

Aplicação do controle estatístico de processo em uma empresa do setor de artigos de couro

Douglas Junior Vaz Cavalcante, João Antônio Mendes Oliveira, Alessandro Felipe Camargo, Rafael Henrique Palma Lima

Resumo: Diversas empresas têm utilizado ferramentas do Controle Estatístico de Processo (CEP) para reduzir a variabilidade, e conseqüente maior confiabilidade, em seus processos. Este trabalho possui como objetivo relatar a aplicação de ferramentas de CEP para estudar a variabilidade do processo produtivo de peças de couro com gravação em baixo relevo, confeccionada por uma empresa na cidade de Londrina. O artigo busca analisar as variações das amostras coletadas, verificando se o processo está sob controle, calculando seus limites de controle e fazendo um parecer final dos resultados obtidos. Ao final da análise, foi constatado que o processo se encontra dentro das especificações determinadas pela empresa, porém não está sob controle estatístico, possuindo grande variabilidade.

Palavras chave: Controle Estatístico de Processos, Capabilidade do Processo, Cartas de Controle, Artigos de Couro.

Application of statistical process control in a leather goods company

Abstract: Several companies have used Statistical Process Control (SPC) tools to reduce variability, and consequently greater reliability, in their processes. This paper aims to report the application of SPC tools to study the variability of the production process of low relief engraved leather pieces, made by a company in the city of Londrina. The article seeks to analyze the variations of the collected samples, checking if the process is under control, calculating its control limits and doing a final conclusion of the obtained results. At the end of the analysis, it was found that the process is within the specifications determined by the company, but is not under statistical control, having great variability.

Key-words: Statistical Process Control, Process Capability, Control Charts, Leather Goods.

1. Introdução

Atualmente podemos definir os estudos de qualidade como um dos fatores mais importantes na confecção de um produto. Isto porque, a qualidade de um produto pode influenciar na permanência de um cliente, ou então, na redução ou aumento de custos que uma empresa pode ter nas confecções de seus bens. E com um plano de qualidade correto, a empresa pode usufruir de um retorno de seu investimento financeiro feito (MONTGOMERY, 2001).

Outro ponto interessante encontrado no estudo de qualidade, é referente ao controle dos seus produtos confeccionados. O controle pode ser feito através de gráficos de controle, onde os mesmos podem avaliar como está o processo, avaliando sua eficácia, detectando alterações do processo (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2018).

Um estudo a respeito desse tema, foi aplicado em uma empresa localizada na cidade de Londrina, e trabalha com a confecção de diversos produtos de escritório, tais como, pastas de couro (executivas e universitárias), estojos em metal esmaltado e papelão reforçado, agendas feitas com capas de couro, cardápios, além de diversos outros produtos voltados para o universo corporativo.

A empresa tem mais de 35 anos de mercado, buscando sempre manter seus prazos de entrega além de buscar manter a qualidade de seu produto, enviando seus produtos sempre em um padrão contínuo mesmo quando há a necessidade de flexibilizar o produto a ser entregue, devido à necessidade de um cliente.

O objetivo do atual trabalho é aplicar os estudos de gráficos de controle e realizar os estudos de capacidade do processo em uma empresa real, sendo assim, verificar a qualidade do processo dentro da empresa, analisando o projeto do produto a fim de encontrarmos possíveis variações nas especificações do produto exigidas pelo cliente.

2. Referencial Teórico

2.1 Controle Estatístico de Processo

De acordo com Carvalho e Paladini (2005), podemos definir qualidade como conformidade com as especificações apresentadas, ou seja, possuir pouca variedade. Caso contrário, a garantia de que o produto estará dentro das especificações é reduzida.

Para Rosa (2009), o objetivo do CEP é acompanhar e monitorar os parâmetros de um processo ao longo do tempo, para que se obtenha maior conhecimento sobre o mesmo. Para isso deve-se utilizar um conjunto de técnicas para a análise de alterações do processo produtivo, capazes de determinar a natureza e a frequência de ocorrência.

Desta maneira, o Controle Estatístico de Qualidade, se apresenta como uma ferramenta estatística, capaz de buscar a redução sistemática da variabilidade, ou seja, realizar a melhoria contínua na qualidade de determinado processo, aumentando sua confiabilidade, produtividade e reduzindo o custo final de produção. (RIBEIRO, 2000).

