

APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA MONTADORA DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS

¹Maicon Lucas Narciso; ¹maiconlnarciso@hotmail.com; ¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus de Pato Branco;

²Gilson Adameczuk Oliveira; ²gilson@utfpr.edu.br; ²Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus de Pato Branco

RESUMO: *A gestão estratégica da produção é um princípio fundamental para o sucesso financeiro das organizações, ter a visão e o controle dos dados da empresa resultam em tomadas de decisão cada vez mais assertivas. Tendo em vista a exigência dos clientes e cada vez mais o foco em melhoria contínua dos processos de produção e consequentemente a redução dos defeitos, buscou-se investigar a estabilidade e variabilidade por meio da análise do nível de capacidade dos processos da empresa estudada. Tendo essas informações em mãos foi aplicado um método de controle simples e exemplificado para a gestão diária da equipe de produção. Sendo assim, o presente artigo tem por objetivo utilizar o controle estatístico do processo de produção para gestão da qualidade aplicada a uma empresa montadora de equipamentos eletrônicos. A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso, aplicando as técnicas de coleta de dados primários e secundários. Para atingir o objetivo, foi realizado a coleta dos dados utilizando o histórico de defeitos e dos tipos de defeitos de um modelo de produto. A aplicação desse estudo se restringiu a apenas um segmento de produtos montados atualmente na empresa. O segmento escolhido se refere aos equipamentos que são utilizados para o rastreio de caminhões. O nome da empresa estudada e do cliente em específico foram preservados.*

PALAVRAS-CHAVE: *Controle de qualidade; Montadora de eletrônicos; Qualidade da produção; Gestão de indicadores.*

ABSTRACT: *Strategic production management is a fundamental principle for organizations' financial success, and having the vision and control of company data results in increasingly assertive decision making. In view of customer demand and the focus on continuous improvement of production processes and consequently the reduction of defects, we sought to investigate the stability and variability by analyzing the process capability level of the studied company. Having this information in hand, a simple and exemplified control method was applied to the daily management of the production team. Thus, this article aims to use the statistical control of the production process for quality management applied to an electronic equipment manufacturer. The research is characterized as a case study, applying the primary and secondary data collection techniques. To achieve the objective, data collection was performed using the defect history and defect types of a product model. The application of this study was restricted to only one segment of products currently assembled in the company. The chosen segment refers to the equipment that is used for truck screening. The name of the company studied and the specific customer were preserved.*

KEYWORDS: *Quality control; Electronics manufacturer; Quality of production; Management of indicators.*

1. Introdução

De acordo com a norma (ISO 9001, 2015) uma empresa para ser certificada deve ser capaz de comprovar sua capacidade de fornecer produtos e serviços que atendem às necessidades de seus clientes e requisitos legais e regulatórios aplicáveis, com o objetivo de aumentar a satisfação do cliente por meio de melhorias de processo e avaliação da conformidade.

Os consumidores estão se tornando cada vez mais exigentes, com visões apuradas em relação à qualidade dos produtos e serviços, razão pela qual o aperfeiçoamento de processos é de fundamental importância para qualquer organização que pretenda permanecer nesse mercado tão exigente e competitivo. (HENNING et al., 2016).

Entende-se que existem muitos fatores que podem interferir na satisfação do cliente, mas a principal e direta interferência é a qualidade do produto final. Quanto mais ineficiente é uma empresa, mais caro seu produto tende a ser, e consequentemente ela se torna menos competitiva no mercado. A qualidade do produto, deixou de ser um diferencial competitivo, e se tornou exigência no mundo atual.

Desta forma, as ferramentas do Controle Estatístico da Qualidade existem para garantir o desenvolvimento ou adequação de um processo para com os padrões de controle, garantindo sua capacidade e desempenho, a fim fornecer produtos com qualidade desejada, preço justo e na quantidade demandada. (ISHIKAWA, 1993; SAMOBYL, 2009).

Sendo assim, o presente artigo tem por objetivo a aplicação das ferramentas de controle estatístico do processo, utilizando os dados levantados na empresa, de modo a melhorar o entendimento do processo para enriquecer as análises e decisões durante a gestão diária.

2. Referencial Teórico

Atualmente, a qualidade de produtos e de serviços tem-se tornado um importante fator de decisão na maioria dos negócios independentemente de o consumidor ser ou não um indivíduo, uma corporação, um programa de defesa militar ou uma loja de varejo, quando o consumidor estiver fazendo decisões de compra, ele ou ela estará propenso a considerar a qualidade com a mesma importância que o custo e o prazo de entrega. Consequentemente a melhoria da qualidade tem-se tornado uma preocupação importante para muitas corporações. (MONTGOMERY; RUNGER, 2004).

Seja na indústria, nas pesquisas científicas, na agricultura ou nos demais campos de aplicação, nota-se que a metodologia estatística recebe uma importância cada vez maior no mundo contemporâneo. (EXLER; LIMA; NUNES, 2015).

