

Aplicação de ferramentas estatísticas na análise de dados de um desvio de qualidade em uma empresa automotiva**Application of statistical tools in the analysis of data of a quality deviation in an automotive company**

DOI:10.34117/bjdv5n7-046

Recebimento dos originais: 11/05/2019

Aceitação para publicação: 19/06/2019

Filipe Scanavachi Moreira Campos

Universidade Federal Fluminense

Av. dos Trabalhadores, 420 - Vila Santa Cecília, Volta Redonda - RJ

E-mail: filipesmcampos@hotmail.com

Rachel Farias Magalhães

Universidade Federal Fluminense

Av. dos Trabalhadores, 420 - Vila Santa Cecília, Volta Redonda - RJ

E-mail: rachel__farias@hotmail.com

Eliane da Silva Christo

Universidade Federal Fluminense

Av. dos Trabalhadores, 420 - Vila Santa Cecília, Volta Redonda - RJ

E-mail: elianechristo@id.uff.br

RESUMO

Considerando os diferentes aspectos e aplicações das ferramentas estatísticas, este artigo propõe a aplicação de ferramentas estatísticas, bem como da qualidade para análise e busca da causa raiz de um problema de qualidade, por meio de um estudo de caso realizado em uma empresa automobilística multinacional. Essas ferramentas são de grande importância para auxiliar tanto na compreensão das análises do problema, como dos resultados esperados, servir de guia para melhorias do processo e controles internos necessários para antecipar e evitar derivas da produção, reduzindo retrabalhos e, conseqüentemente, os custos. Para alcançar o objetivo final da empresa, foram estabelecidos planos de ação, guiados pelas ferramentas estatísticas, e mudanças no processo buscando evoluir a qualidade do produto, atendendo assim, os requisitos dos clientes, o que leva à manutenção do mercado automobilístico e até mesmo à conquista de novos clientes.

Palavras Chave: Ferramentas estatísticas; Qualidade do produto; Mercado automobilístico.

ABSTRACT

Considering the different aspects and uses of the statistical tools, this article proposes the application of some statistical tools as well as quality tools to analyze and search for the main cause of a quality problem, through a case of study carried out in a multinational automobile company. These tools are of great importance to help both the problem analysis understanding

and the expected results, to be used as a guide for process improvements and necessary internal controls to anticipate and avoid production drift, reducing rework and, consequently, costs. In order to achieve the company's ultimate objective, action plans guided by statistical tools, and changes in the process have been established, aiming to evolve product quality, thus meeting customer requirements, which leads to the automotive market maintenance and even to the acquisition of new clients.

Keywords: Statistical tools; Product quality; Automotive market.

1 INTRODUÇÃO

O Setor automobilístico, importante setor da economia brasileira, no mesmo ano, 2014, em que o Brasil assume a sétima posição na economia mundial, representou cerca de 23% do PIB industrial, alcançando no ranking mundial a oitava posição como maior produtor e o quarto maior mercado interno (MDIC, 2017). A sua contribuição torna-se ainda mais relevante por toda a cadeia econômica envolvida, pois envolve os setores siderúrgicos, de autopeças, revendedores, entre vários outros.

O mercado automotivo brasileiro teve início a partir de 1910, quando os primeiros agentes importadores começaram a vender carros no país. Em 1919, quando foi instalada a primeira montadora, a FORD, o setor vem se expandindo, em algumas décadas com dificuldades e em outras a passos largos (ANFAVEA, 2017).

Conforme apresentam Oliveira e Ramezani (2013), na década de 2000, devido às políticas econômicas, surgem novas montadoras ávidas na conquista de parcelas do mercado brasileiro. Assim, essas *newcomers*, como a Honda, Mercedes-Benz, Peugeot, Citroën, Renault e Toyota, passaram a competir com os líderes do setor: Volkswagen, FORD, General Motors e a FIAT.

A partir de 2015, o Brasil embarca em uma crise política e financeira profunda gerando um recuo de 24% na produção de veículos, com um impacto de 0,5 pontos percentuais no PIB (SILVA; GERBELLI, 2015). Visto isso, as famílias brasileiras buscaram readequar seus orçamentos a este novo ambiente econômico. Aproximadamente 50% das famílias reduziram o consumo, e conseqüentemente, a compra de bens materiais, tornando este setor ainda mais competitivo e desafiador (NIELSEN, 2017).

Para sobreviver neste setor mantendo seus clientes e lutando para ganhar mercado, são necessários diferenciais como custos, disponibilidade de veículos no mercado, preço de revenda, atratividade para a marca e seus produtos, mas principalmente qualidade.

A qualidade tem uma alta relevância em um mercado competitivo, porém a sua definição tem variado de acordo com suas aplicações e entendimentos. De acordo com Kotler

e Keller (2006) a qualidade em produtos e serviços está relacionada a todos os atributos e características de um produto ou serviço que impactam na capacidade de satisfazerem as expectativas explícitas ou implícitas.

