

Controle Estatístico de Processo: Avaliação da Pressão Interna e Torque em uma Linha de Montagem

Gustavo Reginato^a (reginato205@yahoo.com.br); Fernanda Siqueira Souza^b (fe_ssouza@producao.ufrgs.br); Carla Schwengber ten Caten^c (tencaten@producao.ufrgs.br)

^a Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, PPGE/UFGRS, RS – BRASIL

^b Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, PPGE/UFGRS, RS – BRASIL

^c Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, PPGE/UFGRS, RS – BRASIL

Resumo

O presente estudo avaliou, a partir de técnicas de controle estatístico, um processo de montagem de uma linha de produção de cabines. As análises basearam-se no estudo de estabilidade, fundamentado em dados da linha de produção em operação normal. O objetivo do estudo foi à verificação da pressão interna das cabines e a análise em um processo de torque. Ambos possuem características particulares exigidas pela engenharia de produto as quais são de extrema importância e de alto valor agregado para o cliente.

Palavras chaves: Controle estatístico de processo; estabilidade; capacidade; perda; ganho.

1 Introdução

Atualmente, o padrão de exigência dos clientes tem crescido consideravelmente, fato este que preocupa as empresas em relação a seus níveis de qualidade. Assim, a cultura de qualidade tem-se difundido dentro das empresas, tornando-se um diferencial altamente competitivo no mercado. A Engenharia da Qualidade oferece um grande número de ferramentas capazes de encontrar e resolver os problemas que afetam o produto, aperfeiçoando os processos e elevando o nível de satisfação dos clientes.

Diante deste cenário, o presente estudo tem como objetivo verificar a estabilidade e capacidade de dois processos produtivos em uma linha de montagem de forma a mensurar os custos da não-qualidade relacionada aos processos. O estudo foi realizado em uma empresa que possui uma forte disseminação da cultura de qualidade.

Um dos processos analisados trata-se da pressão interna das cabines, o qual tal especificação garante que o produto esteja estanque a entrada de poeira no interior. Já, o outro processo trata-se da aplicação de um torque em uma determinada peça, garantindo a fixação adequada do item. Logo, tais processos são de extrema importância, pois devem garantir especificações estipuladas pela Engenharia de Produto da fábrica. O não cumprimento das especificações implicará em grandes perdas de qualidade no produto final afetando diretamente a segurança e satisfação dos clientes.

O trabalho está estruturado em cinco seções. Além desta introdução, a seção 2 apresenta o referencial teórico abordando controle estatístico de processos e função perda. A seção 3 apresenta os procedimentos e etapas necessárias para a execução do estudo. As análises dos resultados e discussões encontram-se na seção 4. A seção 5 resume as principais conclusões do estudo.

2 Referencial Teórico

O Controle Estatístico de Processo (CEP) aplica métodos estatísticos como parte da estratégia de prevenção de defeitos, da melhoria da qualidade dos produtos e serviços e da redução de sucata produzida pelo processo. Assim, o CEP é uma poderosa ferramenta capaz de auxiliar na resolução de

problemas e na obtenção da estabilidade e capacidade do processo. Conforme Montgomery (2004), estes são aspectos fundamentais para que um produto corresponda às exigências dos clientes.

Segundo Ribeiro e Caten (2010), CEP é um sistema de inspeção por amostragem realizada ao longo do processo, com o objetivo de identificar causas especiais e causas comuns. As causas especiais podem prejudicar a qualidade do produto e devem ser identificadas e eliminadas do processo. Já as causas comuns são devido à variabilidade inerente ao processo e devem ser reduzidas. Grande parte das situações, tendo controlado a variabilidade, é possível ajustar o processo de maneira a diminuir os defeitos (RAGAZZI, 2006). Quando o processo apresentar somente causas comuns, este é considerado estável e previsível ao longo do tempo.

Uma das ferramentas mais importantes do CEP são as cartas de controle, que tem como objetivo monitorar o processo ao longo do tempo, distinguindo causas comuns e causas especiais. As cartas de controle podem ser de dois tipos: por variáveis ou por atributos.

