

Eixo Temático: Estratégia e Internacionalização de Empresas

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS EM UMA
INDÚSTRIA DE PEÇAS EM PRECISÃO**

**APPLICATION OF STATISTICAL PROCESS CONTROL IN AN INDUSTRY
IN PRECISION PARTS**

Iochane Garcia Guimarães, Tássia Henkes Maciel e Vinicius Jacques Garcia

RESUMO

Atualmente, devido à grande concorrência, as empresas que buscam destaque em seu setor obrigam-se a buscar uma maior qualidade e eficiência entre seus processos. A técnica de Controle Estatístico de Processo (CEP), largamente aplicada na indústria permite enxergar a melhoria de qualidade e produtividade na empresa. Tendo em vista esse potencial o objetivo do presente trabalho foi analisar o processo de produção de peças em aço inox, pelo processo de estampagem mecânica e por foto corrosão (estampagem química de alta precisão) em uma indústria do setor de serigrafia técnica. As análises foram embasadas em dados coletados de cada processo em operação normal. Foram realizados estudos de capacidade, estabilidade e função perda. Pode-se afirmar que os estudos trouxeram como resultados informações de grande importância, que podem ser utilizadas otimizar os processos analisados.

Palavras-chave: controle estatístico de processo; estabilidade; capacidade; função perda.

ABSTRACT

Currently, due to fierce competition, companies seeking to highlight in your industry are obliged to seek greater quality and efficiency of their processes. The technique of Statistical Process Control (SPC), widely applied in the industry allows you to see the improvement of quality and productivity in the company. Considering that the aim of this prospective study was to analyze the process of producing parts in stainless steel, the mechanical printing process and corrosion (chemical embossing of high precision) in a technical screen printing industry sector. The analyzes were based on data collected from each process in normal operation. Capacity studies, stability and function loss were performed. It can be stated that studies have brought results as very important information, which can be used to optimize the processes analyzed.

Keywords: statistical process control; stability; capacity; loss function.

1 Introdução

A concorrência e a competitividade das empresas no mercado atual estão diretamente ligadas à produção de itens de qualidade a um baixo custo. Para gestores e gerentes o maior ponto de sucesso de uma grande empresa é estabelecer uma rotina de confiabilidade de processos. Mais precisamente o processo deve ser estável e replicável e capaz de operar com pequeno grau de variabilidade em torno das exigências do cliente para garantir a qualidade do produto. A variabilidade, segundo Montgomery (2009), é sinônimo de desperdício de dinheiro, tempo e esforços.

Para isso, diversas ferramentas de estratégia foram criadas em busca de estabelecer um controle de qualidade de processo. Montgomery (2009) ressalta que, o controle estatístico do processo é uma ferramenta bastante eficaz na resolução de problemas, útil na obtenção da estabilidade do processo e aumento da capacidade através da redução de variabilidade. Ainda segundo Maiczuk e Júnior (2013) o controle estatístico consiste em uma metodologia que atua sobre o processo produtivo de maneira preventiva, geralmente para que um produto atenda às exigências do consumidor, é necessário que o processo ocorra em condições ideais, conhecidas, controladas e livres de grandes variações, a fim de manter todos os parâmetros dentro de condições preestabelecidas pela empresa e gerar uma maior facilidade no direcionamento da organização e na obtenção dos objetivos de melhoria da qualidade.

Neste sentido, o Controle Estatístico do Processo fornece ferramentas analíticas para entender a variação exibida por medidas de qualidade, e uma abordagem para agir sobre a informação resultante, tendo em vista a realização de melhorias. Os gráficos de controle que formam o esteio da análise do CEP fornecem uma abordagem gráfica simples da variação no processo (POOTS E WOODCOCK, 2012). Por meio dessas análises, consegue-se controlar características significativas do produto e do processo, em tempo real, garantindo níveis de qualidade, a um custo suportado pelo mercado (NOMELINI et al., 2009).

Neste trabalho, investiga-se a aplicação de mapeamento de controle estatístico de processos em uma indústria que fabrica peças técnicas em precisão, especializada em cortes e gravações em peças metálicas utilizando o processo de estampagem mecânica e química para o meio industrial tendo como matéria-prima principal o aço inoxidável.

Diante disso, este estudo tem como objetivo analisar dois processos de produção de peças de precisão por estampagem mecânica e química. Um dos processos analisados trata-se da fabricação de etiquetas para botoeira de elevadores. Já o outro processo trata-se da fabricação de peças de precisão. Os dois processos são de grande importância já que o não cumprimento das especificações pode gerar refugo e retrabalho, ocasionando custos de produção para a empresa.

O trabalho está estruturado em cinco seções. Além desta introdução, a segunda seção apresenta o referencial teórico, já a terceira seção apresenta os procedimentos metodológicos com as definições dos processos e as etapas necessárias para execução do estudo, a seção 4 trata da análise dos resultados e na seção 5 são apresentadas as principais conclusões do presente estudo.