Para manter a qualidade e a consequente competitividade, as empresas utilizam a prática de inspeções nos produtos e processos que garantem que os mesmos cheguem aos clientes com as especificações desejadas.(FOLLMER, 2009).

Neste contexto, a pesquisa referente ao Controle Estatístico da Qualidade (CEQ) vem sendo utilizado em vários países e tem contribuído para a melhoria da qualidade dos produtos e serviços. Apesar de sua importância, o CEQ é frequentemente mal utilizado, ou mesmo não utilizado, seja pela escolha de técnicas inadequadas para resolver um determinado problema ou por falta de conhecimento das suposições necessárias para o uso desta técnica. (FRANKEN et al., 2014).

O CEP tem como base inicial a coleta de dados seguindo com outros instrumentos utilizados pela qualidade. Através dessa coleta é possível realizar uma análise criteriosa sobre o que foi encontrado (MACHADO, 2010). O CEP é uma ferramenta que utiliza métodos estatísticos e quando bem aplicado tem por objetivo fornecer informações para uma análise eficaz na prevenção e detecção de falhas/defeitos, identificando rapidamente possíveis desvios, com isso, auxilia no aumento da produtividade e nos resultados da empresa, evitando desperdícios de maneira em geral. (ESPACIOS et al., 2017).

Segundo Montgomery e Runger (2009) o CEP está fundamentado em sete ferramentas: (i) Apresentação em histogramas ou ramo-e-folhas, (ii) Folha de Controle, (iii) Gráfico de Pareto, (iv) Diagrama de causa-e-efeito, (v) diagrama de concentração de defeito, (vi) Diagrama de dispersão, e (vii) Gráfico de controle. As ferramentas do CEP objetivam verificar o desempenho do processo na empresa, procurando analisar as tendências de variações desse processo, a partir de dados coletados com a finalidade de minimizar essa variabilidade (SANTOS et al., 2010).

CEP é uma ferramenta utilizada para diagnosticar falhas de qualidade, de forma que é aplicado para monitorizar irregularidades no processo, com intuito de minimizar suas variações (CHENG et al., 2013). Para Correa et al (2015), não existe processo perfeito e sempre existirão desvios que originarão produtos fora das especificações, no entanto, é possível observar estatisticamente que é impossível se ter defeito nulo, porém, quanto mais próximo se conseguir ter resultados dentro da especificação, o processo pode ser considerado mais confiável.

Pode-se definir o CEP como sendo uma poderosa coleção de ferramentas de resolução de problemas útil na obtenção da estabilidade do processo e na melhoria da capacidade através da redução da variabilidade. (MONTGOMERY, 2013). Ainda, o CEP é uma ferramenta de grande importância, pois fornece informações indispensáveis para a validação de um processo, pois consistem em uma investigação detalhada dos pontos críticos de controle, e através disso, identificar as possíveis não conformidades do processo. (NETO 2010).

Ao utilizar o CEP são gerados os gráficos de controle, que são métodos utilizados para monitorar e diagnosticar o desempenho de um processo em um determinado tempo, que possibilita detectar possíveis mudanças de magnitude nos valores nominais dos principais parâmetros; tais como desvio médio padrão ou de um desempenho variável descritivo (RYAN, 2011). A utilização do CEP nas cartas de controle se torna importante sendo empregado como métodos estratégicos, para a melhoria contínua, servindo para aperfeiçoar os resultados, mantendo-se nos níveis desejados, caso contrário, tornaram-se apenas mais um fator de custo que não agrega valor algum ao produto ou processo. (OLIVEIRA et al., 2015). O CEP é um método que permite conhecer o andamento da produção, dando uma estimativa da variabilidade ocorrida no decorrer do processo produtivo, através de tabelas e gráficos. Proporciona assim, possibilidades de aplicações de métodos auxiliares na redução de problemas (PALLADINI, 2010). Conforme Mantelatto (2008), assim, além de produzir um produto com mais qualidade, a utilização do CEP gera valores com custos menores, por duas razões: a inspeção por amostragem e a redução de rejeito. Ou seja, o CEP utilizado na prevenção contribui para redução de falhas e de refugos e peças defeituosas.

3. Metodologia

A importância metodológica de um trabalho pode ser justificada pela necessidade de embasamento científico adequado, geralmente caracterizado pela busca da melhor abordagem de pesquisa a ser utilizada para endereçar as questões da pesquisa, bem como seus respectivos métodos e técnicas para seu planejamento e condução. (CAUCHICK MIGUEL, 2007). Essa pesquisa pode ser classificada como um estudo de caso, sendo que a coleta foi realizada em uma empresa específica. Conforme Gil (2009), esse tipo de pesquisa possui a particularidade de apresentar a análise profunda e exaustiva de uma ou poucas questões, visando permitir o

seu conhecimento amplo e detalhado. Ela também foi caracterizada como uma pesquisa exploratória. Gil (1999) considera que a pesquisa exploratória tem como objetivo principal desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores.