As cartas de controle por variáveis são largamente utilizadas para processos que possuem características mensuráveis, sendo as mais aplicadas: (i) ; (ii) ; e (iii) . A carta de Média e Amplitude () é a carta com maior índice de aplicabilidade na indústria. Estas são adequadas quando são utilizados subgrupos menores que 10 amostras e, desta forma, podem ser consideradas de baixo custo para coleta de dados e facilidade para elaboração dos cálculos. Já a carta de Média e Desvio Padrão () é uma carta com ótima eficiência estatística devido a ser utilizada quando o tamanho das amostras é maior que 10. Sendo assim, este tipo de carta é utilizado com menor frequência, pois a quantidade de amostra pode ser economicamente inviável de ser coletada. Além disso, este tipo de carta requer uma maior habilidade de cálculos para se obter os limites. Por último, a carta de Mediana e Amplitude () é uma carta facilmente de controlar, pois não necessita cálculos. Esta aplicação é válida para subgrupos pequenos. Sua desvantagem está na mediana, por ser um estimador mais fraco do que a média.

Estas cartas de controle são originadas a partir de uma primeira amostragem de dados coletados que servem como base para o cálculo dos limites de controle, que definem o padrão de variabilidade natural do processo em estudo. Os limites de controle (LC) podem ser definidos a partir da equação 1.

(1)

Onde é a média das médias amostrais e é a variabilidade das médias.

Para as cartas de média, os limites de controle superior (LCS) e inferior (LCI) podem ser encontrados através das equações (2) e (3), respectivamente. Para as cartas de amplitude, os limites LCS e LCI são representados pelas equações (4) e (5), respectivamente.

(2)

(3)

(4)

(5)

Onde representa a amplitude e as constantes , dependem do tamanho da amostra conforme Tabela 1.

Tabela 1. Valores das constantes D_4 , D_3 e A_2

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_4	3,27	2,57	2,28	2,11	2	1,92	1,86	1,82	1,78
D_3	0	0	0	0	0	0,08	0,14	0,18	0,22
A_2	1,88	1,02	0,73	0,58	0,48	0,42	0,37	0,34	0,31

Fonte: Ribeiro e Caten (2010)

Com os limites de controle calculados, desenvolve-se a carta de controle adequada ao processo e analisa se o processo é estável, ou seja, não apresenta causas especiais. Caso o processo for estável, pode-se calcular sua capacidade. Caso contrário, as causas especiais devem ser analisadas e eliminadas.

A análise da capacidade é de extrema importância para verificar se o processo está atingindo as expectativas dos clientes impostas através dos limites de especificações. Verifica-se que, um processo pode ser estável e não capaz (SOUZA *et al*, 2009). Os índices de capacidade mais conhecidos são o C_p (índice de capacidade potencial) e C_{pk} (índice de capacidade efetivo).

O C_p é um índice mais simples, o qual considera somente a variação do processo, sem considerar a localização da média. Já o C_{pk} considera a centralização do processo e é sensível as causas especiais. As equações (6) e (7) representam os índices C_p e C_{pk} , respectivamente.

$$\text{---} \tag{6}$$

$$\text{---} \text{---} \tag{7}$$

O LSE representa o limite superior especificação, LIE o limite inferior de especificação e σ a estimativa do desvio padrão dos valores individuais conforme a equação (8).

$$\text{---} \tag{8}$$

Conforme Ribeiro e Caten (2010), em processos com características do tipo maior-é-melhor, o índice C_{pki} é utilizado para avaliação de capacidade do processo, pois o LSE é teoricamente infinito. Já para os processos do tipo menor-é-melhor, o valor do LIE é teoricamente zero e, por esta razão, utiliza-se o C_{pks} para avaliação de capacidade.

A Figura 1 apresenta um exemplo ilustrativo para melhorar o entendimento do C_p e C_{pk} , pois estes são fundamentais para a correta compreensão de uma análise utilizando controle estatístico de processo.