2.2 Carta de controle para Variáveis

A carta de controle é uma ferramenta utilizada dentro de um processo, que auxilia no monitoramento da atividade. Ela inicialmente foi proposta por Walter A. Shewhart, por isso, em algumas situações as cartas de controle são conhecidas com Cartas de controle de Shewhart. Nessa carta de controle é plotado um gráfico com as características de qualidade do processo no eixo x e y, em relação do tempo em que a amostra foi coletada. (MITRA, 2008)

Logo, segundo Wang (2009) o uso do gráfico de controle trata-se de um comparativo, onde um determinado produto é classificado, então é feito um acompanhamento desse produto para ver se o mesmo continua a se manter dentro desse padrão estipulado.

Para Costa, Epprecht e Carpinetti (2018), é importante que o processo precisa ser monitorado de forma contínua, para que seja possível encontrar dispersões dentro do processo caso ocorra, e logo em seguida já solucionar a causa dos problemas.

Ainda segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2018), essas dispersões podem não ser visíveis, isto é, dentro do processo de fabricação, todas as unidades daquele produtos aparentam estar iguais, mas quando fazemos a medição individual podem haver distorções, que as vezes, não representam um impacto muito grande para o cliente final, porém, em outros casos, tais alterações são cruciais para o fechamento de um negócio.

Exler e Lima (2017) citam que alguns produtos só podem ser comercializados após a emissão de certificados de qualidade, como por exemplo o biodiesel, que possui a qualidade certificada

pela Agencia Nacional de Petroleo, Gás Natural e Biocombustiveis (ANP), que certifica o combustível após testes de consonância com seus limites de especificação pré deerminados.

Logo, esses dados podem ser apresentados através do gráficos demonstrativos, para facilitar a visualização, dentro de um gráfico de controle é possível visualizar de forma mais nitida se um processo esta respeitando os limites de especificações (PEINADO; GRAEML, 2007).

2.3 Capabilidade do Processo

A capabilidade do processo trata da capacidade que uma empresa ou indústria tem de manter o produto que está sendo produzido dentro dos limites de especificações, é interessante notar que manter um produto dentro de um intervalo de controle determinado gera custo, e quanto menor for esse limite de especificação, mais caro e difícil se torna a fabricação do produto dentro dos limites (PEINADO; GRAEML, 2007).

Um processo é dito como capaz, quando consegue atender as especificações do cliente, e no caso é incapaz quando ele não está dentro dos limites de especificações indicado. (MARTINS; LAUGENI, 2005)

Peinado e Graeml (2007) informa que um processo está sob controle caso esteja dentro dos limites das especificações, entretanto, Segundo Montgomery (2001) mesmo estando dentro dos limites de especificações o processo pode não estar sob controle estatístico.

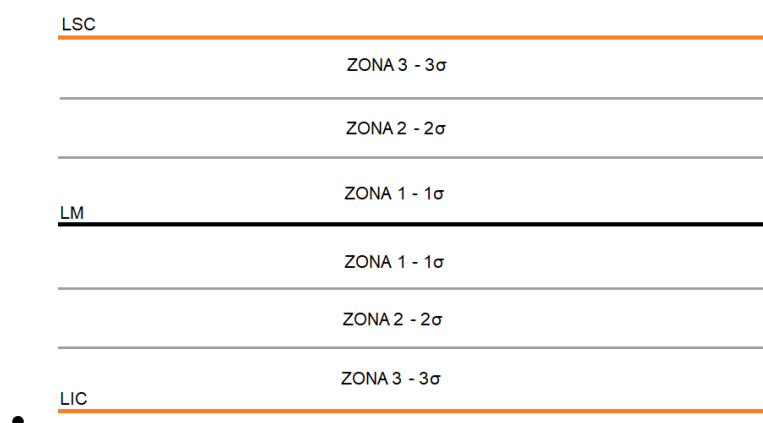


Figura 1 - Zonas de um gráfico de controle. - Fonte: Adaptado Montgomery (2001)

Logo, caso algum dos pontos abaixo sejam observados em um gráfico como o da figura 6, é provável que o processo não esteja sob controle estatístico (MONTGOMERY, 2001)

- Um ou mais pontos fora dos limites de controle.
- Dois, de três pontos consecutivos, fora dos limites de alerta (2σ).
- Quatro, de cinco pontos consecutivos, além dos limites 1σ .
- Uma sequência de oito pontos consecutivos de um mesmo lado da linha central.
- Seis pontos de uma sequência em tendência crescente ou decrescente.
- Quinze pontos em sequência na faixa entre $\pm 1\sigma$.
- Quatorze pontos em sequência alternadamente para cima e para baixo.
- Oito pontos em sequência de ambos os lados da linha central, com nenhum deles acima de 3σ .