2 Revisão Bibliográfica

Toda empresa precisa de técnicas que permitam ao seu produto a qualidade desejada. Não é possível colocar a responsabilidade apenas sobre as pessoas, exigindo que elas

façam o melhor que podem ou cobrando resultados, é necessário o uso de ferramentas que auxiliem no controle de falhas e no aperfeiçoamento dos processos de produção (CORTIVO, 2005).

Neste contexto, o Controle Estatístico de Processo (CEP) representa uma ferramenta da qualidade que possibilita monitorar as características de relevantes de um processo, assegurando sua manutenção dentro de limites preestabelecidos e indicando quando adotar ações de correção e melhoria. O uso desta ferramenta pode trazer grandes benefícios para a empresa, como a satisfação de seus clientes e menor custo de produção (MIYATA et al., 2010). O principal objetivo do CEP é possibilitar o controle em tempo real, feito pelo próprio operador, e desta forma aumentar o seu comprometimento com a qualidade do que está sendo produzido, liberando a gerência para tarefas de melhoria (PAESE, et al., 2001).

Neste sentido, de acordo com Michel e Fogliatto (2002) as cartas de controle estatístico são ferramentas de monitoramento do desempenho de processos. Elas utilizam como dados de entrada medições de variáveis que influenciam na qualidade dos itens manufaturados. Medições são realizadas em pontos espaçados no tempo e registradas nas cartas; este registro resulta em gráficos temporais que apresentam os valores de medição da variável no eixo vertical, e os pontos no tempo nos quais as medições são efetuadas, no eixo horizontal.

Ainda conforme Michel e Fogliatto (2002) a cada medição comparam-se o resultado obtido com limites de controle: medições fora dos limites indicam a presença de causas especiais de variabilidade, anômalas ao processo, que prejudicam a qualidade do produto manufaturado. Uma vez identificadas as causas especiais, pode-se atuar sobre elas, melhorando continuamente a qualidade do produto.

Montgomery (2009) classifica as cartas de controle em dois tipos gerais: as cartas de controle para variáveis e as cartas de controle para atributos.

Os atributos são características que quando comparadas com certo padrão (especificações), podem assumir apenas valores discretos, ou seja, classificação como conforme ou não - conforme, ou contagem de defeitos (RIBEIRO E CATEN, 2013).

De acordo com Montgomery (2009) as cartas de atributos são de grande utilidade nas indústrias de serviços e na busca pela melhoria da qualidade não-industrial, pois muitas das características de qualidade que existem nesses ambientes são de difícil mensuração em uma escala numérica. A Tabela 1 a seguir apresenta os quatro tipos de carta de atributos.

Tabela 1 – Tipos de carta de controle por atributos

Tipo de carta	Aplicabilidade
Carta p	Mede a fração de produtos defeituosos ou produtos não-conformes em uma amostra (as amostras podem ser de tamanhos diferentes)
Carta Np	Monitora o número de unidades não conformes (as amostras devem ter do mesmo tamanho)
Carta c	Monitora o número de não-conformidades (defeitos) verificados em um grupo (as amostras devem ter o mesmo tamanho)
Carta u	Monitora o número de não-conformidades por unidade produzida, o número de não conformidades é expresso em relação a cada unidade (as amostras podem ter tamanhos diferentes).

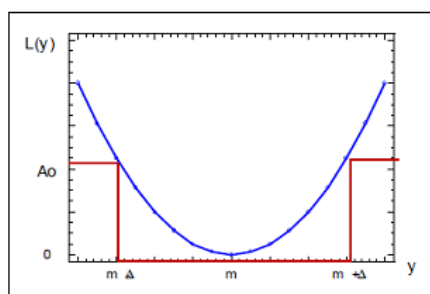
Fonte: Ribeiro e Caten (2013)

2.1 Função Perda

A abordagem tradicional de qualidade está fortemente ligada com a idéia de atender às especificações. Nesse enfoque, se um produto atende as especificações ele possui boa qualidade, caso contrário, ele é um produto defeituoso. Mas para Taguchi a qualidade, ou a falta de qualidade, pode ser avaliada através da perda imposta por um produto ou por atingir o alvo com a menor variabilidade possível (RIBEIRO e CATEN, 2013).

Ainda segundo os autores a abordagem proposta por Taguchi consiste em usar a função perda para avaliar o processo. A Figura 1 apresenta o comparativo entre a abordagem tradicional para a estimativa de perda e a abordagem de Taguchi, a linha vermelha representa a abordagem tradicional, já a linha azul representa a abordagem de Taguchi.