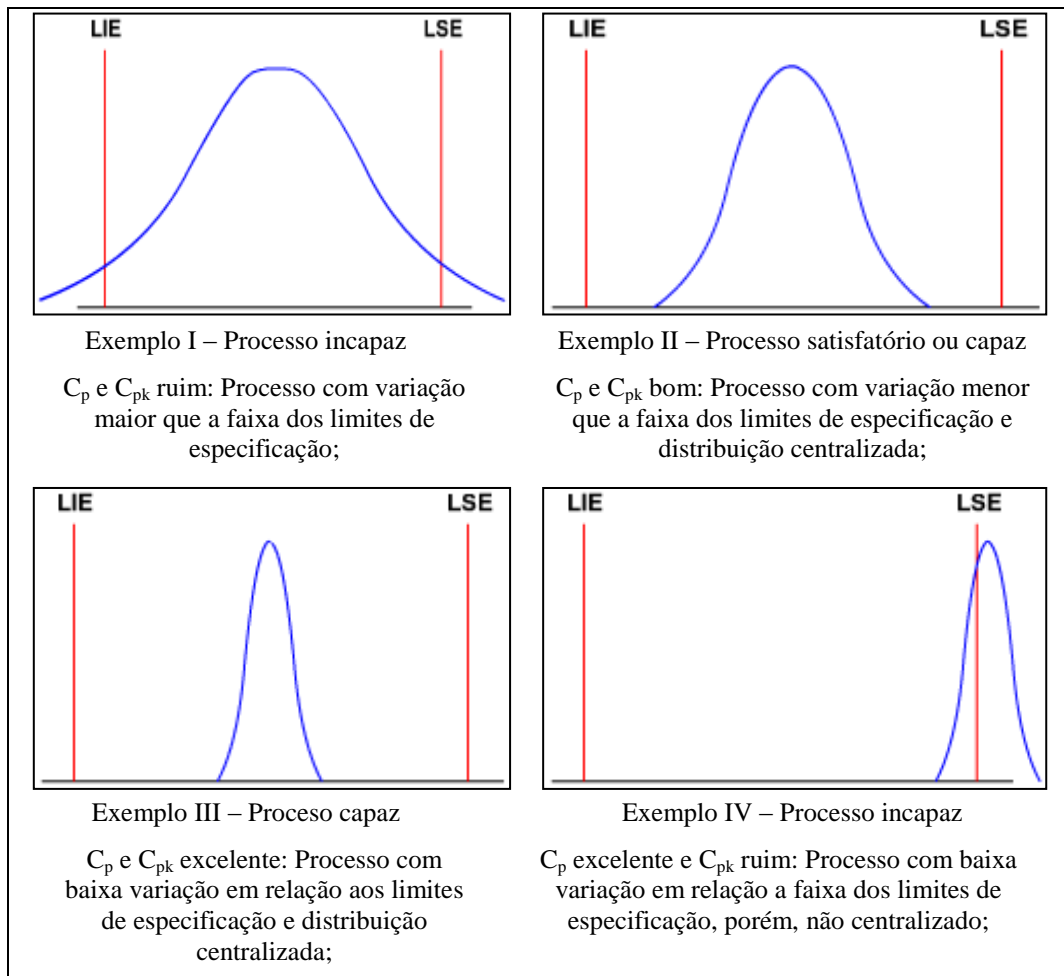


Figura 1. Exemplos ilustrativos da análise da capacidade dos processos. Fonte: Montgomery (2004)

2.1 Função Perda

A função perda mensura os custos da não qualidade nos processos pela abordagem de Taguchi. Tradicionalmente, pode-se dizer que as peças fora da especificação devem ser rejeitadas ou devem ser retrabalhadas e, assim, gerando custos extras ao processo. Porém, com a função perda, identificam-se os custos relacionados à qualidade não adequada com a meta estabelecida. Já a abordagem tradicional, não contempla as perdas relacionadas a baixa qualidade das peças que estão dentro da especificação. Assim, essa perda resulta aproximadamente proporcional ao quadrado do desvio da meta estabelecida para certa característica de qualidade (CATEN E MIORANDO, 2010).

Portanto, a abordagem de Taguchi permite avaliar perdas que não são identificadas pelo método tradicional e esta diferença é identificada pela área do gráfico entre as duas abordagens, exemplificado pela Figura 2. A linha vermelha representa o enfoque tradicional, já a linha azul representa a abordagem de Taguchi.

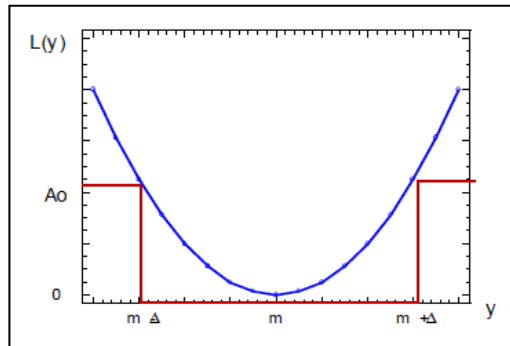


Figura 2. Abordagem tradicional X Abordagem Taguchi. Fonte: Caten e Miorando (2010).

Resumidamente, a função perda é quantificada pela equação (9).

(9)

Onde

A perda financeira acionada com o desvio da meta é representada por L_i , y_i representa o valor medido na unidade i para a característica de qualidade em estudo, m representa a meta para a respectiva característica de qualidade; k representa o coeficiente de perda da qualidade onde é convertido em unidades monetárias; Δ é o desvio da meta que exige reparo e A_0 é o custo do reparo, neste caso estimado em tempo (minutos).

