

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Alexandre dos Santos

**ESTUDO DA ESTABILIZAÇÃO DIMENSIONAL DE ESTRUTURA
METÁLICA SOLDADA PARA A CONFIABILIDADE DO PROCESSO
AUTOMOBILÍSTICO**

**Taubaté – SP
2016**

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Alexandre dos Santos

**ESTUDO DA ESTABILIZAÇÃO DIMENSIONAL DE ESTRUTURA
METÁLICA SOLDADA PARA A CONFIABILIDADE DO PROCESSO
AUTOMOBILÍSTICO**

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização pelo Curso de Engenharia da Qualidade *Lean Six Sigma/ Green Belt* pelo Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Álvaro Azevedo Cardoso,
PhD.

**Taubaté – SP
2016**

ALEXANDRE DOS SANTOS

**ESTUDO DA ESTABILIZAÇÃO DIMENSIONAL DE ESTRUTURA
METÁLICA SOLDADA PARA A CONFIABILIDADE DO PROCESSO
AUTOMOBILÍSTICO**

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização pelo Curso de Engenharia da Qualidade *Lean Six Sigma/ Green Belt* pelo Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Data: ____/____/____

Resultado: _____

AVALIAÇÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD – Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof^a. Juliana de Lima Furtado – BB - Ford Taubaté

Assinatura _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa Rosana Cristina e aos meus filhos Maria Cecília, Luiz Augusto e Maria Luiza pelo companheirismo e pela paciência necessária à minha dedicação ao curso.

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento especial a Deus, por permitir mais esta conquista.

Ao Professor Álvaro Azevedo Cardoso, PhD, meu orientador por sua atenção e constante disposição em me atender sempre que necessário e por sua magnífica orientação.

Ao corpo docente do curso de Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma Green Belt da UNITAU pela responsabilidade demonstrada na construção de conhecimentos. Estendo também meus agradecimentos à Secretaria do Programa de Especialização, a Senhora Helena Barros Fiorio pelo apoio recebido.

Agradeço especialmente, ao Sr. M. A. Marcon Gusmão, Supervisor Técnico da Área de Manufatura Armação e o Sr. Antônio Cesar Porto da Motta, Auditor de Processo da Área de Qualidade Assegurada, ambos da empresa Volkswagen do Brasil, unidade de Taubaté-SP, que tornou possível a conclusão deste trabalho.

Obrigado a todos

A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.

Albert Einstein

RESUMO

O presente trabalho trata da melhoria no processo de fabricação de estrutura metálica soldada, dentro de uma célula de produção de uma empresa automobilística. O objetivo do trabalho é obter resultados positivos de estabilização do processo que atende o índice 1,33 do C_p (processo estável), através do Controle Estatístico do Processo (CEP) e com o auxílio das Ferramentas Estatísticas. Um fator-chave para o ganho de produtividade e qualidade de seus produtos se a empresa quiser sair à frente na corrida da concorrência do mercado atual. Com essas metodologias em mãos foi gerenciado o trabalho com a equipe técnica, onde realizou o dimensionamento das cotas funcionais e de importância de montabilidade na carroceria, num total de 30 amostras para gerar a carta de controle estatístico do processo. E nesse período da análise das medições foram feitos ajustes no processo para a obtenção dos resultados com o efeito nos ganhos de horas trabalhadas pela área de ferramentaria, reduzindo em 29,4% em média as horas de reparo na ilha produtiva. Resultados esses através de gerenciamento estatístico do processo, que garantiram o atendimento da estabilidade do processo e a permanência e a garantia da característica da qualidade do produto. Conclui-se que trabalho como esse realizado, solidifica a confiança no processo quando implanta o gerenciamento estatístico do processo, qualificando seus colaboradores em busca do melhor resultado.

Palavras-chave: Qualidade, Produtividade, Estruturas Soldadas, Controle Estatístico do Processo (CEP) e Ferramentas Estatísticas.

ABSTRACT

This paper deals with the improvement in welded metal structure fabrication process, within a cell producing an automobile company. The objective is to achieve positive results process of stabilization that meets the index 1.33 Cp (stable process) through the Statistical Process Control (SPC) and with the assistance of Statistics Tools. A key factor for the gains in productivity and quality of their products if the company wants to come out ahead in the race of competition on the market today. With these methodologies on hand the work was managed with the technical team, which carried out the design of functional dimensions and importance of rideability in the back, a total of 30 samples to generate the letter of statistical process control. And in the period of analysis of measurements were made on the process for obtaining the results the effect on gain hours worked by the tooling area, reducing by 29.4% on average in the time of repair production island. These results through statistical process management, which ensured the process stability of the service and the stay and the guarantee of quality characteristic of the product. We conclude that job like this done, solidifies confidence in the process when you deploy the statistical process management, qualifying its employees in pursuit of better results.

Keywords: Quality, Productivity, Welded Structures, Statistical Process Control (SPC) and Statistical Tools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Conceito de Processo Produtivo.....	16
Figura 02 – Processo básico de soldagem MIG/ MAG.....	21
Figura 03 – Processo MIG/ MAG GMAW (Gas Metal Arc Welding).....	22
Figura 04 – Gráfico de Controle de um processo instável.....	28
Figura 05 – Fórmula de Probabilidade.....	31
Figura 06 – Fórmula de Amplitude.....	32
Figura 07 – Fórmula da Média.....	32
Figura 08 – Fórmula da Variância.....	32
Figura 09 – Fórmula do Coeficiente de Variação.....	33
Figura 10 – Correlação Linear Positiva.....	34
Figura 11 – Correlação Linear Negativa.....	34
Figura 12 – Fórum da Reunião do Sistema da Qualidade para o CEP.....	36
Figura 13 – Diagrama de Causa e Efeito.....	40
Figura 14 – Carta de Controle Estatístico.....	43
Figura 15 – Controle de Horas Trabalhadas do Setor Ferramentaria.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Planilha eletrônica do Banco de Dados as Sala de Medidas.....	37
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Planilha das Funções Significativas/ Críticas.....	36
Quadro 02 – Histograma.....	38
Quadro 03 – Planilha do Método do Por que.....	39
Quadro 04 – Planilha do Plano de Ação (in line).....	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. CONTEXTO.....	13
1.2. JUSTIFICATIVA.....	13
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.3.1. Objetivo Geral.....	14
1.3.2. Objetivos Específicos.....	14
1.4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	15
1.5. RELEVANCIA.....	15
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. QUALIDADE.....	16
2.2. PRODUTIVIDADE.....	19
2.3. ESTRUTURAS SOLDADAS.....	21
2.3.1. MIG/ MAG.....	21
2.3.2. Soldagem a ponto por resistência.....	24
2.3.3. Solda Laser.....	26
2.4. CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO.....	27
2.5. FERRAMENTAS ESTATÍSTICA.....	29
3. METODOLOGIA	36
3.1. Método do Por que.....	39
3.2. Diagrama de Causa e Efeito.....	40
3.3. Planejamento de Ações.....	41
4. RESULTADOS	42
4.1. Carta de Controle Estatístico - CEP.....	43
4.2. Controle de Horas Trabalhadas – Setor Ferramentaria.....	44
5. DISCUSSÃO	45
6. CONCLUSÃO	47
6.1. Sugestão para trabalhos futuros.....	48
7. REFERÊNCIAS	49
GLOSSARIO	56

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTO

Diante do cenário mercadológico atual, torna-se importante o entendimento da necessidade das exigências do cliente, no tocante da qualidade do produto.

Percebe-se que as empresas estão a cada dia buscando a melhoria e conhecimento da tecnologia, para que possa atender as expectativas do mercado e garantir o controle do processo.

As atividades exigidas nas empresas requer o conhecimento, preparo e gerenciamento competente e cada vez mais com a excelência de seus serviços e produtos.

Torna-se necessário o controle do processo e para que isso ocorra com eficiência, implementam ferramentas da qualidade que assegurem as operações e resultados.

Considerando todos os esforços necessários para a redução da variabilidade característica do processo que venha a afetar a qualidade e permanência do produto.

1.2. JUSTIFICATIVA

O estudo presente deste trabalho é justificado perante todas as novidades tecnológicas do processo produtivo. Exigindo um controle confiável e que garanta a qualidade do produto ao cliente. E não mais importante que a qualidade, deve-se atentar à capacidade do processo em atender as especificações técnicas do produto.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é estruturar o gerenciamento de um o processo produtivo de montagem de estrutura metálica soldada (carrocerias e suas partes móveis – portas e tampas), com finalidade de obter o atendimento dos limites de controle dimensional do produto e garantir o processo estável com índice C_p igual ou maior que 1,33.

1.3.2. Objetivos Específicos

Nesse panorama atual e na perspectiva do objetivo geral a que se propõe investigar, alguns objetivos específicos são essenciais e entre eles destaca-se:

- Definir as cotas significativas dimensionais por regiões da carroceiras e por células de manufatura;
- Desenvolver o indicador CEP para as cotas significativas;
- Monitorar a estabilidade do processo em questão;
- Através dos resultados obtidos, agir e corrigir o processo para a sua normalização.
- Tornar possível o entendimento no controle estatístico do processo;
- Verificar a aplicação de novos procedimentos e tratativas, como são entendidos e construídos.
- Compreender na prática e na teoria como é realizado o gerenciamento estatístico do processo.

1.4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Dentro do amplo e complexo industrial automotivo, no contexto de suas necessidades fez-se um recorte para análise e pesquisa em vários setores e voltou-se para a importância da influência do controle do processo para a execução de seus produtos nos resultados dimensionais das cotas significativas, delimitando nas células de manufatura de carrocerias soldadas.

1.5. RELEVANCIA

Espera-se que com a concretização do trabalho, ocorram melhorias no fluxo da informação e controle do processo para todas as células de manufatura de carrocerias soldadas, considerando a aplicabilidade do CEP, a possível forma para o controle estatístico do processo, das cotas significativo dimensionamento. A prática não é utilizada pelas células de manufatura de carrocerias soldadas, uma situação essa que, gera problema de controle de processo e de eventuais falhas de análises ou ações imediatas, nas operações e ajustes desnecessários.

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

Apresenta-se no primeiro capítulo, a introdução, ressaltando a justificativa do trabalho com seus objetivos gerais e específicos.

O segundo capítulo trata da revisão bibliográfica, do gerenciamento de controle do processo e no seu contexto, a qualidade e produtividade, assim como a soldagem e as ferramentas estatísticas.

O terceiro capítulo relata a metodologia orientadora da pesquisa.

O quarto capítulo, destaque para os resultados obtidos no trabalho, comentados e representados graficamente.

O capítulo cinco menciona a discussão do tema.

No capítulo seis encontram-se a conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. QUALIDADE

“Qualidade é julgada pelo cliente”.

