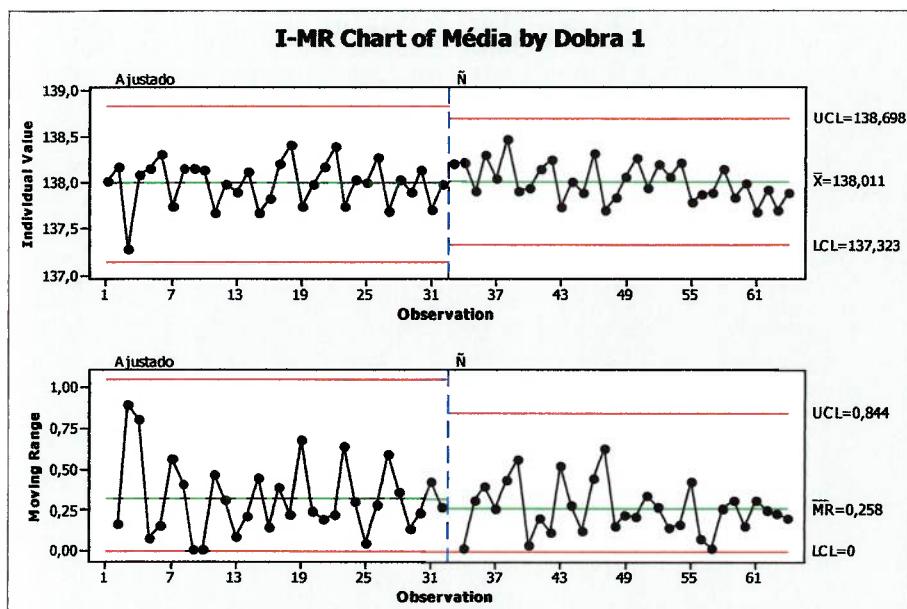


Gráfico 17 - Carta de controle individual: dobra 1

Conclusões:

- a diferença das médias foi de 0,026 mm;
- a dispersão não é significativamente diferente.

b) dobra 1 da peça 28008262: dados indicados no Gráfico 18.

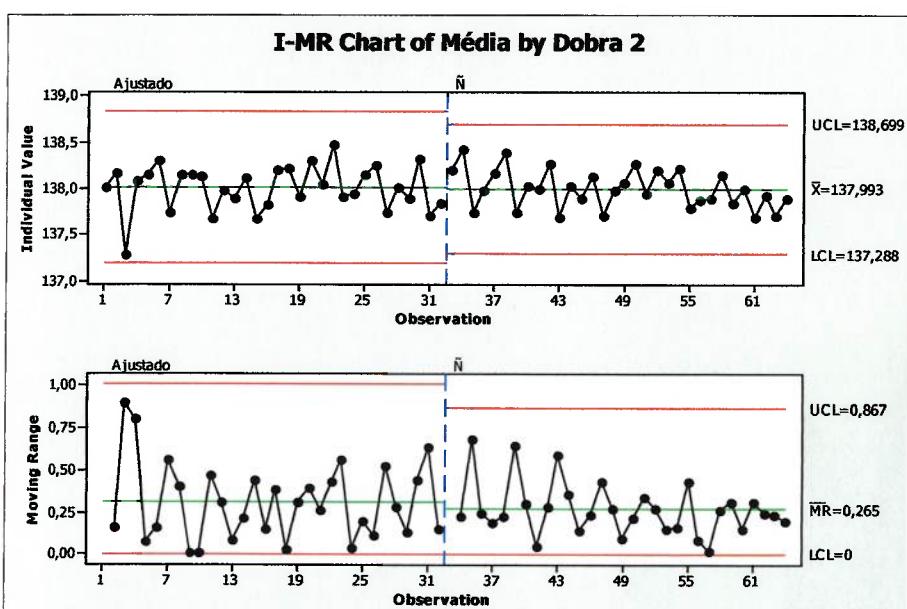


Gráfico 18- Carta de controle individual: dobra 2

Conclusões:

- a diferença das médias foi de 0,009 mm;
- a dispersão não é significativamente diferente.

c) folga na dobra 1 da peça 28008261: dados indicados no Gráfico 19.

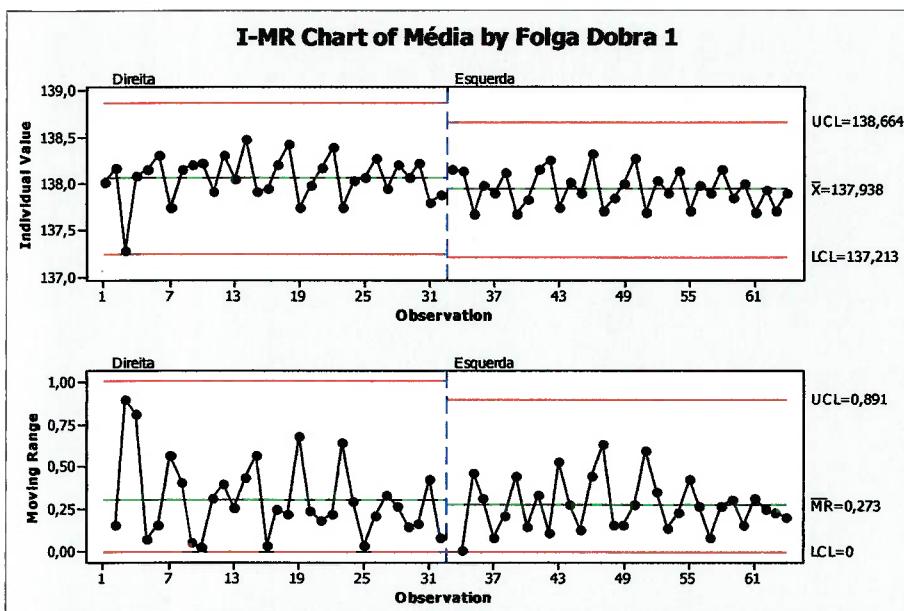


Gráfico 19 - Carta de controle individual: folga da dobra 1

Conclusões

- a diferença das médias foi de 0,119 mm;
- a dispersão não é significativamente diferente;
- a variação da ordem da solda de componentes representou 6,51% da Análise de Variância, portanto, precisará ser estudado alteração do ferramental nº 22233.

d) folga na dobra 3 da peça 28008261: dados indicados no Gráfico 20.

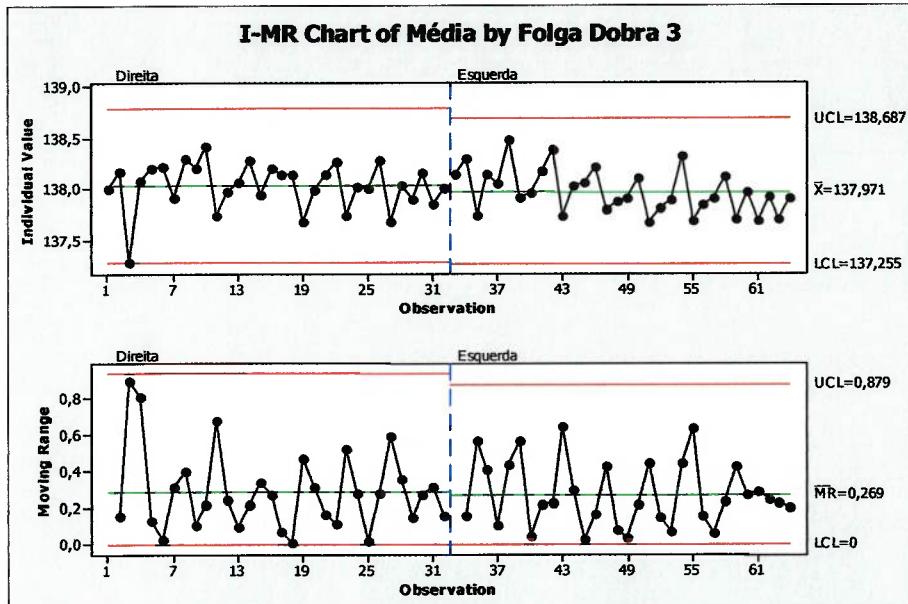


Gráfico 20 - Carta de controle individual: folga da dobra 3

Conclusões:

- a diferença das médias foi de 0,054 mm;
- a dispersão não é significativamente diferente.

e) ordem da solda de componentes: dados indicados no Gráfico 21.

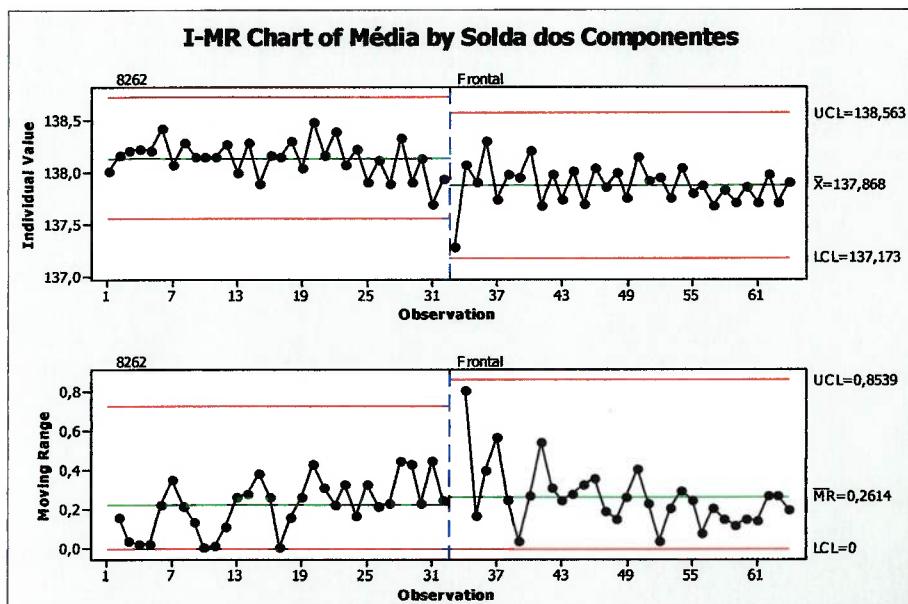


Gráfico 21 - Carta de controle individual: ordem de solda dos componentes

Conclusões:

- a diferença das médias foi de 0,260 mm;

- a dispersão não é significativamente diferente;
- a variação da folga no ferramental da 1ª dobra representou 32,42% da Análise de Variância. Soldar primeiramente o frontal mostrou melhor resultado.

f) ordem da solda ponto: dados indicados no Gráfico 22.

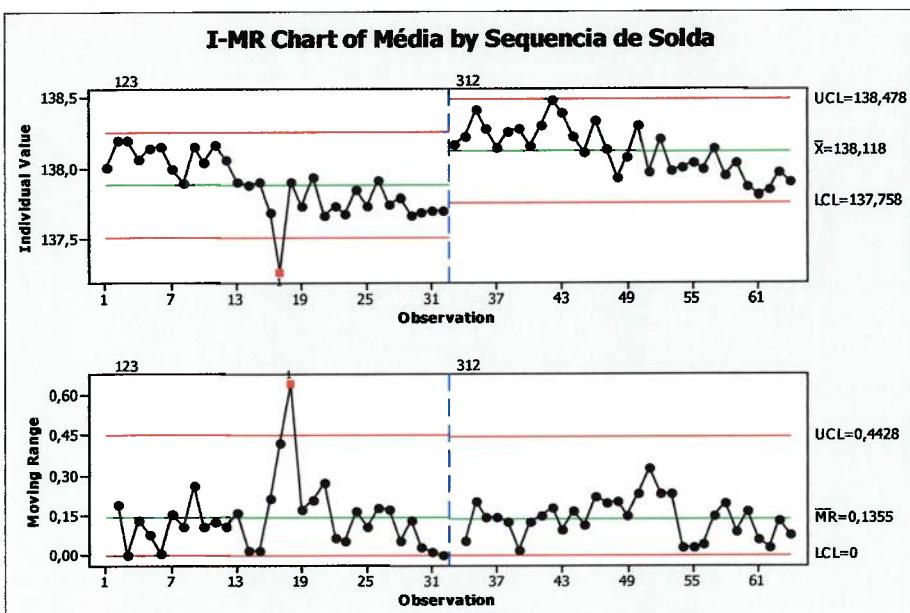


Gráfico 22 - Carta de controle individual: ordem da solda ponto

Conclusões:

- a diferença das médias foi de 0,241 mm;
- a dispersão não é significativamente diferente;
- a seqüência da solda ponto representou 61,07% da Análise de Variância. A seqüência 123 mostrou melhor resultado e deverá ser padronizado.

Na seqüência das atividades deste terceiro dia, a equipe iniciou as investigações para descoberta do motivo que fez com que as peças chegaram ao cliente com deformações excessivas. Para tanto, utilizou-se como recurso, a árvore de causa raiz, como mostrado na Figura 40.

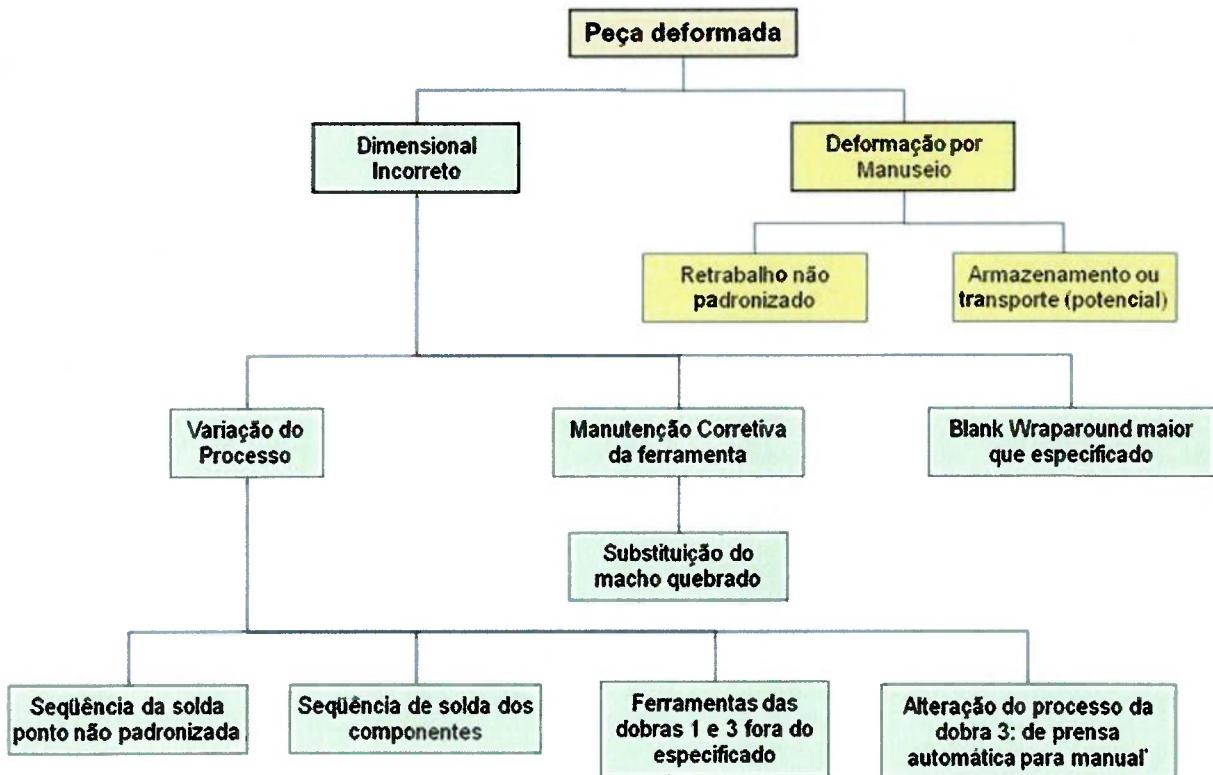


Figura 40 - Árvore de causa raiz

As causas deste problema foram divididas em duas possibilidades: uma, devido ao dimensional fora da especificação, na árvore denominado como dimensional incorreto e, outra, devido ao manuseio entre operações ou transporte até o cliente. A deformação por manuseio foi sub-dividida em retrabalho não padronizado e um potencial referente ao armazenamento ou transporte.

No final da tarde deste dia realizou-se uma reunião com a gerência da organização para apresentação e discussão sobre as atividades realizadas até então e os caminhos que seriam seguidos até o final do evento.

4.4.4 Quarto dia

Este dia foi dedicado totalmente à árvore de causa raiz. Investigando-se os registros da época da fabricação do lote rejeitado e duas peças devolvidas pela FF, constatou-se que a ferramenta progressiva do *bracket front* proporcionava rebarbas acima do máximo permitido em uma região deste componente. Fato este que só foi notado, na época da fabricação, após a última operação de solda de parte do lote,

enquanto ainda se produzia o *front*. Ao constatar este fato, a ferramenta foi encaminhada para manutenção para eliminação da folga causadora das rebarbas porém, o lote já soldado apresentava tais rebarbas.

Com o objetivo de eliminação destas rebarbas nas peças acabadas, fez-se um retrabalho não padronizado, com o auxílio de um esmeril, conforme Figura 41. A maneira como o operador segurou a peça, adicionado do movimento de rotação do próprio esmeril, gerou um movimento de torção na peça acabada, acarretando em deformações excessivas.

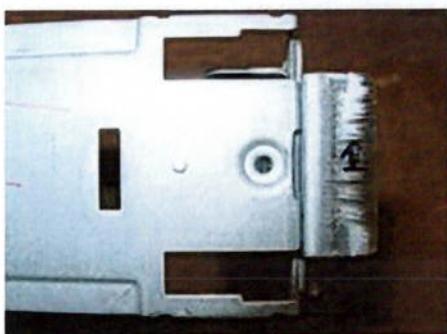


Figura 41 - Detalhe do retrabalho no conjunto

Por outro lado, a outra peça devolvida pelo cliente não apresentava tais marcas de retrabalho. Até este momento, uma causa raiz estava descoberta.

Ainda referente ao manuseio, não pode-se descartar o transporte realizado à partir da saída da IEF até a chegada na FF pois, trata-se de quinze dias de transporte rodoviário. A embalagem constitui-se de caixas de papelão inseridas em uma caixa de madeira de aproximadamente um metro cúbico de volume. Tem-se registro de avarias, deformações e caixas rasgadas causadas pelo transporte não necessariamente com este produto.

Referente ao dimensional incorreto, este subdivide-se em: variação do processo, manutenção corretiva da ferramenta da terceira operação de dobra e *blank* do *wraparound* maior que o especificado.

Levantando-se os registros das manutenções corretivas realizadas nas ferramentas do *wraparound*, constatou-se que ocorreu uma, no mês de janeiro de 2007, na ferramenta da terceira operação de dobra. Na ocasião, um macho quebrou-se durante a produção e foi substituído. Com esta informação, o grupo resolveu simular a maneira como a peça seria produzida com este macho quebrado. Notou-se que não há qualquer interferência no problema de deformação. Portanto, descartou-se esta possibilidade como causa raiz.

Resgatando-se informações do projeto original da ferramenta, mais precisamente da operação progressiva, descobriu-se que esta foi construída 0,5mm maior em relação ao desenvolvimento teórico. Sendo maior, impossibilita, após as operações de dobra e solda, o cumprimento da especificação $136,34 \pm 0,13$ mm. Neste momento, o grupo concluiu que este fato não pode ser considerado como causa raiz pois, desde o início da produção do item, já havia este problema. E, que a meta do projeto sobre capacidade, deveria ser alterada pois, após estabilização da variação do processo, a média ficaria deslocada, para o limite superior, em 0,5mm.

Portanto, a nova meta ficou sendo atingir Cpk maior que 1,0, durante a semana *Kaizen*, e Cpk entre 1,33 e 1,67 durante a realização do projeto, para uma dimensão de $136,84 \pm 0,13$ mm.

A subdivisão "variação do processo" representam as simulações realizadas na AV agregada de um fator descoberto durante o segundo dia de trabalho: alteração do processo da terceira operação de dobra no que se refere à máquina, de prensa automática, para manual.

Analizando a questão, descobriu-se que houve a alteração no acionamento da máquina em virtude de um acidente de trabalho ocorrido anteriormente. Esta informação foi verificada com o departamento de Segurança do Trabalho. Sendo assim, levantou-se a hipótese de o acionamento manual não permitir totalmente a conformação da peça. Mas, analisando-se as duas peças devolvidas pela FF, nota-se claramente que há conformação completa da peça conforme mostrado na Figura 42. Portanto, esta possibilidade foi descartada.

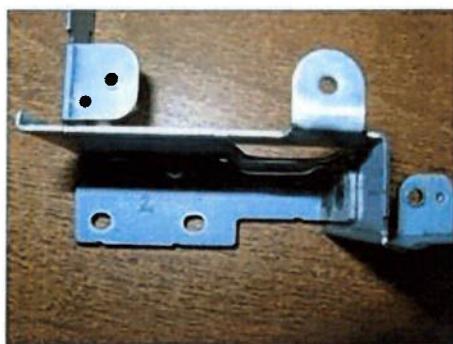


Figura 42 - Detalhe da conformação da dobra

Até esta etapa do projeto, eram conhecidas as seguintes causas:

- seqüência de solda dos componentes;
- seqüência de solda ponto;

- ferramentas das dobras 1 e 3 fora do especificado;
- retrabalho não padronizado (rebarba no frontal);
- potencial: armazenamento / transporte das peças.

A participação de um engenheiro responsável da FF proporcionou uma melhoria no dispositivo de controle construído para verificação da deformação no produto, conforme Figura 43. Analisando-se o existente, foi constatado a necessidade de introdução de dois pinos para simular a montagem da furação do *bracket connector*. Introduziu-se tais pinos, conforme ilustrado na Figura 44.