Juran (1992) define que a qualidade está diretamente correlacionada com as características do produto, expondo que quanto melhor forem essas características, melhor qualidade o produto terá, bem como, quanto menor forem as deficiências e falhas, melhor será a qualidade.

Já Montgomery e Runger (2009) definem que qualidade significa adequação ao uso, que dependerá quanto o produto ou o serviço atende as expectativas dos consumidores. A qualidade global é composta pela qualidade de projeto e de qualidade de conformidade. A primeira está relacionada ao grau de desempenho, confiabilidade e de função, resultante pelo trabalho de engenharia. Quanto à segunda, de conformidade, apresenta o conceito de redução sistemática de variabilidade e a eliminação de defeitos até que cada unidade seja idêntica e sem defeitos.

Unindo este mercado com alto nível de competitividade e o conceito de qualidade, este artigo tem como objetivo apresentar uma revisão teórica de algumas das ferramentas de qualidade, bem como estatísticas, atualmente, difundidas no mercado e a sua aplicação na resolução de um problema de qualidade em uma indústria automotiva.

O trabalho limitou-se aos conteúdos essenciais das ferramentas, suas definições teóricas, e à aplicação de um estudo de caso em uma montadora multinacional. O trabalho não se atém as aplicações específicas de cada ferramenta e não detalha informações confidenciais da empresa na qual o estudo foi realizado.

2 QUALIDADE NA INDÚSTRIA

Diante de um mundo globalizado, a abertura dos mercados possibilitou que os clientes pudessem fazer uma melhor avaliação da concorrência e analisar criticamente os fatores de diferenciação entre as empresas aumentando assim o seus níveis de exigência, devido a isto as empresas têm buscado um elevado índice de inovações, oriundas de técnicas e tecnologias diversificadas, buscando as melhores condições para darem tratamento diferenciado a seus clientes para atender seus anseios não bastando mais atender às necessidades básicas dos consumidores é preciso satisfazer inclusive suas necessidades mais específicas.

Para alcançar esta qualidade na visão de Chatterjee e Yilmaz (1993) ela deve iniciar-se no topo da organização, a gestão de topo deve criar valores para a qualidade que permeiem a organização inteira.

Segundo Crosby (1984), a chave para a melhoria da qualidade é a alteração da mentalidade da Administração, com o conhecimento, empenhamento e comunicação como fatores essenciais. O autor considera que o que custa dinheiro é tudo aquilo que está envolvido em não fazer o trabalho corretamente logo à primeira vez, os chamados custos ocultos da má qualidade. Afirma que todos estes custos são superiores ao custo de inicialmente fazer logo bem, advogando, por isso, que as empresas devem tentar atingir o objetivo dos “zero defeitos”.

Porém, muitas empresas encontram barreiras internas e que são motivos de fracassos, como a resistência à mudança, sendo apontado por Coral (1996) como sendo a principal barreira nos processos de implementação de melhorias de qualidade, que muitas vezes ainda pode acarretar em produtos com baixa qualidade ou até mesmo não conforme. E esta resistência por vezes tem raízes na ignorância, no medo do desconhecido, na falta de flexibilidade e não envolvimento dos gestores da empresa.

Neste contexto, a qualidade é sem dúvida uma das estratégias mais importantes para alavancar o progresso de empresas, tal estratégia pode torná-las altamente competitivas e lucrativas. Não obstante, as empresas precisam buscar a organização dos seus sistemas, sem perderem a flexibilidade. Organização para estabelecer a base sobre a qual toda a atividade de aprimoramento estará apoiada e flexibilidade para provê-la da capacidade de adaptar-se rapidamente às novas exigências do mercado.

3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE E ESTATÍSTICAS

3.1 A3 PDCA

O ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) começou a ser amplamente difundido por Deming (1950). O ciclo PDCA é um método que tem como objetivo controlar e conseguir resultados eficazes e confiáveis nas atividades de uma organização. É um modo diferente de planejar e implementar melhorias no processo. Padroniza as informações do controle da qualidade, evita erros lógicos nas análises, e torna as informações mais fáceis de entender (CAMPOS, 2004).

O relatório A3 é uma ferramenta desenvolvida pelos funcionários da Toyota Motor Corporation que estabelece uma estrutura concreta para implementar a gestão PDCA. Sua aplicação ajuda a levar os autores dos relatórios a uma compreensão mais profunda do problema ou da oportunidade, além de dar novas ideias sobre como solucionar um problema.

Em complemento, facilita a coesão e o alinhamento interno da organização em relação ao melhor curso de ação (SOBEK; SMALLEY, 2010).

Shook (2008) afirma que a mais básica definição de um A3 poderia ser um relatório PDCA, refletindo a maneira Toyota de capturar o processo PDCA em uma folha de papel. Na empresa Toyota, A3 significa uma metodologia de agir perante um problema, desafio ou projeto a ser implementado, transformando-se em uma ferramenta de gerenciamento do TPS – Sistema de Produção Toyota.