Figura 1 – Comparação entre a Abordagem tradicional e Abordagem Taguchi



Fonte: Ribeiro e Caten (2013)

Em muitos casos a perda resulta aproximadamente proporcional ao quadrado do desvio da meta estabelecida para certa característica de qualidade. A função perda é quantificada pela equação (1):

$$L_i = k (y_i - m)^2 \quad (1)$$

A perda financeira associada ao desvio da meta é expressa por L_i , já o valor medido para a característica da qualidade em estudo é expresso por y_i , a meta para a característica de qualidade é representada por m e o coeficiente k de perda da qualidade, que converte o desvio do alvo em R\$ é dado por Ao/Δ^2 , onde Ao é o custo de reparo ou substituição do produto e Δ^2 é o desvio da meta que exigiria reparo ou substituição (RIBEIRO e CATEN, 2013).

3 Procedimentos Metodológicos

O presente estudo foi realizado de acordo com quatro etapas: definições do indicador, tipo e especificações; seguido da definição do tipo de carta; definição do tamanho da amostra e frequência de amostragem, e por fim definição da função perda.

O primeiro processo analisado consiste na fabricação de etiquetas para botoeiras de elevadores por estampagem mecânica em lotes de 200 unidades, o material utilizado consiste no aço Inox que é gravado em alto relevo ou Policarbonato texturizado em impressão serigrafada. Neste caso, as interferências ao processo estão

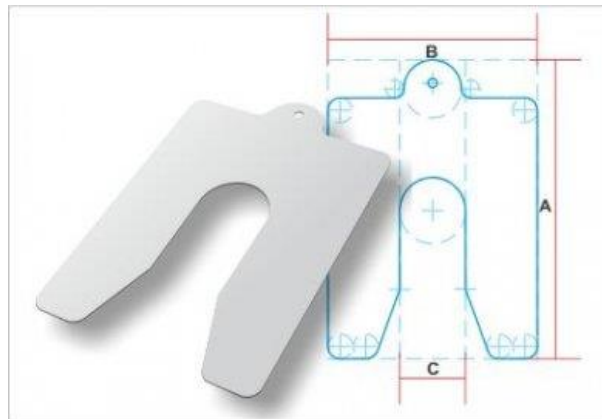
ligadas a erros de operação da máquina de corte. As etiquetas têm tamanho padrão de 32 x32 mm. A Figura 2 apresenta as etiquetas.

Figura 2 – Etiquetas para botoeiras de elevadores



O segundo processo consiste na fabricação de peças de precisão por Foto corrosão (Estampagem Química de precisão) mantendo assim mais resistência à fadiga, consegue-se dobras do metal sem o auxílio mecânico e sem custo de ferramental, as interferências desse processo estão relacionadas a máquina. As peças são produzidas em lotes pequenos de até cinco unidades. A Figura 3 apresenta calços calibrados em aço inox (80mmx70mmx0,20 mm) fabricados pelo processo de foto corrosão.

Figura 3 – Peça de precisão



3.1 Definição do indicador

Para identificar as peças para retrabalho ou resíduo do primeiro processo analisado, é feita uma inspeção pelo operador, no qual o mesmo marca as peças defeituosas e retira do lote que vai ser enviado para o cliente. No segundo processo a inspeção de não conformidades (manchas, risco, rebarbas) também é realizada pelo operador que identifica se o número de não conformidades está dentro do tolerado. Os dois processos analisados apresentam indicador do tipo menor é melhor, pois de acordo com Ribeiro e Caten (2013) as características do tipo menor é melhor tendem a apresentar uma distribuição de probabilidade assimétrica à direita, pois muitas vezes existem limitações tecnológicas dificultando a obtenção de valores baixos, enquanto que muitos casos de variabilidade podem gerar valores altos, assim apresentam apenas limite superior de especificação.

No processo de fabricação das etiquetas para botoeiras de elevador do lote de 200 unidades a meta de retrabalho ou refugo consiste em 12 unidades. Já no processo de fabricação de peças de precisão o número de não conformidades por unidade tolerado é três.

3.2 Definição do tipo de carta

O tipo de carta utilizado neste estudo foi a carta para atributos, onde no primeiro processo utilizou-se a carta p , pois buscou-se medir a fração de produtos defeituosos em uma amostra de tamanho considerável e constante (200 unidades). De acordo com Ribeiro e Caten (2013) as cartas para atributos exigem subgrupos de tamanho considerável, em geral de 50 a 200 unidades ou mais, para serem eficientes na detecção de alterações no processo.

Para cada subgrupo anotou-se os valores:

n = número de itens inspecionados

d = número de defeitos (não conformidades)

k = número de subgrupos

A fração média de não conformidades foi calculada pela Equação (2) a seguir.