Figura 43 - Dispositivo de controle

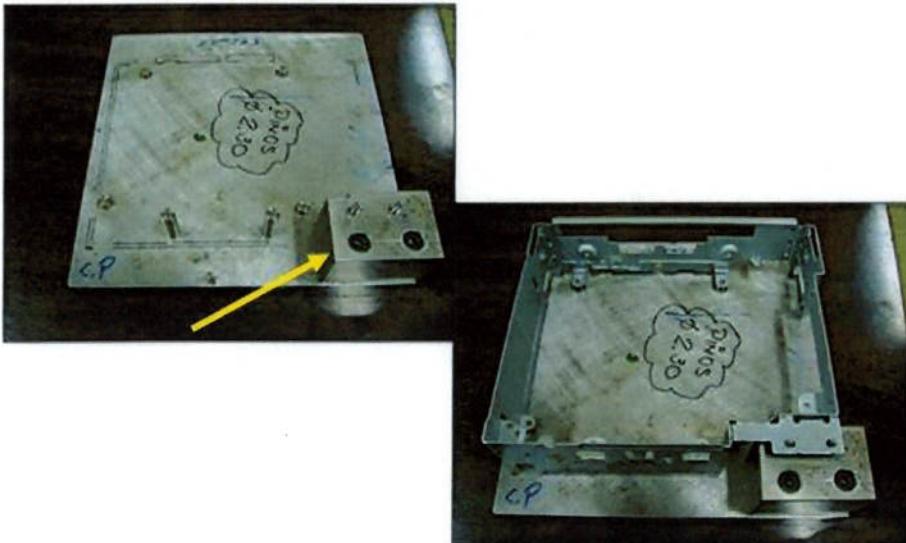


Figura 44 - Detalhe da melhoria realizada no dispositivo de controle

Para efeitos de padronização da seqüência de solda ponto, conforme resultado da Análise de Variância, uma instrução de trabalho, Figura 45, foi elaborada e seu respectivo treinamento com os operadores diretamente envolvidos nesta operação, realizado. Desta maneira, um componente de variação deixava de contribuir para a deformação do produto final.

IEF	F202 - INSTRUÇÕES VISUAIS DO POSTO DE TRABALHO				
Nome da peça: 28008260C	N.º da peça: Case ASM	Cliente: Famar			
Operação / setor: Solda	Data de emissão: 27/07/07	Rev da instrução: 27/07/07			
Instruções:	<input type="checkbox"/> Lay out <input type="checkbox"/> Embalagem <input type="checkbox"/> Segurança <input checked="" type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Set up <input type="checkbox"/> Identificação <input type="checkbox"/> Outra				
Fotos / Croquis:					
Figura 01	Figura 02				
Descrições:					
Metodologia de trabalho					
Na operação de solda do Wraparound (28008261C) com o bracket conector (28008262B) os pontos de solda devem seguir a sequência indicado nas figuras acima. Primeiro devem ser dados os dois pontos na dobra maior conforme figura 1 e depois o ponto na dobra menor conforme figura 2					
OBS.: Esta sequência deve ser rigorosamente realizada, para que a qualidade das peças tenham um melhor desempenho.					
Elaboração: Adalto - CQD	Aprovações:	Engenharia:	Manufatura:	Segurança do trabalho:	
Aprovação: Elder - EGD					

Figura 45 - Instrução de trabalho para a solda ponto

Para atendimento dos objetivos estabelecidos no primeiro dia, algumas melhorias referentes à segurança e ergonomia e 5S foram realizadas neste quarto dia porém, como não pertencem ao foco deste projeto, não serão detalhadas.

O resultado da semana Kaizen em relação aos objetivos estabelecidos anteriormente são mostrados na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultado da semana Kaizen

Objetivos	Meta	Realização
ENCONTRAR PELO MENOS UMA CAUSA RAIZ	1	OK
MELHORAR Ppk DO KPC 3 ($136,34 \pm 0,13$ mm)	Ppk > 1,00 (66800 ppm)	
MELHORIAS DE SEGURANÇA / ERGONOMIA	3	6
IMPLEMENTAÇÃO DE ITENS DE 5"S"	3	5

Nota-se que o objetivo referente ao Cpk não foi atingido nesta semana porém, ações para o Kaizen 30 dias, que impactam diretamente neste tópico foram traçadas e ficaram pendentes até então. Tais ações podem ser vistas na Tabela 10.

Outras ações de importância reduzida ou desprezível em relação ao foco do projeto ficaram pendentes porém, não serão mostradas na Tabela 10. Tais ações podem ser encontradas na Tabela 7 apresentada no tópico 4.4.2.

O objetivo aqui é direcionar as ações para a resolução do problema de deformações.

Tabela 10 - Plano de ação do *Kaizen* 30 dias

Plano de Ação - KAIZEN DPS - IEF						
ITEM	AÇÃO	TIPO	PRIOR.	RESP.	PRAZO	STATUS
38	Eliminar a folga na ferramenta da primeira operação de dobra	Qual.	I	Elder	25/ago/07	
39	Analizar possibilidade de alteração da seqüência de solda dos componentes	Qual.	I	Elder	25/ago/07	

4.4.5 Quinto dia

As atividades do último dia foi direcionada à apresentação final do trabalho, englobando definição das atribuições de cada integrante durante o seminário, além da preparação dos certificados de participação dos membros da equipe.

O encerramento teve início às 11 horas e 30 minutos, onde foi apresentado um breve resumo das atividades realizadas durante a semana, desde o mapeamento do processo até os resultados atingidos, em um período de trinta minutos.

Houve participação aberta para os funcionários da IEF e, também presença do coordenador dos projetos QFS.

Ao término da apresentação, um período ficou reservado para questionamentos e, após isto, a cerimônia teve seu encerramento com a entrega dos certificados para o grupo.

Para conclusão da semana *Kaizen*, um almoço especial foi servido para o grupo e convidados para celebrar os resultados obtidos.

4.5 *Kaizen* 30 dias

O *Kaizen* 30 dias teve início na semana seguinte ao evento *Kaizen*. O primeiro tópico observado, principalmente em função do resultado da Análise de Variância, foi a seqüência de solda dos componentes. Constatou-se que a padronização da seqüência atual era necessária pois, no passado, foram entregues peças faltando o *bracket connector*. Na época, a solução encontrada para evitar esta ocorrência, foi que o frontal seria soldado primeiro e, depois, a outra peça. E, que nesta última solda, seria introduzido um sensor à prova de erros, de tal maneira que, não fosse possível completar a operação de solda.

Portanto, esta ação do *kaizen* 30 dias estava cancelada.

Referente a outra pendência, a folga existente na ferramenta da primeira operação de dobra foi eliminada no dia 17 de agosto, antes da produção correspondente a este mês.

Determinou-se que estas ações seriam monitoradas durante as duas produções seguintes, agosto e setembro.

O critério de coleta das amostras foi definido com a retirada de 5 peças por hora na última operação de solda. Sabendo-se que o processo produz 150 peças por hora e que o lote médio mensal de produção é de 6000 peças, 200 peças (40 amostras de 5 elementos) representariam a verificação das ações implementadas.

O Gráfico 23 ao Gráfico 28 indica a média e a dispersão da cota de 136,34mm referente aos meses de agosto e setembro:

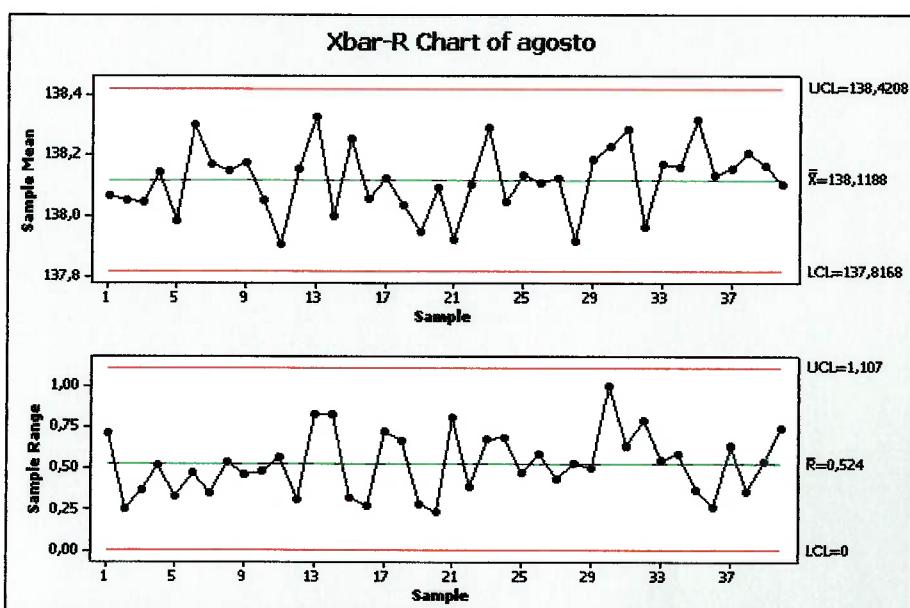


Gráfico 23 - Carta de controle de agosto

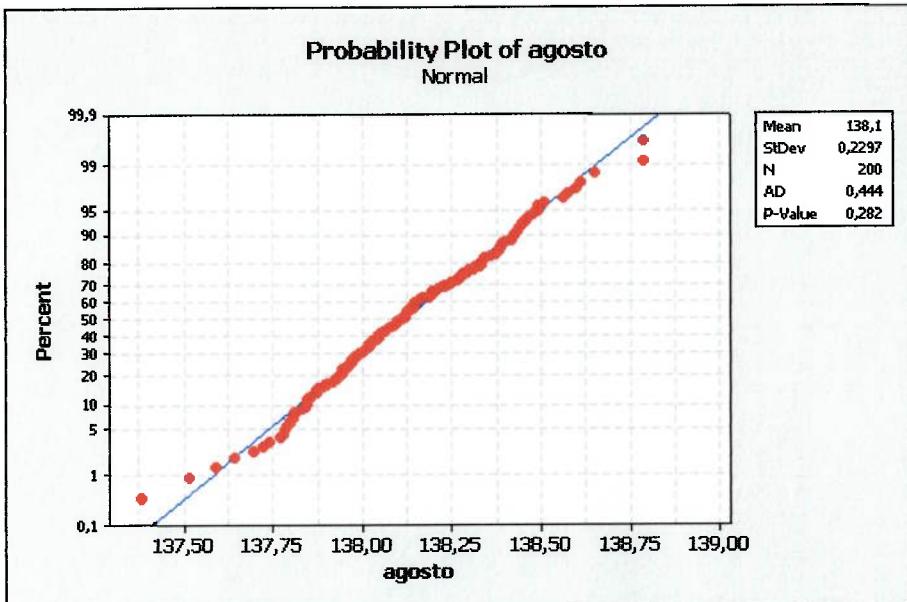


Gráfico 24 - Teste de normalidade de agosto

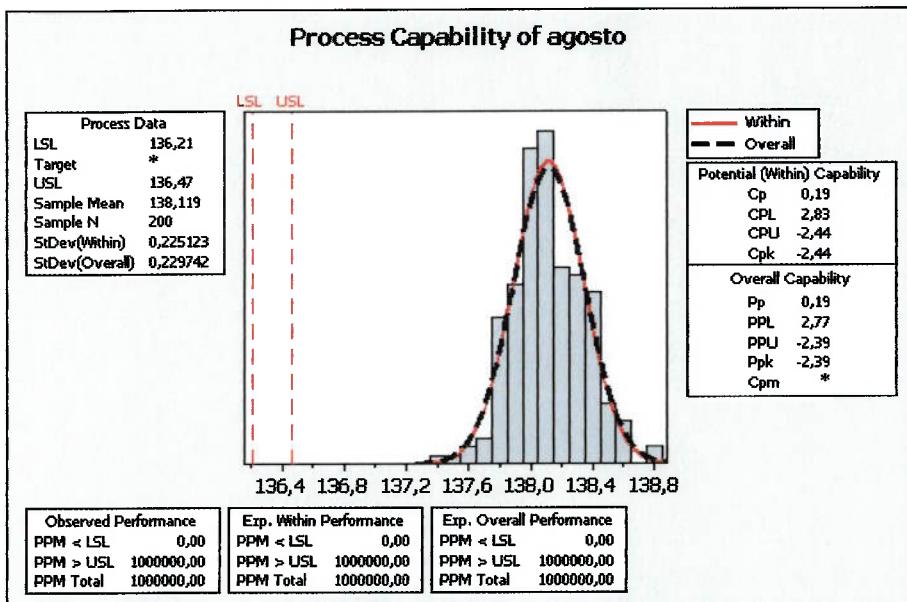


Gráfico 25 - Capacidade e teste de normalidade de agosto

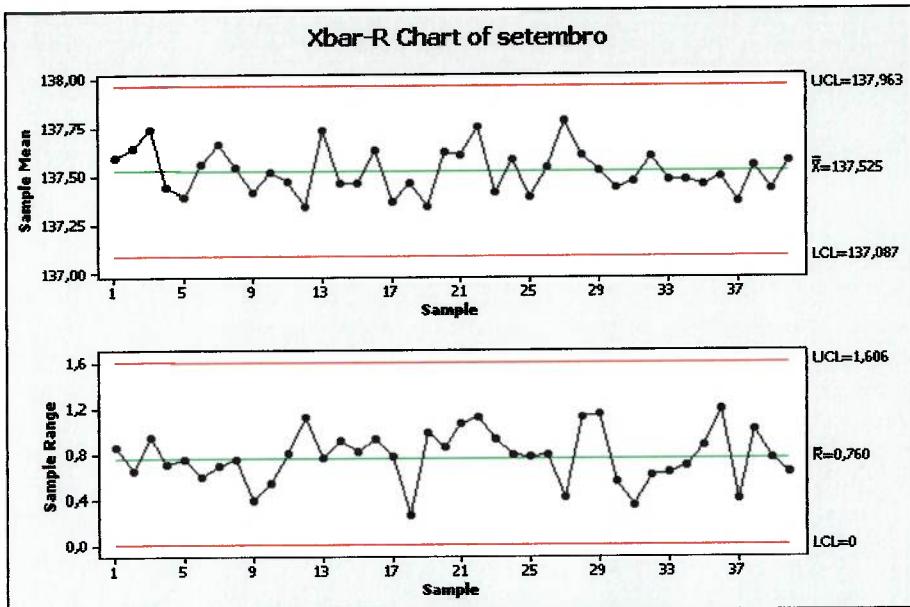


Gráfico 26 - Carta de controle de setembro

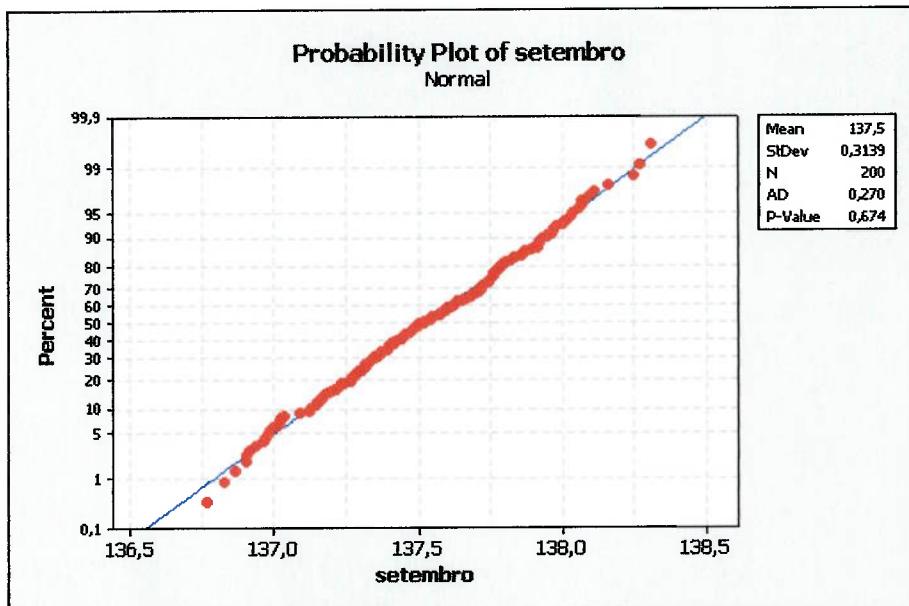


Gráfico 27 - Teste de normalidade de setembro

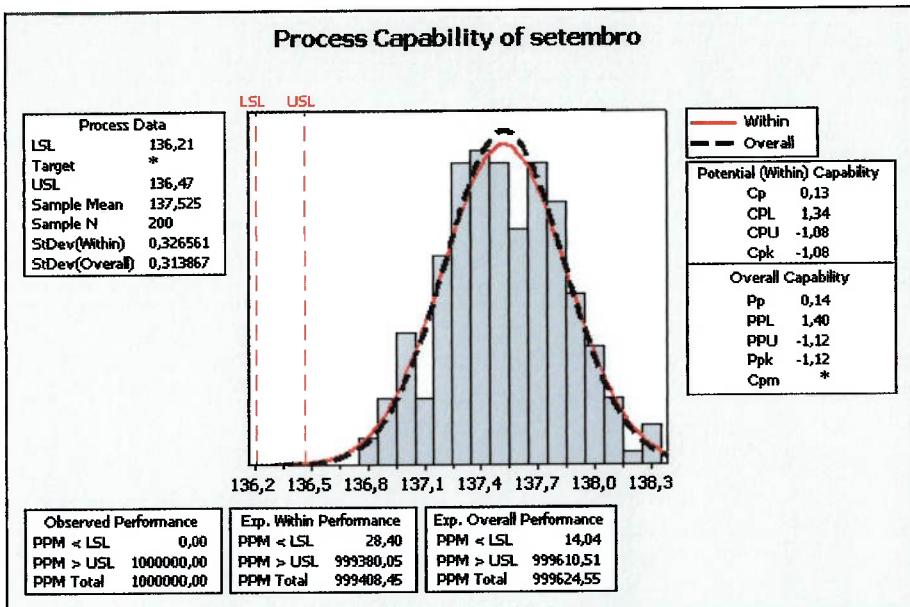


Gráfico 28 - Capacidade de setembro

Nota-se que o objetivo não foi atingido e que ações imediatas deveriam ser tomadas para a redução da média e da dispersão. Esse período de nova análise pode ser denominado como pós *kaizen* 30 dias.

4.6 Pós Kaizen 30 dias

Esta etapa teve aproximadamente 20 dias de duração, onde foram analisadas de forma detalhada oportunidades de melhoria nas operações de conformação do *wraparound* e do *bracket connector*, além daquelas já identificadas durante o *kaizen*. Após dias de análise, constatou-se que a terceira e quarta operações do *wraparound* propiciavam peças no esquadro, ou seja, com ângulos retos e, peças fora do esquadro, ou seja, deformadas, conforme Figura 46 e Figura 47.

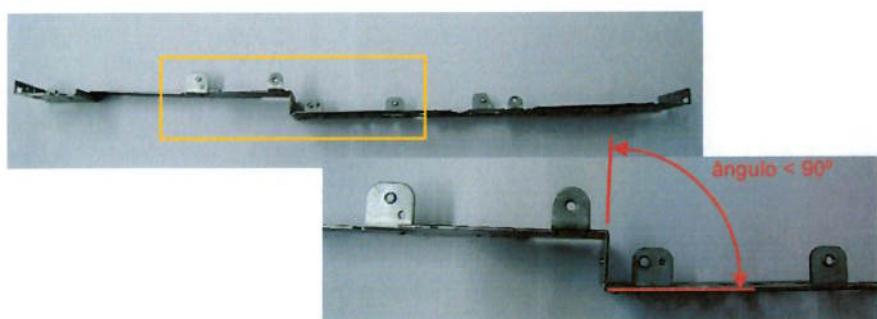


Figura 46 - Detalhe do ângulo <90º da 3ª operação do 28008261

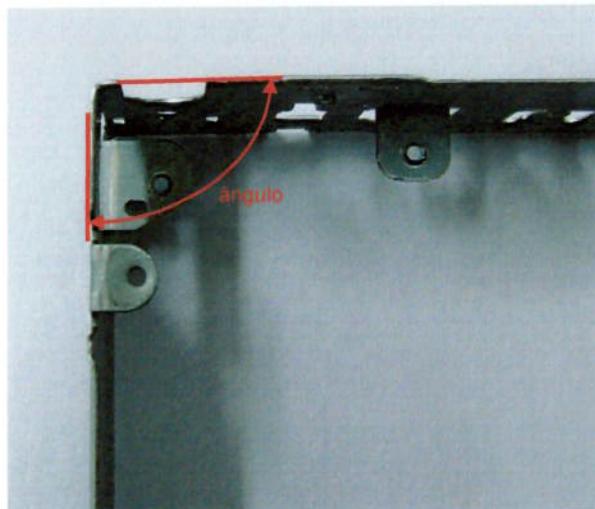


Figura 47 - Detalhe do ângulo $>90^\circ$ da 4^a operação do 28008261

Estas peças quando fossem soldadas poderiam deformar o produto final. Baseados nesta informação, uma simulação de peças no esquadro foi realizada, para posterior análise através de um teste de hipótese de 30 peças, indicado no Gráfico 29 e Figura 48. O teste de hipótese utilizado foi o referente a diferença entre duas médias, quando o σ for desconhecido.

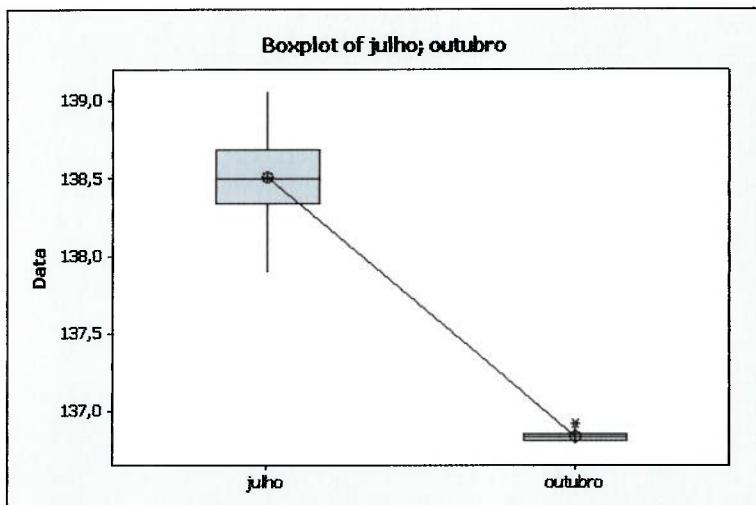


Gráfico 29 - Teste de hipótese julho e outubro

Two-sample T for julho vs outubro				
	N	Mean	StDev	SE Mean
julho	125	138,510	0,248	0,022
outubro	30	136,8431	0,0299	0,0055
Difference = mu (julho) - mu (outubro)				
Estimate for difference: 1,6671				
95% CI for difference: (1,6219; 1,7123)				
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 72,94 P-Value = 0,000 DF = 137				

Figura 48 - Resultado do teste de hipótese julho e outubro

Como o *P-value* é menor que 0,05, pode-se dizer que há diferenças entre as médias dos meses de julho e outubro e, consequentemente, a melhoria realizada na última ferramenta de dobra do *wraparound* foi produtiva. Para confirmar a evolução dos resultados, segue o Gráfico 30 ao Gráfico 33 sobre a capacidade do processo nos meses citados.