Relatório A3 é uma ferramenta onde o problema, a análise, as ações corretivas e o plano de ação são escritos em apenas uma das faces de uma única folha de papel tamanho internacional A3 (297 x 420 mm), normalmente utilizando-se gráficos e figuras.

No método A3, cada desafio que a organização precisa enfrentar (projeto ou problema) deve ser registrado em uma única folha de papel A3. Exatamente nesse papel, portanto, é a ferramenta que se utiliza o autor (da solução) para apresentar de forma sintetizada e organizada a solução encontrada para o problema; muitos autores gostam de enfatizar que um relatório A3, além ser uma representação do ciclo PDCA, conta a história do problema, como será resolvido (plano de ação) e como saberemos que as melhorias foram implementadas (acompanhamento).

De acordo com Sobek e Smalley (2010), a mentalidade por trás do sistema A3 pode ser dividida em sete elementos:

O processo de raciocínio lógico, a objetividade, os resultados e processos, a síntese, destilação e visualização, o alinhamento, a coerência interna e consistência externa e o ponto de vista sistêmico;

3.2 GRÁFICOS DE CONTROLE

Os gráficos de controle, conhecidos também como cartas de controle, estão entre as ferramentas mais efetivas de controle gerencial. Esta ferramenta é, amplamente, utilizada como técnica de monitoração em tempo real do processo, com o objetivo de detectar a ocorrência de mudanças no processo que estejam fora dos limites especificados (MONTGOMERY, 2009). Dessa forma, fica evidente a necessidade de aplicação de uma ação corretiva no processo para que não sejam mais produzidas unidades não conformes.

Outra função dos gráficos de controle é a possibilidade de serem utilizados para estimar parâmetros de um processo de produção, determinando, assim, a capacidade do processo em atingir as especificações estabelecidas. Apesar da probabilidade de se ter um processo 100%

conforme, as cartas de controle ajudam a reduzir a variabilidade nas características-chave da qualidade, que tem sua origem em três principais fontes: máquinas propriamente não ajustadas, erros de operadores ou matérias-primas defeituosas (TRIETSCH, 1999).

Um gráfico de controle é composto por três linhas distintas. A linha central (LC) representa o valor médio daquela característica em análise, o que corresponde ao processo sob controle. As outras duas linhas, linha de limite superior de controle (LSC) e linha de limite inferior de controle (LIC), são localizadas acima e abaixo da LC, respectivamente. Os limites são estipulados de maneira que, quando um processo está sob controle, todos os eventos estejam posicionados, com um comportamento não sistemático e aleatório, entre as linhas LSC e LIC (SANTOS *et al.*, 2009).

Montgomery e Runger (2009) destacam cinco razões para a utilização de gráficos de controle, sendo elas: melhoria da produtividade; prevenção de defeitos; prevenção de ajustes desnecessários no processo; fornecimento de informações sobre diagnósticos; fornecimento de informações sobre a capacidade do processo.

3.3 HISTOGRAMA

O histograma é uma ferramenta de análise e representação de dados quantitativos, agrupados em classes de frequência que permite distinguir a forma, o ponto central e a variação da distribuição, além de outros dados como amplitude e simetria na distribuição dos dados. A construção de histogramas tem caráter preliminar em qualquer estudo e é um importante indicador da distribuição dos dados, apresentando-se em formato de sino ou de uma curva normal, pode indicar se a distribuição aproxima-se de uma função normal, como também revela o grau de variação do processo (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

Essa ferramenta pode ser construída, considerando dados como qualquer medida ou resultado experimental, para responder às seguintes questões:

- a. Que tipo de distribuição os dados estão sugerindo?
- b. Como os dados estão localizados?
- c. Os dados são simétricos?
- d. Existem dados que devem ser desconsiderados por estarem distante dos demais do conjunto?
- e. Como os dados estão dispersos?

3.4 GRÁFICOS DE DISPERSÃO

Gráfico de dispersão ou diagrama de dispersão é caracterizado como um gráfico em que cada par (x_i, y_i) é representado como um ponto plotado em um sistema bidimensional de coordenadas. A interpretação de um diagrama de dispersão mostra que, apesar de não existir uma curva que passe exatamente por todos os pontos do gráfico há uma indicação de que os mesmos se colocam, dispersos, em torno de uma linha reta (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

A principal função de um gráfico de dispersão é a capacidade de verificar a existência de uma relação de causa e efeito entre duas variáveis quantitativas, por meio da regressão linear (FRIENDLY; DANIEL, 2005). A regressão determina uma reta que indica a relação entre as duas variáveis e expõe a função correspondente ao comportamento dessa relação.

Os diagramas de dispersão podem fornecer respostas para as seguintes perguntas (NIST/SEMATECH, 2012):

- a. As variáveis x e y estão relacionadas?
- b. As variáveis x e y são linearmente relacionadas?
- c. As variáveis x e y não estão relacionadas linearmente?
- d. Existem *outliers*?