O desvio - padrão foi calculado utilizando a Equação (3), como as amostras coletadas tiveram tamanhos iguais, utilizou-se a média dos tamanhos das amostras.

$$\sigma_p = \sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})} / \sqrt{n} \quad (3)$$

Os limites de controle superior e inferior foram calculados usando a Equação (4) e Equação (5), respectivamente.

$$LCS = \bar{p} + 3\sigma_{pi} \quad (4)$$

$$LCI = \bar{p} - 3\sigma_{pi} \quad (5)$$

No segundo processo analisado utilizou-se a carta u , pois buscou-se monitorar o número de não conformidades por unidade produzida, onde a amostra analisada continha cinco unidades.

Inicialmente calculou-se o número médio de não conformidades por unidade utilizando a Equação (6) e em seguida calculou-se o desvio padrão pela Equação (7).

$$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} \quad (6)$$

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (7)$$

Onde: c é o número de não conformidades na amostra i ; n é o tamanho da amostra e k é o número de subgrupos.

Em seguida foram calculados os limites de controle superior e inferior para o número de não conformidades por unidade utilizando a Equação (8) e a Equação (9).

$$LCS = \bar{u} + 3\sigma_{u_i} \quad (8)$$

$$LCI = \bar{u} - 3\sigma_{u_i} \quad (9)$$

3.3 Definição do tamanho da amostra e frequência de amostragem

Primeiramente foi feita uma reunião dentro do processo produtivo da fábrica envolvendo a gerencia e os operadores, em que foi definida a equipe responsável, os horários de coleta e o tamanho da amostra. No processo de fabricação de etiquetas para botoeiras de elevador o tamanho de amostra coletado para o estudo da fração de produtos defeituosos por lote de 200 unidades foi de 30 turnos coletados durante 15 dias, coletou-se amostras do turno da manhã e do turno da tarde conforme (Apêndice A). Os dados foram coletados pelo operador de cada turno, responsável pela operação da máquina de estampagem mecânica no primeiro horário da manhã bem como no primeiro da tarde que o funcionário começava a operar a máquina, a coleta durou duas semanas e um dia, sendo que o primeiro dia de coleta iniciou em uma segunda – feira.

Para o processo de fabricação de peças de precisão foi analisada 30 amostras em subgrupos de cinco unidades no mês de maio, onde foi coletada uma amostra por dia, conforme (Apêndice B). Os dados foram coletados pelo operador responsável pela operação dos controles da máquina de fotocorrosão.

3.4 Definição da função de perda

Conforme Ribeiro e Caten (2013) a Equação (10) representam a perda para processos do tipo menor é melhor.

$$L = k(\bar{y}^2 + s^2) \quad (10)$$

Onde y representa a média dos valores medidos, s o desvio padrão da amostra e k o coeficiente de perda.

Para o processo 1 de estampagem mecânica, é estimado que a fração de 0,12% de peças defeituosas por lote de 200 unidades produzidas implica em uma perda monetária de R\$24,00, logo $\Delta = 0,12$ e $A_o = 24,00$. Já para o processo 2 de foto corrosão, é estimado que a perda de 1 peça produzida implique em uma perda monetária de R\$ 85, 00, logo, $\Delta = 1$ e $A_o = 85,00$.

De acordo com Ribeiro e Caten (2013) a Equação (11) revela a natureza dos problemas de qualidade. Assim se Q for maior que 1, a perda devido ao desvio da meta é preponderante e, provavelmente, será possível efetuar uma melhoria significativa no processo com facilidade. Já se Q for próximo de zero, o processo já está centrado e os problemas de qualidade são basicamente devidos à dispersão. Esse caso é mais difícil de resolver e, em geral, irá exigir ação sobre as causas comuns, ou seja, ação sobre o sistema.

$$Q = \frac{(\bar{y} - m)}{s} \quad (11)$$

4 Análise dos Resultados

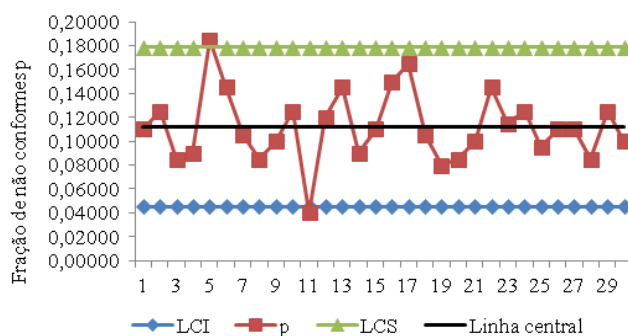
Os resultados apresentados para os dois processos foram divididos em: estudo de estabilidade, estudos de capacidade e função perda.