- Um padrão não-usual ou não aleatório nos dados.
- Um ou mais pontos perto dos limites de alerta ou de controle

3. Análise do Processo

3.1. O processo

O processo estudado será o de gravação de couro em baixo relevo, utilizado na confecção de carteiras de couro. Que consiste em gravar uma marca, podendo ser o logotipo da empresa, nome do produto, ou até mesmo a função que o produto exerce, como por exemplo “Cardápio”.

O processo funciona da seguinte forma: com o projeto recebido, é feito o desenho final e repassado para o colaborador responsável, pelo corte do couro sintético, com as especificações exigidas pelo cliente, como as dimensões e cores. É feita então uma inspeção para verificar se o corte foi realizado corretamente.

Em seguida, o couro cortado é colado, costurado e é realizado um acabamento na peça, que posteriormente é colocada em uma prensa, onde é feita a gravação da logo com as especificações passada pelo cliente ou, em caso de um produto do catálogo, as especificações padrões da empresa são mantidas. Com o produto finalizado é então realizada uma inspeção final, o produto aprovado é então enviado para a expedição.

O processo não possui nenhuma parte automatizada, sendo necessário a mão de obra de um funcionário em todos os momentos, tendo auxílio apenas de máquinas, como a de corte, costura e a da gravação do couro.

3.2. Variável de qualidade

No processo será feito uma análise das dimensões da gravação em couro, o objetivo é verificar se os mesmos seguem todas as especificações, se há variação de um produto para o outro. Logo analisaremos essas dimensões em milímetros, verificando as distâncias que o logo mantém da extremidade esquerda e da extremidade inferior.

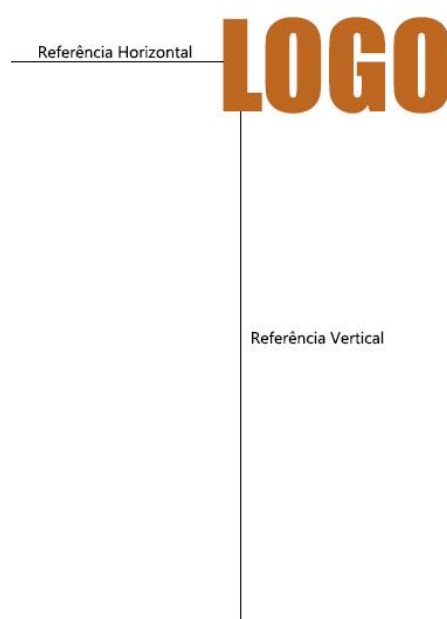


Figura 2 - Demonstrativo Medição - Fonte: Autor

Portanto, as amostras serão retiradas após o processo de gravação do couro, sendo coletadas a partir de uma fração de produtos de um lote de produção, com o auxílio de um paquímetro para a medição das distâncias. Para o estudo de caso, foram coletadas 29 amostras, de um lote de 100 carteiras de couro produzidas.

4. Gráficos De Controle

Um dos objetivos quando usamos ferramentas estatística de qualidade, como os gráficos de controle é, além de conseguir detectar uma variação no processo, é conseguir uma melhora do mesmo. Já que o gráfico de controle não é uma ferramenta de resultado final, e sim, usada para acompanhar o processo como um todo. Para os diferentes tipos de processos, existe um tipo de gráfico que melhor se adapta a situação.

No caso do estudo atual, será usado o gráfico X/MR (*Moving Range*) ou amplitudes móveis. Esse gráfico pode ser aplicado quando estão sendo estudados os produtos de forma individual, ou seja, diferente de quando usamos outros gráficos que fazem uso de um subgrupo de objetos dentro de uma amostra completa.

Outro ponto interessante, o gráfico X/MR é utilizado quando temos uma produção com volume pequeno, e a montagem de um subgrupo é economicamente inviável, ou quando a produção é organizada em bateladas.