3.5 DISTRIBUIÇÃO NORMAL

Frente à replicação de um experimento aleatório em inúmeras vezes, a variável aleatória que for igual ao resultado médio das réplicas tenderá a ter uma distribuição normal, à medida que o número de repetições aumenta (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

A distribuição normal é a distribuição de probabilidade mais comum e a mais utilizada no campo da estatística. Sendo x uma variável aleatória normal, a distribuição de probabilidade da variável x é representada da seguinte maneira (MONTGOMERY, 2009):

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad -\infty < x < \infty$$

Onde:

a média é μ ($-\infty < \mu < \infty$);

a variância é $\sigma^2 > 0$.

Como mostra a Figura 1, a distribuição normal tem um contorno simétrico, e uni modal com uma curva em forma de sino. O desvio padrão pode ser interpretado de maneira simples, também na Figura 1. Pode-se observar que 68,26% dos valores da população se encontram entre os limites definidos pela média somados ou subtraídos um desvio padrão ($\mu \mp 1\sigma$). Na mesma linha de interpretação, 95,46% dos valores caem entre os limites definidos pela média somados ou subtraídos dois desvios padrão ($\mu \mp 2\sigma$). Da mesma forma, 99,73% dos valores populacionais estão dentro dos limites definidos pela média mais ou menos três desvios padrão ($\mu \mp 3\sigma$).

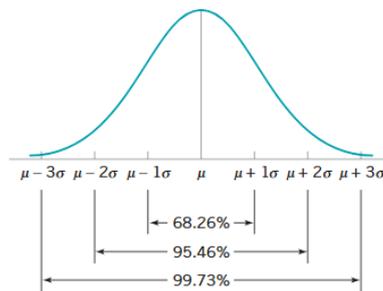


Figura 1: Distribuição normal e áreas sob a curva.

Fonte: MONTGOMERY (2009).

3.6 CAPACIDADE DO PROCESSO

De acordo com Kahraman e Kaya (2011) a capacidade do processo é a quantificação da atual e futura variação esperada processo, essa quantificação e conhecimento da variação do processo é essencial para avaliar a potencial qualidade dos produtos a serem produzidos.

Abbasi (2008) reforça que o índice de capacidade do processo, conhecido como C_p , provê para os fornecedores e clientes um standard comum para avaliar seu processos e qualidade do produto. Montgomery (2005) define que C_p é utilizado para processos que sejam centralizados, porém se o processo não estiver centralizado, então deve-se utilizar uma medida de capacidade real, denominada de CP_k , nomenclatura comumente conhecida no mercado automobilístico.

Kane (1986), define a equação 1 para cálculo do C_p e a equação 2 para CP_k , sendo complementada pelas equações 3 e 4, onde o limite superior de especificação é representado por LSE, e o limite inferior de especificação é representado por LIE.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (1),$$

$$CP_k = \min(C_{pu}, C_{pl}) \quad (2), \quad C_{pu} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \quad (3) \text{ e } C_{pl} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \quad (4)$$

4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso apresentado neste trabalho é aplicado em uma indústria multinacional do setor automobilístico. Conforme apresentado anteriormente, a qualidade é um diferencial na busca de novos clientes e consumidores. Por este motivo, este estudo de caso aborda a solução de um problema de qualidade utilizando ferramentas da qualidade como o A3 PDCA, e estatísticas para análise dos dados.

4.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA A SER TRATADO

Um dos indicadores utilizados pela empresa é a taxa de falhas, que tem por princípio medir a quantidade de defeitos por carros. Esta taxa é calculada pela quantidade de veículos produzidos em um mês específico, e em seguida vendidos, pela quantidade de defeitos registrados nos concessionários de todo o Brasil. Esta análise é realizada em intervalos de tempo específicos, 1 mês de rodagem, 3 meses e assim por diante.

Neste trabalho será discutido um dos defeitos considerado como prioritário, sendo ele uma prestação de dirigibilidade do veículo. A prestação é relativa à capacidade do veículo de andar em linha reta. A respectiva reclamação se relaciona ao fato do veículo não andar em linha reta. Prestação esta conhecida como tendência direcional ou “*drift pull*”.

Na fase inicial da decomposição do problema identificou-se qual dos modelos fabricados deveria ser tratado pela sua relevância e impacto, sendo ele o modelo A, conforme observado na Figura 2. A Equação 1 é aplicada para estabelecer a normalização, por parte por milhão (PPM), para a caracterização do problema.