4.1 Estudo de Estabilidade

4.1.1 Estabilidade do processo 1 de Estampagem mecânica

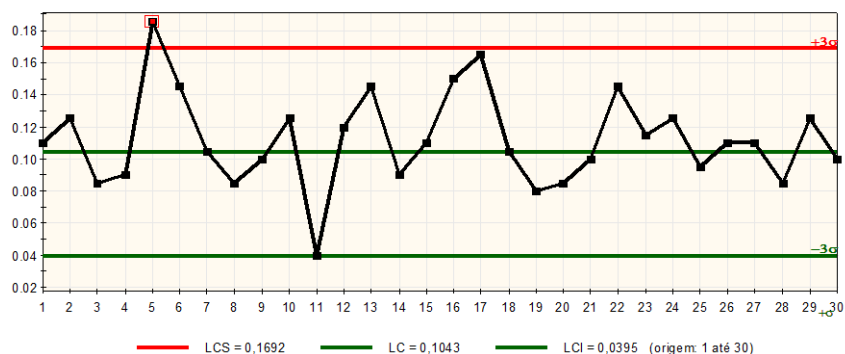
Através dos dados coletados do processo de estampagem mecânica, realizaram-se os cálculos de limites de controle no *software Excel* para a carta *p* utilizando a Equação (4) e a Equação (5) onde se obteve um limite de controle inferior (LCI) e um limite de controle superior (LCS) de, respectivamente, 0,04498 e 0,17869. A Figura 4 apresenta a carta prévia para fração de etiquetas não conformes na amostra. Observou-se que os turnos 5 e o turno 11 foram considerados como causas especiais, pois esses pontos ficaram fora dos limites de controle, logo o processo não teve um comportamento estável.

Figura 4 – Carta prévia da fração de produtos não conformes do processo 1



Com a identificação dos pontos relacionados a causas especiais, os mesmos foram eliminados e recalcularam-se os limites de controle. O novo cálculo dos limites foi feita no *software ProCEP*, a Figura 5 apresenta a carta de controle com os limites recalculados.

Figura 5 – Carta da fração de produtos não conformes do processo 1



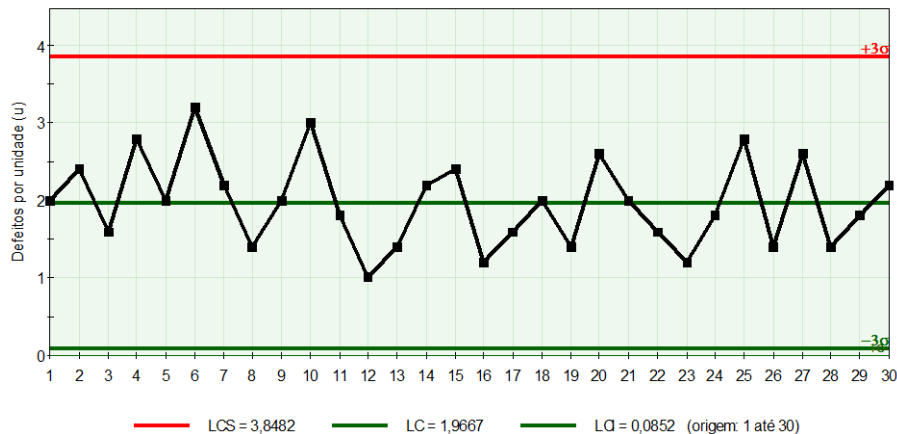
Pode-se verificar através da Figuras 5 que o processo ainda não é estável e previsível ao longo do tempo, pois existe um ponto fora do limite de controle superior. Assim, as causas especiais do processo devem ser investigadas, analisadas e corrigidas.

No dado coletado no turno 5, extraído do terceiro dia de coleta ocorreu erro de operação da máquina pelo operador, o que explica a causa especial apresentada. Quanto aos demais pontos fora da linha central a variação se explica devido a troca de operador por turno.

4.1.2 Estabilidade do processo 2 de Fotocorrosão

A partir dos dados coletados do processo de foto corrosão, realizaram-se os cálculos de limites de controle utilizando a equação (8) e (9) para a carta u . Obteve-se LCS e LCI igual a 3,8482 e 0,0852 respectivamente. A Figura 6 apresenta, a cartas u para o processo de foto corrosão para peças de precisão.

Figura 6 – Carta de controle u para processo 2



A partir da Figura 6 pode-se observar que o processo 2 não apresentou causas especiais, assim, o comportamento do processo é estável. Os motivos par ter se comportado de forma estável, pode ser devido ao processo de foto correção ser automatizado, onde o funcionário não realiza operações mecânicas, apenas opera controles digitais.

4.2 Estudos de Capacidade

4.2.1 Capacidade do processo de Estampagem mecânica

Capacidade de um processo pode ser definida como “a capacidade do processo de produzir peças idênticas”, por um longo período de tempo sob um determinado conjunto de condições. Objetivando demonstrar se um processo de fabricação específico é ou não viável. É a partir desta avaliação rigorosa que um fabricante pode

analisar todas as características do produto e então, decidir se quer continuar com a produção, alterar especificações ou cancelar o projeto.