Para diferentes processos, existem diferentes formas de calcular a perda média unitária. Conforme Ribeiro e Caten (2010) as equações (10), (11) e (12) representam a perda para processos do tipo maior-é-melhor, menor-é-melhor e nominal-é-melhor, respectivamente.

(10)

(11)

(12)

Onde \bar{y} representa a média dos valores medidos, s o desvio padrão da amostra e m a meta para característica de qualidade.

3 Procedimentos Metodológicos

O presente trabalho foi realizado de acordo com 3 etapas: (i) definições do indicador, tipo e especificações; (ii) definição do tipo de carta; e (iii) definição do tamanho da amostra e frequência de amostragem.

A grande diferença entre os dois processos estudados (pressão interna e torque) está basicamente na forma em que estes são executados. No caso da pressão interna da cabine, as interferências ao processo estão ligadas a falha de execução de alguma operação. Já no processo de torque, a maior parte da variação do processo é de responsabilidade do equipamento. Resumidamente pode-se dizer que a variação da pressão interna sofrerá grande influência de mão de obra e o torque terá maior influência da máquina que realiza a operação de aperto.

3.1 Definições do indicador, tipo e especificações.

Para a medição da pressão interna das cabines, atualmente é utilizado um transdutor de pressão o qual é capaz de mensurar a pressão interna da cabine após o processo de montagem. Pelo fato da pressão ser uma característica mensurável, neste trabalho a análise será executada através de cartas de controle para variáveis.

Da mesma forma ocorre para o processo de torque. Neste caso, a medição foi realizada através de um transdutor de torque, instrumento especial para coleta de torques de processo.

Os processos de pressão e torque apresentam especificações maior-é-melhor e nominal-é-melhor, respectivamente. No caso da pressão interna da cabine, a especificação solicita que toda cabine deverá possuir uma pressão interna superior a 15mmH₂O. Já para o torque, a especificação do aperto dos parafusos é de 39,5Nm com uma tolerância de $\pm 20\%$.

3.2 Definição do tipo de carta

O tipo de carta utilizado neste estudo foi a carta de \bar{x} e R (Carta para médias e amplitudes), pois trata-se de uma amostra de tamanho inferior a 10 dados e a implementação da rotina de cálculos é fácil e viável.

3.3 Definição do tamanho da amostra e frequência de amostragem

O tamanho da amostra utilizado para o estudo de pressão foi de seis amostras coletadas por dia durante um período de 20 dias (ANEXO A). Já para o estudo de torque, foram coletadas quatro amostras por produto durante 10 operações distintas (ANEXO B).

Os tamanhos de amostras foram definidos de acordo com a facilidade da coleta de dados. No caso da pressão, não houve maiores dificuldades visto que os dados foram coletados por um equipamento de teste da cabine. Já para o torque, foram encontradas dificuldades para utilização do instrumento de medição visto que a fábrica possui apenas um equipamento e a demanda de trabalho para o mesmo ser muito alta. Mesmo assim, sabe-se que quanto maior o tamanho da amostras, maior a sensibilidade da carta. Segundo, Ribeiro e Caten (2010), em geral, 3 a 6 peças consecutivas formam uma amostra adequada.

4 Análise dos resultados

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

4.1 Estudos de estabilidade

4.1.1 Estabilidade da pressão interna da cabine

Através dos dados coletados de pressão interna da cabine, realizaram-se os cálculos de limites de controle para a carta de médias e amplitude conforme equação (2) e (3) onde se obteve um limite de controle inferior (LCI) e um limite de controle superior (LCS) de, respectivamente, 15,88 e 19,96 mmH₂O. Para carta de amplitudes os limites de controle foram calculados a partir das equações (4) e (5) onde se obteve 8,50 para o LCS e 0 para LCI.

A Figura 3 apresenta a carta prévia das médias e a Figura 4 à carta prévia da amplitude. Observa-se que os dias 1 até o dia 7 foram considerados como causas especiais, pois são dias onde a média oscilou acima da média do processo, ou seja, formam 7 pontos em seqüência acima do ponto central. Além disso, o dia 8 foi um ponto fora dos limites de controle.