Com a definição do modelo impacto e claramente descrito o defeito a ser tratado, iniciou-se utilizando-se a ferramenta do A3 a decomposição e análise da causa raiz, aplicação esta não sendo parte do escopo deste trabalho. Neste contexto, por ser uma prestação complexa inúmeros fatores foram identificados e o que será aqui abordado é relativo a contribuição do processo usina.

$$\frac{N^{\circ} \text{ de defeitos detectados nos veículos produzidos no mês de referência}}{N^{\circ} \text{ de veículos produzidos no mesmo mês e que estão com o cliente final}} \times 1.000.000 \quad (1)$$

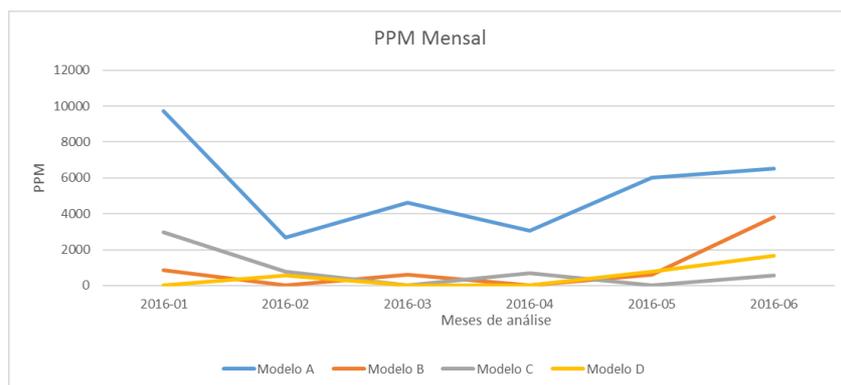


Figura 2: Resultado de cada modelo x por mês.

4.2 ANÁLISE E TRATAMENTO DA CAUSA RAIZ

Um dos fatores com significativo impacto na prestação é a dissimetria entre os valores do *camber* esquerdo em relação ao *camber* direito do veículo, pois a dissimetria acima de um valor especificado pela empresa começa a afetar esta prestação. Com a identificação deste parâmetro, buscou-se um modo de medi-lo e controla-lo no final de linha. A medição já era realizada de forma automática, porém os dados não haviam sido tratados até então.

Inicialmente, são coletados dados de uma amostra parcial constituída de 28 veículos em análise. Após filtrar as informações relevantes para análise, o conjunto da amostra é complementado com mais veículos, para seja representativo.

Em seguida, foi elaborado um gráfico de dispersão, representado pela Figura 3, onde as linhas vermelhas marcam os valores aceitáveis, e os pontos que estão entre essas linhas estão dentro da especificação de engenharia. Conseqüentemente, todos os pontos localizados acima ou abaixo das linhas são reprovados.

Para esta análise foi utilizado uma amostra de 3337 carros dentro do 1º semestre de 2016. Durante essa primeira análise, foi possível identificar que havia uma significativa variação nos valores ao longo das medições, sendo possível identificar três comportamentos distintos, sendo eles, o Momento 1 que apresentou uma considerável dispersão em relação a tolerância máxima. Enquanto no Momento 2 houve uma mudança no padrão com uma temporária melhora. Já no Momento 3 o resultado começou a dispersar novamente, apresentando indícios de que algum motivo estava causando estas variações no processo produtivo.

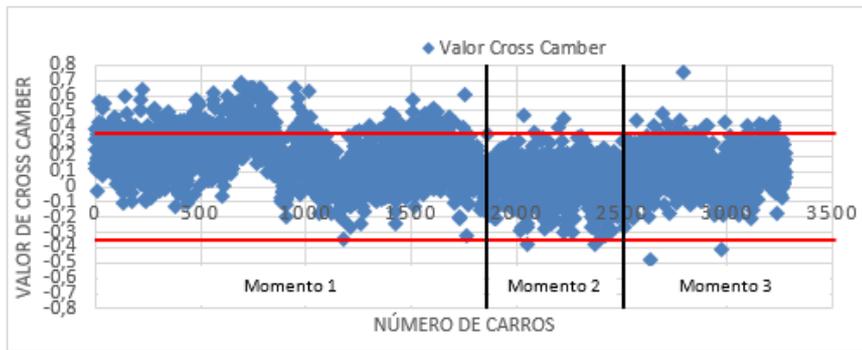


Figura 3: Distribuição de pontos.

Em seguida, com o intuito de refinar as análises e entender a causa raiz das variações, foi realizado um histograma com uma amostragem de 6607 carros, que pode ser identificado por meio da Figura 4, e melhor descrito pela Tabela 1.

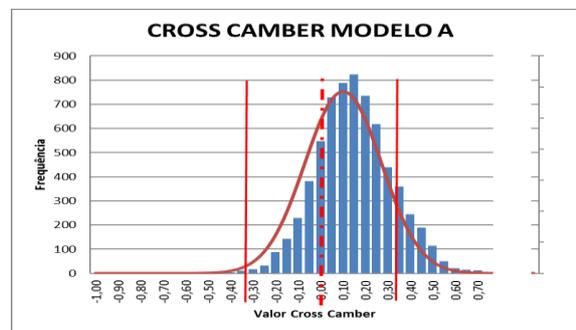


Figura 4: Histograma amostra 1º semestre.