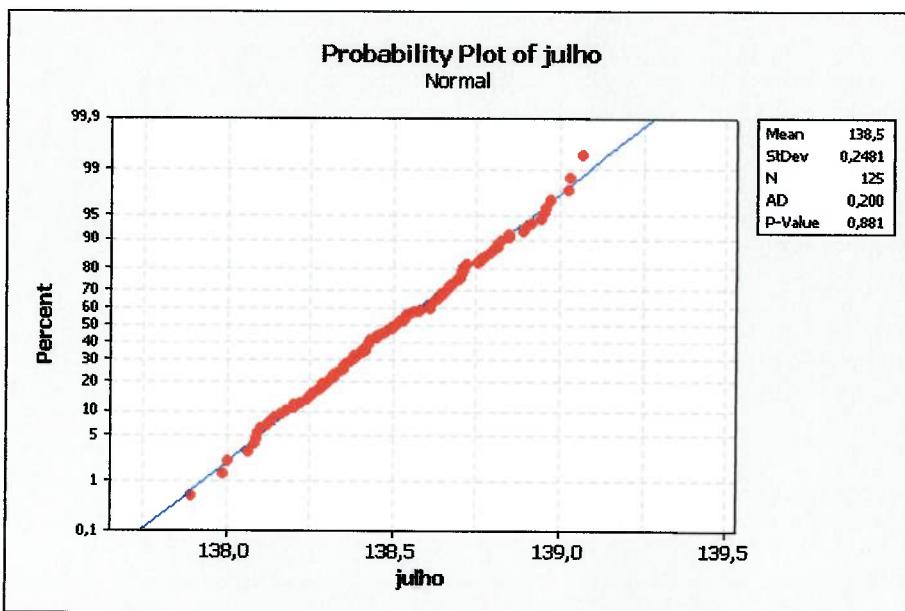


Gráfico 30 - Teste de normalidade de julho

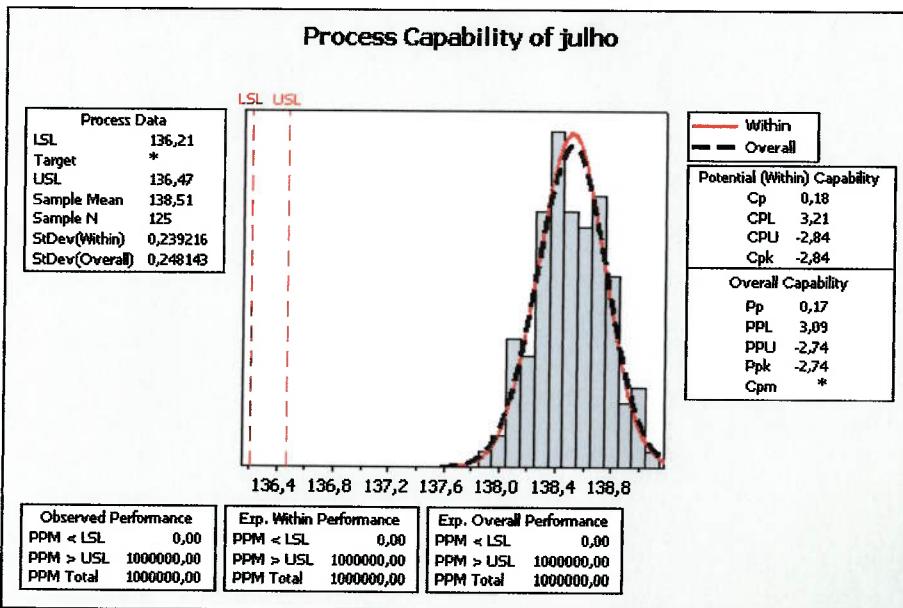


Gráfico 31 - Capacidade de julho

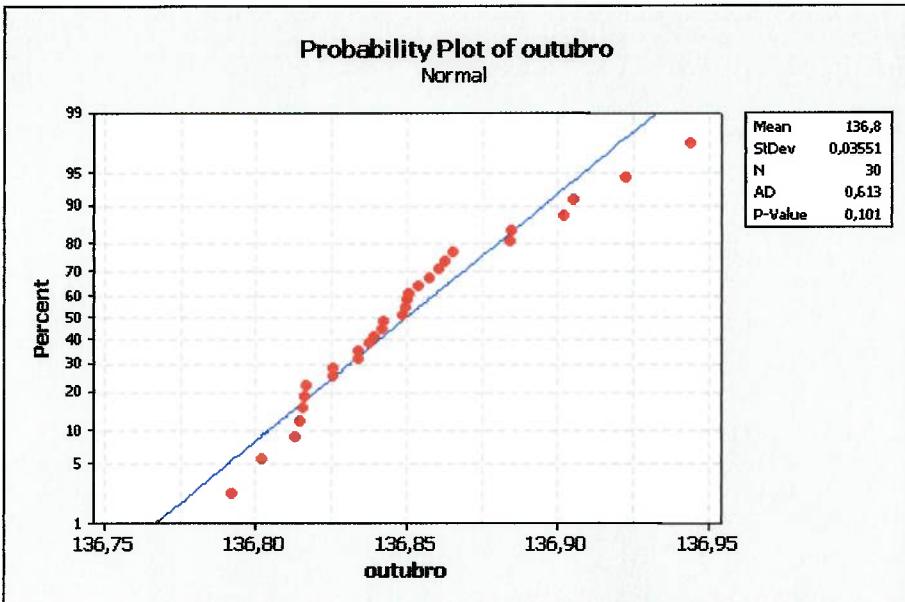


Gráfico 32- Teste de normalidade de outubro

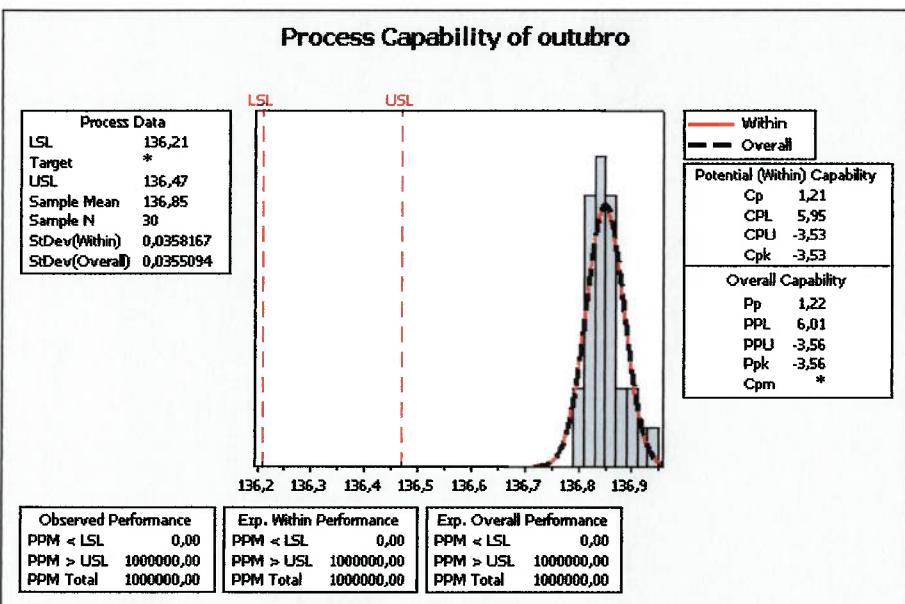


Gráfico 33- Capacidade de outubro

Os dados referentes ao mês de julho seguem uma distribuição normal, *P-value* 0,881, *Cpk* -2,84 e *Cp* 0,18. Já o mês de outubro, também apresenta dados baseados em uma distribuição normal, *P-value* 0,101, *Cpk* -3,53 e *Cp* 1,21.

Basicamente a diferença entre estes períodos está na redução da dispersão. Para tornar o processo capaz, torna-se necessário somente o deslocamento da curva para os limites da especificação de Engenharia. Porém, como explanado anteriormente, o *blank* do *wraparound* está 0,5mm maior que o especificado, impossibilitando tal deslocamento.

Até então, tem-se somente uma simulação da ação. Torna-se necessária a correção da ferramenta da segunda e da terceira ferramenta de dobra para confirmação do teste de hipótese durante a produção.

A correção ocorreu na última semana de outubro, mês em que não ocorreu produção, e seu monitoramento ocorreu na produção do mês de novembro. Os dados do Gráfico 34, Gráfico 35 e do Gráfico 36 indicam esta produção.

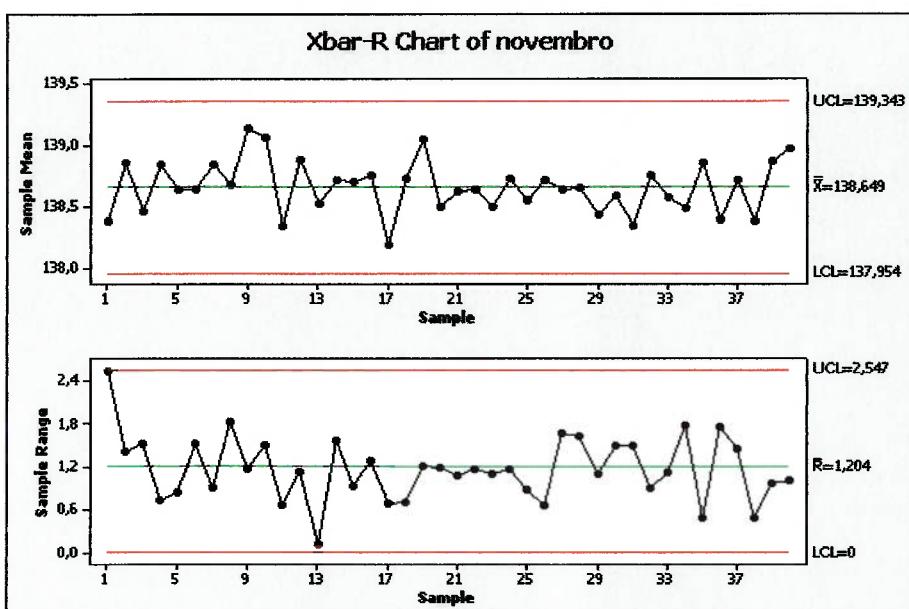


Gráfico 34 - Carta de controle de novembro

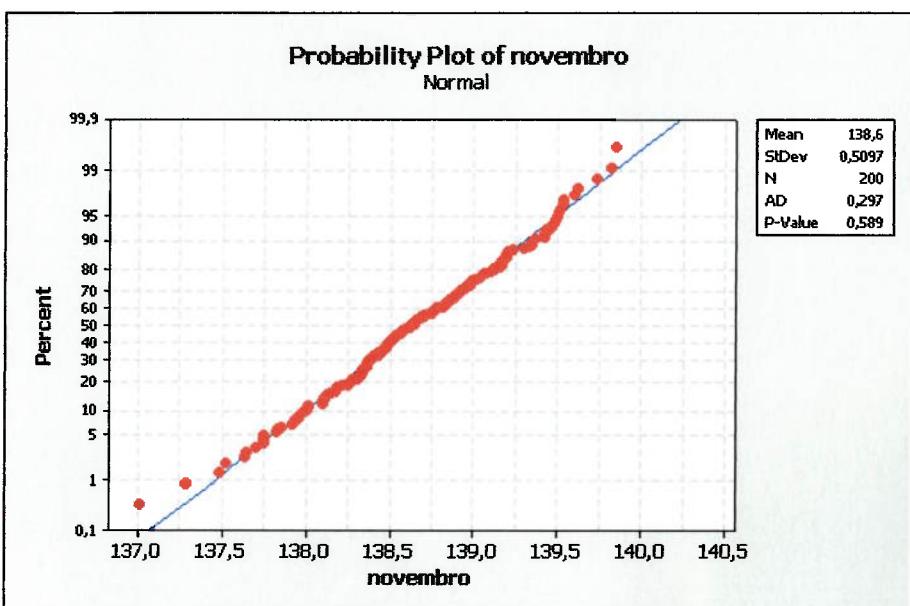


Gráfico 35 - Teste de normalidade de novembro

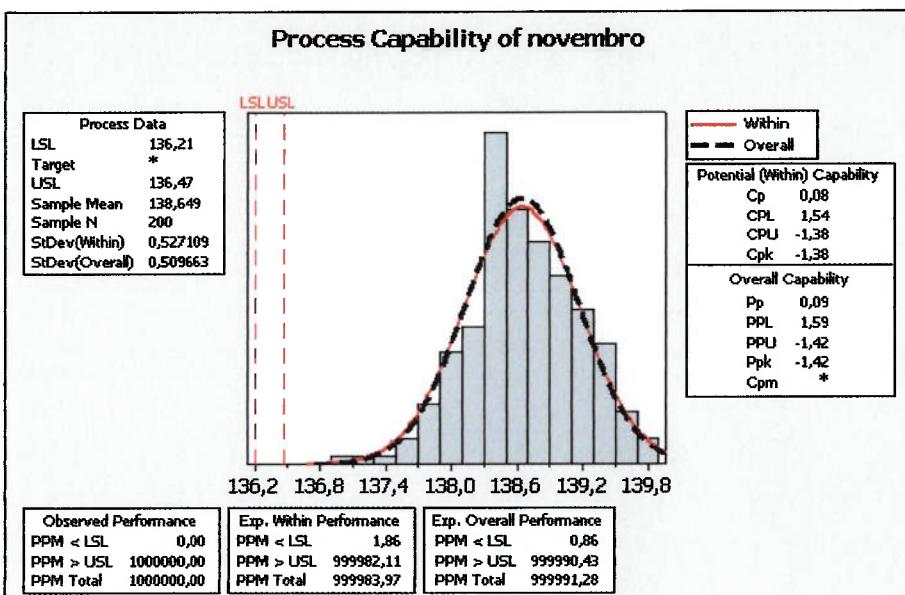


Gráfico 36 - Capacidade de novembro

A média teve uma diferença significativa em relação àquela apresentada pelo teste de hipótese, além da dispersão ser muito maior. Analisando a ferramenta corrigida, percebeu-se que foram introduzidos dois destacadores para facilitar a extração da peça após a conformação. Estes destacadores estavam com uma altura tal que não permitia o assentamento adequado da peça na ferramenta, fazendo com que a conformação variasse de peça para peça, ou seja, dispersão inadequada e gerando uma média diferente do teste de hipótese. A solução foi a retirada dos destacadores e o monitoramento foi realizado no mês de dezembro, conforme Gráfico 37 ao Gráfico 39.

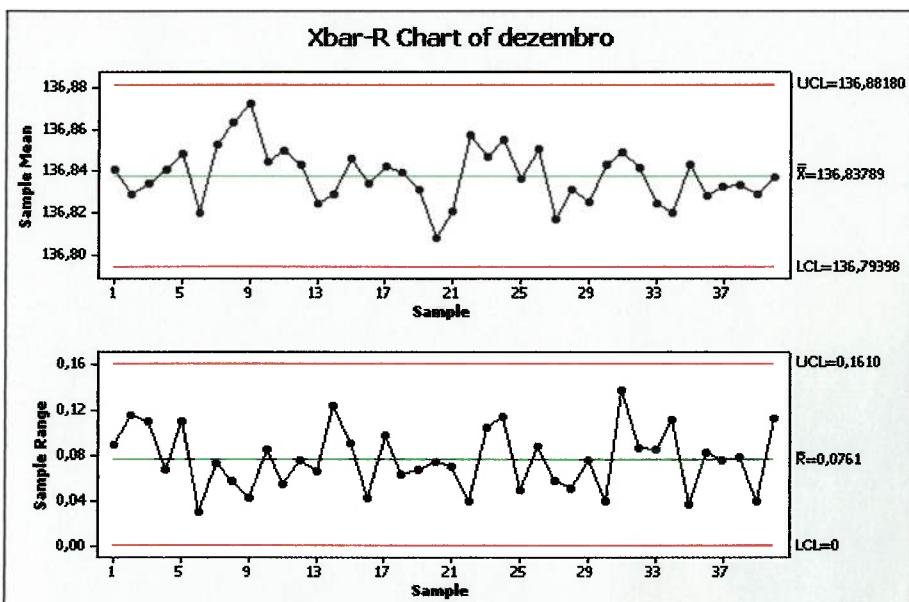


Gráfico 37 - Carta de controle de dezembro

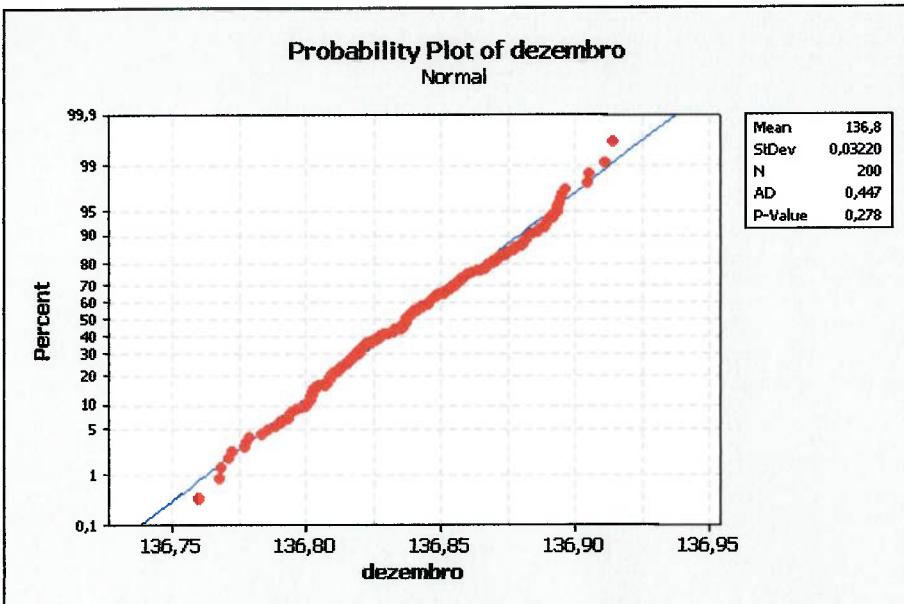


Gráfico 38 - Capacidade e Teste de normalidade de dezembro

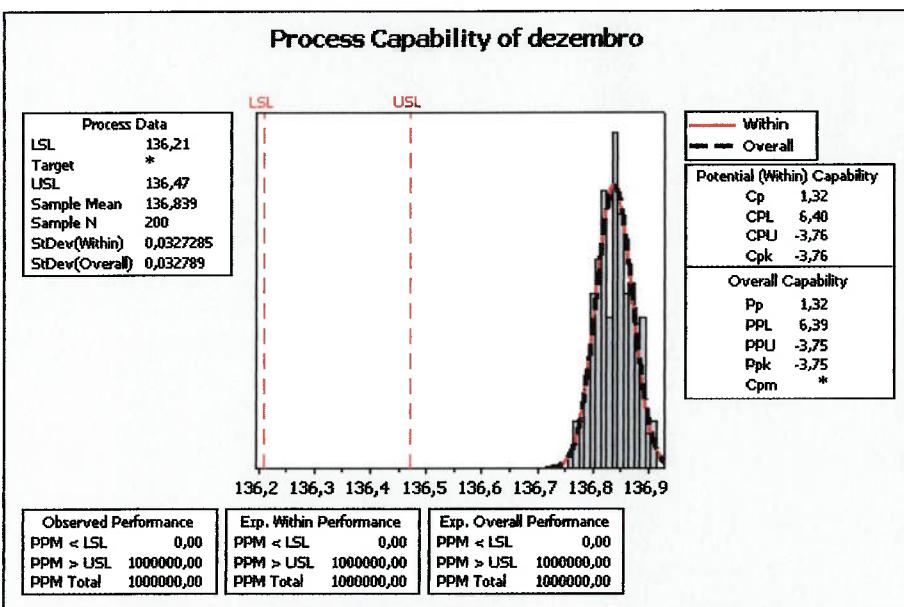


Gráfico 39 - Capacidade e Teste de normalidade de dezembro

A produção do mês de dezembro confirmou o teste de hipótese e deixou claro que a diferença ocorrida no mês de novembro deveu-se aos destacadores introduzidos na ferramenta.