Neste contexto, segundo Ribeiro e Caten (2013) a capacidade do processo em geral é expressa como o percentual de produtos conformes que o processo produz que pode ser expresso pela Equação (12):

$$\text{Capacidade} = (1 - \bar{p}) \times 100 \quad (12)$$

Assim para o processo estudado onde o pmédio, ou seja, a fração de produtos fora do especificado é 0,104, a capacidade do processo de produzir produtos conformes foi:

$$\text{Capacidade} = (1 - 0,104) \times 100 = 89,6\%$$

O processo de estampagem mecânica é do tipo menor é melhor, e em processos desse tipo o valor do LCI é teoricamente zero e, por esta razão, utiliza-se a especificação superior para avaliação de capacidade. A especificação superior para o processo de estampagem mecânica (meta gerencial) consiste em 12% de peças não conformes. De acordo com Ribeiro e Caten (2013) o percentual de não-conformes pode ser comparado com as expectativas e metas gerenciais, gerando um índice de capacidade Cp, dado pela Equação (13).

$$C_p = \frac{P_{meta}}{\bar{p}} \quad (13)$$

O resultado do cálculo do Cp utilizando a Equação (13) foi de 1,1505, logo, $C_p > 1$ o que significa que o processo de estampagem mecânica é potencialmente capaz. A Figura 8 apresenta a distribuição de probabilidade para o processo de estampagem mecânica, onde se identificou que a probabilidade de uma amostra apresentar uma fração de não conformes inferior ao especificado é igual a 76,6205% e superior ao especificado consiste em 23,3795%. A Figura 9 apresenta a carta de capacidade do processo 1.

Figura 8 – Distribuição de probabilidade para o processo 1

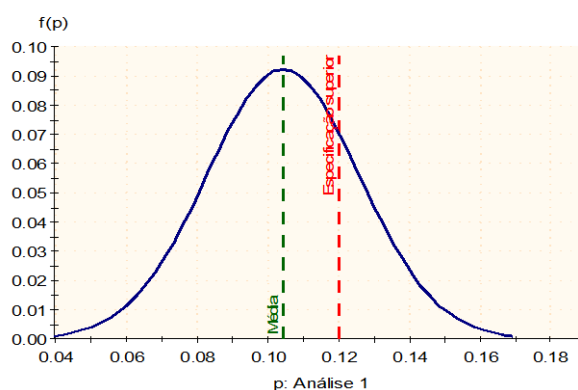
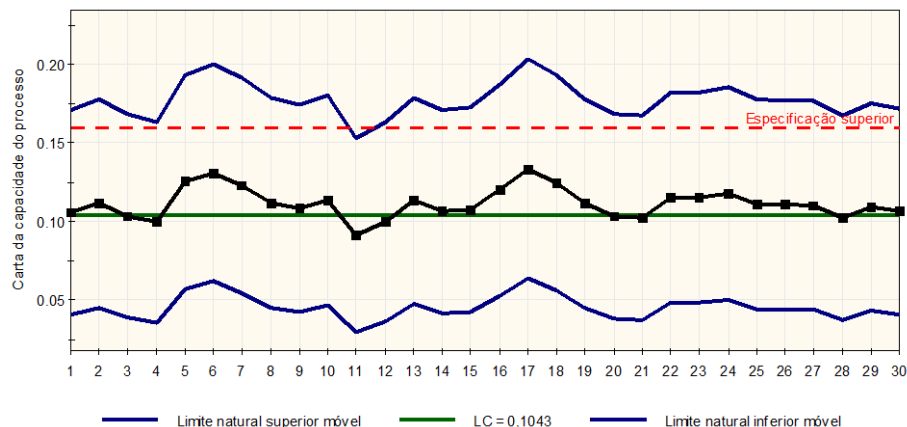


Figura 9 – Carta de Capacidade do processo 1



4.2.2 Estudo de capacidade do processo de fotocorrosão

O processo de foto corrosão, assim, como o processo de estampagem química é do tipo menor é melhor. Para o processo estudado onde o umédio, ou seja, o número de não conformidades por unidade é 1,9667 e a especificação superior para este processo (meta gerencial) consiste em três não conformidades por unidade produzida. De acordo com Ribeiro e Caten (2013) o percentual de não conformes pode ser comparado com as expectativas e metas gerenciais, gerando um índice de capacidade C_p , dado pela equação (14).

$$C_p = \text{umeta} / \text{umédio} \quad (14)$$

O resultado do calculo do C_p utilizando a Equação (12) foi de 1,53 logo, $C_p > 1$ o que significa que o processo de foto corrosão é muito capaz. A Figura 10 apresenta a distribuição de probabilidade para o processo de foto corrosão, onde identificou-se que a probabilidade de uma amostra apresentar um número de não conformidades por unidade inferior ao especificado é de 95,6802 % e superior ao especificado de 4,3198 %%. A Figura 11 apresenta a carta de controle para a capacidade do processo 2.