Entre as duas linhas vermelhas cheias estão representados os carros que se encontram dentro da especificação. Com esta análise ficou evidente a existência de um motivo causal para o resultado do deslocamento da distribuição, ocasionando na não centralização no valor de 0,00, valor objetivo. Foi notado, também, que a função apresenta uma curtose maior que zero, sendo, portanto, uma função de distribuição leptocúrtica, possuindo uma curva mais afunilada e com um pico mais alto do que a distribuição normal.

Tabela 1: Dados detalhados do histograma – Cross Camber Modelo A.

Média	0,07708
Erro padrão	0,00209
Mediana	0,07024
Desvio padrão	0,16963
Variância da amostra	0,02877

Curtose	0,53824
Assimetria	0,13981
Intervalo	1,95320
Mínimo	-0,95589
Máximo	0,99731
Soma	509,26365
Contagem	6607

Outra conclusão possível de se obter é que a probabilidade de carros com valores negativos, fora da especificação, é baixa, porém uma importante parte da amostra está acima do valor especificado nos valores positivos, apresentando significativa probabilidade de produzir carros fora da especificação. A amostra apresenta uma amplitude relevante com intervalo de 1,95. O intervalo é a diferença entre o valor máximo e o mínimo, sendo eles de -0,95 até 0,99, respectivamente, mostrando a falta de controle no processo, corroborado pela variância e desvio padrão que também são consideráveis.

A partir destes resultados fica evidente a existência de um processo não controlado. Após esta análise, várias frentes passíveis de serem as causas foram abertas, como por exemplo, a montagem do veículo no momento do acople entre as peças da suspensão e a carroceria e suas variáveis intrínsecas a este processo, os fornecedores das peças da suspensão e da carroceria, e principalmente a chaparia ou “*body shop*”, processo no qual as laterais, assoalhos e outras peças são soldadas para construção da estrutura do veículo.

Definido o método e o que seria medido na chaparia, deu-se início ao acompanhamento e às medições de carrocerias antes do envio para o processo de pintura e montagem. A medição foi realizada, e em seguida, os dados foram inseridos em uma carta de controle, onde foi identificada uma importante variação no processo, conforme Figura 5. Cada ponto representa uma carroceria medida, as linhas cheias vermelhas representam os limites de tolerância do projeto e em cor escura a nominal esperada.

Posteriormente foi calculado o índice de capacidade de processo (CPK) da amostra que foi de 0,31, mostrando que o processo é incapaz, sendo necessário voltar todas as energias da equipe de qualidade da usina para modificar e melhorar este processo.

Alterações dos planos de manutenção das máquinas, formação e sensibilização dos operadores, aumento dos controles no final do processo, bem como, aumento na frequência de

carrocerias completas medidas no final do processo foram realizados, porém atividades ainda continuam em curso.

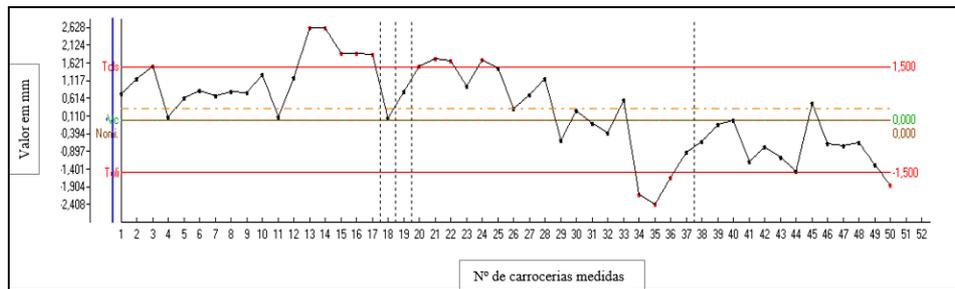


Figura 5: Carta de controle carrocerias.

4.3 ANÁLISE DA EFICÁCIA DAS AÇÕES

Com a aplicação das melhorias e a evolução da estabilidade do processo, foram percebidas mudanças significativas, após um período de tempo de seis meses. A nova amostragem comprovou a melhoria subjetiva percebida no resultado, enfatizando a eficácia das ações, conforme apontado no gráfico de dispersão da Figura 6, e melhor especificado pelo Histograma, na Figura 7, seguida de sua análise descritiva dos dados, de acordo com a Tabela 2.

Apesar da diferença no tamanho das amostras, inicial e após aplicação das melhorias, a segunda amostra apresenta resultados significativos e notáveis sendo considerados válidos. A segunda amostra é menor, pois são as quantidades de veículos disponíveis até o momento de realização deste trabalho.

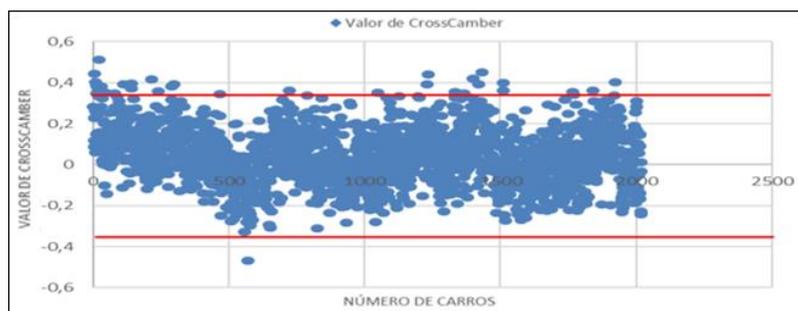


Figura 6: Carta de controle carrocerias.