Simulando-se um estudo estatístico com o valor nominal da especificação deslocado em 0,5mm, tem-se conforme Gráfico 40:

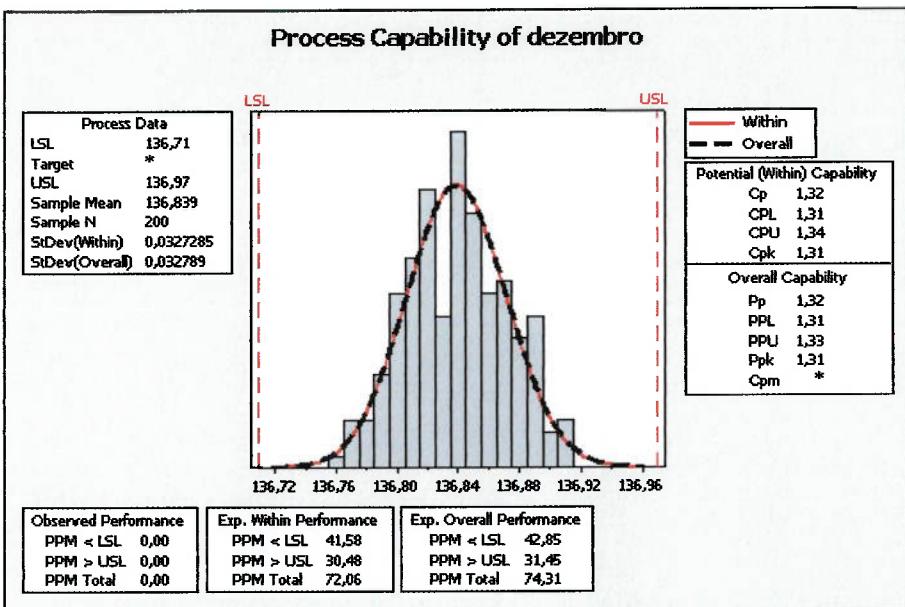


Gráfico 40 - Simulação da capacidade de dezembro: outra especificação

O Cpk obtido (1,31) atende ao valor objetivo do *Kaizen* (maior que 1,0) porém, não atende ao estipulado para o projeto (entre 1,33 e 1,67).

Estas condições foram monitoradas durante um período de três meses: janeiro, fevereiro e março e estão indicados no Gráfico 41 até o Gráfico 49, através das cartas de controle, capacidade do processo e teste de normalidade.

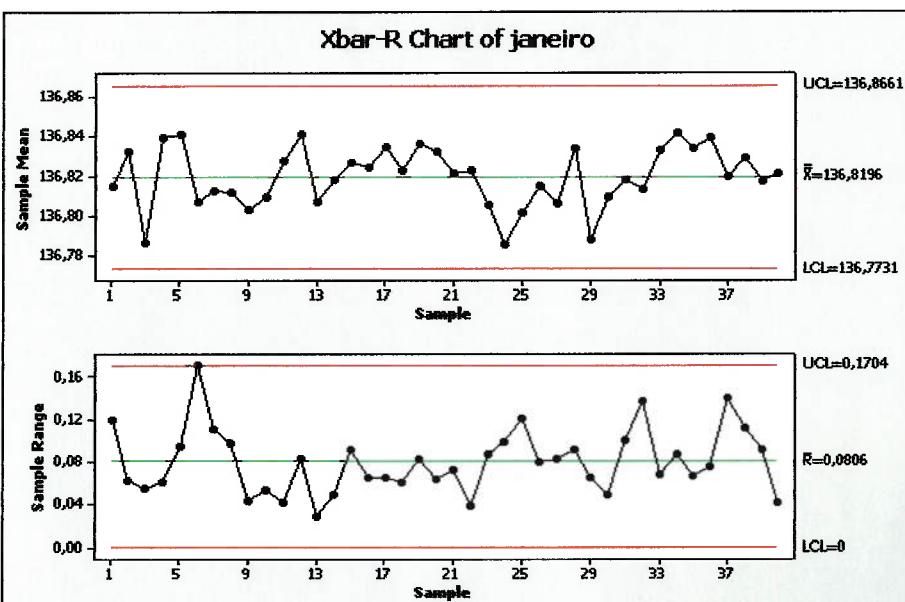


Gráfico 41 - Carta de controle de janeiro

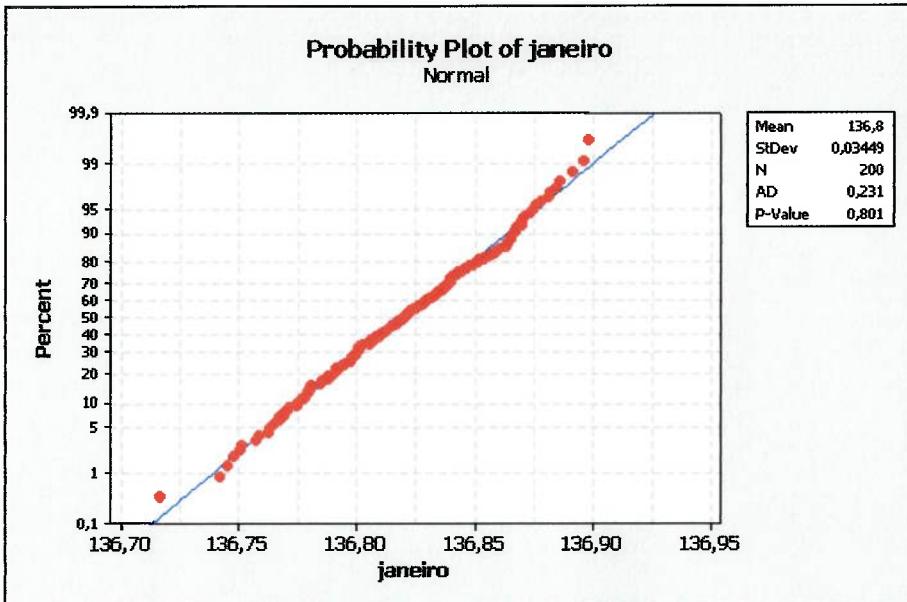


Gráfico 42 - Teste de normalidade de janeiro

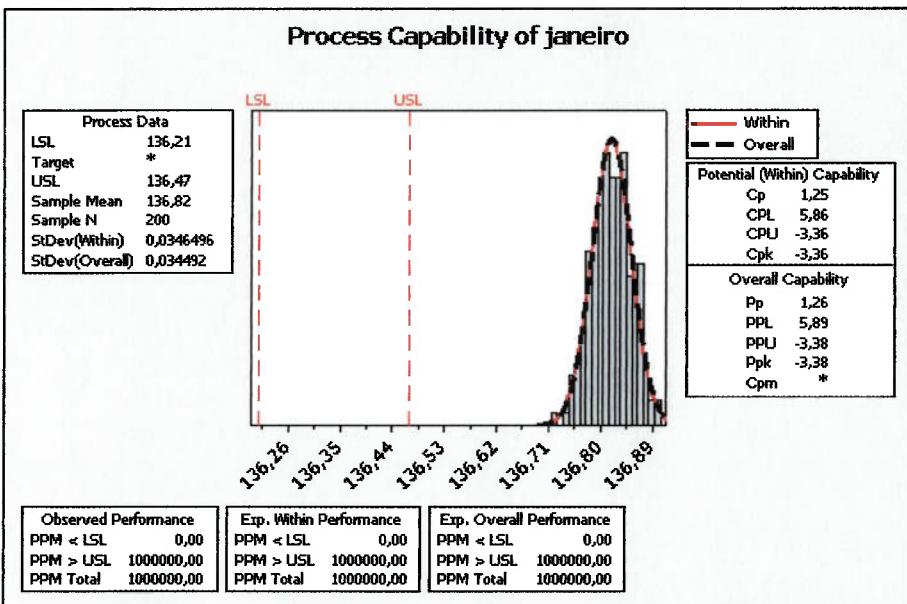


Gráfico 43 - Capacidade de janeiro

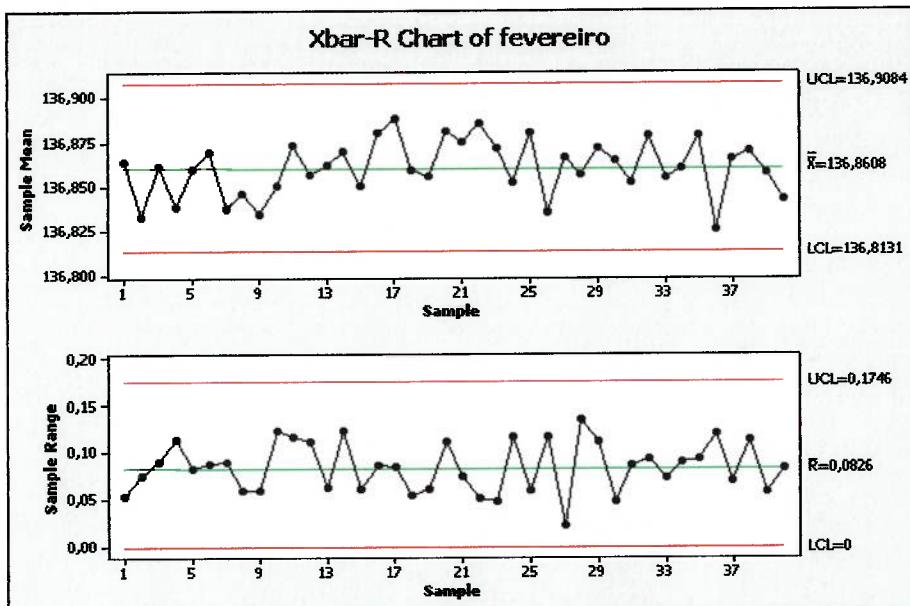


Gráfico 44 - Carta de controle de fevereiro

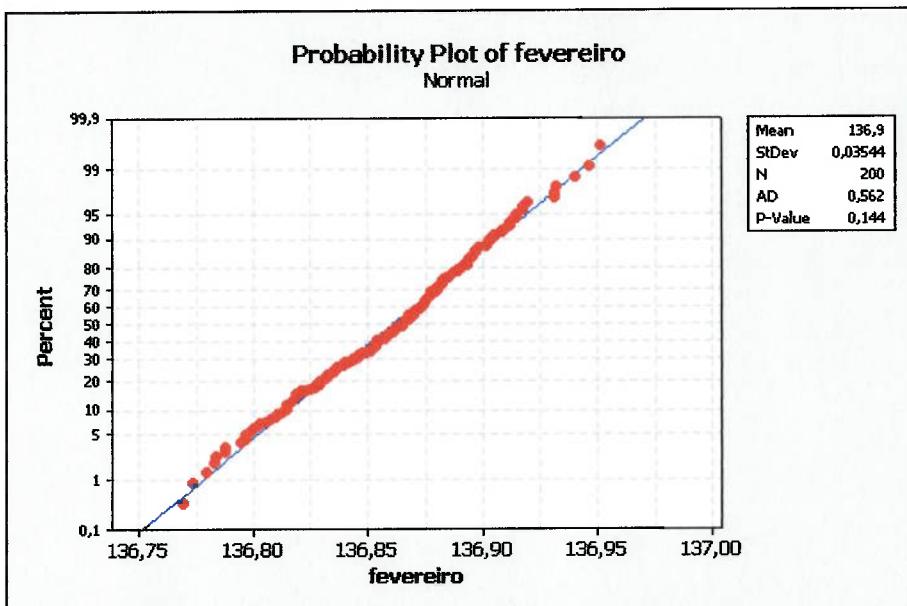


Gráfico 45 - Teste de normalidade de fevereiro

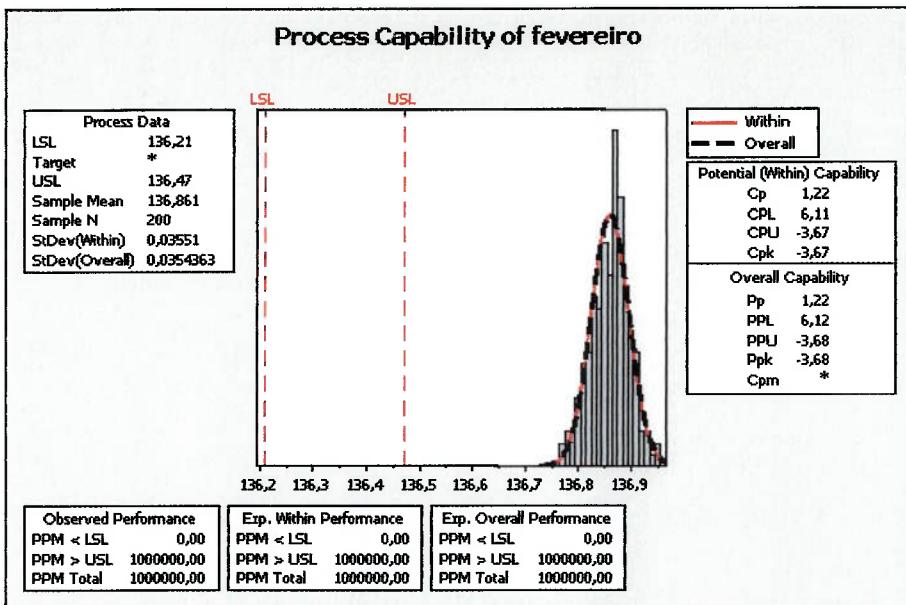


Gráfico 46 - Capacidade de fevereiro

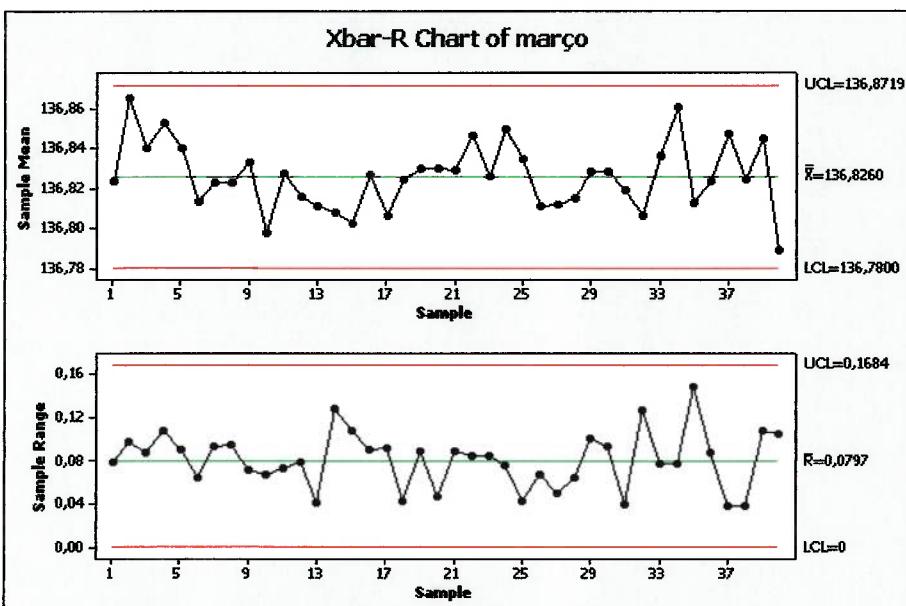


Gráfico 47 - Carta de controle de março

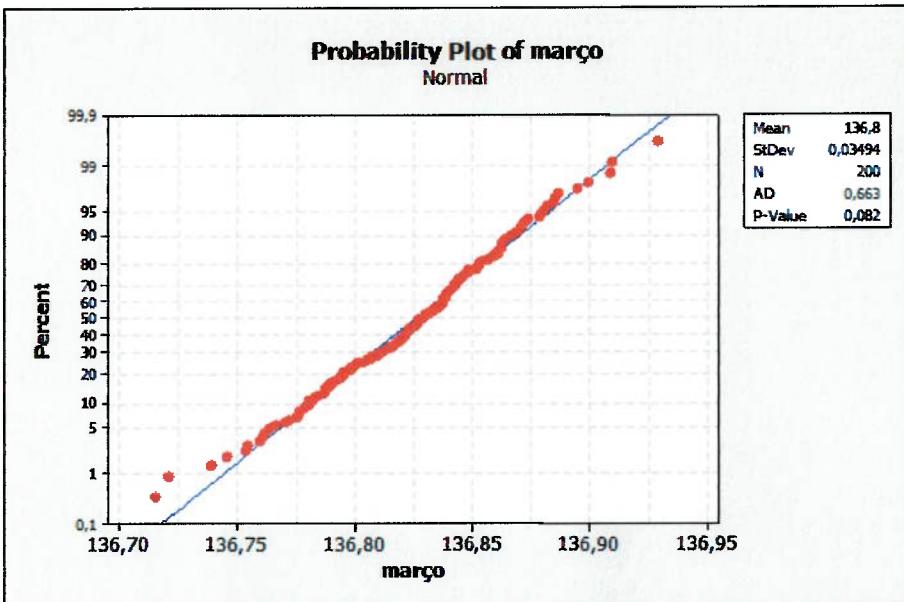


Gráfico 48 - Teste de normalidade de março

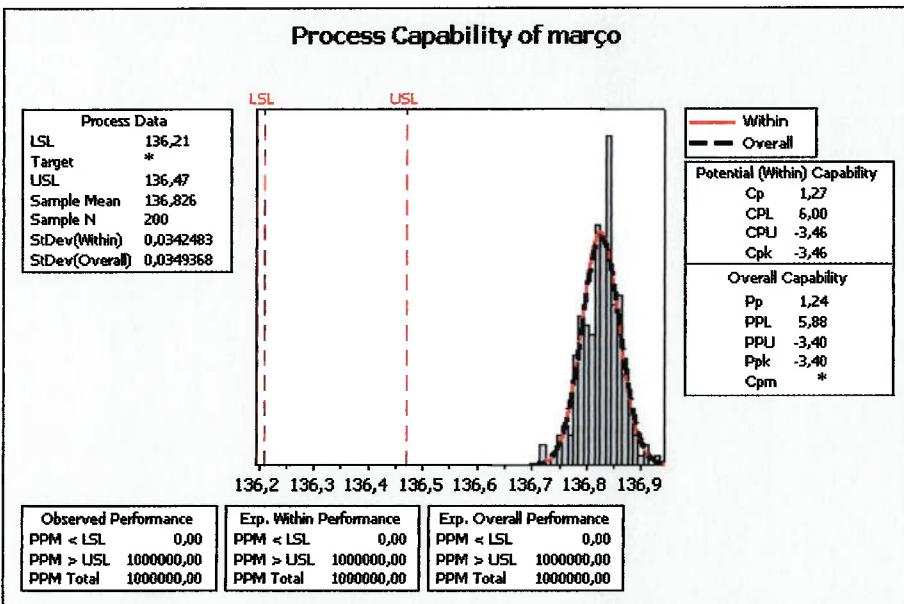


Gráfico 49 - Capacidade de março

Analisando estes três meses de produção, verifica-se a estabilidade do processo, a manutenção da média e, também, da dispersão porém, a dispersão ainda não atingiu o valor considerado adequado. Deve ser a mesma proporção do Cpk, ou seja, entre 1,33 e 1,67. No mês de janeiro, o índice foi de 1,25. Em fevereiro, 1,22 e, em março, 1,27. Com estes dados em mãos, os candidatos a *green belt* decidiram investigar um ponto de melhoria que elevasse este índice para dentro dos limites objetivos. Um ponto observado foi a falta de um dispositivo para a primeira operação de solda, ponto este, levantado na semana *Kaizen*. Decidiu-se, então,

projetar e construir um dispositivo, conforme Figura 49 (sem os componentes) e Figura 50 (com os componentes), que reduzisse a variação durante esta operação.



Figura 49 - Dispositivo de solda sem os componentes

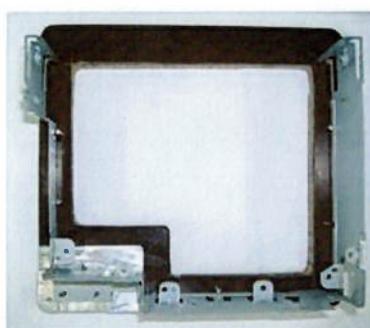


Figura 50 - Dispositivo de solda com os componentes

A produção de abril já contempla o uso do dispositivo e, os dados são apresentados no Gráfico 50 ao Gráfico 52.

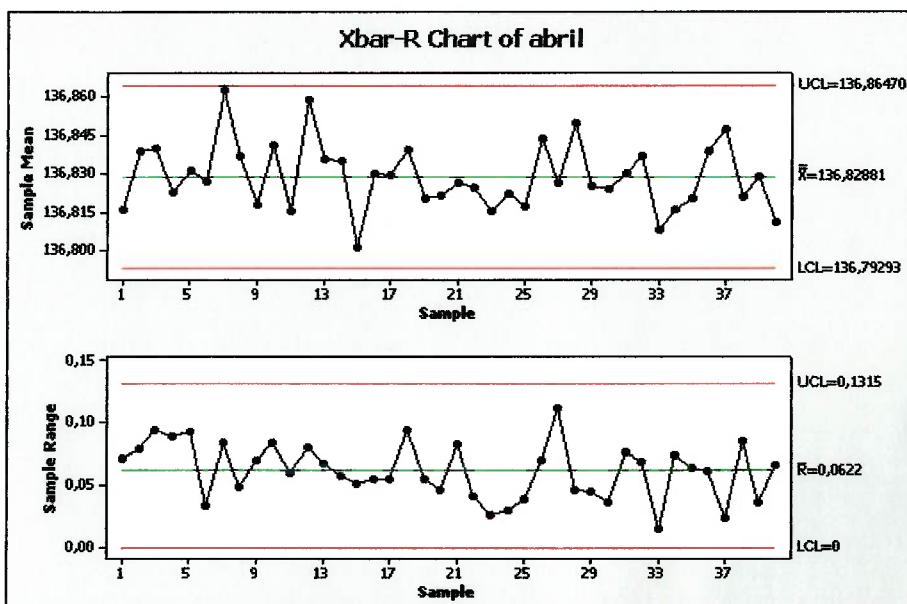


Gráfico 50 - Carta de controle de abril

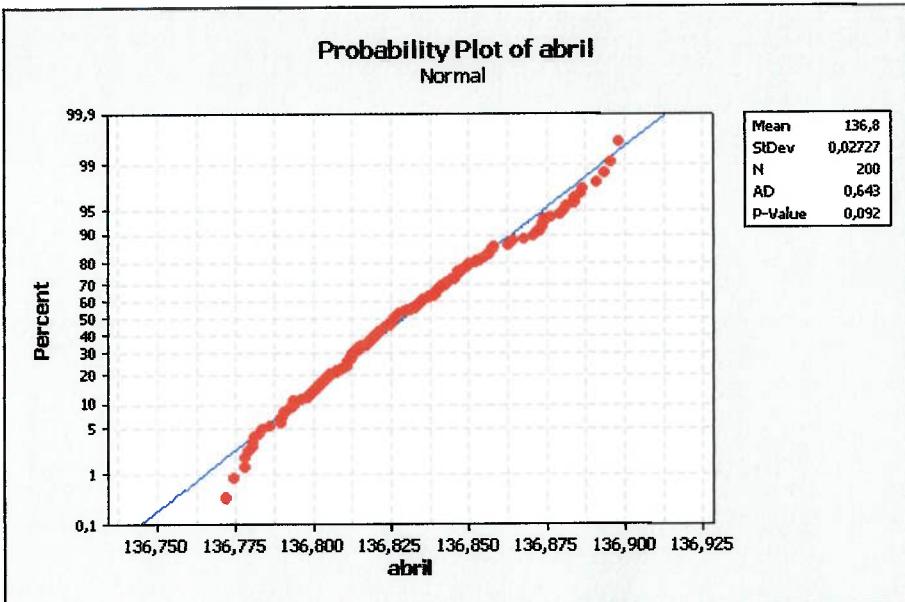


Gráfico 51 - Teste de normalidade de abril

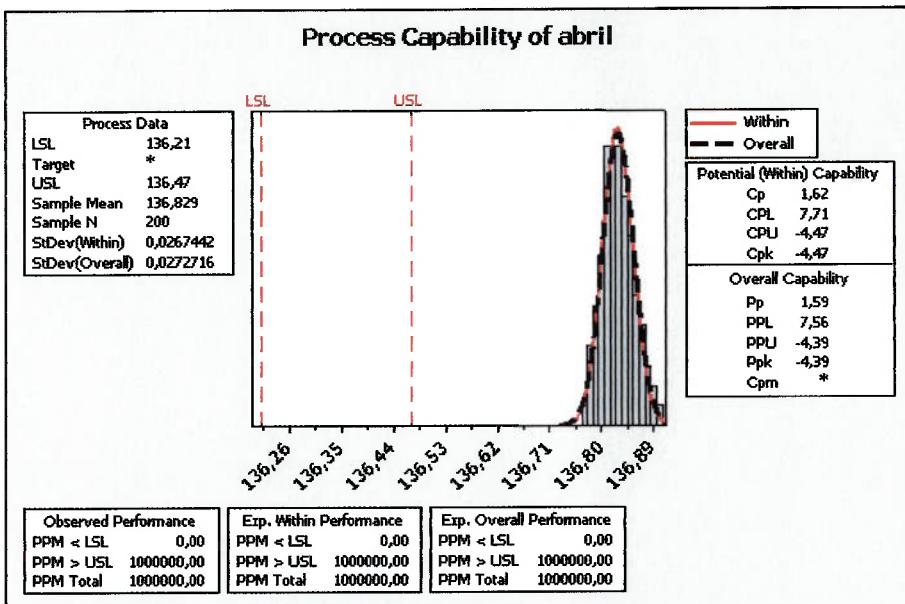


Gráfico 52 - Capacidade de abril

A utilização de um dispositivo para a primeira operação de solda garante o valor do Cp dentro dos limites especificados antes do início do projeto.