Figura 10 – Distribuição de probabilidade para o processo 2

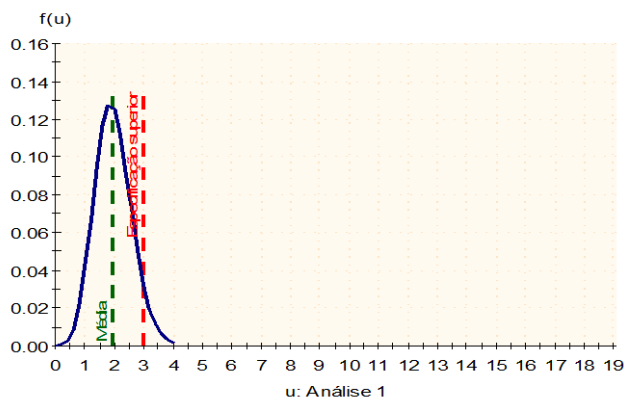
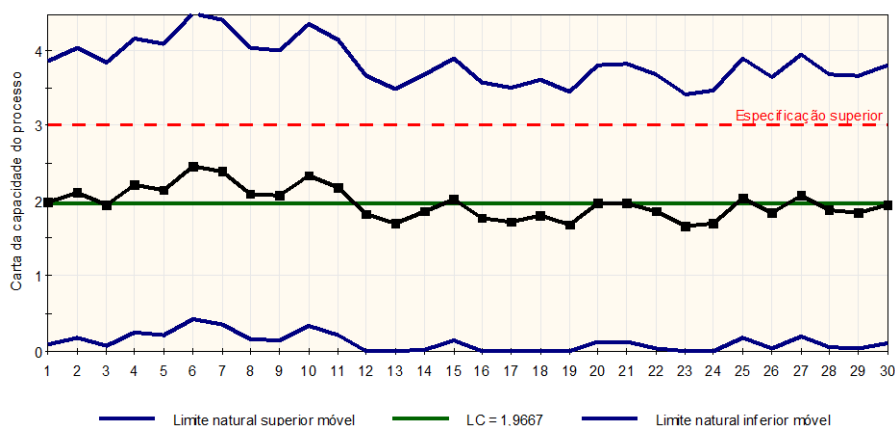


Figura 11 – Carta de capacidade do processo 2



4.3 Função de perda

4.3.1 Função Perda do processo 1

A função perda para o processo de estampagem mecânica foi estimado a partir da equação (10), onde o custo indireto médio por peça encontrado foi de R\$ 18,09, sabendo que são produzidos 1200 peças por mês, estimou-se que o custo indireto por mês é de R\$ 22.690,00.

A parcela preponderante da perda é devido à dispersão, pois utilizando a Equação (11) calculou-se a natureza do problema de qualidade onde Q ficou próximo de zero. Logo, esse caso é mais difícil de resolver, e geralmente exige ações sobre as causas comuns. A Tabela 2 ilustra os dados utilizados no estudo de perda (L) para o processo 1.

Tabela 2 – Dados utilizados no estudo de perda do processo 1

Dado	Valor
Meta	0,12
Delta	0,12
Ao	R\$ 24,00
K	R\$ 1.666,67
Média	0,10430
Desvio	0,022
L por peça	R\$ 18,909
L n=1200	R\$ 22.690,964

4.3.2 Função perda do processo 2

A função perda para o processo de foto corrosão foi estimado a partir da Equação (10), onde o custo indireto médio por peça encontrado foi de R\$ 340,89, sabendo que são produzidos 150 peças por mês, estimou-se que o custo indireto por mês é de R\$ 51.133,00.

A parcela preponderante da perda é devido à dispersão, pois utilizando a Equação (11) calculou-se a natureza do problema de qualidade onde Q ficou próximo de zero. Logo, esse caso é mais difícil de resolver, e geralmente exige ações sobre as

causas comuns. A Tabela 3 ilustra os dados utilizados no estudo de perda (L) para o processo 2.

Tabela 3 – Dados utilizados no estudo de perda do processo 2

Dado	Valor
meta	3
média	1,9667
desvio	0,62716
Ao	R\$ 85,00
Delta	1
K	R\$ 85,00
L	R\$ 362,19
Ln=150	R\$ 54.329,17

5 Conclusões

Neste trabalho foi realizado o estudo de estabilidade e capacidade e função perda de dois processos produtivos responsável pela estampagem de diferentes peças. Os estudos realizados foram focados na estampagem mecânica de etiquetas para botoeiras de elevador e na estampagem por foto corrosão de peças de precisão.

No que diz respeito ao estudo de estabilidade, o processo por estampagem mecânica comportou-se de forma instável, pois apresentou causas especiais. Já o processo por foto corrosão teve um comportamento estável não apresentando causas especiais, possivelmente por ser mais automatizado. Na análise de capacidades os dois processos apresentaram um índice de capacidade maior que 1, logo, foram caracterizados como potencialmente capazes.