A média, observada na Figura 7, ainda apresenta um deslocamento para os valores positivos, porém após a aplicação das ações, apresenta um resultado mais próximo ao zero, 0,044 contra 0,077 do resultado anterior, ou seja, houve uma melhoria de 0,032 entre elas.

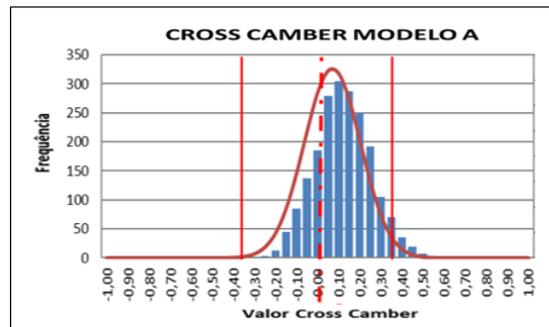


Figura 7: Histograma após aplicações de melhoria.

Nota-se também que a probabilidade de se obter valores maiores do que a especificação do lado negativo torna-se praticamente nula, enquanto do lado positivo da especificação apresenta uma redução significativa.

Tabela 2: Dados do histograma após melhorias – *Cross Camber* Modelo A (após modificações)

Média	0,04469
Erro padrão	0,00295
Mediana	0,04370
Desvio padrão	0,13292
Variância da amostra	0,01766
Curtose	-0,03968
Assimetria	0,07423
Intervalo	0,98098
Mínimo	-0,46800
Máximo	0,51298
Soma	90,27422
Contagem	2020

A Tabela 3 apresenta uma síntese com uma comparação da diferença entre a primeira e a segunda amostra. Esta análise foi realizada subtraindo o primeiro resultado do segundo resultado, e, vale observar que a última coluna da tabela apresenta os valores em módulo.

Tabela 3: Dados comparativos.

	<i>Cross Camber</i> – após modificações	<i>Cross Camber</i> - inicial	Comparação entre amostras
Média	0,04469	0,07708	0,03238
Erro padrão	0,00295	0,00209	0,00087
Mediana	0,04370	0,07024	0,02654
Desvio padrão	0,13292	0,16963	0,03671
Variância da amostra	0,01766	0,02877	0,01110
Curtose	-0,03968	0,53824	0,57793
Assimetria	0,07423	0,13981	0,06557
Intervalo	0,98098	1,95320	0,97222
Mínimo	-0,46800	-0,95589	0,48789
Máximo	0,51298	0,99731	0,48433
Soma	90,27422	509,26365	418,98943
Contagem	2020	6607	4587

Pode-se ressaltar o ganho significativo em relação ao desvio padrão, que saiu de 0,16 para 0,13, mostrando uma melhoria de 0,03, bem como a variância da amostra que apresentou uma redução de aproximadamente 50%, de 0,028 para 0,017, redução de 0,011.

Outro fator importante é que a curva, após a melhoria, apresenta uma curtose de valor -0,039, que é muito próximo a 0,0, se aproximando de uma distribuição normal. O intervalo apresenta uma redução de 0,97, sendo considerável a redução dos pontos de máximo e mínimo, cada vez mais se aproximando do resultado esperado, valores dentro da especificação.

5 CONCLUSÕES

O setor automobilístico ganha, em 2014, um destaque importante, não apenas em volume de vendas, mas como uma importante engrenagem que é capaz de mover a economia brasileira através do seu impacto em toda a cadeia produtiva. Com isto, atraiu empresas multinacionais que apenas contavam com modestos importadores de baixo volume de vendas e abriram suas fábricas no Brasil, investindo recursos financeiros e iniciando sua produção local.

Neste novo cenário, o país entra em uma profunda crise política e financeira, reduzindo de forma significativa o consumo das famílias brasileiras, que buscaram balancear seus orçamentos. Neste ambiente agressivo e inóspito, as empresas buscaram meios de se manterem disponíveis para compras, buscando, assim, diferenciais e atrativos para seus produtos, que são decisivos para a qualidade ganhar um destaque relevante.

A qualidade com suas ferramentas e meios auxilia tanto no atendimento dos requisitos esperados de seus clientes, como também, na durabilidade dos produtos, na redução de desperdícios e gastos desnecessários das empresas para produzir de forma eficiente reduzindo seus gastos internos.