Os próximos meses de produção continuaram a ser monitorados conforme ilustrado no Gráfico 53 até o Gráfico 58.

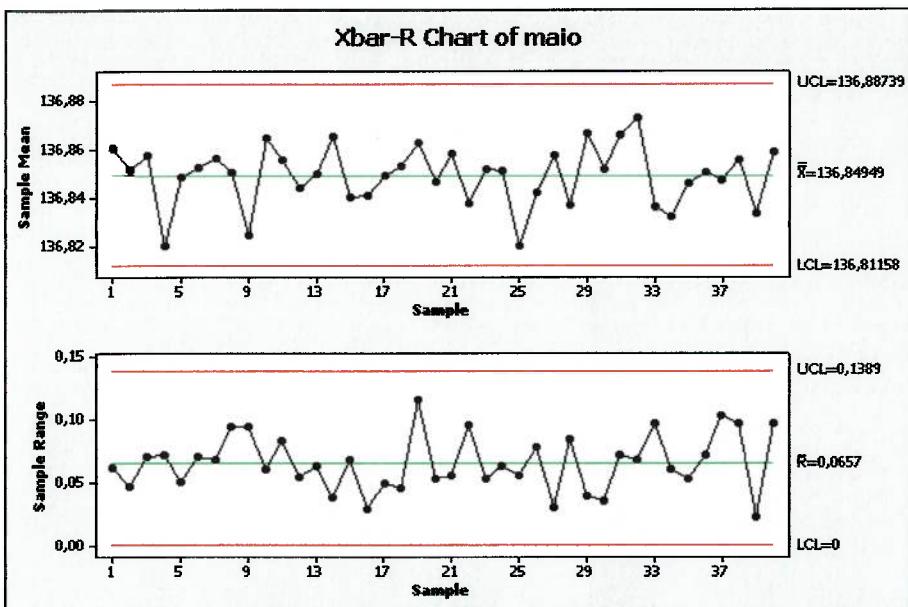


Gráfico 53 - Carta de controle de maio

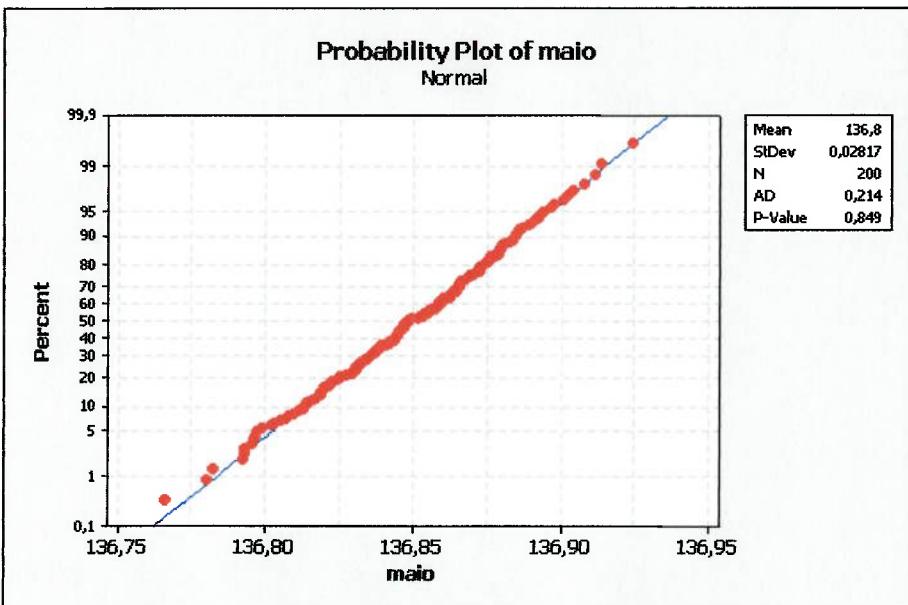


Gráfico 54 - Teste de normalidade de maio

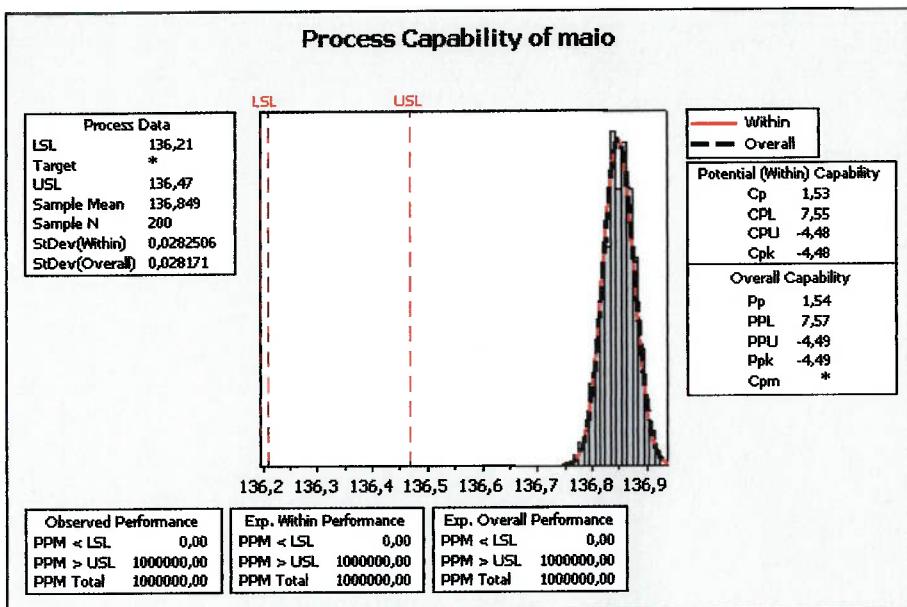


Gráfico 55 - Capacidade de maio

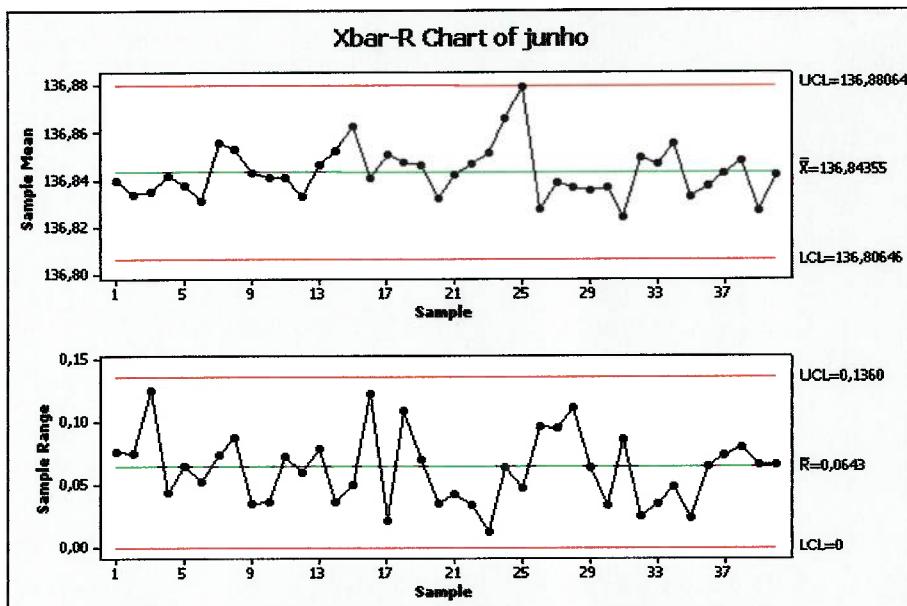


Gráfico 56 - Carta de controle de junho

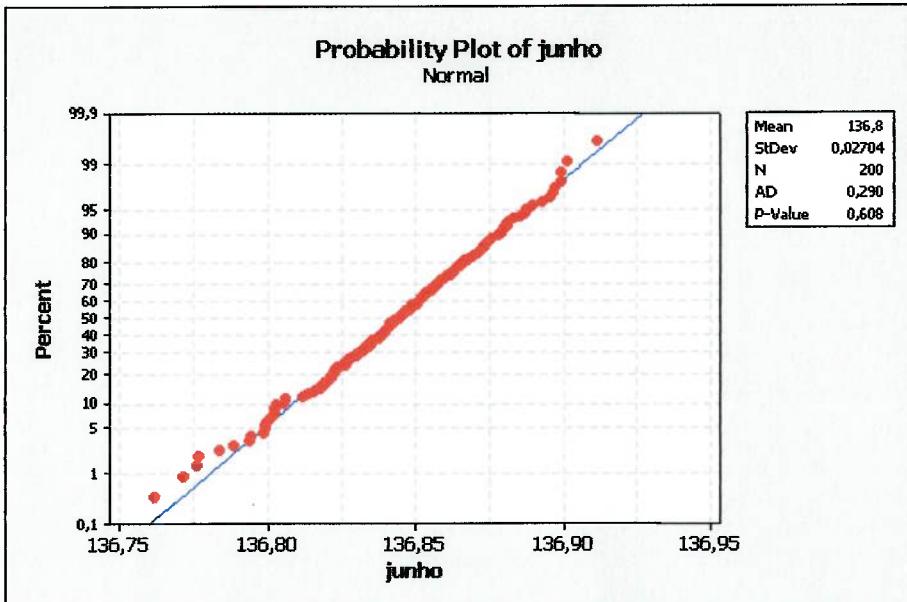


Gráfico 57 - Teste de normalidade de junho

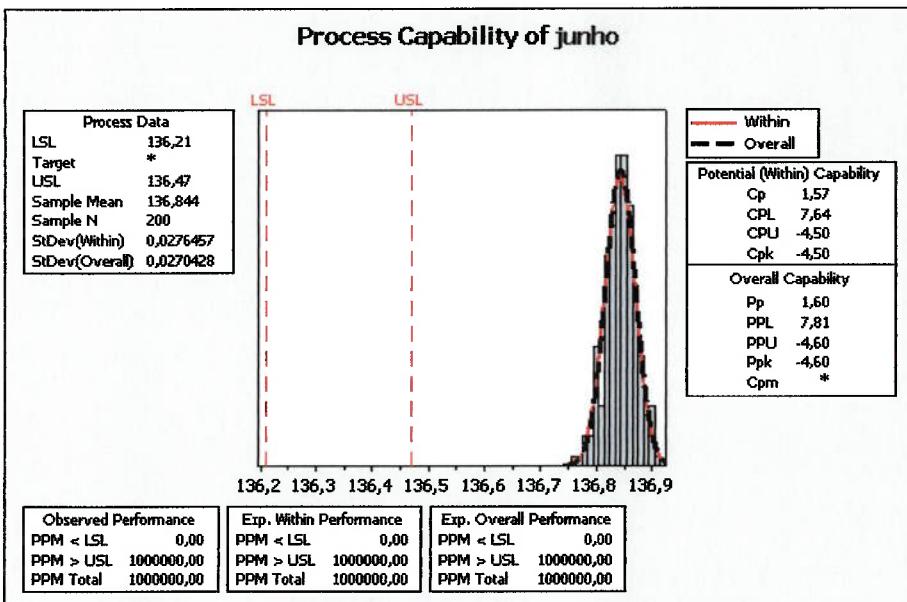


Gráfico 58 - Capacidade de junho

O monitoramento dos meses de maio e junho comprovam a eficácia da utilização do dispositivo de solda pois, em maio, o Cp foi de 1,53 e, em junho, 1,57.

Assim como feito para os dados do mês dezembro, pode-se simular com os dados de junho qual seria o valor de Cpk, caso a especificação de Engenharia fosse $136,84 \pm 0,13\text{mm}$. O resultado está no Gráfico 59.

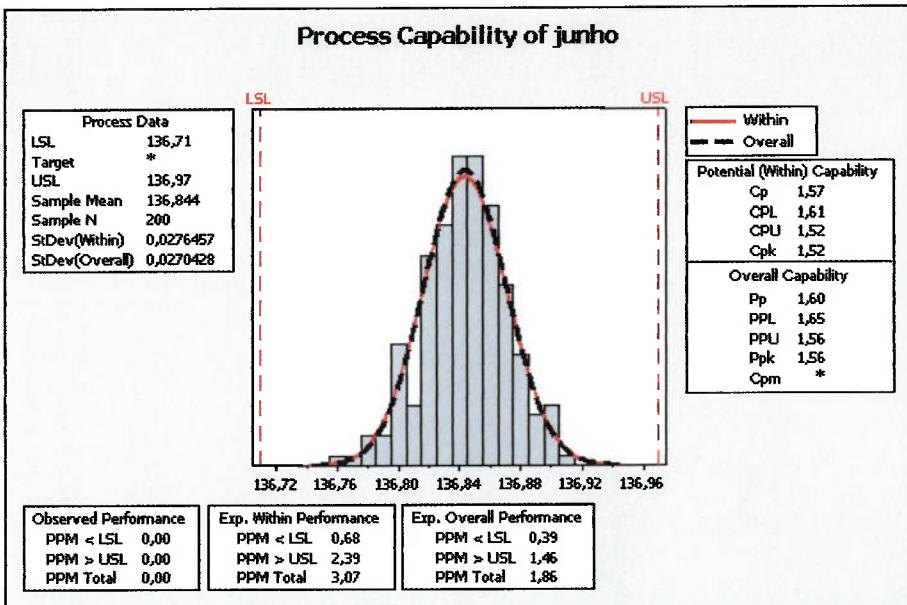


Gráfico 59 - Simulação da capacidade de junho: outra especificação

O objetivo do projeto seria alcançado, caso não ocorresse o problema no desenvolvimento do *blank* do *wraparound* pois, $Cp = 1,57$ e $Cpk = 1,52$.

A Tabela 11, o Gráfico 60 até o Gráfico 62 apresentam a evolução do projeto desde seu início, em julho de 2007, até sua conclusão, em junho de 2008. As linhas azuis representam os dados coletados no processo e, as vermelhas, os valores objetivos de cada característica: média, Cp e Cpk .

Tabela 11 - Evolução do projeto: julho de 2007 à junho de 2008

	X bar	Cp	Cpk
jul-07	138,510	0,18	-2,84
ago-07	138,119	0,19	-2,44
set-07	137,525	0,13	-1,06
out-07	136,850	1,21	-3,53
nov-07	138,649	0,08	-1,38
dez-07	136,839	1,32	-3,76
jan-08	136,820	1,25	-3,36
fev-08	136,861	1,22	-3,67
mar-08	136,826	1,27	-3,46
abr-08	136,829	1,62	-4,47
mai-08	136,849	1,53	-4,48
jun-08	136,844	1,57	-4,50