Prêmio Nacional da Qualidade

Para a análise e a pesquisa pretendida, além dos resultados práticos verificados, uma vasta revisão bibliográfica de autores nacionais e internacionais fez-se necessária para a sua fundamentação teórica. Buscar compreender e analisar inovações e procedimentos tecnológicos e as suas evidências positivas significaram a busca de como quem usa novos recursos, imerso em suas significações, entende, constrói e avalia o percurso dos resultados finais das empresas.

Como conceito básico para a qualidade torna-se ideal a questão de qualidade do produto/ processo, indispensável para a sobrevivência. Conforme diz o A. RANGEL (1995): “O problema está na resistência das pessoas em mudar às coisas novas introduzidas no mundo”.

O conceito de processo definem as entradas, processamento e saídas.

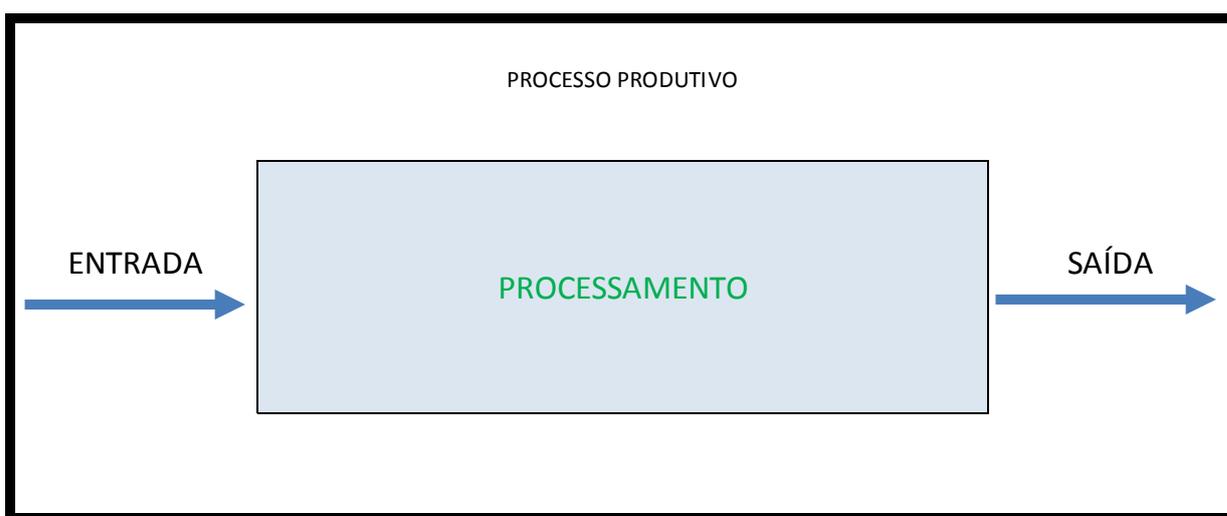


Figura1 – Conceito de Processo Produtivo.

Fonte: Adaptado da ABNT NBR ISO 9001:2008 – Sistema de Gestão da Qualidade

O processo sendo gerenciado torna mais seguro e confiável.

A qualidade mede a satisfação sentida pelo cliente, pelo usuário (TEBOUL, 1991).

Se o produto/ serviço não apresentar defeitos em sua realização, esta qualidade percebida é a qualidade de concepção, mede a eficiência da oferta.

Uma qualidade bem definida existe normas e padrões, devendo o produtor/ servidor atentarem-se com o excesso de qualidade, ou seja, exigindo demais do seu processo e não acompanhando o desenvolvimento profissional do pessoal envolvido com as execuções das atividades do processo.

A qualidade de conformidade mede a eficiência da realização e visa uma economia de meios para atingir um resultado sem defeitos nem erros.

Um roteiro prático para viabilizar a gestão da qualidade no processo envolve a implantação de atividades agrupadas em três etapas: a eliminação de perdas, a eliminação das causas das perdas e a orientação do processo. (PALADINI, 1995).

Nota-se que a Gestão da Qualidade total direciona o processo dos objetivos globais da organização.

Padrões de Qualidade: A base do controle de qualidade é a especificação. As especificações englobam os valores mínimos e máximos, Contudo, são usualmente, incompletas. Tendem a ignorar as características visuais de qualidade, ou tratam de forma superficial as características rotuladas como acabamento.

O conhecimento prévio do “processo” inclui o conhecimento das qualificações dos fornecedores, operários e demais pessoas envolvidas em sua execução. Operários qualificados exigem inspeção menos rigorosa de seu serviço do que operários não qualificados. Fornecedores que estabeleceram um padrão de boas entregas não precisam de verificações tão severas quanto os que não têm esse padrão. (Juran e Gryna – 1992).

As muitas ferramentas da qualidade dispostas às empresas têm eficientes sucessos não somente na implementação delas, mas, na dedicação e colaboração de cada membro envolvido. (SOUZA et al – 2007)

Ao gerenciar as metodologias focadas à qualidade, é possível que surjam limitações e os potenciais de melhoria não sejam alcançados. (SCHELLEN E CAUCHICK – 2014)

A indústria automobilística nacional ainda necessita de um maior aprofundamento e abrangência, principalmente na questão da forma como cada empresa geriu suas ações internas para identificar e administrar eventos de quebra de qualidade quando envolve clientes externos – consumidores finais. (SILVA, 2011)

A qualidade do bom produto/ serviço fornecido ao cliente, são gerados pela satisfação dos funcionários no trabalho e com suas atividades. (RESENDE, GOSLING E OLIVEIRA – 2015)

A compreensão no nível operacional quando objetivados em direção, clara da organização e a sua importância no contexto de planejamento estratégico, com trabalho padronizado e relatando todas as anomalias ocorridas no processo. (BARBOSA – 2004)

O Sistema de gestão da qualidade vem mostrando um caminho de melhores condições na qualidade e produtividade nas empresas. “Lembrando-se que a contratante prima pela obtenção da qualidade”. (JARDIM – 2007)

2.2. PRODUTIVIDADE

A produtividade é basicamente definida como a relação entre a produção e os fatores de produção utilizada, como mostrada abaixo (et al MARTINS – 2006).

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

, ou seja, produzir cada vez mais e melhor com cada vez menos. (LANFREDI – 2011)

Buri – 2006, comenta à respeito ao nível de conhecimento e de visualização dos processos envolvidos na transformação.

Falha na criação de visões consensuais e claras dos processos envolvidos. Isso se aplica tanto para a visão da situação atual (macro e detalhada), quanto para a visão da situação futura.

Fragmentação dos processos entre subgrupos durante a transformação. É importante que o processo seja tratado de forma holística. A fragmentação do processo leva à formação de visões parciais sobre aspectos específicos do processo em análise, dificultando a obtenção de consenso sobre pontos a serem atacados e à falta de uma visão geral e abrangente.

As empresas competitivas, porém oferecem seus produtos ou serviços com a qualidade esperada pelos clientes e com preços aceitáveis pelo mercado. Para que os preços sejam competitivos, as empresas devem ter seus custos compatíveis através da produtividade no uso dos recursos que dispõe.

Aumentar a produtividade é produzir cada vez mais, com cada vez menos. A produtividade é definida como sendo o quociente entre o que é produzido e o que é consumido.

Para obter o aumento de produtividade é necessário agregar o máximo de valor, ou seja, máxima satisfação das necessidades dos clientes, ao menor custo. Não basta aumentar a quantidade produzida, ou seja, é necessário que o produto tenha valor e que atenda as necessidades dos clientes. Quanto maior for a produtividade de uma empresa, mais útil ela se torna para a sociedade no

atendimento das necessidades de seus clientes a um custo baixo (LENCIONI – 2010).

O efeito dia da semana na produtividade dos operários existe para alguns processos manuais, tornando necessário avaliar outras variáveis que afetam a produtividade da mão-de-obra (Ende et al – 2014).

Para Aragão e Bônia (2007), em geral um negócio onde a produção em altos volumes é um fator de competitividade, a análise das perdas de produção por indisponibilidade ou por capacidade. É fundamental a atuação preventiva nos equipamentos para a confiabilidade do processo.

A empresa precisa investir mais em inovação de maior impacto no mercado, desvinculando-se de um padrão de inovação do setor, com novo design de produtos, investimento em serviços pré e pós-transação com os consumidores finais, promoção de seus produtos e não somente a preocupação em reduzir custos e preços finais. Em um mercado em que se observa a entrada de novos e potentes concorrentes, a empresa precisa sair de sua zona de confronto e buscar novas estratégias inovadoras (não somente em produto, processo e organizacional, mas também em serviços e marketing), insistindo em suas características principais de flexibilidade e foco em segmentos de mercado. Para que as inovações causem maior impacto no setor, é necessário um desenvolvimento de novos atributos de seus carros, seja nas carrocerias (design), seja nas autopeças (motores). (CABRAL e GONZAGA – 2015)

2.3. ESTRUTURAS SOLDADAS

2.3.1. MIG/ MAG

No processo de soldagem MIG/ MAG (MIG – Metal Inert Gas) / (MAG – Metal Active Gas), é utilizada a corrente contínua e como fonte de calor um arco elétrico estabelecido entre a peça e um consumível na forma de arame. O metal de solda é protegido da atmosfera pelo fluxo de um gás ou uma mistura de gases, inerte ou ativo. A MIG é o processo que utiliza um arame consumível alimentado continuamente à poça de fusão e utiliza um gás inerte, como o Argônio ou Hélio para proteção da região de soldagem. A MAG utiliza gás ativo (CO_2), para proteção da região soldada. (Veiga, 2011)

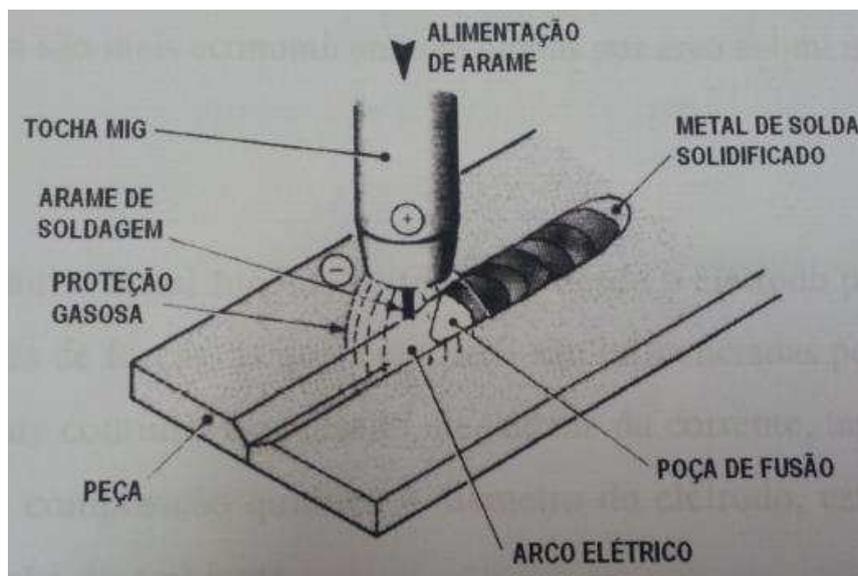


Figura 2 – Processo básico de soldagem MIG/ MAG
Fonte: Processo de Soldagem MIG/ MAG – Emílio Veiga (2011)