Quanto o estudo da função perda, os dois processos apresentaram prejuízo com retrabalho ou substituição de peças não conformes. Identificou-se que o processo de foto corrosão gera tem uma perda monetária maior, logo apresenta um custo indireto por mês também maior em relação ao processo de estampagem mecânica. Ainda verificou-se que para os dois processos a parcela preponderante da perda é devido à dispersão, em função disso os problemas nos processos são mais difíceis de resolver, pois geralmente exigem ações sobre as causas comuns. Dessa maneira, pode-se afirmar que a análise trouxe informações de grande importância, que podem ser usadas caso a indústria deseje otimizar os processos.

Referências Bibliográficas

- CORTIVO, Z.D. **Aplicação do controle estatístico de processo em seqüências curtas de produção e análise estatística de processo através do planejamento econômico**. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia), Universidade Federal do Paraná –UFPR, Curitiba, 2005.
- MICHEL, R.; FOGLIATTO, F.S. Projeto econômico de cartas adaptativas para monitoramento de processos. **Gestão & Produção**, v.9, n.1, p.17-31, abr. 2002.
- MIYATA, H.H.; BARRETO, A.; GOMES, A.C.S.; MORAIS, M.F. Controle

estatístico do processo na produção de circuitos eletrônicos. In: XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHEIROS DE PRODUÇÃO, 12 a 15 de outubro de 2010, São Carlos, São Paulo, 2010.

MAICZUK, J.; JÚNIOR, P.P.A. Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: um estudo de caso. **Qualit@s Revista Eletrônica**. v.14, p. 1, 2013.

MONTGOMERY, D. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC- Livros Técnicos Científicos, 2009.

NOMELINI, Q.S.S; FERREIRA, E.B.; OLIVEIRA, M.S. Estudos dos padrões de não aleatoriedade dos gráficos de controle de Shewhart: um enfoque probabilístico. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 3, p. 414-421, jul-set, 2009.

PAESE, S.; TEN CATEN, C.; RIBEIRO, J.L.D. Aplicação da Análise de Variância na Implantação do CEP. **Revista Produção**, v. 11, n. 1, nov. 2001.

POOTS, A. J.; WOODCOCK, T. Statistical process control for data without inherent order. **Medical Informatics and Decision Making**. ag. 2012.

RIBEIRO, J.L.D. & TEN CATEN, C.S. **Série Monográfica Qualidade: Controle Estatístico do Processo**. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2012. Disponível em: http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/388_apostilacep_201. Acesso em: 10/12/1013.

Apêndice

Apêndice A – Coleta de dados para o Processo 1

Dia	Turno	lote	Di	P
1	manhã	200	22	0,1100
	tarde	200	25	0,1250
2	manhã	200	17	0,0850
	tarde	200	18	0,0900
3	manhã	200	37	0,1850
	tarde	200	29	0,1450
4	manhã	200	21	0,1050
	tarde	200	17	0,0850
5	manhã	200	20	0,1000
	tarde	200	25	0,1250
6	manhã	200	8	0,0400
	manhã	200	24	0,1200
7	tarde	200	29	0,1450
	manhã	200	18	0,0900
8	tarde	200	22	0,1100
	manhã	200	30	0,1500
9	tarde	200	33	0,1650
	manhã	200	21	0,1050
10	tarde	200	16	0,0800
	manhã	200	17	0,0850
11	tarde	200	20	0,1000
	manhã	200	29	0,1450
12	manhã	200	23	0,1150
	tarde	200	25	0,1250
13	manhã	200	19	0,0950
	tarde	200	22	0,1100
14	manhã	200	22	0,1100
	tarde	200	17	0,0850
15	manhã	200	25	0,1250
	tarde	200	20	0,1000
soma		6000	671	0,1118
pmédio		0,11183		
desvio p		0,02229		
k		30,00		
n		200,00		
np		22,4		

Apêndice B – Coleta de dados para o processo 2

Dia	Tamanho da amostra	nº de não-conformidade	média de não-conformidades
1	5	10	2
2	5	12	2,4
3	5	8	1,6
4	5	14	2,8
5	5	10	2
6	5	16	3,2
7	5	11	2,2
8	5	7	1,4
9	5	10	2
10	5	15	3
11	5	9	1,8
12	5	5	1
13	5	7	1,4
14	5	11	2,2
15	5	12	2,4
16	5	6	1,2
17	5	8	1,6
18	5	10	2
19	5	7	1,4
20	5	13	2,6
21	5	10	2
22	5	8	1,6
23	5	6	1,2
24	5	9	1,8
25	5	14	2,8
26	5	7	1,4
27	5	13	2,6
28	5	7	1,4
29	5	9	1,8
30	5	11	2,2
soma	150	295	
umédio	1,97		
nmédio		5,00	
desvio	0,63		