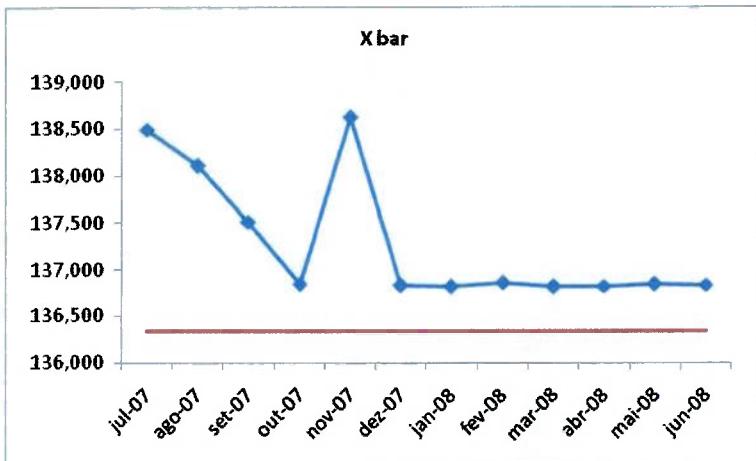


Gráfico 60 - Evolução da média do KPC3

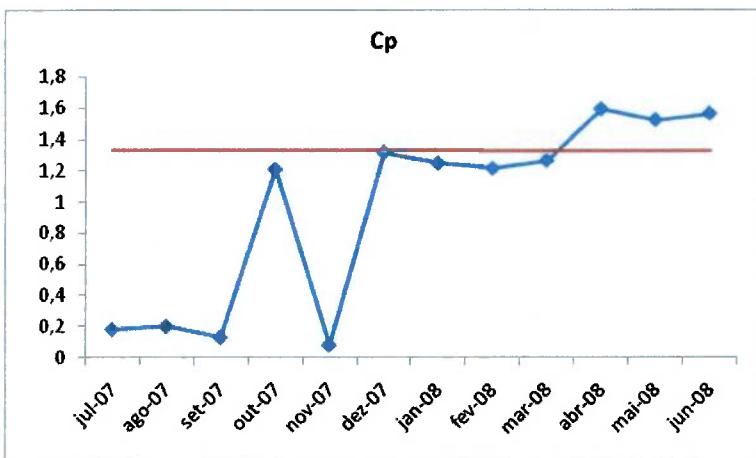


Gráfico 61 - Evolução da dispersão do KPC3

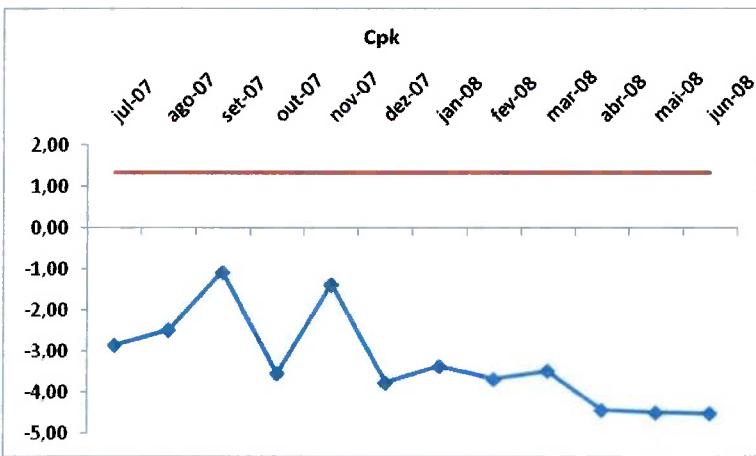
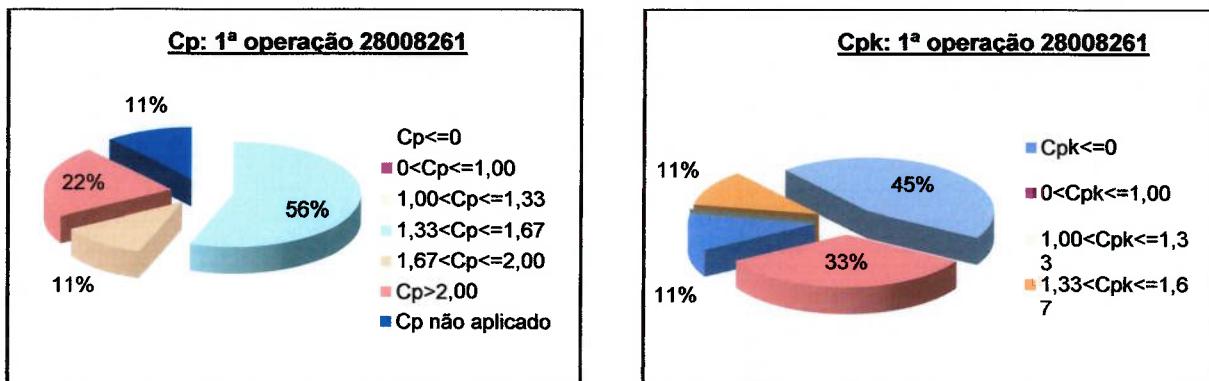
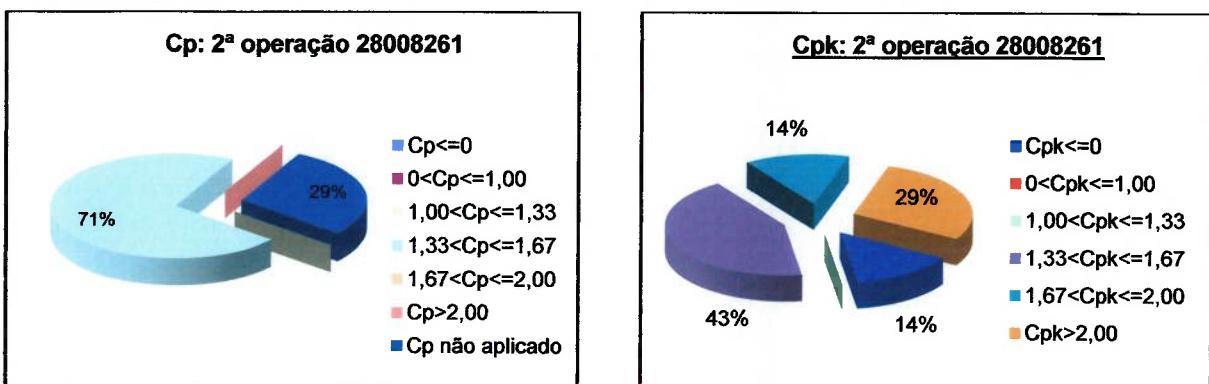
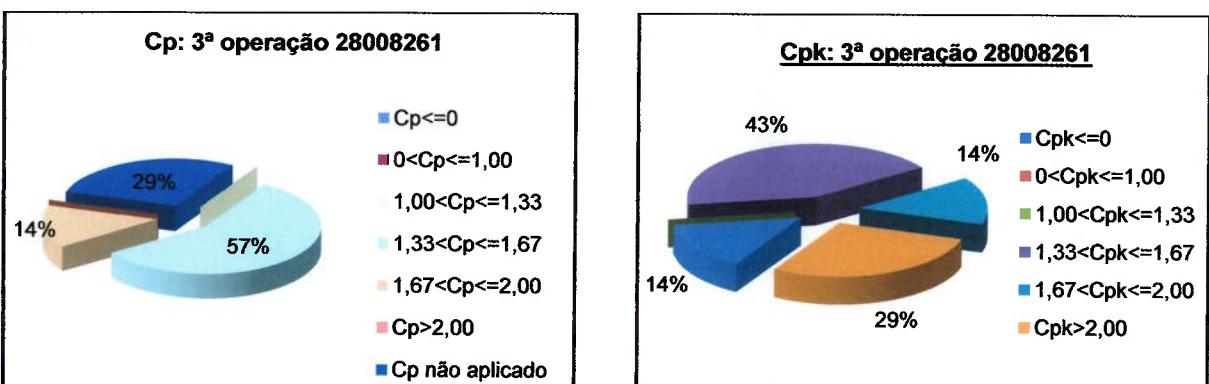
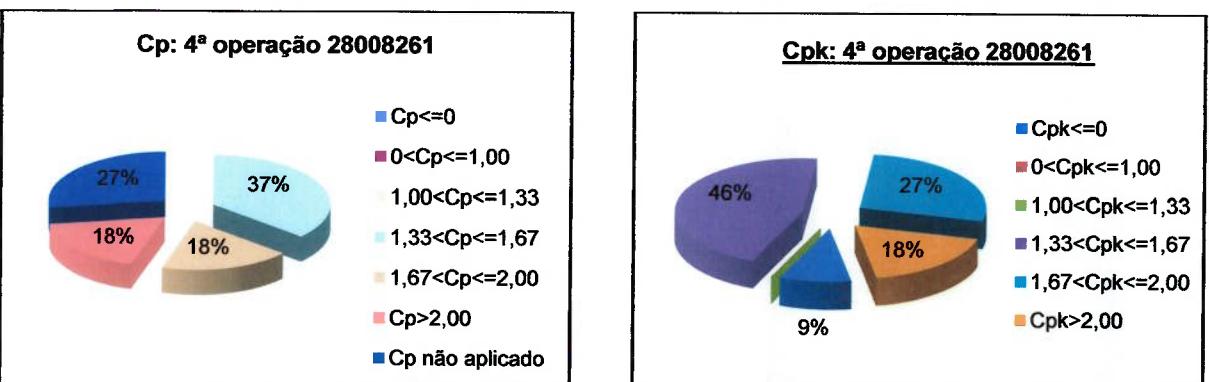


Gráfico 62 - Evolução da capacidade do KPC3

Após as ações implementadas, verificou-se o Cp e Cpk dos dados de entrada, conforme Gráfico 63 ao Gráfico 68.

Gráfico 63 - Cp e Cpk atual da 1^a operação 28008261Gráfico 64 - Cp e Cpk atual da 2^a operação 28008261Gráfico 65 - Cp e Cpk atual da 3^a operação 28008261Gráfico 66 - Cp e Cpk atual da 4^a operação 28008261

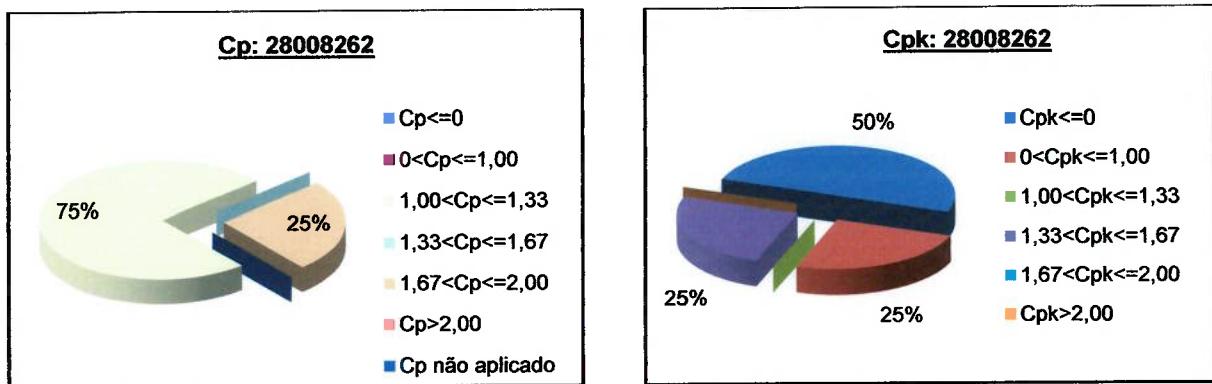


Gráfico 67 - Cp e Cpk atual do 28008262

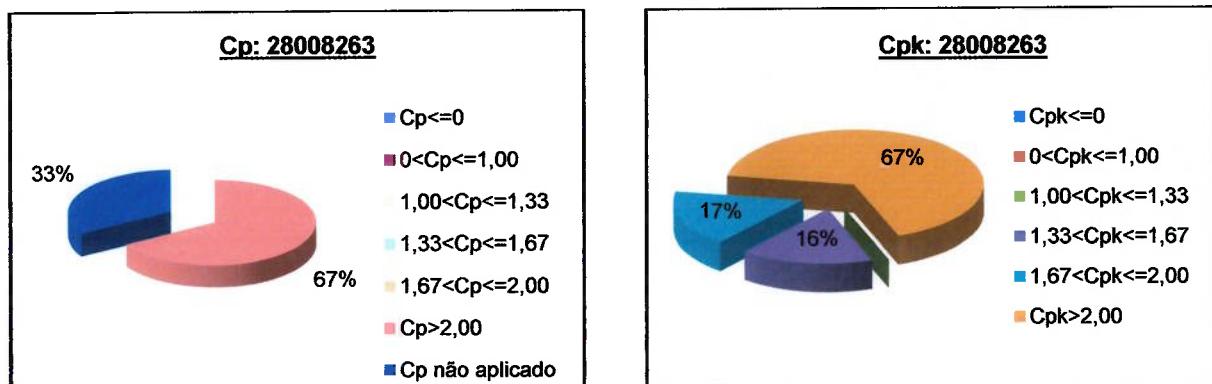
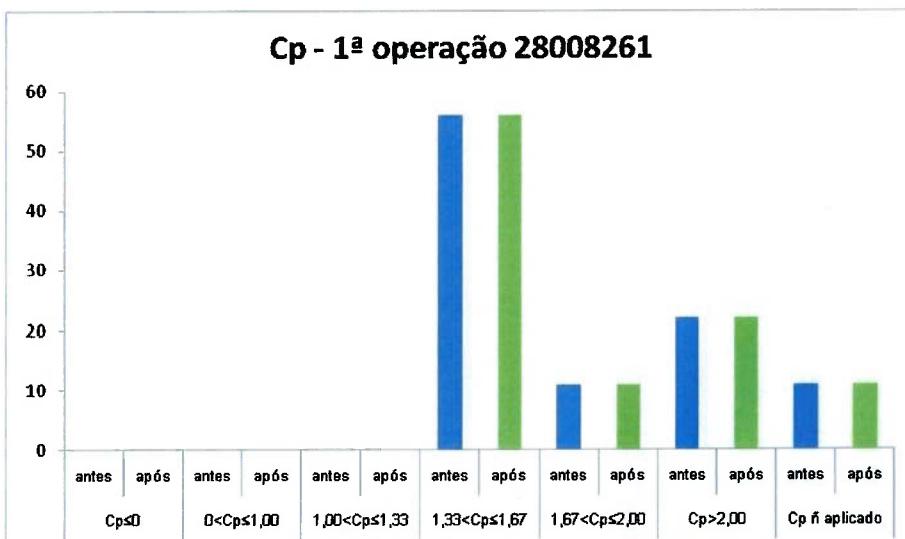


Gráfico 68 - Cp e Cpk atual do 28008263

A comparação dos valores de Cp e Cpk dos dados de entrada do início do projeto com aqueles após as ações de melhoria, estão explicados no Gráfico 69 até o Gráfico 80:

- 1^a operação do 28008261

Gráfico 69 - Evolução do Cp da 1^a operação do 28008261

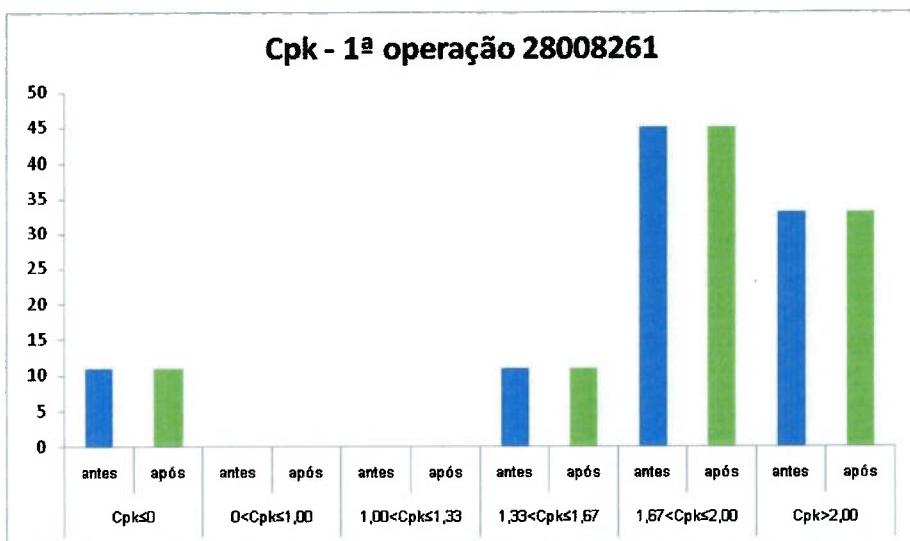


Gráfico 70 - Evolução do Cpk da 1^a operação do 28008261

Sem alterações antes e após as ações pois, não houve intervenção na ferramenta progressiva. O valor de Cpk compreendido na faixa Cpk<0, representa o blank maior em 0,5mm.

- 2^a operação do 28008261

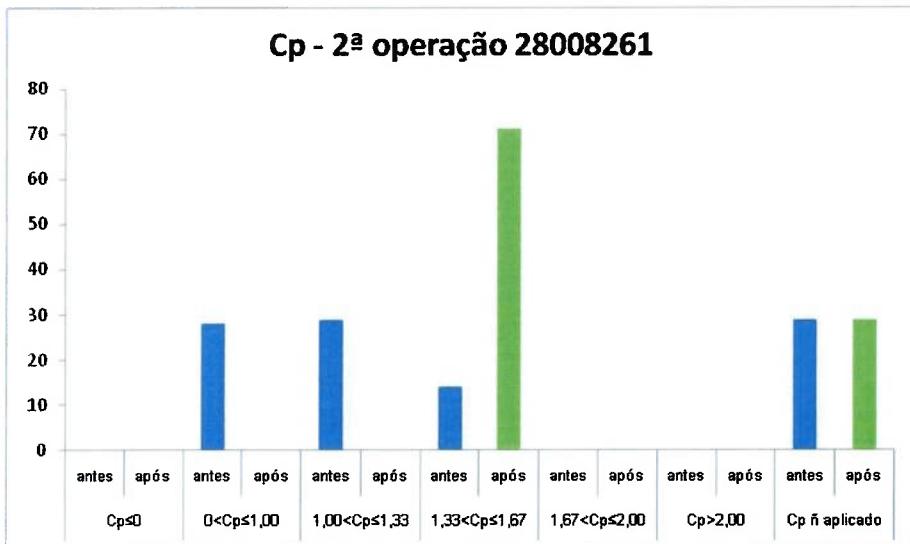


Gráfico 71 - Evolução do Cp da 2^a operação do 28008261

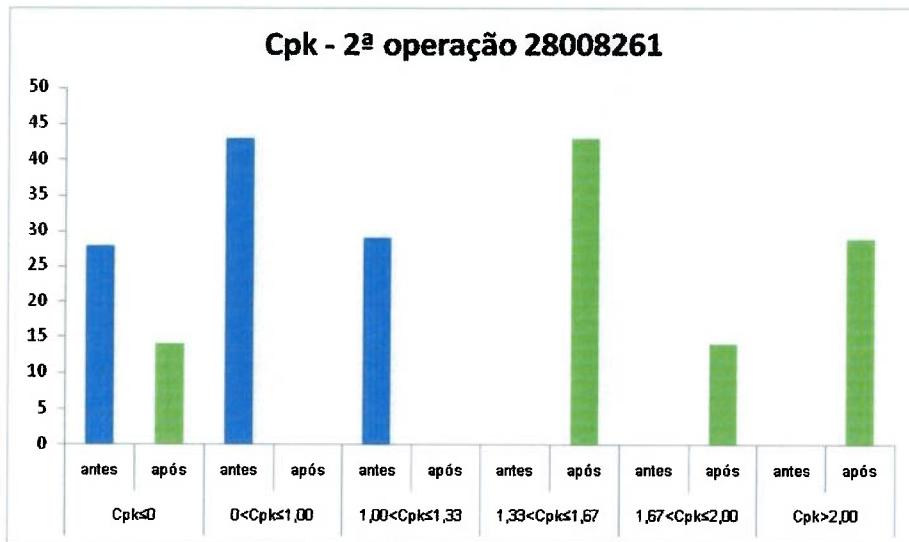


Gráfico 72 - Evolução do Cpk da 2^a operação do 28008261

A evolução dos valores de Cp e Cpk representam a modificação realizada na ferramenta da 2^a operação. O valor de Cpk compreendido na faixa Cpk<0, representa o blank maior em 0,5mm.

- 3^a operação do 28008261

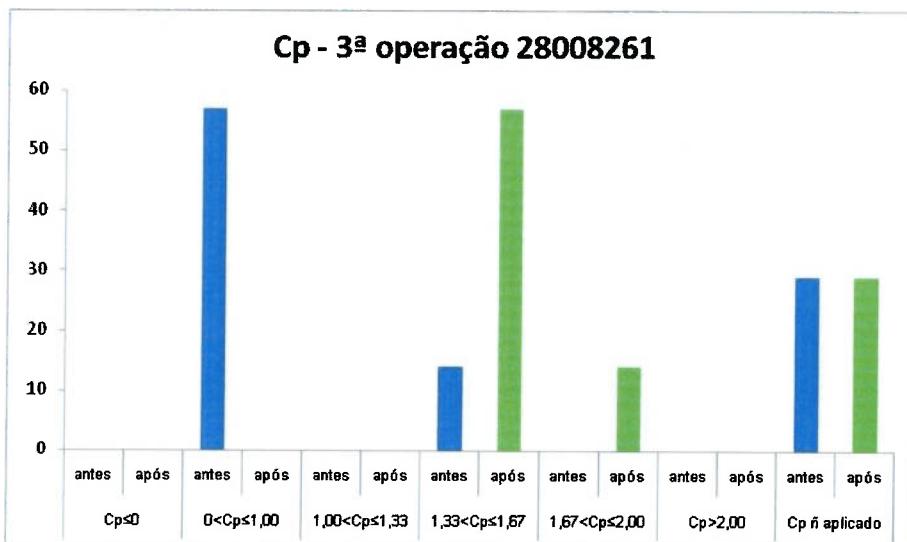


Gráfico 73 - Evolução do Cp da 3^a operação do 28008261

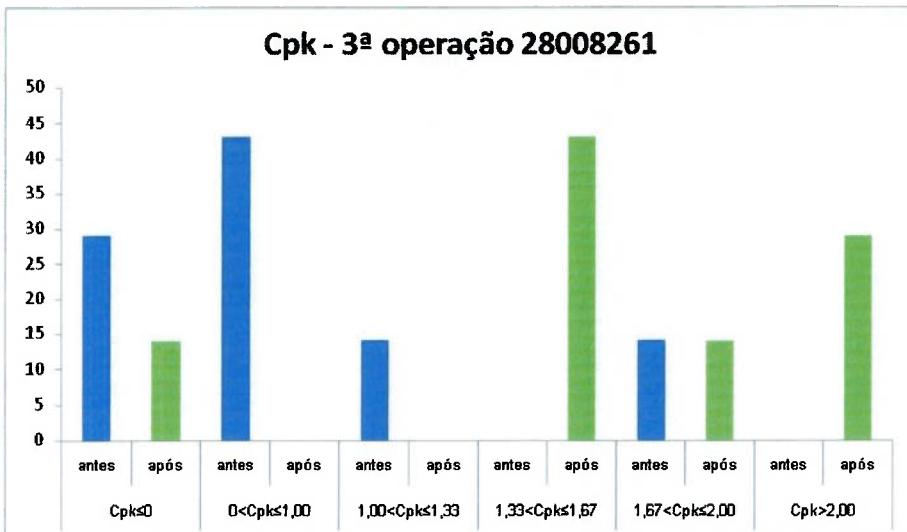


Gráfico 74 - Evolução do Cpk da 3^a operação do 28008261

A evolução dos valores de Cp e Cpk representam a modificação realizada na ferramenta da 3^a operação. O valor de Cpk compreendido na faixa Cpk<0, representa o blank maior em 0,5mm.

- 4^a operação do 28008261

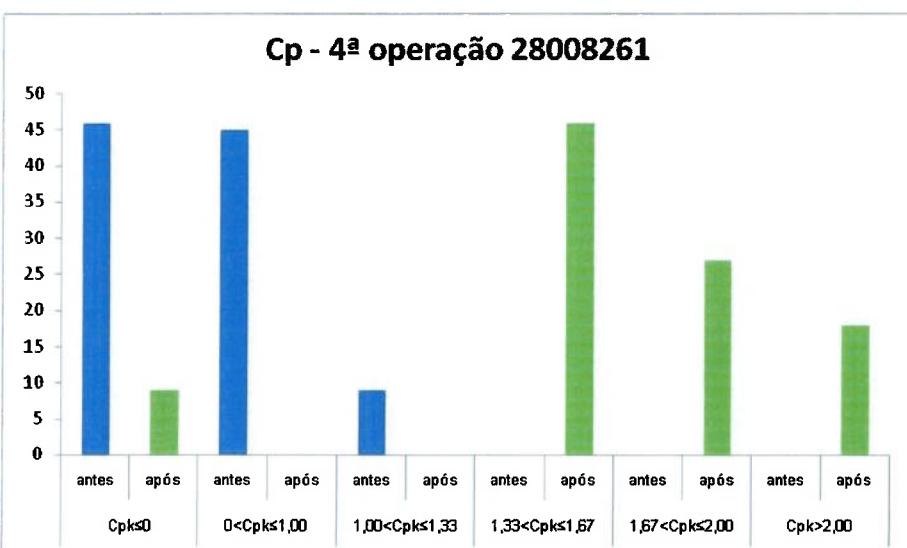


Gráfico 75 - Evolução do Cp da 4^a operação do 28008261

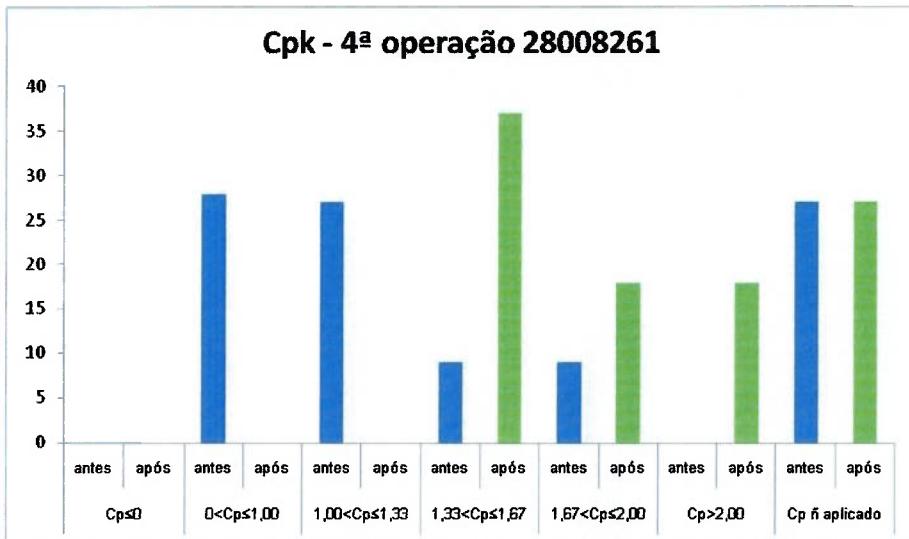


Gráfico 76 - Evolução do Cpk da 4^a operação do 28008261

A evolução dos valores de Cp e Cpk representam a modificação realizada na ferramenta da 4^a operação. O valor de Cpk compreendido na faixa Cpk<0, representa o blank maior em 0,5mm.