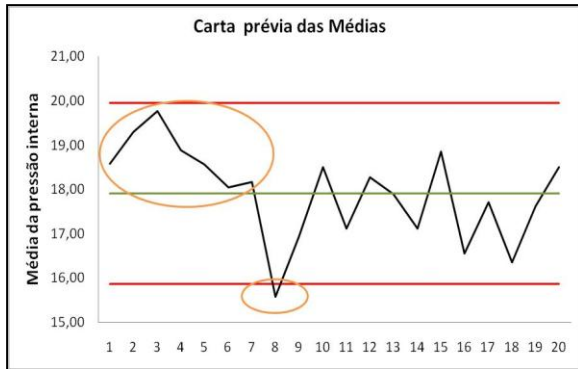


Figura 3. Carta prévia das médias da pressão interna

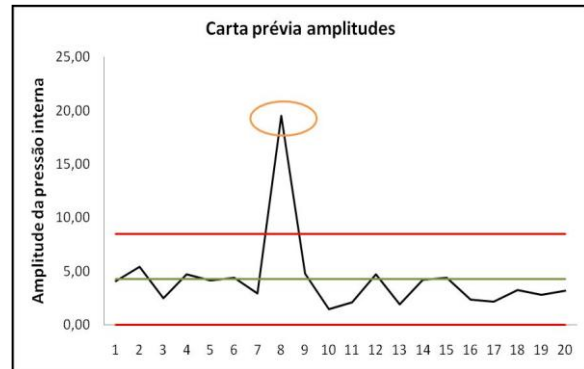


Figura 4. Carta prévia da amplitude da pressão interna

Depois de identificado os pontos relacionados a causas especiais, os mesmos foram eliminados e recalcularam-se os limites de controle. Assim, as Figuras 5 e 6 apresentam, respectivamente, as cartas de média e amplitude para pressão interna com os limites recalculados.

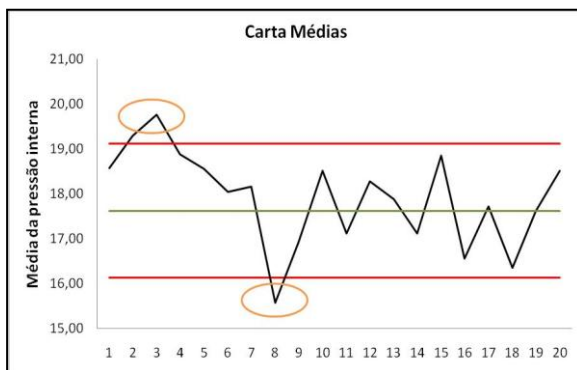


Figura 5. Carta da média para pressão interna

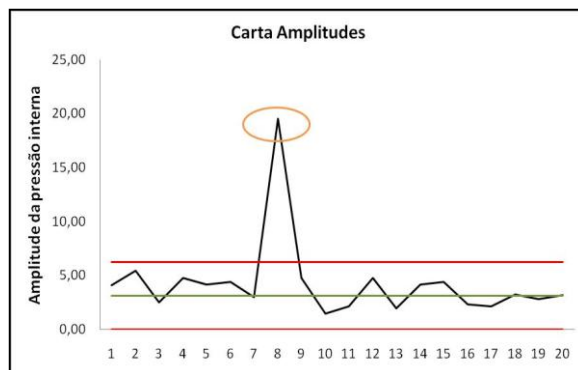


Figura 6. Carta da amplitude para pressão interna

Observa-se pelas Figuras 5 e 6 que o processo ainda não é estável e previsível ao longo do tempo, existindo pontos que extrapolam os limites de controle. Assim, as causas especiais do processo devem ser investigadas, analisadas e corrigidas.

Pode-se afirmar que o dado coletado no oitavo dia houve um erro de medição, explicando a causa especial apresentada. Para tanto, os outros dias que a média se manteve acima da linha central, acredita-se que está relacionada às inúmeras variáveis relacionadas a este processo como a modificação do montador, a quantidade de selante aplicado na cabine, a realização da vedação correta entre outros. Assim, a influência destes fatores sobre o processo afeta a pressão interna gerando tais variações.

4.1.2 Estabilidade do torque

Através dos dados coletados de torque, realizaram-se os cálculos de limites de controle para a carta de médias e amplitude conforme equações (2), (3), (4) e (5). Para a média, obteve-se LCI e LCS igual a 37,38 e 44,45 Nm, respectivamente. Para carta de amplitudes os limites de controle encontrados foram 12,44 para LCS e 0 para LCI. As Figuras 7 e 8 apresentam, respectivamente, as cartas de média e amplitude para o torque.