O primeiro passo para calcular os limites de um gráfico de controle X/MR é determinar o tamanho da janela da amplitude, que serão usados para calcular os limites de controle, os mesmos podem ser usados como comparativo para os valores dos limites de especificações:

Tabela 1 – Legendas

Sigla	Significado
n	Janela de Amplitude
LSC	Limite Superior de Controle
LM	Limite Médio
LIC	Limite Inferior de controle
LSE	Limite Superior de especificação
LM	Limite Médio
LIC	Limite Inferior de especificação

É importante saber diferenciar os dois limites, o limite de controle superior e inferior, para os limites de especificação, superior e inferior. Ambos não possuem relação, sendo o primeiro, limite de controle, sendo calculado através de sua variabilidade natural, os desvios padrões do processo. Já os limites de especificação normalmente podem ser informados pelo responsável pelo processo, sendo gerente, o engenheiro ou o supervisor responsável.

Sabendo-se disso, pode-se estudar a estabilidade do processo, onde é definido que um processo estável, é aquele que segue durante um intervalo de tempo uma mesma distribuição de probabilidade, e suas variações são causas comuns. Enquanto um processo instável, não é possível ser explicado por essa mesma distribuição de probabilidade.

As formulas abaixo adaptadas de Montgomery (2001), foram utilizadas para os calculos, primeiramente definindo o número da janela de amplitude, é feito o cálculo do MR

$$MR = |\bar{X}_1 - \bar{X}_2| \quad (1)$$

$$\overline{MR} = \frac{\sum MR}{L - 1} \quad (2)$$

Calculado o valor do MR, é possível encontrar agora os limites de controle, para X:

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + 3 \frac{\overline{MR}}{d} \quad (3)$$

$$LM = \bar{X} \quad (4)$$

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} - 3 \frac{\overline{MR}}{d} \quad (5)$$

E também calcular o gráfico de controle para MR:

$$LSC_{MR} = \overline{MR} + 3 \frac{d \overline{MR}}{d} \quad (6)$$

$$LSC_{MR} = \overline{MR} \quad (7)$$

$$LSC_{MR} = \overline{MR} - 3 \frac{d \overline{MR}}{d} \quad (8)$$

Os valores de d, são constantes que dependem de n, após definir o tamanho da janela de amplitude, pode ser consultado o valor correspondente na seguinte tabela (ROSA, 2009):

Tabela 2 - Valores de d2 e d3

n	2	3	4	5	6	7	8
d2	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847
d3	0,853	0,888	0,880	0,864	0,848	0,833	0,82

n	9	10	11	12	13	14	15
d2	2,970	3,078	3,173	3,258	3,336	3,407	3,472
d3	0,808	0,797	0,787	0,778	0,770	0,763	0,756

Após os cálculos terem sido concluídos, é possível fazer uma análise do mesmo, verificando se o processo está sob controle estatístico. É importante frisar, que mesmo quando um processo está dentro dos limites, existe alguns indícios dentro do gráfico que podem apresentar que há algum tipo de problema com o processo, considerando o seguinte formato de gráfico:

Após a análise dos gráficos, é realizado um estudo quanto a capacidade (índice Cp e Cpk), que é um índice capaz de mostrar se o processo é capaz futuramente. Para tais índices, é necessário que o processo esteja sob controle estatístico.

Outros índices utilizados nessa análise são os índices de desempenho, Pp e Ppk, que não consideram o aspecto temporal nos dados, utilizado em processos fora de controle estatístico para determinar como foi o desempenho do processo ao longo de certo período de tempo.

A análise para os índices Cpk e Ppk é a mesma, resultados acima de 1,33 são considerados bons, mostrando que o processo é capaz (no caso do cpk) e que teve um bom desempenho (no caso do Ppk). Valores entre 1 e 1,33 significam que o processo está apenas razoável, já

valores menores do que 1 significam que o processo é incapaz ou que teve um desempenho ruim.