A soldagem a arco elétrico com proteção gasoso é um processo em que a união de peças metálicas é produzida pela fusão das mesmas, através de um arco elétrico estabelecido entre um arame contínuo e a peça envolta por uma cortina de gás de proteção, evitando a contaminação pelo ar atmosférico. (Veiga, 2011)

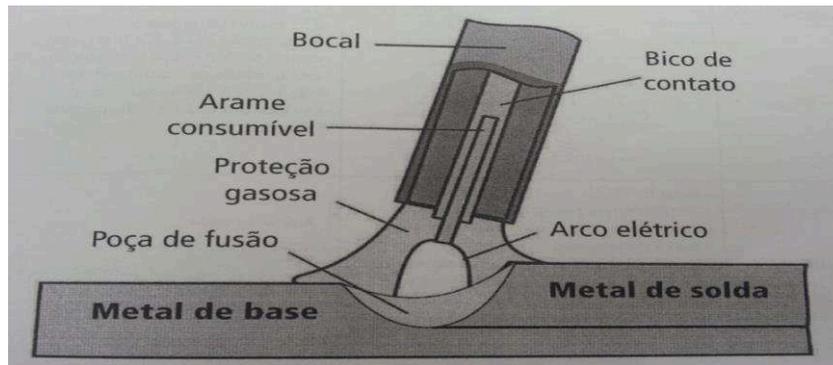


Figura 3 – Processo MIG/ MAG GMAW (Gas Metal Arc Welding)
 Fonte: Processo de Soldagem MIG/ MAG – Emilio Veiga (2011)

A ligação correta é sempre do arame ao polo positivo, por sua maior concentração de calor, possibilitando o envio do arame em altas velocidades em direção à poça de fusão. (Veiga, 2011).

De uma forma geral, porém sistêmica, pode-se dizer que a estabilidade de um processo MIG/ MAG é alcançada quando se garante à estabilidade do arco e da transferência metálica ao mesmo tempo. (Scotti e Ponomareu – 2008).

DESCONTINUIDADES DE SOLDAGEM

A descontinuidade de soldagem é a falha e ou, irregularidades apresentadas na solda, que ocorrem durante e após a execução da mesma.

DISTORÇÃO

É a mudança de forma da peça soldada devido às deformações térmicas do material durante a soldagem.

POROSIDADE

Faz-se na evolução dos gases durante a solidificação da solda. As bolhas de gás podem ser aprisionadas pelo metal solidificado à medida que a poça de fusão é deslocada. Os poros têm usualmente um formato esférico e ou alongado, em geral, associados com o Hidrogênio.

É a uma descontinuidade da solda que influencia a boa performance, geralmente ocasionada por sujeiras, umidades, óleo, graxa, ferrugem.

FALTA PENETRAÇÃO

Essa descontinuidade refere-se à falha em fundir e encher completamente a raiz da solda. A sua ocorrência se dá devido a corrente de soldagem inadequada, velocidade de soldagem muito alta e do diâmetro do eletrodo muito grande. No entanto, muitas juntas são projetadas para serem soldadas com penetração parcial. Para esse caso, a penetração parcial não é um defeito.

MORDEDURA

Essa descontinuidade descreve o processo de reentrâncias agudas formadas pela ação da fonte de calor do arco. Isso ocorre devido a manipulação incorreta do eletrodo, do comprimento excessivo de arco e/ ou corrente ou velocidade de soldagem muito elevados.

FALTA DE FUSÃO

É a ausência de união por fusão entre o passe de solda e o metal, resultante do não aquecimento adequado do metal presente na junta ou da presença de uma camada de óxido suficiente para dificultar a fusão do metal. Isso ocorre devido à falta

de limpeza da junta, de energia de soldagem insuficiente, impossibilidade de o arco atingir certas regiões da junta.

2.3.2. SOLDAGEM A PONTO POR RESISTÊNCIA

Wainer, Brandini e Mello (1995), citam a soldagem por resistência a ponto como um processo onde a ligação é produzida pelo calor obtido pela passagem da corrente pelas peças através dos elétrodos de cobre, os quais mantêm as chapas unidas por pressão, podendo ser soldagens simples ou múltiplas.

Esteves e Ribeiro (2010) descrevem os parâmetros de solda basicamente em três fatores principais: intensidade da corrente, tempo de soldagem e a pressão de soldagem.

A intensidade da corrente tem por principal função a geração de calor, a corrente alternada ou contínua pode ser utilizada na soldagem por pontos.

O tempo de soldagem é importante para o ciclo de soldagem pelo fato que a taxa de aquecimento deve ser tal que resulte em uma adequada resistência da junta soldada, que será produzida sem um excessivo aquecimento dos elétrodos, que causaria uma rápida deterioração dos mesmos.

A pressão de soldagem influencia na resistência elétrica do circuito formado no momento da soldagem.

A pressão de soldagem é produzida pela força externa sobre as juntas pelos elétrodos. As peças a serem soldadas devem ser bem fixadas na região onde se fará a solda, para garantir a passagem da corrente.

Variáveis de influência no Processo

Os parâmetros de solda não são unicamente os responsáveis pela qualidade do ponto de solda, existem outros que também influenciam no processo.

Os elétrodos têm uma vital importância na geração de calor porque eles conduzem a corrente elétricas até as peças.

As condições das superfícies das peças têm influência na geração de calor porque a resistência de contato é afetada por óxidos, sujeiras, óleos e outros materiais estranhos na superfície da peça.

As composições químicas dos materiais também tem grande influência, pois a resistividade e a condutividade elétrica influenciam na geração de calor durante a soldagem.

PRINCIPAIS DEFEITOS DA SOLDA PONTO

O nível de eficiência que o processo de soldagem de pontos por resistência elétrica pode atingir depende do nível do comprometimento de cada profissional envolvido no processo, que vai através de suas ações influenciarem os resultados.

Através de gráficos de controle das falhas existentes no processo é possível detectar e agir nas causas e instruir os organizadores envolvidos com a execução das atividades de solda a ponto. (SANTOS – 2006)

Os defeitos principais na solda a ponto por resistência são a expulsão de material (ponto espirrado), da região de fusão e pontos que apresentam baixa resistência mecânica que é prejudicial para a estrutura das carrocerias soldadas.

Defeitos externos são simples de serem observados, pois influenciam na disposição das chapas, como pontos deslocados para fora da junção das chapas das carrocerias.

Defeitos internos são defeitos revelados através do exame metalográfico ou usando dispositivos não destrutivos, como o ultrassom. E os defeitos são: trincas falta de fusão, lentilha pequena, bolhas no centro da lentilha e outras que afetam a qualidade da solda.

2.3.3. SOLDA LASER

No início dos anos 60, o mundo conheceu uma nova forma de energia - a qual se apresentou num feixe luminoso, ou infravermelho – que possuía propriedades inteiramente novas e, à primeira vista, insólitas e desconcertantes. Apesar da altíssima densidade de potência desse feixe o qual pode ultrapassar 10^7 W (mm²), o mesmo é de muito fácil manipulação, com utilizações variando da mais delicada cirurgia de olhos, à fusão dos metais.

A energia referida acima denomina laser, sigla formada pelas iniciais em inglês de “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” (Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação).

O processo laser de soldagem ainda não está popularizado e faltam procedimentos universalmente aceitos para cada aplicação. Isso é devido ao fato de que os mesmos dependem de diversos fatores operacionais específicos, tipo do equipamento e características intrínsecas do feixe utilizado.

2.4. CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO

O controle estatístico do processo gera resultados que levantados nas operações do processo pode estar em mãos para o controle e também o não controle do item em variação. Tendo em vista que o processo não atende a capacidade, será necessário agir no processo de fabricação. (Prado e Montano – 2002).

A capacidade do processo atinge níveis de qualidade e maturidade com o desenvolvimento dos controles aprendizados no processo. (Rodrigues – 2012).

A capacidade é um indicador de capacidade que determina um processo, para atender uma necessidade técnica e ao cliente (especificação do produto).

A capacidade do processo define a sua consistência quanto menor a capacidade, mais consistente é o processo.

A capacidade é definida como intervalo de tolerância dividido pela capacidade do processo, ou seja, seis vezes o desvio padrão estimado considerando a ausência de causas especiais. Ele é independente da centralização do processo e o desvio padrão é estimado considerando processo estável.

Esta estimativa de desvio padrão só pode ser usada na avaliação do processo, desde que a amplitude e as médias estejam sob controle estatístico. (Lanfredi – 2011)

Segundo Leoni e Sampaio (2014), seja qual for a técnica empregada para monitoramento da característica da qualidade de um processo é fundamental a auto-correlação para o uso correto de um gráfico de controle.

A auto-correlação observada em processo industrial é tipicamente devida a presença de elementos inerciais que limitam a variabilidade entre observações próximas na escala do tempo.

A estratégia da amostragem sistemática aumenta o desempenho do gráfico de controle quando a causa especial que atua no processo modifica o valor médio da variável auto-correlacionada. (Leoni, Machado e Costa – 2014).

Só é possível monitorar um processo após conhecê-lo bem: a etapa inicial, que antecede a própria construção e a utilização dos gráficos de controle, é de aprendizagem: nela procuram-se conhecer os fatores que afetam a característica de qualidade. Na figura 4 mostra-nos que característica de qualidade não está

tendo um comportamento estável (seus valores ora oscilam em torno de um valor acima do alvo, ora oscilam em torno de um valor abaixo desse alvo, ora se afastam dele em demasia, ora apresentam tendência ascendente, ora descendente).