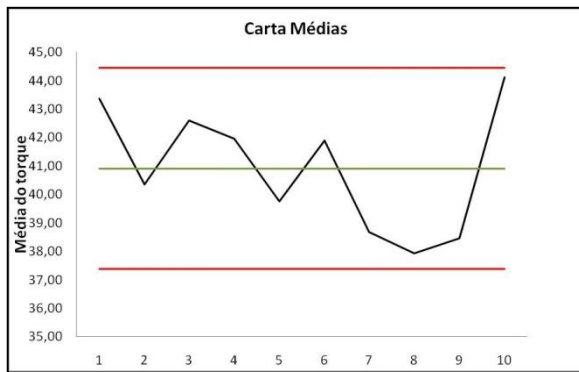


Figura 7. Carta da média para o torque

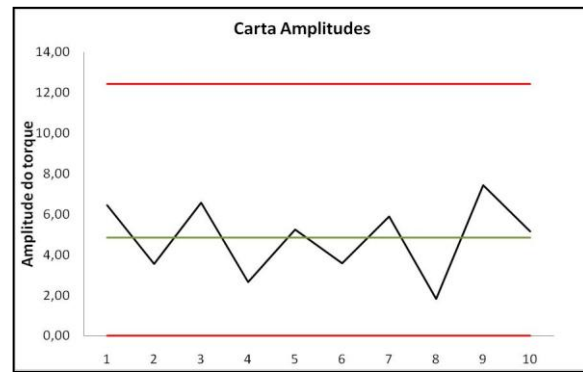


Figura 8. Carta da amplitude para o torque

Observa-se pelas Figuras 7 e 8 que não foram observadas causas especiais, assim, o processo de torque se comportou de forma estável. Isso é justificado pelo fato de tratar-se de um processo mais automatizado, ou seja, o processo não depende de nenhuma ação do operador, mas sim de um equipamento.

4.2 Estudo de capacidade

4.2.1 Capacidade da pressão interna

A pressão interna da cabine é um processo do tipo maior é melhor. Desta forma, a análise de capacidade leva somente em consideração o índice de capacidade C_{pki} , isto devido ao LSE (limite superior de especificação) ser teoricamente infinito.

Logo, para o cálculo deste índice e para a estimativa do desvio padrão, utilizaram-se as equações (7) e (8). Obteve-se um índice de 0,71, indicando um processo não capaz de atender às especificações, já que $C_{pki} < 1$. Assim, conclui-se que o processo necessita de melhorias no sistema.

4.2.2 Capacidade do processo de torque

De forma que o processo de torque é do tipo nominal é melhor, os índices de capacidade, C_p , e C_{pk} devem ser calculados. Para o cálculo destes índices, utilizaram-se as equações (6), (7) e (8), respectivamente, obtendo como resultando um $C_p = 1,12$ e $C_{pk} = 0,92$.

Com estes resultados, conclui-se que o processo é considerado potencialmente capaz, porém efetivamente não capaz. Como C_{pk} é diferente de C_p , o processo necessita de centralização.

Em resumo, pode-se afirmar que o processo esta deslocado para cima, deixando 0,29% dos torques acima do limite superior de especificação e confirmando a incapacidade do processo. Porém, devido ao conhecimento do $C_p > 1$, podemos afirmar que o processo pode tornar-se capaz apenas com a centralização do mesmo.

4.3 Função perda

4.3.1 Função perda para pressão interna

Primeiramente, foi necessário estimar o custo do reparo para as cabines quando fora da especificação de pressão interna. Porém, neste caso, a melhor forma de identificar as perdas da não qualidade seria estimando o tempo de retrabalho para os casos onde a pressão não estaria dentro do requerido. Sendo assim, através de relatórios, avaliou-se o tempo médio de reparo. Segundo dado histórico, encontrou-se um tempo médio necessário para retrabalhos de pressão em torno de 15 minutos.

Assim, com estas informações pode-se encontrar a perda média por cabine(L) de 11,03min conforme equação (10). Logo, sabendo que 11,03min representam a perda da não qualidade em apenas uma cabine, converteu-se este resultado em tempo necessário de mão-de-obra durante o turno de produção.

Sabendo que o tempo efetivo de um operador por turno é considerado 480min e existindo uma produção de 28 cabines, pode-se concluir que 64% do tempo disponível de um operador diariamente é utilizado para realizar retrabalhos devido a esta falha de pressão.

4.3.2 Função perda para o torque

Diferentemente do caso de pressão interna, uma falha relacionada ao torque, envolve custos de garantia, pois caso ocorra não cumprimento da especificação, o cliente pode ser afetado e com isso gerar grande insatisfação.