- 28008262

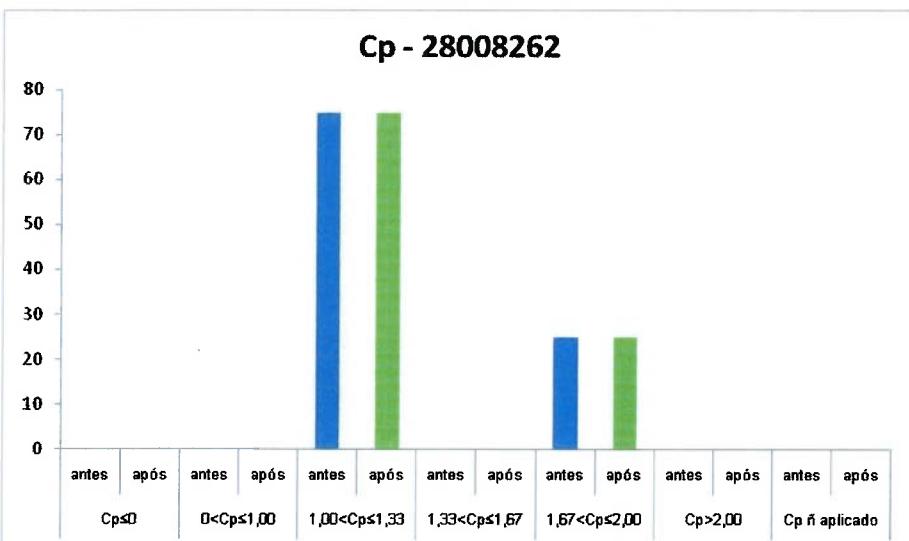


Gráfico 77 - Evolução do Cp do 28008262

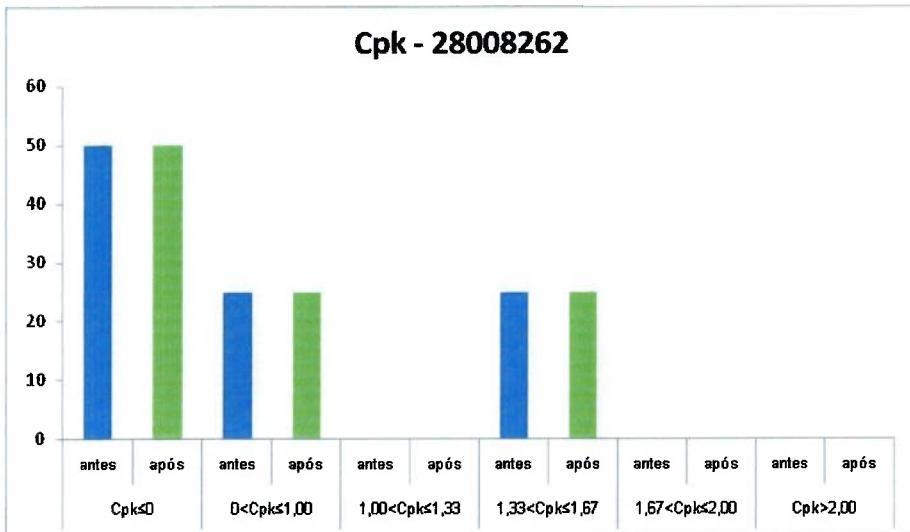


Gráfico 78 - Evolução do Cpk do 28008262

Sem alterações antes e depois das ações pois, não houve intervenção na ferramenta progressiva do componente.

- 28008263

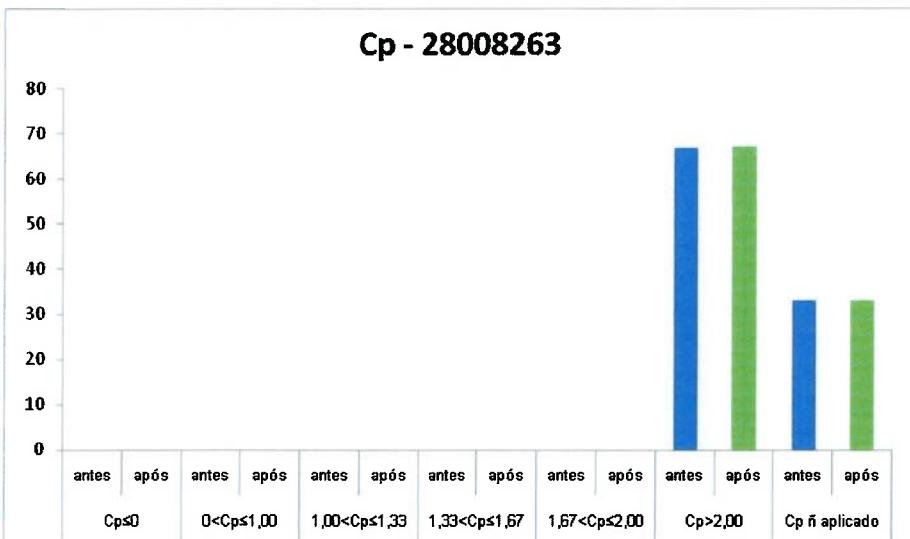


Gráfico 79 - Evolução do Cp do 28008263

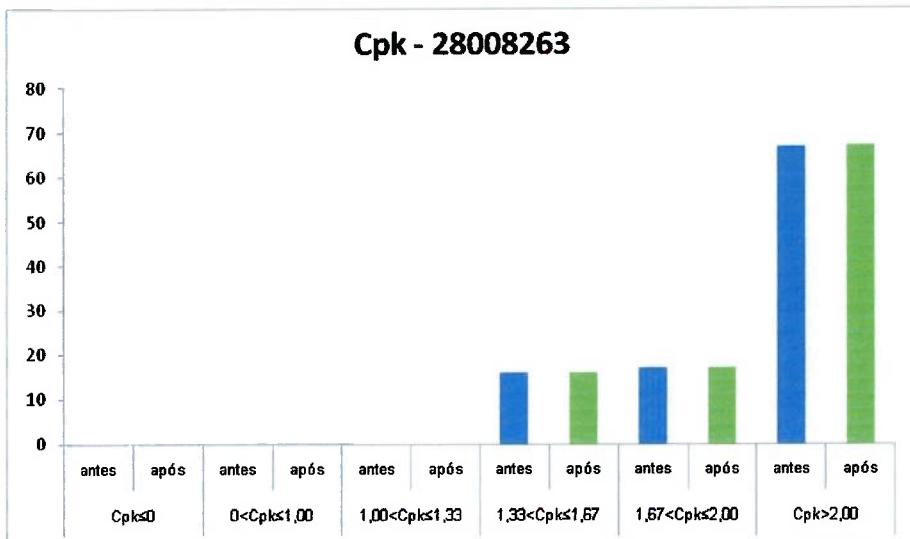


Gráfico 80 - Evolução do Cpk do 28008263

Sem alterações antes e depois das ações pois, não houve intervenção na ferramenta progressiva do componente.

4.7 Resultados obtidos

Resumidamente, o resultado do projeto está indicado na Tabela 12.

Tabela 12 - Resultado do projeto

	início do projeto	meta do projeto	final do projeto
parada de linha	1	0	0
contenção	sim	eliminar	eliminado
Cp	0,18	1,33≤Cp≤1,67	1,57
Cpk	-2,84	1,33≤Cpk≤1,67	-4,50 (*)

(*) se $136,84 \pm 0,13 \Rightarrow Cpk = 1,52$

4.8 A3 final

O A3 final apresentando o início do projeto até seu fechamento está visualizado na Figura 51.

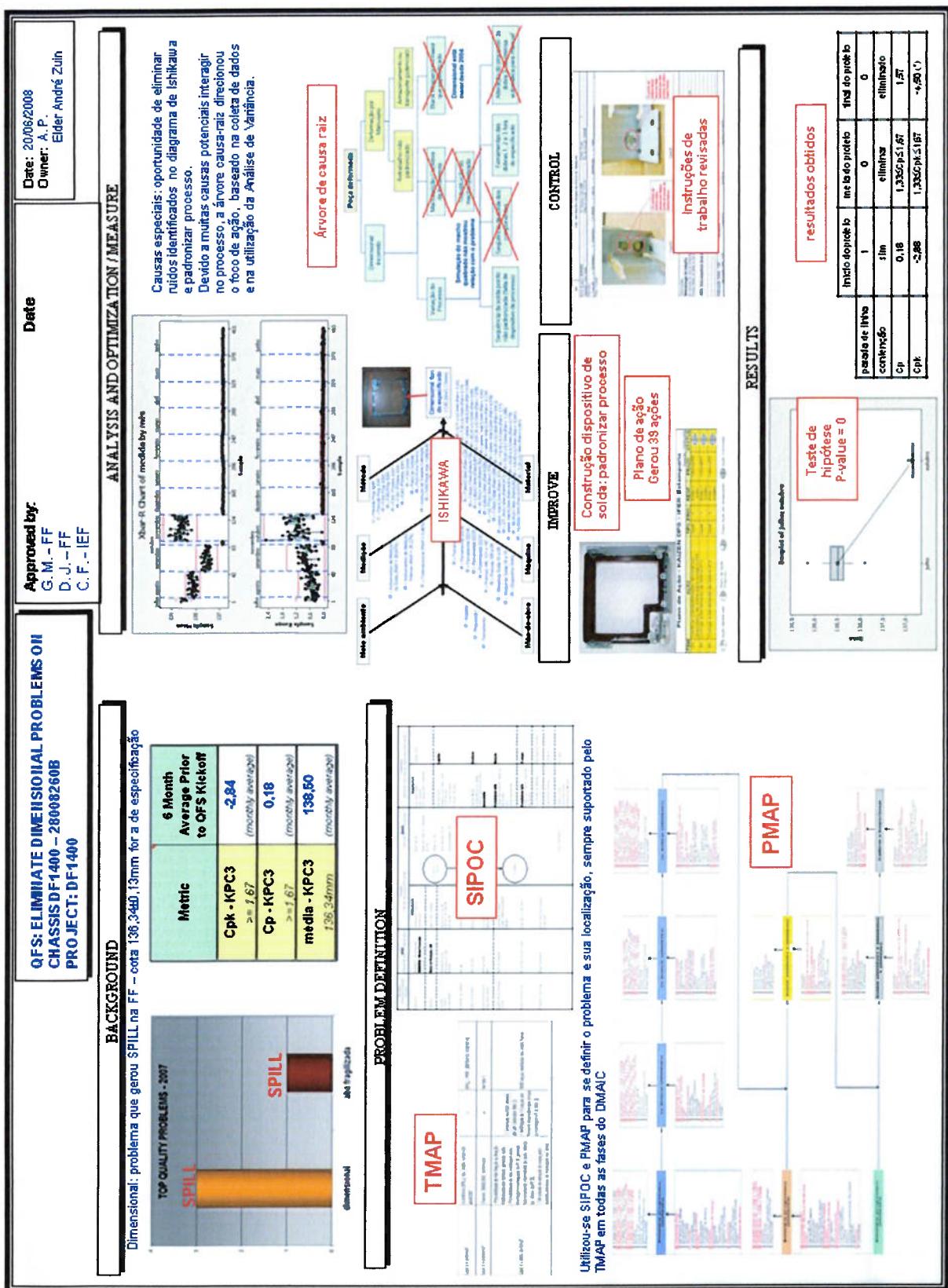


Figura 51 - A3 final

5 CONCLUSÕES

O monitoramento do processo estruturado e fundamentado em ferramentas estatísticas foram os elementos-chave para a descoberta das causas-raízes e, por consequência, o total domínio do processo. Além disso, o pensamento focado para o entendimento das dificuldades que o processo e/ou a produção enfrentam em seu dia a dia foi fundamental para visualizar o sintoma, direcionar o caminho para o problema e, posteriormente, para as causas.

O fato da utilização do instrumento de medição confiável, a adoção de dispositivos de processo, no caso, o de solda, e da padronização do trabalho, foram cruciais para a manutenção da melhoria alcançada em corridas piloto.

Outro fator importante é a fundamentação de tomadas de decisões baseadas em dados e não, no "achismo", pois, permite o correto direcionamento das análises sem a perda do foco nos objetivos iniciais.

Vale ressaltar que, este projeto, obteve a certificação *Six Sigma Green Belt* em junho de 2008.

Como sugestão de trabalhos futuros, recomenda-se refinar o estudo para o atendimento do Cpk maior que 1,67 para o KPC3. Para tanto, pode-se recorrer ao delineamento de experimentos (DOE).

6 REFERÊNCIAS

PANDE, P. S.; Neuman, R. P.; Cavanagh, R. R. **Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho.** 2^a reimpressão. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2004. 444 p.

ECKES, G. **A revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucros.** 7^a ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001. 272 p.

Six Sigma Pocket Guide. New revised edition. Massachusetts: Rath & Strong, 2006. 184 p.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Reimpressão 2006. Porto Alegre: Bookman, 2005. 320 p.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O modelo Toyota: manual de aplicação. Um guia prático para a implementação dos 4P's da Toyota.** Porto Alegre: Bookman, 2007. 432 p.

OHNO, T. **O sistema Toyota de Produção além da produção em larga escala.** Reimpressão 2006. Porto Alegre: Bookman, 1997. 152 p.

BUSSAB, W. de O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica.** São Paulo: Saraiva, 2006. 526 p.

LEAL, M.; KOBAIASHI, F. M. **Sessão 1 - Introdução.** Piracicaba: FF, 2007. 158 p. Apostila para treinamento e formação de *green belt*.

LEAL, M.; KOBAIASHI, F. M. **Sessão 2 - Introdução as Distribuições Não Normais & Distribuições Discretas.** Piracicaba: FF, 2007. 210 p. Apostila para treinamento e formação de *green belt*.

7 APÊNDICE

7.1 SIPOC - Wraparound 28008261C

Suppliers (Providers of required resources)	Inputs (Resources required by the process)	Processes (Top level description of the activity)	Outputs (Deliverables from the process)	Customers (Stakeholders who place the requirements on the outputs)
Rio Negro LPEEP	Bobina de aço eletrozincado LPEEP	Requisitos Materia-prima conforme especificação	Peças OK: 0% Peças não conforme - retrabalho 64,75%	Requirements Prazo determinado Onde controlada 100% peças conforme desenho Isenças de óleo
Logística	Ordem de Produção - OFs	Receber MP		
Logística Ferramentaria Bancadas	Prenses Ferramentas	Prenses OK Ferramentas OK Check list - F135	Retalho 35% Prazo	Onde de Peças Entrega no prazo determinado Tempo de ciclo: Progressiva: 1030 pcs/h 10. Dobrá: 260 pcs/h 20. Dobrá: 308 pcs/h 30. Dobrá: 260 pcs/h
ACEANA	Óleo AGEMIX	Óleo ótico	Produtividade	Logística
Preparador de máquina	Set-up	Check list - F143	Apontamento de produção	
Recursos Humanos	Mão de obra	Mão de obra capacitada	Relatório de Inspeção - F005 Consumo de óleo ótico	Qualidade Peças dentro de um padrão aceitável
Engenharia Processo / Segurança e Trabalho	Meio ambiente EPI	Luz, ergonomia, espaços adequados, EPIs conforme OF	Peças rejeitadas	Produção Produatividade: 94% Re fugo max 0,05% em relação ao faturamento Lucro Não ter desperdícios
Engenharia de Desenvol- vimento	Pano de Controle	Variáveis do processo / produto (FMEA/Fluxo) spe- cificadas	Soldar	Gerência Produção Produatividade: 94% Re fugo max 0,05% em relação ao faturamento
Engenharia Processo	Instrução de trabalho F202 Métodos operacionais	Auxílio visual Métodos operacionais		Engenharia de Processo Cumprimento dos Métodos
Qualidade / Metrologia	Método de Medição	Instrumentos específicados e calibrados		Segurança/ Ergonomia Operadores
				28008261C para soldar com a 280082635
				1a. Operação Solda

7.2 SIPOC - Bracket Connector 28008262A

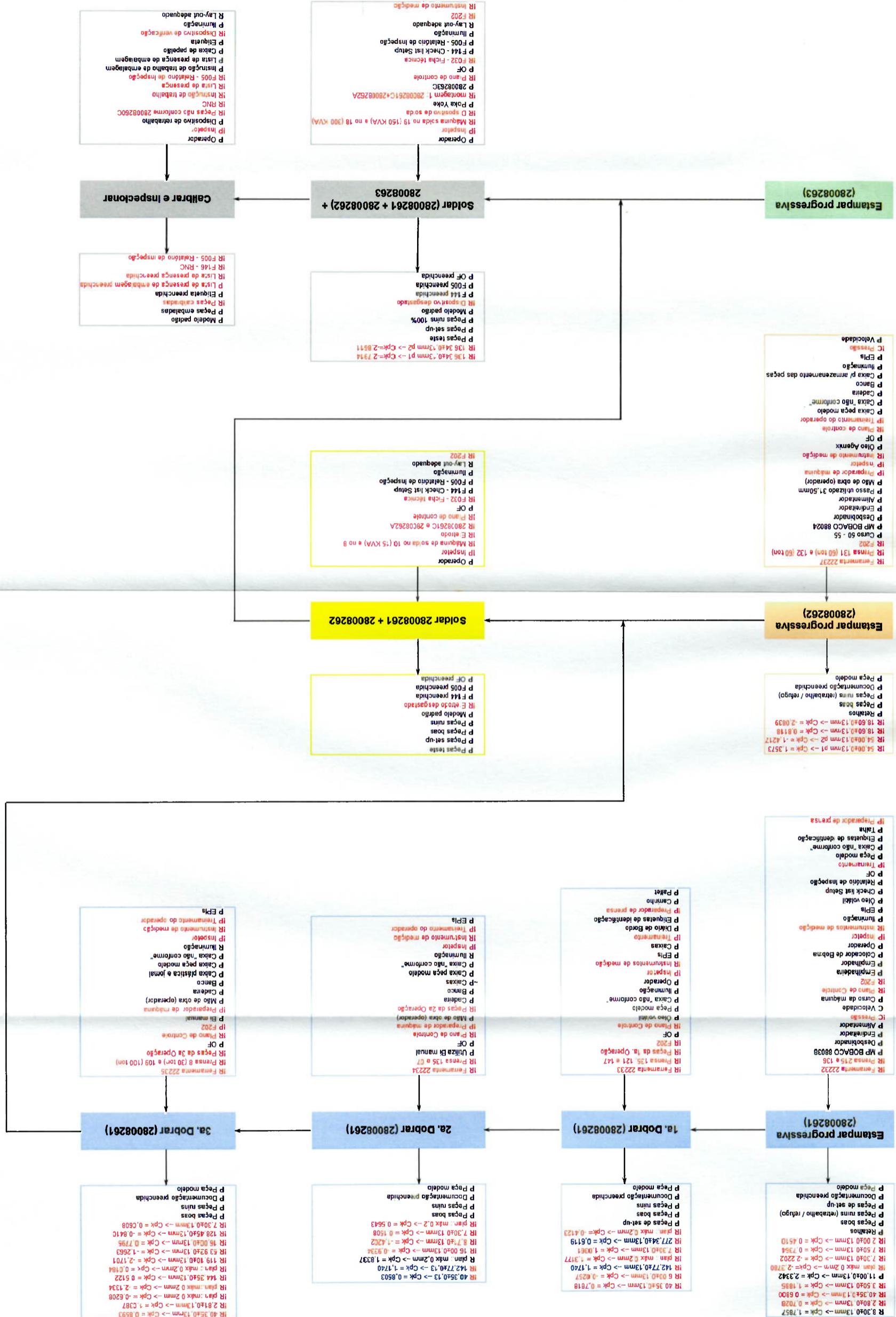
Suppliers (Providers of required resources)	Inputs (Resources required by the process)	Process (Top level description of the activity)	Outputs (Deliverables from the process)	Customers (Stakeholders who places the requirements on the outputs)
Rio Negro LF ENI	Bobina de aço eletrozincado Náitê-prima conforme especificação	Requisitos Náitê-prima conforme especificação	Pecas OK: 38,42% Pecas não conforme - retribalho	Requisitos Prazo determinado Cidade contratada 100% peças conforme desenho Isentas de ócio
Logística	Ordem de Produção - OF	Receber MP	Refigo: 0,006% Retailho: 61,58%	Logística Cidade de Peças Entrega no prazo determinado Tempo de ciclo: Progressiva: 2000 pcts/h
Logística Ferramentaria/Bancada	Prensa Ferramenta OK Check list - F135		Prazo	
AGENIA	Óleo AGEMIX Óleo viscoso		Produtividade	
Preparador de máquinas	Set-up	Apontamento de produção		Qualidade Lote identificado Peças dentro de um padrão aceitável
Recursos Humanos	Mão de obra	Relatório de inspeção - F005		
Engenharia Processo / Segurança Trabalho	Luiz, ergonomia, espacos adequados, EPIs com forma QF	Consumo de óleo viscoso		Produtividade: 94% Refugos: 0,05% em relação ao faturamento Lucro Não ter desperdícios
Engenharia de Desenvolvimento	EPI	E stampar (progressiva)		Gerência
Qualidade / Metrologia	Plano de Controle	Variáveis do processo / produto (FMEA/Fluxo) espe- cificadas		Produtividade: 94% Refugos: 0,05% em relação ao faturamento
			Soldar	Cumprimento dos Métodos Engenharia de Processo
				Segurança/ Ergonomia 28008262A para soldar com 28008261C + 28008263B
				Operadores 2a. Operação Solda