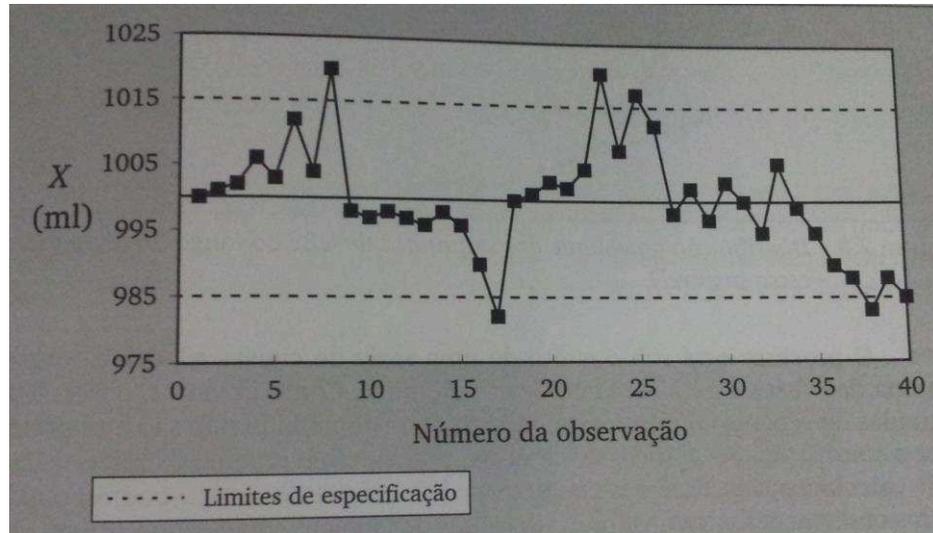


Figura 4 – Gráfico de Controle de um processo instável

Fonte: Estudo de Capacidade de um processo de pintura em estruturas metálicas – Daniela R. S. Rodrigues (2012)

Capacidade do Processo (C_p), é uma relação entre a tolerância fixada do produto e a variabilidade do processo, após a sua otimização e estabilização. Um processo é considerado estável quando se encontra sobre controle, apresentando ocorrências principalmente de causas comuns.

Atenção:

- $C_p < 1$: Capacidade do Processo inadequado;
- $1 \leq C_p \leq 1,33$: Capacidade do Processo na diferença entre as especificações;
- $C_p > 1,33$: Capacidade do Processo adequado.

Para um bom Controle Estatístico do Processo, entende-se que o processo deve combinar totalmente as pessoas (MO), máquinas (MQ), materiais (MT), métodos (ME), meios de medição (MM) e o meio ambiente (MA), cuja atuação conjunta adiciona valor ao resultado. (Rodrigues – 2012).

2.5. FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS

Uma visão geral das principais ferramentas estatísticas utilizadas para manter e melhorar o sistema da qualidade:

Estratificação: Consiste no agrupamento da informação (dados) sobre vários pontos de vista de modo a focalizar a ação. Os fatores equipamento, material, operador, tempo, entre outros, são categorias naturais para a estratificação dos dados;

Folha de Verificação: Formulário no qual os itens a serem verificados para a observação do problema já estão impressos, com o registro dos dados. O tipo de folha de verificação a ser utilizado depende do objetivo da coleta de dados. Normalmente é construída após a definição das categorias para a estratificação dos dados;

Gráfico de Pareto: Gráfico de barras verticais que dispõe a informação de forma a tornar evidente e visual a priorização de temas. A informação assim dispostas também permite o estabelecimento de metas numéricas viáveis de serem alcançadas;

Diagrama de Causa e Efeito: Utilizado para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado. É empregado nas sessões de “brainstorming” realizadas nos trabalhos em grupo;

Histograma: Gráfico de barras que dispõe as informações de modo que seja possível a visualização da forma da distribuição de um conjunto de dados, e também a percepção da localização do valor central e da dispersão dos dados em torno deste valor central. A comparação de histogramas com os limites de especificação nos permite avaliar se um processo está centrado no valor nominal e se é necessário adotar alguma medida para reduzir a variabilidade do processo;

Medidas de localização e variabilidade: Estas medidas processam a informação de modo a fornecer um sumário dos dados sob a forma numérica. Este sumário quantifica a localização (onde se localiza o centro da distribuição dos dados) e a variabilidade (dispersão dos dados em torno do centro). O cálculo destas medidas é o ponto de partida para a avaliação da capacidade de um processo em atender às especificações estabelecidas pelos clientes internos e externos.

Índice de Capacidade de processos (C_p e C_{pk}): Estes índices processam as informações de forma que seja possível avaliar se um processo é capaz de gerar produtos que atendem às especificações provenientes dos clientes internos e externos.

Diagrama de Dispersão: Gráfico utilizado para a visualização do tipo de relacionamento existente entre duas variáveis. Estas variáveis podem ser duas causas de um processo, uma causa e um efeito do processo ou dois efeitos do processo;

Gráfico de Controle: Ferramenta que dispõe os dados de modo a permitir a visualização do estado de controle estatístico de um processo e o monitoramento, quanto à localização e à dispersão, de itens de controle do processo;

Amostragem: As técnicas de amostragem permitem que sejam coletados, de forma eficiente, dados representativos da totalidade dos elementos que constituem o universo de nosso interesse (população);

Intervalos de Confiança, Testes de Hipóteses, Análise de Variância: Estas ferramentas permitem um processamento mais aprofundado das informações contidas nos dados, de modo que possamos controlar, abaixo de valores máximos pré-estabelecidos, os erros que podem ser cometidos no estabelecimento das conclusões sobre as questões que estão sendo avaliadas;

Análise de Regressão: Ferramenta que processa as informações contidas nos dados de forma a gerar um modelo que represente o relacionamento existente

entre as diversas variáveis de um processo, permitindo a determinação quantitativa para o alcance de uma meta;

Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos: Processam as informações nos dados de modo a fornecer indicações sobre o sentido no qual o processo deve ser direcionado para que a meta de interesse possa ser alcançada;

Análise Multivariada: Processa as informações de modo a simplificar a estrutura dos dados e a sintetizar as informações quando o número de variáveis envolvidas é muito grande;

Confiabilidade: Fazem parte deste grupo de ferramentas, a Análise de Tempo de Falha (também conhecida como Análise de Weibull) e os Testes de Vida Acelerados. Estas técnicas processam as informações de tal forma que as necessidades dos clientes em segurança, durabilidade e manutenibilidade dos produtos possam ser atendidas pela empresa;

Avaliação dos Sistemas de Medição: Estas técnicas permitem a avaliação do grau de confiabilidade dos dados gerados pelos sistemas de medição utilizados na empresa;

Estatística é a disciplina que tem como objetivo apresentar e descrever fatos ou dados numéricos de um evento, apresentando informações relevantes sobre o mesmo, através do agrupamento, classificação e tabulação com a utilização de operações matemáticas (Rodrigues – 2006).

Probabilidade é à medida que apresenta a chance de ocorrer um evento e um sistema de resultados aleatórios.

$$\text{Probabilidade de A} = \frac{\text{Número de Ocorrência de um Evento A}}{\text{Número Total de Eventos}}$$

$$P(A) = n(A) / n(T)$$

Figura 5 – Fórmula de Probabilidade

Fonte: Entendendo, aprendendo, desenvolvendo qualidade padrão seis sigma – Marcus Vinicius Rodrigues (2006)

Amostra é o subconjunto de dados obtidos a partir de uma população (todos os resultados possíveis de um fenômeno).

Curva Normal é a curva construída a partir da distribuição contínua de probabilidade, cuja função densidade apresenta a forma de sino e é determinada pela média e pelo desvio padrão. Quanto maior a quantidade de dados considerados, maior será a proximidade de uma curva em forma de sino.

Amplitude de um conjunto de dados é a diferença entre o maior e menor dado.

$$A = V_{\max} - V_{\min}$$

Figura 6 – Fórmula de Amplitude

Fonte: Estatística Básica: probabilidade e inferência – Luiz Gonzaga Morettin (2010)

Média é um conjunto de dados que define pela média aritmética dos dados.

$$\text{Média} = (\text{Somatório dos Dados}) / (\text{Número de Dados})$$

$$\bar{X} = (\Sigma x) / n$$

Figura 7 – Fórmula da Média

Fonte: Estatística Básica: probabilidade e inferência – Luiz Gonzaga Morettin (2010)

Variância é uma unidade de medida que representa a dispersão em torno da média de um conjunto de dados.

$$\text{Variância} = \frac{(\text{Somatório do quadrado da diferença entre cada termo e a média})}{(\text{Número de dados menos um})}$$

$$V = \sigma^2 = [\Sigma (X - \bar{X})^2] / (n - 1)$$

Figura 8 – Fórmula da Variância

Fonte: Estatística Básica: probabilidade e inferência – Luiz Gonzaga Morettin (2010)

Desvio padrão é uma unidade de medida que representa a dispersão em torno da medida de um conjunto de dados, que é representada pela raiz quadrada da variância.

Variabilidade é a oscilação em torno da média ou ponto ideal dos dados de um evento; quanto maior a concentração dos dados em torno da média, menor a variabilidade; quanto menor a concentração dos dados em torno da média, maior será a variabilidade. A variabilidade de um processo é atribuída a dois tipos de causas: as causas comuns e as especiais. A variabilidade é representada através do desvio padrão ou do coeficiente de variação. O coeficiente de variação representa a variabilidade de amostra, levando em consideração as médias.

$$\text{Coeficiente de Variação} = (\text{Desvio Padrão}) / (\text{Média})$$
$$CV = \sigma / \bar{X}$$

Figura 9 – Fórmula do Coeficiente de Variação
Fonte: Estatística Básica: probabilidade e inferência – Luiz Gonzaga Morettin (2010)

Processo estável é dito quando a ocorrência de causas especiais são eventuais e raras; apresenta uma distribuição balanceada em torno do valor médio; e aproximadamente 2/3 dos eventos estão próximo ao valor médio. Um processo estável geralmente é resultante de ações de melhoria e otimização.

Diagrama de Pareto é um gráfico de barras verticais que permite determinar a priorização das ações sobre os aspectos principais que afetam o processo. O diagrama de Pareto deve ser construído tomando como suporte uma lista de verificação. E o diagrama de Pareto tem como objetivo explicitar os problemas prioritários de um processo, através da relação 20/ 80 (20% das causas, explicam 80% dos problemas).

Correlação linear observa-se os pontos do diagrama de dispersão que existe, para maiores valores de “X”, uma tendência a obtermos maiores valores de “Y” e vice-versa. Quando isso ocorre, dizemos que há correlação linear positiva.

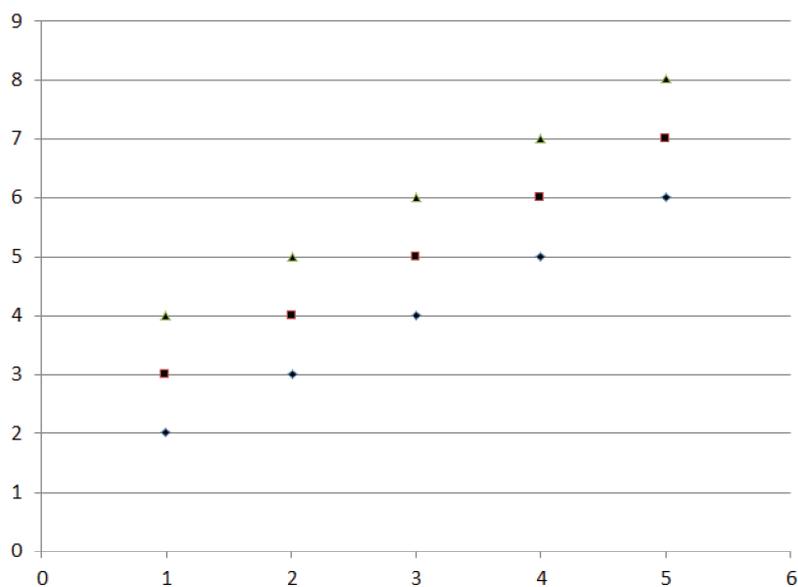


Figura 10 – Correlação Linear Positiva
 Fonte: Estatística – Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto (2002)

Entretanto também podemos ter casos em que o diagrama de dispersão apresenta o aspecto, para maiores valores de X, a tendência é observarem-se menores valores de Y e vice-versa. Tais casos são chamados de correlação linear negativa. (Neto – 2002).