Assim, foi estimado que o custo médio de garantia relacionado a este modo de falha sairia em torno de R\$ 110,00. Logo, com auxílio da equação (12) pode-se encontrar a perda média R\$ 13,26 por unidade.

Com isso, pode-se observar que 73% do total da perda está relacionada à variabilidade do processo e apenas 27% em virtude do desvio da meta. A perda referente à variabilidade, neste caso somente poderá ser reduzida através de investimento, diferentemente do desvio da meta que pode ser minimizado apenas com um ajuste do equipamento.

No caso de existir uma produção de 28 produtos diariamente, sendo cada peça fixada por quatro parafusos, verifica-se que a perda média mensal relacionada a garantia pode chegar a R\$ 7.425,00 mensais, visando que não considera-se outras perdas como danificação de outros componentes, insatisfação do cliente, redução de participação no mercado entre outras.

4.4 Simulação de centralização do processo

No caso da pressão interna, sendo um processo do tipo maior é melhor, a centralização do processo deve ser realizada levando a média para três desvios acima do limite inferior de especificação

Desta forma, notou-se que houve uma pequena redução de perda, porém pouco significativa. Além disso, devido ao processo ser extremamente manual, a centralização e a redução da variabilidade não seria de fácil execução, visto na prática ser necessário levantar a média da pressão interna e torná-la estável.

Já, para o torque, um processo do tipo nominal é melhor e sendo de responsabilidade de um equipamento, a centralização do processo é fácil e barata. Assim, a simulação foi realizada e observou-se um ganho de 27% como comentado acima. Desta forma, o custo mensal de garantia poderia ficar em torno de R\$ 5.500.

Levando em consideração que isso não é suficiente para a melhoria esperada do processo, avaliou-se também a redução da perda devido à variabilidade, ou seja, a viabilidade de investimento para redução das causas comuns. Neste caso, com dados retirados de catálogos técnicos de equipamento, pode-se estimar o quão menos variável o processo se tornaria com um novo equipamento. Assim, reduzindo a variabilidade e centralizando o processo, pode-se obter um ganho significativo.

O equipamento com menor variabilidade possui um custo de aproximadamente R\$ 70.000. Levando em conta que o custo estimado de garantia mensal era de R\$ 7.500, através de simulação encontrou-se um valor em torno de R\$ 930, o que representa um ganho de R\$ 6.495 mensal. Sendo assim, o investimento retornaria em menos de onze meses, o que o torna uma opção viável para a empresa.

5. Considerações finais

Nesta avaliação foram verificadas a estabilidade e capacidade de dois processos produtivos presentes na linha de montagem. Tais processos são de extrema importância, pois devem garantir especificações estipuladas pela Engenharia de Produto.

Os estudos realizados foram focados na pressão interna das cabines e no torque. Tais processos possuem diferentes especificações, visto que são processos bastante distintos, especialmente no grau de automação de cada um. No caso da pressão, por ser uma operação totalmente manual a qual

depende de um operador, possui grande complexidade para resolução tanto das causas especiais quanto das comuns. Já para o torque, o processo é executado por uma parafusadeira a qual não esta sujeita a influências do operador e, por esta razão, facilita as ações e oportunidades de melhoria.

No quesito estabilidade, o processo de torque obteve um bom desempenho, diferentemente da pressão interna a qual trouxe uma série de causas especiais. Na análise de capacidade ambos os processos não apresentaram bom resultado, entretanto, o processo de torque, por ser mais automatizado poderia ser facilmente melhorado.

Em relação à função perda, é notável o prejuízo com retrabalho necessário para ambos os processos. Mesmo sendo difícil de mensurar a perda monetária no processo da pressão interna, verifica-se que mais da metade do dia de trabalho de um montador acaba sendo consumido por pequenos retrabalhos referentes à pressão. Da mesma forma, o processo de torque também apresenta uma grande perda que pode ser minimizada sem grandes esforços, como a centralização do processo, o qual reduziria em aproximadamente 27% do custo da má qualidade, ou seja, reduzindo a parcela de perda referente ao desvio da meta.

Portanto, pode-se afirmar que a análise trouxe informações de grande importância, desde as oportunidades de melhoria e até o tempo necessário para retornar o investimento caso seja otimizado o processo de torque.