5. Resultados e discussões

Para o presente estudo, foram retiradas 29 amostras de um lote de 100 unidades de uma carteira de couro com 12,90cm de largura e 8,50cm de altura. O clichê usado na confecção é de 8,50x6,50cm (Largura e Altura). O padrão do cliente, é que esse clichê esteja a 3,20cm de distancia da lateral esquerda do produto, e 2,30cm de altura a partir da base, os dados das amostras podem ser vistos na tabela abaixo:

Tabela 3 - Amostras coletadas

Amostra	Vertical	Horizontal	Amostra	Vertical	Horizontal	Amostra	Vertical	Horizontal
1	2,40	3,29	11	2,35	3,30	21	2,27	3,20
2	2,35	3,29	12	2,39	3,35	22	2,25	3,19
3	2,40	3,30	13	2,35	3,30	23	2,29	3,19
4	2,39	3,35	14	2,33	3,29	24	2,30	3,15
5	2,39	3,30	15	2,30	3,29	25	2,30	3,10
6	2,35	3,29	16	2,30	3,25	26	2,29	3,20
7	2,39	3,35	17	2,33	3,25	27	2,33	3,25
8	2,40	3,35	18	2,30	3,19	28	2,33	3,20
9	2,39	3,37	19	2,29	3,19	29	2,35	3,20
10	2,35	3,29	20	2,30	3,25			

Os limites de especificações passados pela empresa é de 0,2cm para cima ou para baixo. Portanto nenhum dos itens está fora do padrão. Logo, tendo em vista que o estudo do controle estatístico da qualidade tem como objetivo verificar se o item está dentro de um controle estatístico, independente se está dentro dos limites específicos, sendo assim, foram feitos os cálculos para analisar como esta o processo produtivo da empresa, através do gráfico X/MR.

Para isso, as contas foram divididas em duas etapas, a primeira estudaria o comportamento do processo a partir do eixo horizontal, e o segundo que que estudaria o processo a partir do eixo vertical.

Para o eixo horizontal, foi tirado a média das amostras, obtendo os seguintes resultados:

Tabela 4 - Resultados Obtidos Eixo Horizontal

Média Geral	3,26
MR	0,03
d2	1,128
d3	0,853
Desvio	0,028812

Em seguida foi calculado o \overline{MR} com um $n = 2$:

Tabela 5 - Calculo MR para o Eixo Horizontal

Amostra	Vertical	MR	Amostra	Vertical	MR	Amostra	Vertical	MR
1	3,29		11	3,30	0,01	21	3,20	0,05
2	3,29	0,00	12	3,35	0,05	22	3,19	0,01

3	3,30	0,01	13	3,30	0,05	23	3,19	0,00
4	3,35	0,05	14	3,29	0,01	24	3,15	0,04
5	3,30	0,05	15	3,29	0,00	25	3,10	0,05
6	3,29	0,01	16	3,25	0,04	26	3,20	0,10
7	3,35	0,06	17	3,25	0,00	27	3,25	0,05
8	3,35	0,00	18	3,19	0,06	28	3,20	0,05
9	3,37	0,02	19	3,19	0,00	29	3,20	0,00
10	3,29	0,08	20	3,25	0,06			

Em seguida, os valores obtidos foram usados nas equações (3), (4) e (5) para encontrarmos os LSC, LM e LIC de x, e feito os cálculos utilizando as equações (6), (7), (8), para os LSC-MR, LM-MR E LIC-MR, obtendo os seguintes resultados:

Tabela 6 - Limites encontrados para o Eixo Horizontal

LSC	3,35	LSC-MR	0,10623
LM	3,26	LM-MR	0,03
LIC	3,17	LIC-MR	0

Os resultados obtidos foram plotados em dois gráficos com os valores coletados do eixo horizontal:

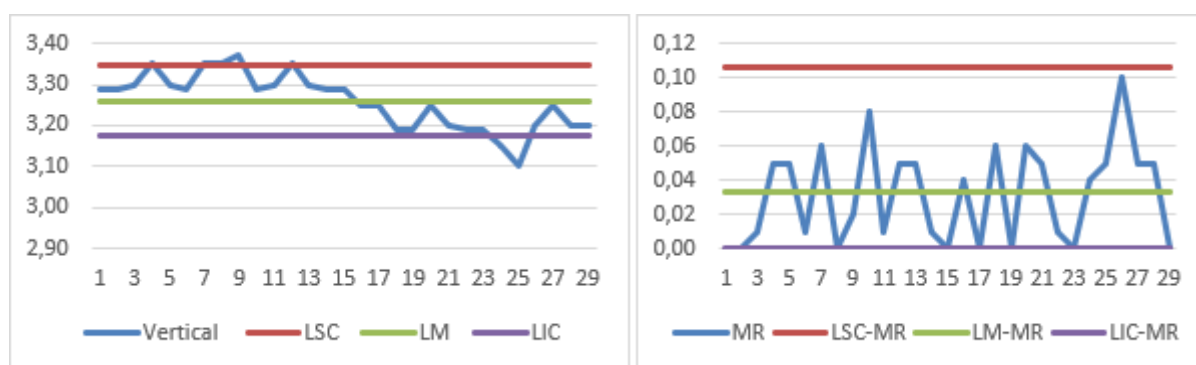


Figura 3 - Grafico X/MR Eixo Horizontal

Como pode ser observado, há 6 pontos que estão fora dos limites de controle, o que indica que o processo não está sob controle estatístico. Além disso, é possível analisar que houve uma mudança da média do processo, a partir da amostra 16.