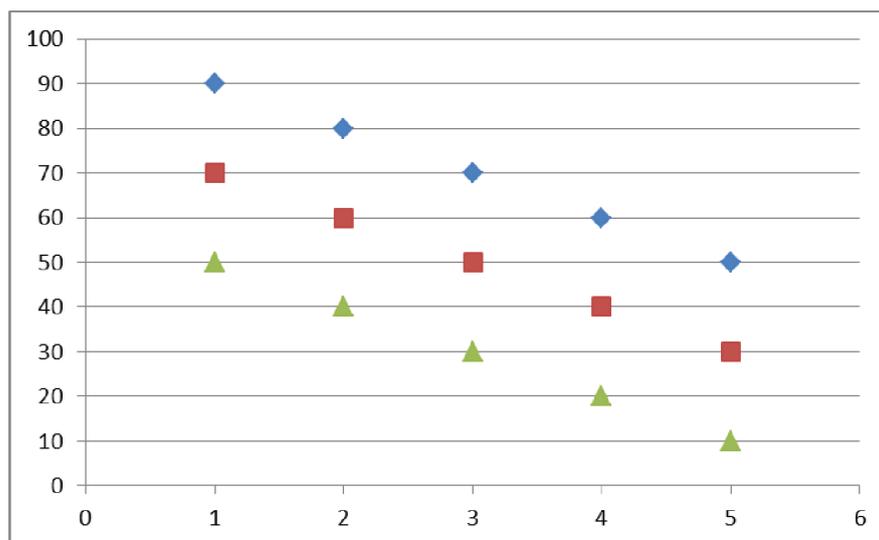


Figura 11 – Correlação Linear Negativa
 Fonte: Estatística – Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto (2002)

Espaço amostral encontra-se na natureza dois tipos de fenômenos: determinísticos e aleatórios. Os fenômenos determinísticos são aqueles em que os resultados são sempre os mesmos, qualquer que seja o número de ocorrência verificado. Se tomarmos um determinado sólido, sabemos que a certa temperatura haverá a passagem para o estado líquido. Este exemplo caracteriza um fenômeno determinístico.

Nos fenômeno aleatório, os resultados não serão previsíveis, mesmo que haja um grande número de repetições do mesmo fenômeno.

Por exemplo: Se considerarmos um pomar com centenas de laranjeiras, as produções de cada planta serão diferentes e não previsíveis, mesmo que as condições de temperatura, pressão, umidade, solo, etc. Sejam as mesmas para todas as árvores. Podemos considerar os experimentos aleatórios como fenômenos produzidos pelo homem. (Morettin, 2010).

3. METODOLOGIA

Para o devido trabalho de controle estatístico do processo, foi preciso organizar equipe de assuntos técnicos e metodológico, como Manutenção, Engenharia de Processo, Qualidade de Processo/ Produto/ Sistema, Ferramentaria, Manufatura e Metrologia. Onde através de reuniões técnicas, foram decido a definição das cotas significativas/ críticas para serem monitorados e controlados os resultados da capacidade do processo.



Sistemática Process Capability e Stability PU Taubaté

Figura 12 – Fórum da Reunião do Sistema da Qualidade para o CEP
Fonte: VWBRTBT (2015)

As cotas significativas/ críticas do produto definidas para o controle geral do processo de carroceria metálica soldada, torna-se importante para a garantia da característica da qualidade, especificada pela Engenharia do Produto e Processo.

Com a planilha de definição das cotas, concentrou-se o controle e gerenciamento para itens de prioridade na montagem e ajuste atendendo a confiabilidade do processo.

		FUNÇÃO CRÍTICA				CRONOGRAMA DA CEP													
		FUNÇÃO SIGNIFICATIVA																	
FUNÇÃO	DENOMINAÇÃO	MODELO	CP	CPK	CÉLULA	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW
						6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
MLSLA1105_X_Y_Z																			
MRSLSA1105_X_Y_Z																			
FM 16.1																			
FM 16.2																			
FM 16.3																			

Quadro 1 – Planilha de Controle Estatístico do Processo – Funções Significativas/ Críticas
Fonte: Relatório Técnico Manufatura – VWBRTBT (2015)

Diante dessas definições importantes, geraram-se as cartas de controle estatísticas de processo, onde as técnicas de controle são aplicadas e também o apoio das ferramentas da qualidade para a análise e conclusões das ações.

Adotando como início de trabalho, foi feito um piloto na célula de Manufatura onde se realiza a produção do conjunto de Partes Móveis (portas dianteiras, traseiras, tampas dianteiras e traseiras).

Destes conjuntos produzidos nesta Célula de Produção, escolheu-se a tampa traseira do modelo sedan da determinada automobilística de manufatura de carroceria metálica soldada.

E através de sistema computadorizados realiza-se as medições dos conjuntos onde auxilia e fornece informações para um banco de dados.

			968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	
Modelo da Peça:	Cj Tampa Tras.		3 AK's (4%)	2 AK's (3%)	3 AK's (4%)	4 AK's (6%)	2 AK's (3%)	2 AK's (3%)	4 AK's (6%)	3 AK's (4%)	2 AK's (3%)	4 AK's (6%)	4 AK's (6%)	4 AK's (6%)	3 AK's (4%)	3 AK's (4%)	6 AK's (9%)	3 AK's (4%)	
Número da Peça:	5U5827025D		2 BK's (3%)	2 BK's (3%)	1 BK's (1%)	4 BK's (6%)	3 BK's (4%)	4 BK's (6%)	1 BK's (1%)	4 BK's (6%)	3 BK's (4%)	3 BK's (4%)	6 BK's (9%)	5 BK's (7%)	3 BK's (4%)	1 BK's (1%)	3 BK's (4%)		
Sala de Medição:	Máq. T		66 IO's (99%)	67 IO's (100%)	67 IO's (100%)	63 IO's (94%)	66 IO's (99%)	65 IO's (97%)	66 IO's (99%)	64 IO's (96%)	66 IO's (99%)	64 IO's (96%)	61 IO's (91%)	63 IO's (94%)	65 IO's (97%)	64 IO's (96%)	65 IO's (97%)		
MEIO =>			TT_85B	TT_86A	TT_87B	TT_88A	TT_89B	TT_90A	TT_91B	TT_92A	TT_93B	TT_94A	TT_95B	TT_96A	TT_97B	TT_98A	TT_99B	TT_100A	
Ponto de medição	Forma Geom	Descrição	Tol.	Tol.	Característica	23/04/2015	23/06/2015	23/06/2015	01/01/2015	01/01/2015	02/07/2015	02/07/2015	03/07/2015	03/07/2015	10/01/2015	10/01/2015	14/01/2015		
DATA =>			15:53:46	15:06:35	15:53:24	20:31:59	22:00:01	16:18:25	15:35:35	07:53:40	03:06:51	16:52:46	15:35:35	15:38:53	21:02:32	21:02:32	21:53:32	07:43:06	
FLHKY7001	Y	FM 70.1	0,80	1,80	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	1,3	1,3	1,5	1,6	1,6	1,5	1,7	1,6	1,8	1,6	1,6	1,8	1,8	
FLHKY7002	Y	FM 70.2	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
FLHKY7003	Y	FM 70.3	-0,50	0,50	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	-0,1	-0,1	0,1	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,1	0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0
FLHKY7004	Y	FM 70.4	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0
FLHKY7005	X	FM 70.5	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	-0,7	-0,3	0,1	-0,5	-0,2	-0,7	-0,2	-0,6	-0,5	-0,4	-0,1	-0,1	0,1	-0,2
FLHKY7006	X	FM 70.6	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	0,0	0,3	0,6	0,3	0,0	0,4	0,0	0,1	0,1	0,5	0,7	0,6	0,7	0,4
FLHKY7007	Y	FM 70.7	-0,50	0,50	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
FLHKY7008	Y	FM 70.8	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3
FLHKY7009	Z	FM 70.9	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	0,0	0,1	-0,2	0,1	0,1	-0,1	-0,3	-0,1	-0,1	-0,4	-0,4	0,1	0,0	-0,1
FLHKY7010	Z	FM 70.10	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	-0,2	-0,5	-0,4	-0,2	-0,5	-0,6	-0,5	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,5
FLHKY7011	Z	PM 70.11	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	-0,5	-0,2	-0,5	-0,3	-0,2	-0,4	-0,6	-0,4	-0,2	-0,6	-0,5	0,0	-0,2	-0,2
FLHKY7012	Z	PM 70.12	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	0,3	0,1	0,2	0,2	0,0	-0,2	0,1	0,0	-0,1	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,2
FLHKY7013	Z	FM 70.13	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,4
FLHKY7014	Z	FM 70.14	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	-0,2	-0,3	0,0	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,2	-0,3	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	-0,4
FLHKY7015	X	FM 70.15	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	-0,1	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,4	-0,8	-0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,4
FLHKY7016	X	FM 70.16	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,5	-0,7	-0,2	-0,2	0,2	0,1	0,1	-0,5	-0,4	-0,2
FLHKY7017	X	FM 70.17	0,50	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,6	0,6	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,0	0,4
FLHKY7018	X	FM 70.18	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	0,1	0,0	0,3	-0,5	0,3	-0,2	0,2	-0,1	0,4	0,0	0,4	-0,3	0,0	-0,3
FLHKY7019	X	FM 70.19	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	0,2	0,4	0,3	0,6	0,7	0,5	0,6	0,3	1,0	0,4	0,6	0,6	0,6	0,4
FLHKY7020	Y	FM 70.20	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	0,4	0,0	0,1	0,4	0,5	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	0,6	-0,2
FLHKY7021	Y	FM 70.21	-1,00	1,00	CONJUNTO TAMPA TRASEIRA	0,1	0,0	0,1	-0,2	0,2	-0,1	0,1	0,5	0,0	0,0	-0,1	0,5	0,0	0,2