7.3 SIPOC - Bracket Front 28008263B

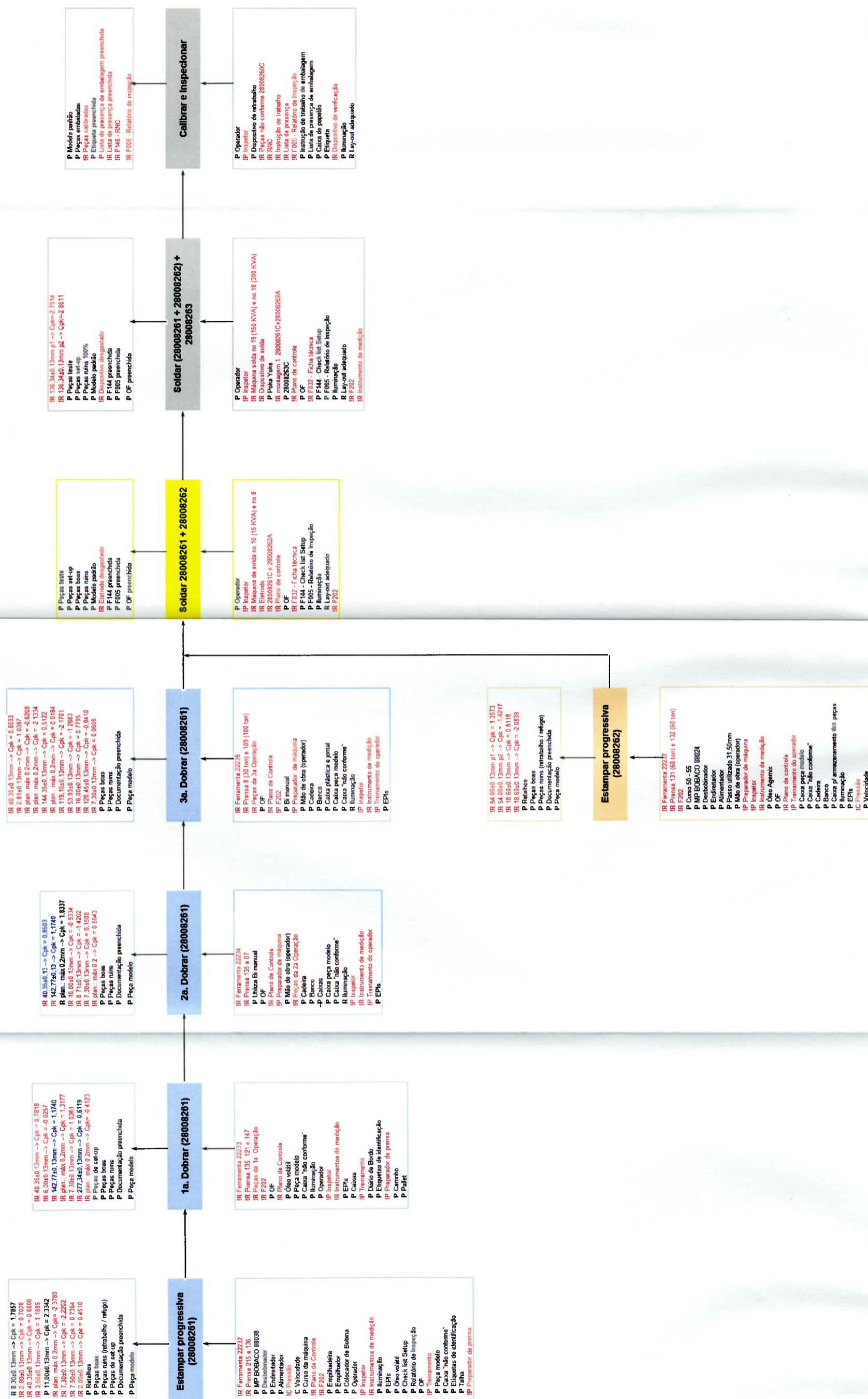
Suppliers (Providers of required resources)	Inputs (Resources required by the process)	Process (Top level description of the activity)	Outputs (Deliverables from the process)	Customers (Stakeholders who place the requirements on the outputs)
Rio Negro LF EH	Bobina de aço eletro zincado LF EH	Requerimentos Materia-prima conforme especificação	Peças OK: 51.41% Peças não conforme - retribalho	Prazo determinado Ok de contratação 100% peças conforme desenho Isentas de óleo
Logística	Ordem de Produção - OF	Ok de Prazo / Máquina	Refluxo: 0,06% Refluxo: 43,53%	Ok de Peças Entrega no prazo determinado Tempo de ciclo: Progressiva: 1200 pcs/n
Logística Ferramentaria/Bancada	Prensa Ferramenta Ferramenta	Check list - F135	Prazo	
AGENA	Óleo AGENIX	Óleo volátil	Produtividade	
Preparador de máquina	Set-up	Check list - F43	A ponteiração de produção Relatório de inspeção - F105	Lote identificado Peças dentro de um padrão aceitável
Recursos Humanos	Mão de obra	Mão de obra capacitada	Consumo de óleo volátil Peças obsoletas	Qualidade
Engenharia Processo / Segurança Trabalho	EPI	Luz, ergonomia, espaços adequados, EPIs conforme OF	Variáveis do processo / produto (FME/OFuxo) espe- cificadas	Produção Produitividade: 94% Refluxo: 0,05% em relação ao faturamento Lucro Não ter de aperfeiçoar
Engenharia de Desenvol- vimento	Plano de Controle			Cumprimento das Metas Produção: 94% Refluxo: 0,05% em relação ao faturamento
Qualidade / Metrologia	Meios de Medição	Instrumentos especificados e calibrados		Segurança/Ergonomia 28008263B para soldar com 28008263C
				1a. Operação Solda

7.4 SIPOC - Chassi 28008260C

Suppliers (Providers of required resources)	Inputs (Resources required by the process)	Process (Top level description of the activity)	Outputs (Deliverables from the process)		Customers (Stakeholders who place the requirements on the outputs)
			Requirements	Requirements	
Estamparia	28008261C - Wrappingaround 28008262A - Bracket Connector 28008263B - Frontplate	Componentes conforme especificação	Pecas OK: 0% Pecas não conforme - retribulio 99,37%	Prazo determinado Cide contratada 100% peças conforme desenho	FF
Logística	Ordem de Produção - OF	Ofde / Prazo / Máquina	Refugo: 0,02%	Cide de Peças Entrega no prazo determinado	Logística
Logística Produção Ferramentaria	Máquina de solda Dispositivo de solda Eletrodo	Máquina de solda OK Dispositivo de solda OK Eletrodo OK	Pecas de teste: 0,61% Prazo/Quantidade: 25%	Tempo de ciclo: 1c. Solda: 100 pcs/h 2c. Solda: 140 pcs/h	
Preparador de máquina	Set-up	Check list - F144	Apontamento de produção	Produtividade	
Recursos Humanos	Mão de obra	Mão de obra capacidade	Relatório de Inspeção - F005	Qualidade	
Engenharia Processo / Segurança Trabalho	Meio ambiente EPI	Luz, ergonomia, espaços adequados, EPIs conforme OF		Lote identificado Pecas dentro de um pacote aceitável conforme dispositivo desenvolvido	
Engenharia de Desenvolvimento	Plano de Controle	Variáveis do processo / produto (FMEA/Fluxo) espe- cificadas		Produatividade: 94% Re fugos: 0,03% em relação ao faturamento Lucro Não ter desperdícios	Gerência
Engenharia Processo	Parâmetros de solda - F032	Regulação e parâmetros		Produção Re fugos: 0,03% em relação ao faturamento	Produção
Qualidade / Metrologia	Meios de Medição	Instrumentos especificados e calibrados		Cumprimento dos Métodos	Engenharia de Processo
				Segurança/Ergonomia Operadores	
				Peças aprovadas Caixa CAIPA06025 Etiquetas de identificação	Embalagem
				Caixa CAIPA06025	



7,6 PMAP real



Phase	Questões	Respostas	Agões	Dados	Fotos e Gráficos
Qual é o sintoma?	Ocorrencia (parada de linha) na FF em 3d11/2007	SPILL - PR - 20070418-165839746	Ver foto 1	Foto 1	
Qual é o problema?	Chassis 28008260C deformaçao	—	—	—	
Qual é o efeito da falha?	Perdeu a capacidade de suportar pesos, gerando ruido, hidrocaudade das tampas, gerando ruido, Possibilidade de não tracado ou tracado, Contração e/ou dilatação de um calibrador (foto 2) e/ou montagem inadecuada da PCB, gerando stress na PCB.	—	—	5000 páginas refletidas na FF	
Como chegar no problema?	Artefatos de sinal de corrente da rede - parada de linha - PPM acumulado ate abr/2007 = 114	—	—	—	
Qual é o processo (operações) precsa	3º op. progressiva, 2º op. dobrar, Colocar dados para 30 amostas de pesos para operações de montagem e reabilitar estoque estatístico - operações de solda	—	—	Vide matriz e-Não é	
Onde está o problema?	O bloco frontal 28008263.	—	—	—	
Qual é o problema?	28008261C: 1º op. progressiva, 2º op. dobrar, Colocar dados para 30 amostas de pesos para operações de montagem e reabilitar estoque estatístico - operações de solda	—	—	—	
Qual é o problema?	6.0.0±0.13mm --> Cpk = 0.7818	—	—	—	
Qual é o problema?	0.03±0.13mm --> Cpk = 0.257	—	—	—	
Qual é o problema?	142.77±0.13mm --> Cpk = 1.1740	—	—	—	
Qual é o problema?	15.9±0.13mm --> Cpk = 1.3177	—	—	—	
Qual é o problema?	142.77±0.13mm --> Cpk = 1.1740	—	—	—	
Qual é o problema?	10.35±0.13mm --> Cpk = 0.9503	—	—	—	
Qual é o problema?	15.9±0.13mm --> Cpk = 1.31740	—	—	—	
Qual é o problema?	14.277±0.13mm --> Cpk = 0.6119	—	—	—	
Qual é o problema?	7.30±0.13mm --> Cpk = 0.1529	—	—	—	
Qual é o problema?	7.30±0.13mm --> Cpk = 0.14202	—	—	—	
Qual é o problema?	8.71±0.13mm --> Cpk = 1.4202	—	—	—	
Qual é o problema?	11.9±0.13mm --> Cpk = 0.12663	—	—	—	
Qual é o problema?	15.9±0.13mm --> Cpk = 0.1949	—	—	—	
Qual é o problema?	12.845±0.13mm --> Cpk = 0.1940	—	—	—	
Qual é o problema?	18.6±0.13mm --> Cpk = 0.1839	—	—	—	
Qual é o problema?	136.34±0.13mm (a) --> Cpk = -2.7914	—	—	Gráfico do 8260	
Qual é o problema?	136.34±0.13mm (b) --> Cpk = -2.7914	—	—	—	
Qual é o problema?	136.34±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2861	—	—	Gráfico da 4º op. 8261	
Qual é o problema?	136.34±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2862	—	—	—	
Qual é o problema?	30.0±0.13mm (a) --> Cpk = 1.1217	—	—	Gráfico do 8262	
Qual é o problema?	30.0±0.13mm (b) --> Cpk = 1.1217	—	—	—	
Qual é o problema?	30.0±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2863	—	—	—	
Qual é o problema?	30.0±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2864	—	—	—	
Qual é o problema?	36.34±0.13mm (a) --> Cpk = 1.1334	—	—	—	
Qual é o problema?	36.34±0.13mm (b) --> Cpk = 1.1334	—	—	—	
Qual é o problema?	36.34±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2865	—	—	—	
Qual é o problema?	36.34±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2866	—	—	—	
Qual é o problema?	39.0±0.13mm (a) --> Cpk = 1.1334	—	—	—	
Qual é o problema?	39.0±0.13mm (b) --> Cpk = 1.1334	—	—	—	
Qual é o problema?	39.0±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2867	—	—	—	
Qual é o problema?	39.0±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2868	—	—	—	
Qual é o problema?	41.45±0.13mm (a) --> Cpk = 1.1334	—	—	—	
Qual é o problema?	41.45±0.13mm (b) --> Cpk = 1.1334	—	—	—	
Qual é o problema?	41.45±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2869	—	—	—	
Qual é o problema?	41.45±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2870	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 1.1334	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 1.1334	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2871	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2872	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2873	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2874	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2875	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2876	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2877	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2878	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2879	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2880	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2881	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2882	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2883	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2884	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2885	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2886	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2887	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2888	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2889	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2890	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2891	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2892	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2893	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2894	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2895	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2896	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2897	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2898	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2899	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2900	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2901	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2902	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (a) --> Cpk = 0.2903	—	—	—	
Qual é o problema?	44.15±0.13mm (b) --> Cpk = 0.2904	—	—	—	<img alt="Photograph of a chassis component showing a dimension of 44.15±0.13mm."/

7.8 TMAP - fase MEASURE

MEASURE

Fase	Questões	Respostas	Ações	Dados	Fotos e Gráficos
	O que medir? Como chegou a esta conclusão?	Cota de $136,34 \pm 0,13$ mm do chassis 28008260C. Esta dimensão, além de ser a KPC 3, é a que melhor representa a deformação em estudo.	—	—	Tracador de Altura 05/001 + Rel. Apalpador 04/011
	O sistema de medição está aceitável?	Esta cota pode ser medida utilizando-se o tracador de altura + relógio comparador ou a tridimensional, porém, ainda, sem resultado do MSA.	Fazer estudo de MSA para estes equipamentos.	Os estudos foram realizados durante o planejamento do Kaizen e, o resultado para a tridimensional foi satisfatório, ou seja, os resultados das medições da tridimensional são mais confiáveis que os resultados do relógio apalpador.	Tracador de Altura 05/001 + Rel. Apalpador 04/011
	Qual o resultado do MSA do relógio apalpador 04/011 e do tracador de altura 05/001? Qual o R&R? Está aceitável? Tem boa discriminação? Existe alguma tendência entre os operadores (BIAS)?	Tivemos os seguintes resultados de R&R do relógio apalpador 04/011+ tracador de altura 05/001: 28,65% em relação a variação, 78,70% em relação a tolerância; NDC=4; apresentando instabilidade. Ou seja, inaceitável.	Definir outro equipamento.	Estudos realizados durante o planejamento do Kaizen.	Tracador de Altura 05/001 + Rel. Apalpador 04/011
	Qual o resultado do MSA do relógio apalpador 04/037 e do tracador de altura 05/018? Qual o R&R? Está aceitável? Tem boa discriminação? Existe alguma tendência entre os operadores (BIAS)?	Tivemos os seguintes resultados de R&R do relógio apalpador 04/037+ tracador de altura 05/018: 28,22% em relação a variação; 80,03% em relação a tolerância; NDC=4; apresentando instabilidade. Ou seja, inaceitável.	Definir outro equipamento.	Estudos realizados durante o planejamento do Kaizen.	Tracador de Altura 05/018 + Rel. Apalpador 04/037
	Qual o resultado do MSA da tridimensional? Qual o R&R? Está aceitável? Tem boa discriminação? Existe alguma tendência entre os operadores (BIAS)?	Tivemos os seguintes resultados de R&R da tridimensional: 5,43% em relação a variação; 31,19% em relação a tolerância; NDC=25. Aceitável!	—	Estudos realizados durante o planejamento do Kaizen.	Tridimensional
	Como a medição deve ser feita? A FF mede da mesma maneira que a IEF?	Primeiramente, deve-se traçar um plano que passe pelo centro dos dois repuxos, localizados nas bases da frontal (280082638). Depois, "bater" dois pontos na face "baseira" (wraparound) (28008261C), um próximo ao "top" da base e, outro, na extremidade oposta. E, finalmente, subtrair a espessura. Afinalmente, a FF dimensiona exatamente desta maneira.	Solicitado à FF a maneira de dimensionar a peça, de maneira a padronizar.	Conforme e-mail enviado em 21/08/2007 pelo Sebastián Cálio.	Tridimensional
	Em que etapa do processo esta cota deve ser medida?	Após a última operação de solda e antes da calibração. Desta maneira, monitora-se quanto caiu ou não é o processo.	—	—	Tridimensional
	As amostras coletadas confirmam o histórico do problema analisado? A meta deve ser mantida?	Confirmam, porém, afirmávamos que esta cota já apresentou-se, um dia, dentro do especificado. Porém, este fato foi descartado, quando detectarmos que o blank está 0,5mm maior que o especificado. Este fator é determinante para deixar a cota de 136,34mm maior que o especificado, porém dentro de um limite aceitável. O problema está em encontrar a causa raiz que fez com que esta dimensão ficasse além deste valor aceitável.	Realizado a primeira semana Kaizen na semana 30 de 2007 e foi encontrado uma causa raiz.	Apresentação do Kaizen	Tridimensional
	Qual a capacidade do KPC3? Os dados são normais? Como foi feita a coleta das amostras? Qual o valor de Cpk especificado pela FF?	Cpk = -2,84 para o ponto mais crítico, ou seja, todas as peças fora do especificado. Os dados coletados são normais: P-value = 0,420. As amostras foram coletadas ao "pé da máquina", sequencial, 30 peças, de maneira que representasse um instante de produção. O valor de Cpk especificado é maior ou igual a 1,67.	—	Vide análise de capacidade e verificação da normalidade anexas.	Capabilidade do KPC3 e normalidade
	Qual o indicador de desempenho deste processo? Como podemos assegurar que o processo está melhorando?	O indicador utilizado é o estudo estatístico, pois trata-se de cota crítica. Ele assegura a melhoria no processo, pois monitora a dispersão e a capacidade do processo, referente a um valor especificado.	—	Vide desenho 28008260C revisão C (15/02/2006)	Capabilidade do KPC3 e normalidade

ANALYZE

7.10 TMAP - fase IMPROVE

IMPROVE

Fase	Questões	Respostas	Ações	Dados	Fotos e Gráficos
	Quais as ações que deverão ser tomadas? Quais prazos?	1. Alteração da sequência da solda ponto do bracket connector em relação ao wraparound (prazo: 27.Jul.2007) 2. Ações do kaizen: 30 dias - Eliminação da folga existente na primeira operação de dobra (prazo: 25.Ago.2007); - Estudar a possibilidade da alteração da sequência de solda dos componentes (prazo: 25.Ago.2007).	—	Conforme indicado no COV realizado durante a semana Kaizen	Gráfico: capacidade e normalidade agosto/2007 Gráfico: capacidade e normalidade setembro/2007 Gráfico: capacidade e normalidade novembro/2007 Gráfico: capacidade e normalidade dezembro/2007
	As ações foram implementadas? Qual o período de monitoramento? Qual o resultado?	A alteração da sequência de solda ponto foi implementada durante a semana kaizen. A ação referente a folga na 1ª op. de dobra foi concluída em 17.Ago.2007. Já a outra ação, foi cancelada, pois, no passado, foram entregues peças faltando o bracket connector. Na época, a solução encontrada para evitar esta ocorrência, foi que o frontal seria soldado primeiro e, depois, a outra peça. E, que nesta última solda, seria introduzido um sensor à prova de erros, de tal maneira que, não fosse possível completar a operação de solda. O período de monitoramento foi os meses de agosto e setembro de 2007 (200 amostras). O resultado desta ação não foi satisfatório, ou seja, não ocorreu a redução da dispersão e da capacidade esperada.	Retomar para a fase ANALYZE e investigar as variações.	Gráficos de capacidade e normalidade de agosto e setembro de 2007	Gráficos de capacidade e normalidade de novembro de 2007 Monitoramento: abril - junho de 2008
	[RETORNANDO DA FASE ANALYZE]	As correções das ferramentas de dobra foram realizadas? A produção do mês de novembro foi monitorada? Qual resultado?	Retomar para a fase ANALYZE e investigar as variações.	Gráficos de capacidade e normalidade de novembro de 2007	Gráficos de capacidade e normalidade de dezembro/2007
	[CONTINUAÇÃO]	A retirada dos destacadores resolveu o problema?	Sim, conforme resultado obtido na produção de dezembro de 2007	Continuar o monitoramento	Gráficos de capacidade e normalidade de dezembro de 2007
	[CONTINUAÇÃO]	Os resultados obtidos nos meses de janeiro, fevereiro e março foram satisfatórios?	Analizando estes três meses de produção, verifica-se a estabilidade do processo, a manutenção da média e, também, da dispersão porém, a dispersão ainda não atingiu o valor considerado adequado. Deve ser a mesma proporção do Cpk, ou seja, entre 1,33 e 1,67. No mês de janeiro, o índice foi de 1,25. Em fevereiro, 1,22 e, em março, 1,17.	Retomar para a fase ANALYZE para adequar o Cp	Gráfico de monitoramento de janeiro a março de 2008
	[RETORNANDO DA FASE ANALYZE]	Os resultados obtidos após a utilização do dispositivo de solda foram satisfatórios?	Sim. A utilização de um dispositivo para a primeira operação de solda garante o valor do Cp dentro dos limites especificados antes do início do projeto	—	Gráfico de monitoramento de abril a junho de 2008

7.11 TMAP - fase CONTROL

Fase	Questões	Respostas	Ações	Dados	Fotos e Gráficos
	Como estão sendo controladas as ações implementadas?	Elaborou-se uma instrução de trabalho para a solda ponto	—	instrução de trabalho	Instrução de trabalho - solda ponto
	Como a deformação está sendo monitorada atualmente?	Através de um dispositivo de controle que simula a montagem da placa de circuito impresso	—	Foto 1	Foto 1
	Quais foram os resultados obtidos no projeto?	1. parada de linha. No início do projeto tinha-se uma. A meta era zero. O resultado é zero. 2. contaminação. No início do projeto tinha-se contaminação. A meta era eliminar. O resultado é a eliminação. 3. Cp. No início do projeto 0,18. A meta era entre 1,33 e 1,67. O resultado é 1,57. 4. Cpk. No início do projeto 2,88. A meta era entre 1,33 e 1,67. O resultado é 4,50, porém, vale ressaltar que se o blank não estivesse 0,5mm maior que o especificado, o Cpk seria de 1,52.	—	—	—