Seguindo a tabela (2), vemos que os pontos 14 e 15 estão consecutivamente na zona três, o que significa que há alguma coisa de errada com o processo. Essa mesma análise, pode ser feito para os pontos 2 e 3, 22 e 23. O que pode estar indicando um deslocamento na média do processo.

O mesmo procedimento foi feito, só que agora para calcular os valores verticais das amostras, com o n = 2. Obtendo os seguintes resultados:

Tabela 7 - Resultados obtidos Eixo Vertical

Média Geral	2,34
MR	0,02
d2	1,128
d3	0,853
Desvio	0,019947

A tabela com o resultado MR, ficou da seguinte forma:

Tabela 8 - Calculo MR para o Eixo Vertical

Amostra	Vertical	MR	Amostra	Vertical	MR	Amostra	Vertical	MR
1	2,40		11	2,35	0,00	21	2,27	0,03
2	2,35	0,05	12	2,39	0,04	22	2,25	0,02
3	2,40	0,05	13	2,35	0,04	23	2,29	0,04
4	2,39	0,01	14	2,33	0,02	24	2,30	0,01
5	2,39	0,00	15	2,30	0,03	25	2,30	0,00
6	2,35	0,04	16	2,30	0,00	26	2,29	0,01
7	2,39	0,04	17	2,33	0,03	27	2,33	0,04
8	2,40	0,01	18	2,30	0,03	28	2,33	0,00
9	2,39	0,01	19	2,29	0,01	29	2,35	0,02
10	2,35	0,04	20	2,30	0,01			

Após usarmos as equações (3), (4) e (5) e (6), (7) e (8) encontramos os seguintes resultados:

Tabela 9 - Limites encontrados para o Eixo Vertical

LSC	2,40	LSC-MR	0,073544
LM	2,34	LM-MR	0,02
LIC	2,28	LIC-MR	0

Plotando os resultados obtidos, o gráfico X e o gráfico MR ficaram da seguinte forma:

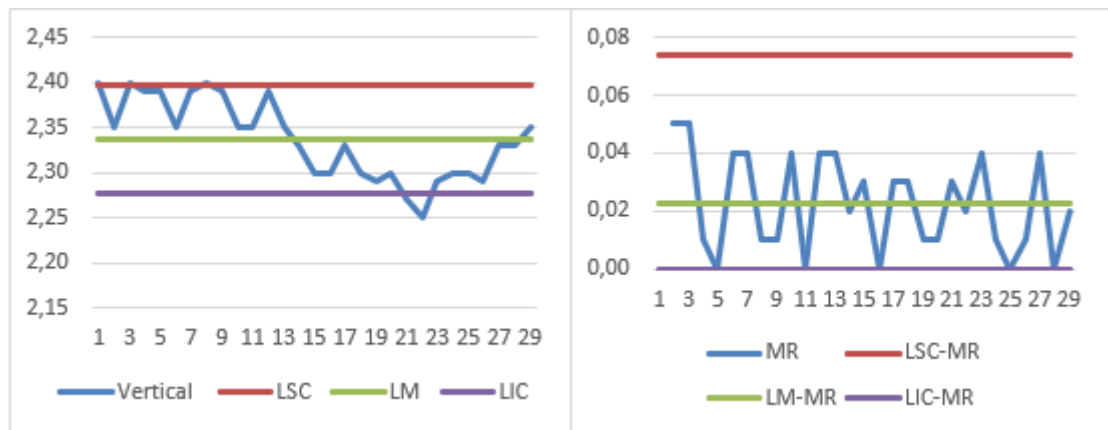


Figura 4 - Gráfico X/MR Eixo Vertical

Como pode ser visto nos gráficos acima o comportamento dos gráficos do eixo vertical são semelhantes ao horizontal. O que indica que pode haver sim um problema no processo, porém, quando os valores das amostras são plotados em um gráfico onde é usado os limites de especificações, eles possuem as seguintes características, sendo o primeiro para o limite de especificação horizontal e o segundo vertical:

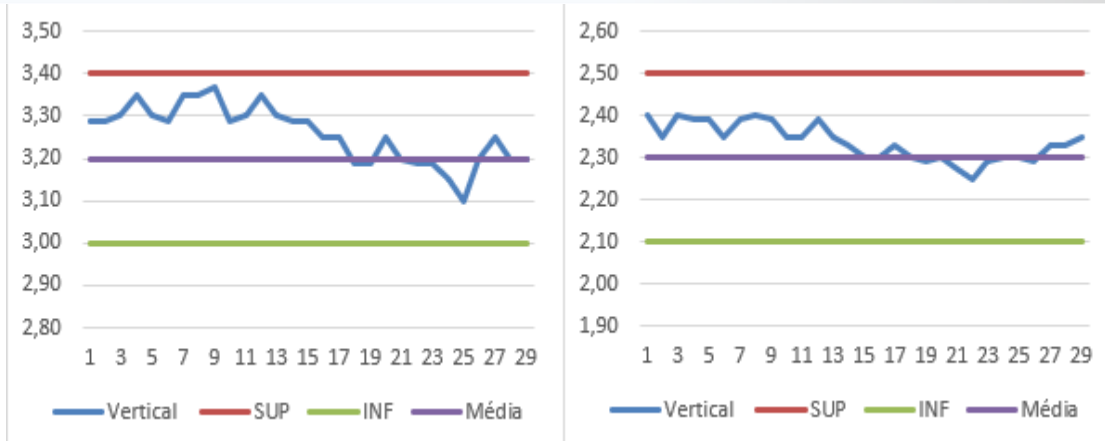


Figura 5 - Limites das especificações Horizontal e Vertical

Abaixo é mostrado o gráfico dos limites de especificação em comparação com os limites de controle calculados, sendo o primeiro a esquerda do eixo horizontal, e na direita do eixo vertical:

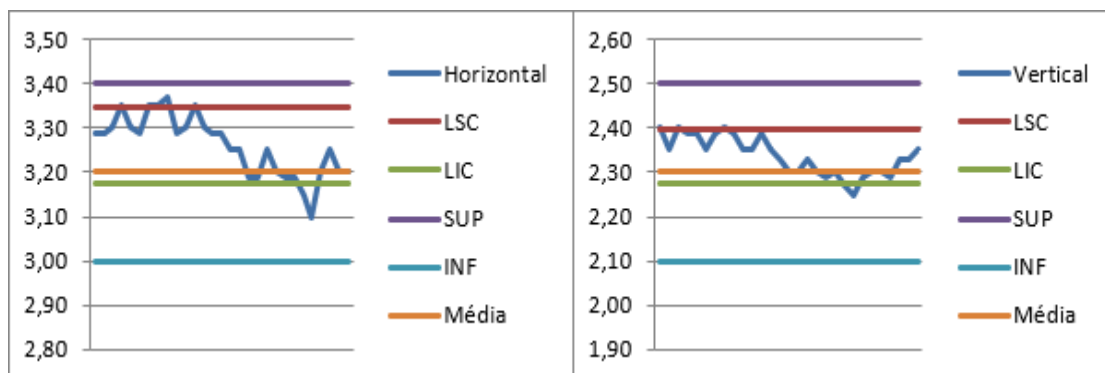


Figura 6 - Gráfico comparativos entre limites calculados e estipulados pela empresa

A princípio não parece haver nenhum problema com o processo, já que não há nenhum ponto que esteja fora dos limites especificados. Mas observando melhor, e seguindo a tabela (2), é possível verificar que em ambos os gráficos até a amostra 14, só possuem pontos no lado superior da especificação e somente depois disso, os pontos começam a possuir um comportamento natural. Isso pode significar que o processo está sofrendo uma alteração na média.