As ferramentas estatísticas utilizadas neste estudo de caso auxiliaram e proporcionaram os meios necessários para que as análises pudessem ser realizadas, economizando recursos financeiros, tempo e mão de obra, permitindo entender o comportamento da produção e seus resultados. Com a aplicação das ferramentas ficou comprovado existência de motivos não aleatórios que geravam resultados não aceitáveis, e indicou a direção a ser seguida para encontrar as soluções necessárias. As mesmas permitiram acelerar as reações dentro da usina, permitindo o controle e reatividade nos desvios, trazendo, novamente, os resultados ao nominal, evitando a produção de veículos fora da especificação e futuras reclamações em clientela. Foi possível, também, analisar a eficácia das ações antes mesmo dos resultados advirem dos clientes, diminuindo o tempo de espera.

Compreende-se que o objetivo do presente trabalho foi atingido, pois foi apresentada a revisão teórica das ferramentas estatísticas essenciais para uma análise de dados, e realizada as aplicações das mesmas em um estudo de caso, mostrando sua relevância na resolução do mesmo.

Como desdobramento ao presente trabalho, sugere-se um estudo que aprofunde a aplicação das ferramentas no processo produtivo específico realizando uma análise detalhada de como é possível estabilizar e controlar um processo de chaparia, assim como, aplicar de forma detalhada o conceito do A3 PDCA para solução de problemas complexos como o apresentado neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ANFAVEA. Linha do Tempo. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/linha-do-tempo.htm>>. Acesso em: 28 out 2017.

ABBASI, B. *A neural network applied to estimate process capability of non-normal processes. Expert Systems with Applications, Volume 36, Issue 2, Part 2, 2009.*

CAMPOS, V. F. TQC – Controle da qualidade total (no estilo japonês). Nova Lima – MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CHATTERJEE, S. e YILMAZ, M. Quality confusion: Too many gurus, not enough disciples, *Business Horizons*, p. 15-18, 1993.

CORAL, E, *Avaliação e gestão dos custos da não qualidade, Brasil: Florianópolis, 1996.*

CROSBY, P. *Quality Without Tears – The Art of Hassle-Free Management*, McGraw-Hill International Editions, 1984.

DEMING, W. E. *Elementary Principles of the Statistical Control of Quality*, Japanese union of scientists and Engineers, 1950.

FRIENDLY, M.; DANIEL, D. *The Early Origins and Development of the Scatterplot. Journal of the History of the Behavioral Sciences, 41 (2), p. 103 – 130, 2005.*

JURAN, J. M. *A qualidade desde o projeto: os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 1992.

KANE, V. E. (1986). Process capability indices. *Journal of Quality Technology*, 18(1), 41–52.

KAYA, I.; KAHRAMAN, C. Process capability analyses with fuzzy parameters. *Expert Systems with Applications. Volume 38, Issue 9, 2011.*

KOTLER, P.; KELLER, K. L. *Administração de marketing*. 12 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

MDIC. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Automotivo. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br>>. Acesso em: 28 out. 2017.

MONTGOMERY, D. C. Introduction to Statistical Quality Control. Arizona: John Wiley & Sons, Sixth Edition, 754 p., 2009.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros. LTC, Quarta edição, 395 p., 2009.

NIELSEN. Famílias brasileiras traçam diferentes rotas de consumo para equilibrar seu orçamento. Solução Nielsen. Disponível em: <<http://www.nielsen.com>>. Acesso em: 28 out. 2017.

NIST/SEMATECH. e-Handbook of Statistical Methods, 2012. Disponível em: <<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

OLIVEIRA, M. A. S.; RAMEZANALI, M. Indústria automotiva nacional – variações entre o determinismo e o voluntarismo organizacional. Gestão & Sociedade, Revista de Pós-Graduação da UNIABEU, Belford Roxo, v. 2, 2013.

SANTOS, A. G.; NETO, H. C. A.; LACERDA, E. F.; LUNA, W. A. FURLANETTO, E. L. A importância dos gráficos de controle para monitorar a qualidade dos processos industriais: estudo de caso numa indústria metalúrgica. XXIX Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Anais do XXIX ENEGEP, Salvador, Bahia, 2009.

SHOOK, J. Gerenciamento para o aprendizado: Usando o processo do gerenciamento A3 para resolver problemas, promover alinhamento, orientar e liderar. Lean Institute Brasil. São Paulo. 2008.

SILVA, C.; GERBELLI, L. G. Crise das montadoras responde por um terço da queda do PIB. Estadão, São Paulo. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,crise-das-montadoras-responde-por-um-terco-da-queda-do-pib-deste-ano,1710306>>. Acesso em: 28 out. 2017.

Brazilian Journal of Development

SOBEK II, D. K.; SMALLEY A. Entendendo o pensamento A3: um componente crítico do PDCA da Toyota. Porto Alegre: Bookman, 2010.

TANGUE, N. R. Seven Basic Quality Tools. The Quality Toolbox. Milwaukee Wisconsin, American Society for Quality, 2004.

TRIETSCH, D. Statitcal Quality Control: a Loss Minimization Approach. Singapore: World Scientific, V. 10, 387 p., 1999.