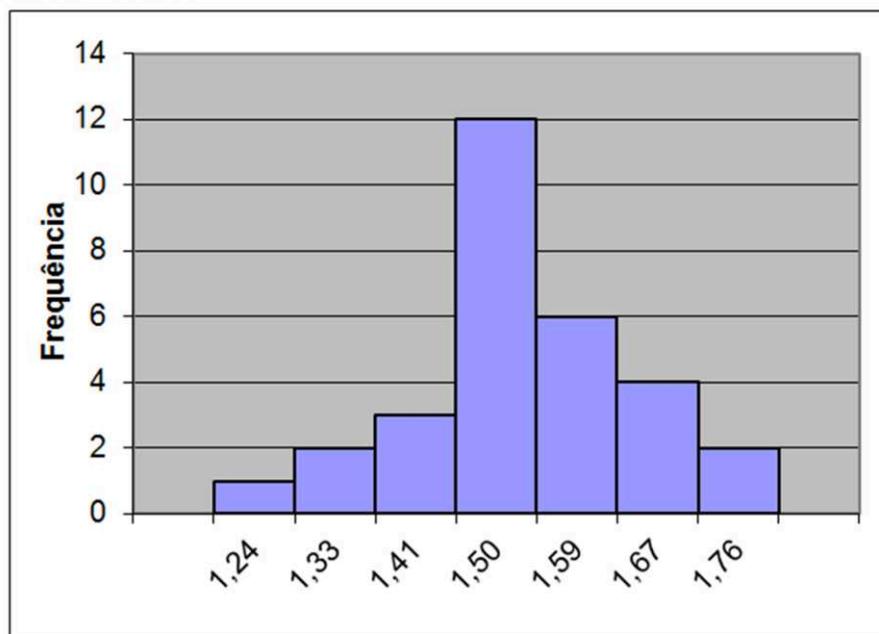
Tabela 1 – Planilha Eletrônica do Banco de Dados da Sala de Medidas
Fonte: Relatório Sala de Medidas VWBRTBT (2015)

Conforme o andamento do trabalho com as reuniões, definições e decisões com base no indicador de capacidade do processo e execuções de manutenção corretiva e preventivas e ajustes técnicos no sistema para que assim fosse possível tornar o processo estável.

Algumas ações foram necessárias serem feitas no processo com a utilização das ferramentas da qualidade.

Essas ferramentas auxiliaram no planejamento e correções das ações, como ajustes de prevenção e corretivas, tornando o processo transparente e robusto. E abaixo podemos conferir através do histograma, a evolução da curva normal, gerada pelo programa estatístico da Sala de Medidas.

HISTOGRAMA



Quadro 2 – Histograma

Fonte: Carta de Controle do Processo – Sala de Medidas VWBRTBT (2015)

3.1 – Método do Por que

Esse método envolve a pergunta "Por que ...?", com o objetivo de ir além dos vários sintomas do problema para identificar a causa real do(s) problema(s). Isso pode soar incrivelmente simples, porém necessário para identificar as perguntas “certas”, disciplina e persistência para aplicar o método. Com esse método, utilizou-se para ajudar nas análises de problemas.

MÉTODO DO POR QUE						
TABELA DE ANÁLISES DOS PORQUÊS		DATA DE ANÁLISE		MEMBROS		(Observação)
Nome do Equipamento		Local da Incoerência		Fenômeno da Incoerência		
						<input type="checkbox"/> Devido ao bom resultado verificado na inspeção. A análise está concluída <input checked="" type="checkbox"/> Devido ao mau resultado verificado na inspeção. A análise terá prosseguimento (Prosseguir fazendo a marca) ✓
	1º Round	2º Round	3º Round	4º Round	5º Round	Idéias de Melhoria
A	Por que ?	Por que ?	Por que ?	Por que ?	Por que ?	
	Porque	Porque	Porque	Porque	Porque	
B	Por que ?	Por que ?	Por que ?	Por que ?	Por que ?	
	Porque	Porque	Porque	Porque	Porque	
C	Por que ?	Por que ?	Por que ?	Por que ?	Por que ?	
	Porque	Porque	Porque	Porque	Porque	
D	Por que ?	Por que ?	Por que ?	Por que ?	Por que ?	
	Porque	Porque	Porque	Porque	Porque	
E	Por que ?	Por que ?	Por que ?	Por que ?	Por que ?	
	Porque	Porque	Porque	Porque	Porque	

Quadro 3 – Planilha do Método do Por que
 Fonte: Planilha Equipe TPM – VWBRTBT (2012)

3.2 – Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito é também conhecido como Diagrama de Ishikawa, ou Espinha de Peixe.

Esse método atua como um guia para identificar as causas fundamentais de um efeito que ocorre num determinado processo. Dado um efeito no processo, devemos procurar quais as causas relacionadas a este tema (M's), que pode ser responsável pelo problema detectado.

Em geral o grupo utilizou-se desta ferramenta para diversas possíveis causas para o efeito, contribuindo cada equipe técnica com seus conhecimentos específicos.

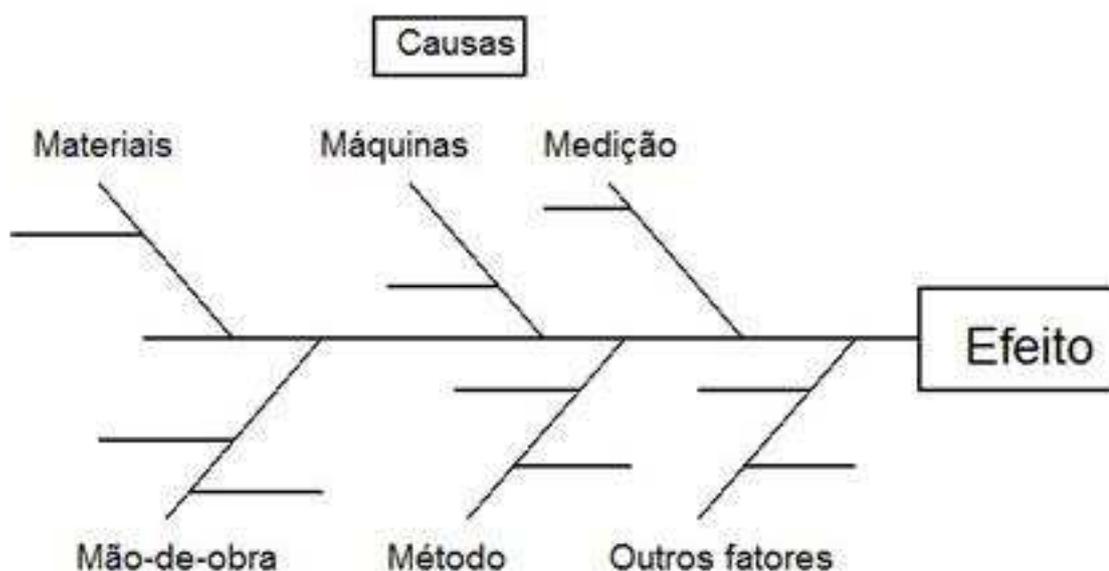


Figura 13 – Diagrama de Causa e Efeito
Fonte: Planilha Equipe TPM – VWBRTBT (2012)

3.3 – Planejamento de Ações

O Plano de Ação é uma ferramenta para acompanhamento de atividades amplamente utilizada em reuniões e gerenciamento das equipes, pois explicita quem é responsável por cada atividade, as datas e evolução dos trabalhos.

Com um plano de ação em mãos, foi fácil e rapidamente possível apresentar as táticas utilizadas, quem executou, quando, enfim, todo o histórico previsto nas atividades.

													ÚLTIMAS MÉDIDAS										
POS. ▾	FUNKTIONA ▾	REVIS ▾	MOTIVO ▾	AÇÃO ▾	ÁREA ▾	RES ▾	PRAZO ▾	STATUS ▾	ANEXO ▾	USER ▾	DATA ▾	TOL-TOL*	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

Quadro 4 – Planilha do Plano de Ação (in line)
 Fonte: Relatório do Setor Ferramentaria – VWBRTBT (2015)

4. Resultados

As amostras coletadas correspondem às cotas referentes às funções de montabilidade do conjunto tampa traseira do sedan na carroceria. O processo de coleta foi feito de forma automática durante o período do décimo dia do sexto mês do ano de dois mil e quinze ao décimo quinto dia do sétimo mês do ano de dois mil e quinze, por meio de um sistema computadorizado tridimensional que minimiza a possibilidade de erros de medições.

A importância em controlar o processo para a sua estabilidade e capacidade é de fundamental importância sob o ponto de vista financeiro, haja vista que as alterações no processo afetando as características do produto e também podem mudar os planos de produção da empresa, já que as cotas estando muito fora dimensionalmente ou até instável de suas especificações, levam a um aumento dos custos de produção. Enquanto que as alterações nas características da qualidade do produto podem deixar um campo propício para constantes reclamações por parte dos clientes nos órgãos fiscalizadores e órgãos de defesa do consumidor, o que obriga a empresa a realizar ajustes em seu processo, aumentando em alguns casos os custos de produção.

Os resultados dos cálculos para o controle estatístico do processo, além da amplitude e controle dos limites específicos (determinado pela Engenharia do Produto), encontram-se nas cartas de controle do processo, geradas pelo sistema Outplus*, utilizado pela Sala de Metrologia, onde geram consta as cartas de controle, plano de ação, diário de bordo, dados das medidas realizadas dos conjuntos e gráficos de controle.

Também fazendo parte deste resultado foi possível destacar a redução de horas trabalhadas para reparo dimensional na ilha da tampa traseira do modelo sedan, realizadas pelo setor de Ferramentaria da Área de Carroceria.

4.1 – Carta de Controle Estatístico – CEP

Nesta carta pode observar o resultado de atendimento do controle do processo, ou seja, estabilidade ($Cp > 1,33$) da cota significativa para a característica da qualidade do conjunto (produto), mantendo a confiabilidade da montagem do conjunto tampa traseira do sedan na carroceria.

CARTA DE CONTROLE ESTATÍSTICO - CEP

Máq. T - Cj Tampa Tras.
CONJUNTO TAMPA TRASEIRA

FM 70.1 (FLHKY7001_) - Relação em largura entre as linhas de faceamento da tampa traseira com lateral próximo ao vidro traseiro lado esquerdo e direito.