Como o processo está fora de controle estatístico, é apenas realizada a análise de desempenho, já que a análise de capacidade é destinada apenas à processo sob controle. O objetivo dessa análise é verificar se o desempenho do processo em alcançar os limites de especificação no período em que as amostras foram coletadas. Os resultados alcançados com esta análise para o eixo horizontal e vertical foram:

Tabela 10 - Resultado de desempenho

HORIZONTAL		VERTICAL	
LSE	3,4	LSE	2,5
LIE	3	LIE	2,1
Desv. Geral	0,0677	Desv. Geral	0,0439
Pp	0,9845	Pp	1,5173
Ppi	1,2765	Ppi	1,7946

Pps	0,6926	Pps	1,2400
Ppk	0,6926	Ppk	1,2400

Ou seja, no eixo horizontal o processo teve um desempenho considerado ruim, já no eixo vertical tal desempenho foi considerado razoável. Tal resultado se deve ao fato, de que mesmo todas as amostras atenderem as especificações da empresa, o desvio padrão é elevado, o que representa uma alta variabilidade entre os valores da amostra.

Outro fator que influência é que a média do processo está deslocada nas duas análises, no eixo horizontal a média é de 3,26 (valor alvo 3,20), e no eixo vertical a média é de 2,34 (valor alvo 2,30). Como consequência desses dois fatores, o processo não obteve índices altos de desempenho.

6. Conclusão

Por fim, após feita a análise desse processo é possível notar que o mesmo apesar de respeitar as especificações dadas pela empresa, não está sob controle estatístico, já que os resultados indicam que há um desvio da média do processo.

Esse desvio pode ser causado por diversos fatores, um dos fatores observado seria a respeito da máquina que faz a gravação em couro em baixo relevo (prensa), isto porque a mesma precisa atingir certa temperatura para execução da tarefa, e após a confecção de alguns dos produtos que seriam considerados “ruins”, pois estão todos acima da média de especificação, a máquina entra em ritmo, produzindo produtos mais padronizados, dentro da média estabelecida pelas especificações da empresa.

Isso poderia ser amenizado com a implementação de um temporizador e de um termômetro, que ajudaria no controle do tempo e temperatura da máquina.

Outro fator que pode influenciar na qualidade do processo é o fator humano, com o funcionário responsável pela prensa se acostumando com os limites do novo projeto, e produzindo itens dentro do padrão proposto com maior frequência. Para amenizar tal fator, é sugerido a elaboração de um sistema de gabaritos para a prensa, que auxiliariam no posicionamento correto da marcação, minimizando o fator humano no processo.

Porém, esses erros podem ser passados despercebidos pela empresa já que, aparentemente, a qualidade do posicionamento da marcação no couro não influencia de forma significativa na decisão de compra ou não de um cliente.

Apesar de não influenciar na decisão de compra, tais alterações, e a implementação de um sistema de controle de qualidade, deixariam o processo mais estável e previsível, com a empresa podendo fazer previsões quanto a qualidade de seu processo. Como, por exemplo, estimar o número de produtos fora de especificação que serão produzidos, além de entender melhor o seu processo produtivo, podendo realizar outras melhorias no mesmo, além de realizar um controle em tempo real da sua produção, aumentando dessa forma o seu nível de serviço.

Referências

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

COSTA, Antônio F.; EPPRECHT, Eugenio K.; CARPINETTI, LUIZ C. R. **Controle Estatístico de Qualidade**. Atlas, 2018.

EXLER, Rodolfo Bello; DE LIMA, Cristian Jacques Bolner. Controle Estatístico de Processos (CEP): Uma Ferramenta para Melhoria da Qualidade. **Revista de Administração e Contabilidade da FAT**, v. 4, n. 3, p. 78-92, 2017.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO**. SARAIVA, 2005.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. LTC, 2009.

MITRA, A. **FUNDAMENTALS OF QUALITY CONTROL AND IMPROVEMENT**. WILEY, 2008.

PEINADO, J. ; GRAEML, A. R. **ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO – OPERAÇÕES INDUSTRIAIS E DE SERVIÇOS**. UNICENP, 2007.

RIBEIRO, José L. D; TEN CATEN, Carla S. **Controle Estatístico do Processo**. Série mono-gráfica Qualidade. Apostila do programa de pós graduação em engenharia de produção –PPGEP – UFRGS: Porto Alegre, 2000.

ROSA, Leandro Cantorski. **Introdução ao Controle Estatístico de processos**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2009.

WANG, Hsiuying. Comparison of control charts for low defective rate. **Computational Statistics & Data Analysis**, [s.l.], v. 53, n. 12, p.4210-4220, out. 2009. Elsevier BV.