Referências

- CATEN, C.S. & MIORANDO, R. *Função Perda Quadrática* Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2010.
- COSTA, A.F.B. *Gráficos de controle X para processos robustos*. Gest. Prod. [online]. 1998, vol.5, n.3, pp. 259-271
- FERREIRA, P.; DANTAS M.; MEDEIROS P.; MORAIS, B.; QUEIROZ, T.; MEDEIROS, A.. *Utilização de Controle Estatístico do Processo (CEP) na comparação de velocidade de encapsulamento de medicamento para tuberculose*: ENEGEP, 2007
- GONÇALEZ, P.U. & WERNER, L.. *Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais*. Gest. Prod., Mar 2009, vol.16, no.1, p.121-132.
- LINO, H.; MOURA, G.; FERNANDES, S.. *Aplicação de Controle Estatístico de Processo e Análise de Tipo de Falhas em Manufatura de Motores Elétricos*: ENEGEP, 2008.
- MONTGOMERY, D. *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 4ª ed..LTC- Livros Técnicos Científicos, 2004.
- OPARO, M.A.U. *Gráficos de Controle - Cap. II – Edição desconhecida*
- RAGAZZI, S. *Análise de Capacidade do Processo*. Estatcamp. Edição desconhecida. Janeiro, 2006.
- RIBEIRO, J.L.D. & TEN CATEN, C.S. *Série Monográfica Qualidade: Controle Estatístico do Processo*. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2010.
- TOLEDO, J.C. *Introdução ao CEP – Controle Estatístico de Processo*; Grupo de Estudo e Pesquisa em Qualidade. DEP-UFSCar
- TOLEDO, J.C.. *Gestão da mudança da qualidade de produto*. Gest. Prod. [online]. 1994, vol.1, n.2, pp. 104-124.

ANEXO A – Coleta de dados para a pressão interna

Coleta dados									
Amostra	1	2	3	4	5	6	Média	Amplitude	
Dia 1	19,12	18,78	19,86	18,19	19,77	15,75	18,58	4,11	
Dia 2	19,61	21,20	17,04	15,89	20,76	21,33	19,30	5,43	
Dia 3	18,44	19,95	19,46	19,03	20,83	20,92	19,77	2,47	
Dia 4	19,98	18,75	20,93	20,93	16,20	16,49	18,88	4,74	
Dia 5	18,21	15,63	19,39	19,75	18,78	19,64	18,57	4,13	
Dia 6	18,76	20,21	19,82	16,27	15,84	17,40	18,05	4,37	
Dia 7	19,44	17,94	18,30	16,88	16,74	19,70	18,17	2,96	
Dia 8	18,28	20,18	0,67	17,51	18,06	18,76	15,58	19,51	
Dia 9	18,46	14,40	15,14	17,54	19,17	16,86	16,93	4,77	
Dia 10	19,21	18,69	18,62	18,49	18,31	17,74	18,51	1,47	
Dia 11	16,21	18,26	16,76	16,75	16,36	18,33	17,11	2,12	
Dia 12	17,36	15,82	18,53	18,13	20,56	19,25	18,28	4,74	
Dia 13	17,45	17,83	17,08	17,54	19,01	18,42	17,89	1,94	
Dia 14	15,52	17,96	17,60	19,55	16,70	15,37	17,12	4,18	
Dia 15	18,87	18,87	21,33	16,92	19,88	17,29	18,86	4,41	
Dia 16	17,22	15,64	17,51	17,31	15,17	16,50	16,56	2,33	
Dia 17	17,96	18,19	17,56	18,46	17,81	16,32	17,72	2,13	
Dia 18	15,95	18,53	15,30	17,36	15,44	15,52	16,35	3,23	
Dia 19	17,76	17,47	18,58	18,24	17,92	15,77	17,62	2,82	
Dia 20	19,28	18,80	18,64	19,25	19,00	16,11	18,51	3,18	
K=20							Médias	17,92	4,25
n=6									

ANEXO B – Coleta de dados para o torque

Coleta dados							
Amostra	1	2	3	4	Média	Amplitude	
1	42,88	42,67	40,76	47,20	43,38	6,44	
2	38,27	39,65	41,71	41,82	40,36	3,55	
3	38,38	43,54	43,54	44,95	42,60	6,57	
4	42,20	43,24	40,57	41,82	41,96	2,67	
5	36,43	41,67	41,62	39,35	39,77	5,24	
6	40,68	41,39	44,28	41,22	41,89	3,60	
7	38,24	42,24	37,90	36,33	38,68	5,91	
8	38,95	37,11	37,84	37,82	37,93	1,84	
9	36,81	34,77	40,05	42,20	38,46	7,43	
10	47,82	42,88	42,67	43,14	44,13	5,15	
K=20					Média	40,92	4,84
n=4							