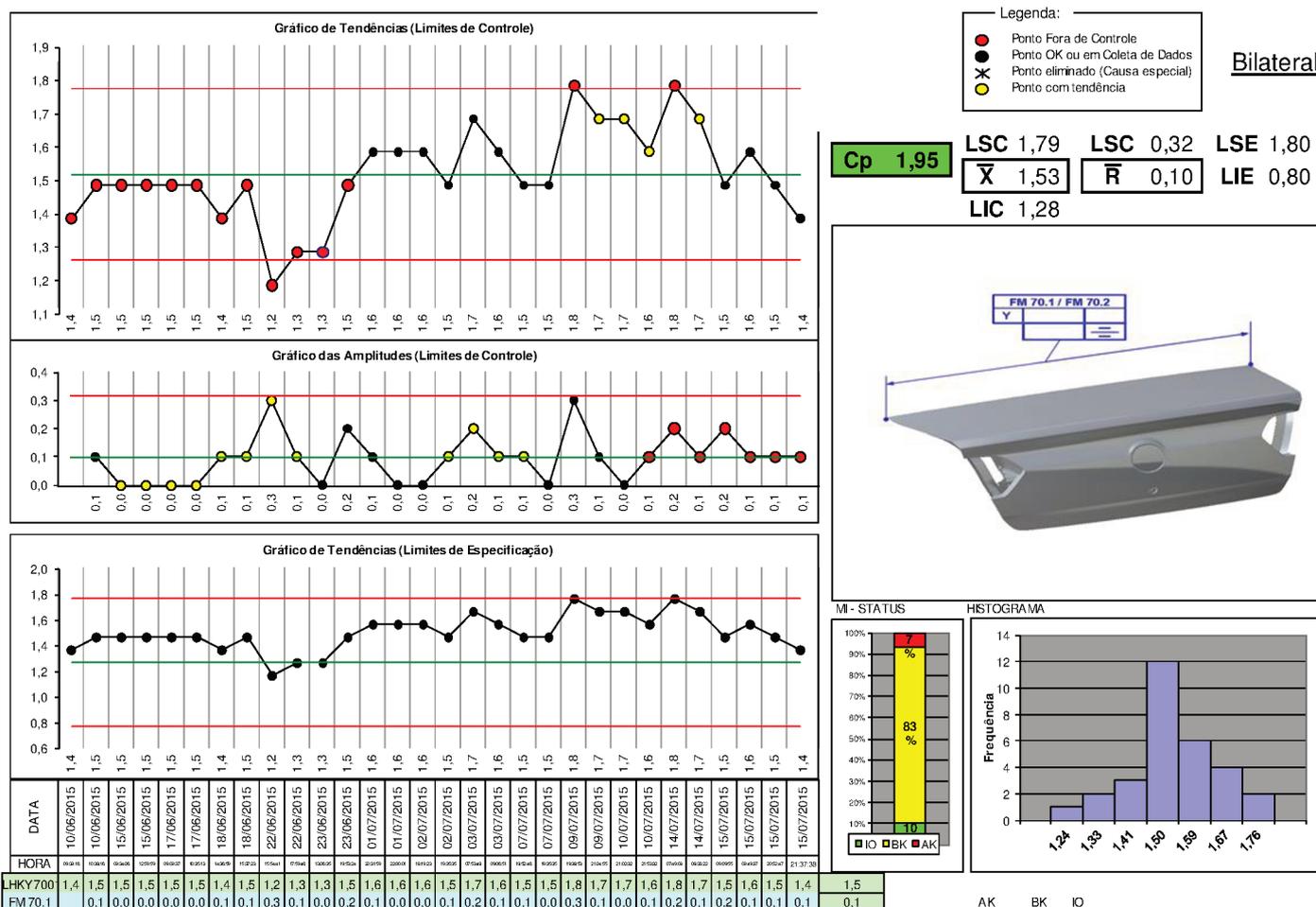
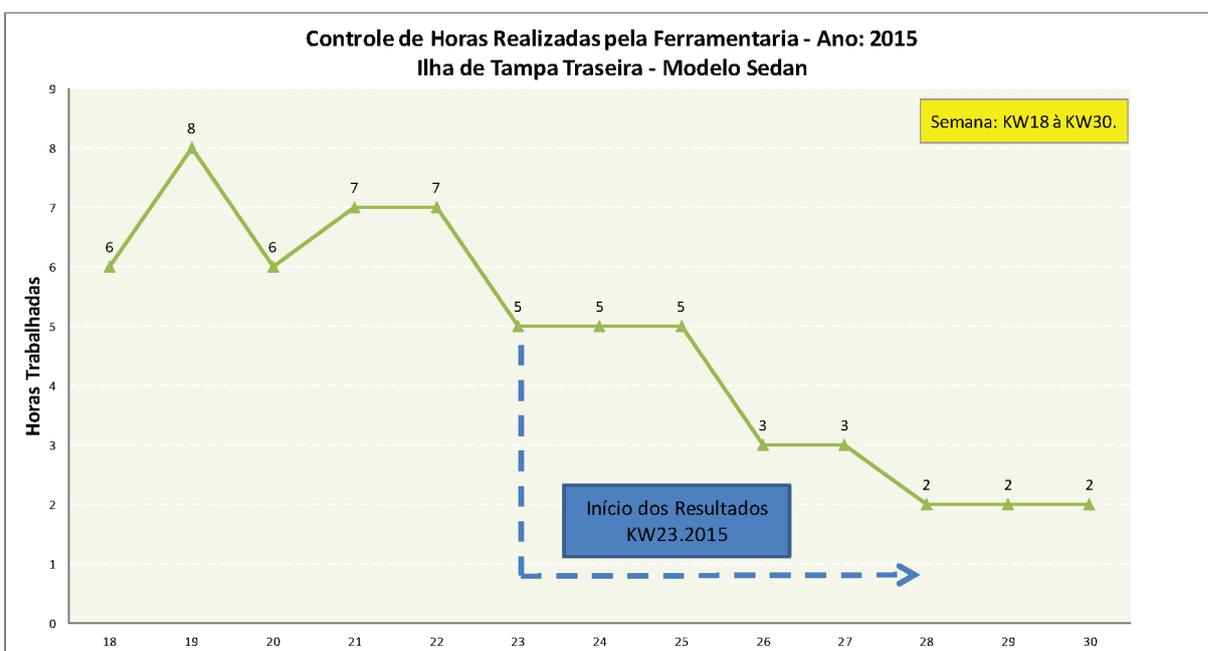


Figura 14 – Carta de Controle Estatística – CEP
Fonte: Sala de Medidas VWBRTBT (2015)

4.2 – Controle de Horas Trabalhadas.

Através do controle de horas trabalhadas pelo setor de Ferramentaria da Área de Carroceria, realizada na ilha de tampa traseira do modelo sedan, no período das semanas 18 (dezoito) a 30 (trinta) do ano de 2015, foi possível detalhar as horas programadas (horas normais + extras), e diante acompanhamento e melhorias no processo, percebe-se a redução das horas de reparo realizadas no processo para correções dimensionais. Saindo de uma média de 6,8 (seis vírgula oito) horas gastas por semana até a semana 22 (vinte e dois), para 02 (duas) horas na semana a partir da semana 28 (vinte e oito). Ganho considerável de 29,4 % (vinte e nove vírgula quatro percentual).



FERRAMENTARIA DA ÁREA DE CARROCERIA													
Semana	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Horas Trabalhadas	6	8	6	7	7	5	5	5	3	3	2	2	2
H. Normais	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
H. Extras	6	6	6	6	6	6	3	3	3	3	2	2	2
Horas Programadas	11	11	11	11	11	11	8	8	8	8	7	7	7

Figura 15 – Controle de Horas do Setor Ferramentaria
Fonte: Relatório Manufatura VWBRTBT (2015)

5. Discussão

Em nossa sociedade de profundas e rápidas transformações, procedimentos e técnicas inovadoras invadem todos os espaços, principalmente os espaços empresariais imbuídos do pensamento capitalista.

A partir da abertura da economia, em 1990, com a conseqüente inserção na competição externa, as empresas brasileiras assimilaram o uso de termos como inovações tecnológicas, melhoria de qualidade, aumentam de produtividade, soberania do cliente, até então ausentes no discurso empresarial brasileiro.

As empresas consideradas inovadoras estão comprometidas com constantes mudanças técnicas e organizacionais. Verificam-se nelas indicadores competitivos no desempenho, qualidade, produtividade, qualificação dos colaboradores, econômico e financeiro, tais como crescimento de vendas, lucro operacional, participação de mercado com a introdução de novos produtos, novos serviços e de procedimentos operacionais.

Assim considerado, essas empresas investem em atividades geradoras de mudanças técnicas e organizacionais, por meio de um contínuo esforço de aprendizado para o atendimento técnico e qualitativo em busca sempre do melhor resultado.

Programar nas empresas a aprendizagem tecnológica e de desenvolvimento nas com êxito significa torná-la fruto de decisões conscientes e inovadoras empreendidas pela gerência, que, insatisfeitas com o nível de eficiência alcançado em determinado momento, proporciona os recursos necessários para lograr inovações organizacionais.

Empresas inovadoras e competitivas são aquelas comprometidas com mudanças contínuas e com o desenvolvimento de atividades geradoras de tais mudanças.

Questionar e discutir a resistência e a demora da inserção de novos procedimentos nas empresas, sabendo-se que, para a produção e a distribuição das riquezas regidas pelo mercado, no qual e em tese, os preços são determinados pelo livre jogo da oferta e da procura, é determinante no contexto empresarial, o relacionamento e o emprego de técnicas e procedimentos que possibilitem um maior

relacionamento entre empresas e mercado, empresas e clientes, empresas e fornecedores assim como empresas e tecnologia e técnicas.

Torna-se relevante nesse processo relacional de mudanças, o conhecimento e a viabilidade de técnicas e ou novos procedimentos de sucesso. Essa situação de confiabilidade poderá agilizar processos e garantir a eficácia na organização de procedimentos contínuos.

Nessa circunstância é necessário aliar o sistema de informações estatísticas (CEP), ao sistema de informações gerenciais tendo como elo a parceria e a confiabilidade necessária entre as partes implicadas.

6. Conclusão

Constataram-se pelos dados obtidos, no contexto de controle de processo trabalhado, que envolve setores técnicos e manufatura das carrocerias e conjuntos de partes móveis, situações que possibilite mudança e novas atuações de eficiência junto às áreas de manufatura e qualidade.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o indicador de estabilidade do processo de manufatura de carroceria metálica soldada de uma empresa automobilística localizada no Interior do Estado de São Paulo. Os dados obtidos do processo foram compilados de forma aleatória e a amostra corresponde a 30 observações de medição das cotas funcionais do conjunto tampa traseira de um modelo sedan, que atingiu o indicador de capacidade em $C_p > 1,33$, acompanhado por um sistema computadorizado de forma a evitar erros de medidas.

E com o gerenciamento, controlou-se e constatou-se a redução considerável de horas trabalhadas em 29,4%, realizadas pelo setor de ferramentaria da área de carroceria na empresa. Evitando gastos desnecessários com reparos para correção dimensional nas cotas significativas em relação à tampa traseira com a carroceria.

A metodologia utilizada foi a de controle estatístico do processo e as análises dos dados apontam para o atendimento da estabilidade e confiabilidade estatística do processo, mantendo o bom desempenho dos trabalhos técnicos e desenvolvimento e motivação das equipes.

Os resultados apresentados justificam a manutenção, ou seja, as melhorias contínuas com tecnologias de produção e, principalmente, em tecnologia de gestão para melhor controle de todo o processo e evitar desperdícios e também reduzir custos. Esses resultados se tornam visíveis à medida que a cultura da qualidade de processo, de produto e de atendimento à manufatura permear toda a organização.

Assim considerado e diante dos resultados obtido, constata-se que o processo de manufatura do conjunto poderá, apesar de proporcionar às empresas vantagens competitivas, ter como fator predominante a montabilidade na carroceria, o poder de negociação e a liberdade do cliente interno e externo, ter satisfação do produto adquirido.

6.1. Sugestão para trabalhos futuros

Conforme mencionado à metodologia aplicada na pesquisa foi em uma empresa de manufatura de carrocerias metálicas soldadas automotivas, em uma análise de dados através de medições das cotas funcionais, aplicados em todas as cotas funcionais significativas/ críticas definidas na área de manufatura, elegendo para o trabalho a tampa traseira do modelo sedan, onde poderia estender para todas as cotas funcionais de outros modelos de carrocerias.

7. Referências

ARAGÃO, IRLAN REIS DE. BORNIA, ANTONIO CEZAR. **A revolução de perdas num processo produtivo através da implantação da sistemática da árvore de perdas**. ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção, Revista Produção on line, v7, São Paulo, 2007.

BARBOSA, MARCOS AURÉLIO. **Análise do Sistema da Qualidade Total em uma indústria de Celulose e Papel**. Dissertação de Mestrado pelo Curso em Gestão e Desenvolvimento Regional do Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado – ECA da Universidade de Taubaté, São Paulo, 2004.

BURI, MARCOS ROBERTO. **A relação entre os sistemas de gestão dos processos e o planejamento estratégico**. Dissertação 095, Mestrado em Engenharia Mecânica – UNITAU, 2006, São Paulo.

CIBELE COELHO GODINHO JARDIM. **Gestão da qualidade e prazos no projeto**. Monografia do Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte – MG, 2007.

COSTA, ANTONIO FERNANDO BRANCO. EPPRECHT, EUGENIO KAHN. CARPINETTI, LUIZ CESAR RIBEIRO. **Controle estatístico de qualidade**. Editora Atlas, 2ª edição, 2008 São Paulo.

CROSARIOL, GIOVANI JOSE. BORNSTEIN, THOMAS. ARAUJO, ELAINE DA SILVEIRA ROMAGNOLLI. **Estudo das descontinuidades apresentadas em ações baixa liga pelo processo MIG/ MAG.** TCC 490 da UNITAU de Engenharia Mecânica, turma de 2011. São Paulo, artigo 12.

ENDE, MARTA VON. GONÇALVES, MICHELE SEVERO. STECCA, FABIANA LETÍCIA PEREIRA ALVES. STECCA, JAIME PEIXOTO. **Análise do efeito do dia da semana na produtividade da mão-de-obra em uma fábrica de ração.** XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, SEGeT, 2012, Rio de Janeiro.

ESTEVES, MATHEUS RAMOS. RIBEIRO, NICÉCIO DOS SANTOS. CHAVES, CARLOS ALBERTO. **Defeitos no processo de soldagem a ponto por resistência utilizado na montagem de carroceria automotiva.** TCC 456 da UNITAU de Engenharia Mecânica, turma de 2010. São Paulo.

Gerenciamento Estatístico do Processo. QA Central Volkswagen do Brasil, 2ª Edição, 2007, São Paulo.

GONZAGA, LUIZ CUSTÓDIO; RIBEIRO, PRISCILLA CRISTINA CABRAL. **Gestão estratégica da inovação na indústria automobilística: Um estudo de caso.** Artigo: Sistema & Gestão 10-2015, pp 2-14 – Revista Eletrônica.

JURAN, J.M., GRZYNA, F.M. **Controle da Qualidade**. Editora Makron Books, volume IV, 1992, São Paulo.

LANFREDI, ANDRE LUIS. **Controle estatístico de processo aplicado em peças estampadas**. Monografia 117, Especialização em Engenharia da Qualidade Lean Six Sigma Green Belt – UNITAU, 2011, São Paulo.

LENCIONI, CARLOS HENRIQUE DE MATTOS. **Análise de gestão de projetos de produtos automotivos**. Dissertação 197, Mestrado em Engenharia Mecânica – UNITAU, 2010, São Paulo.

LEONI, ROBERTO CAMPOS. MACHADO, MARCELA APARECIDA GUERREIRO. COSTA, ANTONIO FERNANDO BRANCO. **Estratégia de amostragem sistemática para reduzir o efeito da autocorrelação no desempenho do gráfico de controle T2 de Hotelling**. XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, SEGeT, 2014, Rio de Janeiro.

MACHADO, IVAN GUERRA. **Soldagem e técnicas conexas: Processos**. Editado pelo autor, Porto Alegre – RS, 1996, página 288 à 297.

MORETTIN, LUIZ GONZAGA. **Estatística básica: probabilidade e inferência**. Editora Pearson Prentice Hall, volume único, 2010, São Paulo.

NETO, PEDRO LUIZ DE OLIVEIRA COSTA. **Estatística**. 2ª Edição, 2002 – 1ª Reimpressão, 2003, página 177 à 186.

OLIVEIRA, PAULO; GOSLING, MARLUSA DE SEVILHA; RESENDE, MARCOS PAULO DIAS LEITE. **O gerenciamento do funcionário de frente sob a ótica da qualidade de serviços – um estudo de caso em um centro automotivo**. Artigo da Revista Sistema & Gestão, UFMG, Belo Horizonte – MG, 2015.

PALADINI, EDSON PACHECO. **Gestão da Qualidade**. Editora Atlas, 2009. 2ª edição – São Paulo, página 38 à 46.

PRADO, DENILSON DO. MONTANO, LEANDRO RICIERI. **Análise dimensional das estruturas dos assentos do Gol 3ª Geração**. TCC do curso de Engenharia Mecânica, UNITAU, 2002, São Paulo.

RANGEL, ALEXANDRE. **Momento da Qualidade**. Editora Atlas, 1995 – São Paulo, páginas 15 à 25 e páginas. 44 à 50.

Relatório Dimensional da Sala de Medidas. Área da Qualidade da Volkswagen do Brasil, 2015, São Paulo.

Relatório Sistema de TPM da Manufatura da Carroceria. Área de Carroceria da Volkswagen do Brasil, 2012, São Paulo.

Relatórios Diversos da Manufatura da Carroceria. Área de Carroceria da Volkswagen do Brasil, 2015, São Paulo.

RODRIGUES, DANIELA DOS REIS SIMÕES. **Estudo de capacidade de um processo de pintura em estruturas metálicas.** Monografia 162, Especialização em Engenharia da Qualidade Lean Six Sigma Green Belt – UNITAU, 2012, São Paulo.

RODRIGUES, MARCUS VINICIUS. **Entendendo, aprendendo, desenvolvendo qualidade padrão seis sigma.** Editora Qualitymark, 2006, Rio de Janeiro.

SAMPAIO, NILO ANTONIO DE SOUZA. LEONI, ROBERTO CAMPOS. **Emprego de técnicas estatísticas para validar a hipótese de independência em gráfico de controle.** XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, SEGeT, 2014, Rio de Janeiro.

SANTOS, FERNANDO AMÂNCIO DOS. **Análise de Processos de Engenharia do veículo de sondagem VSB-30 usandi IDEF0 e CMMI.** Dissertação 153, UNITAU, Mestrado em Engenharia Mecânica, 2009.

SANTOS, FLÁVIO BILHA DOS. **Estudo da eficiência do processo de soldagem de pontos por resistência elétrica utilizado na indústria automobilística.** Dissertação do curso de mestrado em Sistema de Gestão da Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2006.

SCHELLEN, ALISSON CHISTIAN; CAUCHICK MIGUEL, PAULO A. **Adoção do Seis Sigma e Lean Production em uma empresa de manufatura.** Produção online (revista científica eletrônica de engenharia de produção), 2014.

SCOTTI, AMÉRICO. PONOMAREV, VLADIMIR. **Soldagem MIG/ MAG: Melhor entendimento, melhor desempenho.** Editora Artliber, 2ª edição, São Paulo, 2008.

SILVA, IVAN LUIZ LARANJEIRAS. **O processo de RECALL na indústria automobilística: Caracterização, análise e indicadores de desempenho do mercado brasileiro.** Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho - Uninove, São Paulo, 2011.

SLACK, NIGEL. CHAMBERS, STUART. JOHNSTON, ROBERT. **Administração da Produção.** Editora Atlas, 2ª edição, 2002, São Paulo, página 549.

SOUZA, LUIZ FERNANDO NUSS DE; ELIAS, FÁBIO MARCOS DE; VETTER, NARA VIEIRA; SANTOS, RENATO MORAES DOS. **Seis Sigma – Qualidade com Lucratividade**. SEGeT (Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia), Rio de Janeiro, 2007.

TEBOUL, JAMES. **Gerenciamento à distância da Qualidade**. Editora Qualitymark, 1991 – Rio de Janeiro, página 38 à 46.

TEMUDO, F; BRONZOLLI, M.C. **Aumento da Produtividade e a busca por novas tecnologias na indústria automobilística**. Acesso: <http://www.logicon.org.br/arquivos/133.pdf>, 2010.

TORINO, EVERTON CARLOS. **Estudo da automação do processo de prensas terminais em cabos**. Dissertação, Mestrado em Engenharia Mecânica – UNITAU, 2013, São Paulo.

UMARAS, EDUARDO. **Tolerância Dimensionais em conjuntos mecânicos: Estudo e proposta para otimização**. Dissertação de mestrado em Engenharia, São Paulo, 2010.

VEIGA, EMÍLIO. **Processo de soldagem MIG/ MAG**. Globus Editora e Livraria LTDA, São Paulo, 2011, página 09 à 14.

WERKEMA, MARIA CRISTINA CATARINO. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. EDG – Editora de Desenvolvimento Gerencial, MG, 1995.

GLOSSÁRIO

Atividade - Parcela de uma atribuição que caracteriza determinada carga de trabalho e responsabilidade de uma função, formada pela integração das operações que podem ser realizadas numa jornada de trabalho. Expressão utilizada no PERT para identificar a parcela do fluxo total que une dois eventos constituindo uma fase ou etapa de um processo que consome recursos e tempo. Na gestão da qualidade, atividade é qualquer ação ou trabalho específico em determinado processo.

Automação – é a integração de uma ampla variedade de recursos tecnológicos e de engenharia em processos de produção/operações para o atingimento de objetivos estratégicos das organizações.

Capacidade – quantidade de materiais (matérias-primas e demais insumos) que um sistema produtivo consegue processar (transformar em produtos acabados) em determinado período de tempo.

Produtividade – é a indicação do grau de aproveitamento dos recursos produtivos. Trata-se de uma proporção entre o que é produzido e os recursos requeridos para se atingir esta produção. Pode-se apresentar a produtividade como o valor de saídas (*output*) úteis por unidade de custo para os recursos utilizados nos processos produtivos. Usualmente, produtividade é utilizada nas atividades de manufatura, embora possa ser utilizada em qualquer área dos sistemas organizacionais.