Procurou-se estudar detalhadamente o comportamento das seguintes etapas do processo: Inspeção AOI (*Automated optical inspection*) e Teste funcional, já que nestes dois pontos é possível obter as informações sistemáticas de apontamentos necessários para elaborar o seguinte estudo de caso. Neste contexto, destaca-se que os dados aqui apresentados são referentes à coleta realizada entre o período de 01/06/2018 e 01/06/2019. Os dados foram coletados sistemicamente de hora em hora, sendo assim, houve uma oscilação na quantidade das amostras para cada coleta, já que existe uma variação na quantidade produzida por hora. Foram feitas 38 coletas de dados para o posto de AOI, somando 8502 apontamentos e para o posto de Teste funcional foi realizado 146 coletas de dados, somando 8626 apontamentos. Pode-se observar que foi realizado uma quantidade menor de coletas para o posto de AOI, isso deve-se ao fato de as placas eletrônicas serem produzidas neste setor em painéis, porém no Teste funcional estes painéis já estão divididos, resultando em uma quantidade maior de coletas. A quantidade total é derivada da soma dos apontamentos de placa boa e placa ruim em seus respectivos processos.

Para elaboração do presente estudo, foram aplicados os dados nas cartas de controle, sendo que para Montgomery (2004) e Machado (2010) as cartas de controle podem ser divididas em dois grupos. As cartas para variáveis são para valores contínuos como dimensão, peso e volume, e expressam as características de qualidade de algum produto. Já as cartas para atributos são utilizadas quando estas características são de ordem quantitativa, mas é expressa de maneira não contínua, apenas em números inteiros como número de defeitos, ou então são qualitativas, onde os dados são classificados como conforme ou não conforme.

Após a definição da carta de controle, e com as informações obtidas foram construídos os gráficos para avaliar o estado atual do processo, na forma de um diagnóstico da variabilidade. Então foram feitas as análises dos dados e elaboradas as conclusões sobre os processos estudados.

4. Estudo de Caso

4.1 Descrição da empresa

O estudo de caso foi realizado em uma empresa montadora de equipamentos eletrônicos, localizada na cidade de Pato Branco – PR. Atualmente a empresa é especialista em terceirização de montagem de placas, atuando no modelo negócios de produção por contratos. A empresa atua nos ramos de agricultura de precisão, automação bancária, automação comercial, automação industrial, automotivo, ciência e medicina, defesa aeroespacial, energia, internet das coisas, redes e segurança. A empresa atende seus clientes montando, integrando e testando as placas eletrônicas com precisão e qualidade. O diferencial é administrar os vários itens dos produtos, desde a parte de orçamentos, compras, logística, montagem e entrega, para que o cliente foque apenas no seu ramo de atuação.

As tecnologias aplicadas para a montagem de componentes utilizadas pela empresa comportam a montagem tradicional *true hole technology* (THT), e também a tecnologia mais avançada chamada de *surface mount technology* (SMT). Para o processo de SMT a empresa dispõe de diversas máquinas de inserção automatizadas divididas em 10 linhas, podendo atuar com diversos tipos de componentes, tais como Fine Pitch, BGA, Micro BGA, Micro QFP, 0402 e 0201, também possuindo fornos de refusão para a soldagem dos mais complexos componentes, suportando a tecnologia de solda *Lead Free*.

Possui as áreas de Qualidade, Engenharia de Produto, Processo e Testes, que são responsáveis em garantir a devida montagem do produto com a máxima qualidade, tendo como princípios os controles de inspeção visual, dimensional e funcional dos componentes e processos que serão utilizados na produção. As linhas são equipadas com máquinas de inspeção automatizadas aplicadas no controle da produção, sendo denominadas *automated optical inspection* AOI e *solder paste inspection* SPI.

As Normas ISO são produzidas por um consenso mundial com o intuito de criar um padrão global de qualidade para produtos e serviços. O conjunto de normas forma um sistema de gestão da qualidade aplicável a qualquer organização, sem considerar seu tamanho, ou se a companhia é pública ou privada. (MARIANI, 2006). A empresa possui processos que apresentam uma organização de rotinas e procedimentos, documentos e normativas que

atendem os critérios da ISO 14001 dedicada ao sistema de gestão ambiental, a ISO 9001 aplicada para o controle, padronização e a qualidade dos processos, a ISO IATF 16949 atendendo os critérios da qualidade da indústria automotiva e a NBR 15100 AS 9100 aplicando os requisitos para a gestão da qualidade de produtos aeronáuticos, de espaço e defesa. Sua missão é fornecer soluções em eletrônica a seus clientes sempre respeitando as especificidades de cada um, as pessoas envolvidas no processo e o meio ambiente.

4.2 Controle estatístico do processo

A seguir, pode-se verificar de forma sumária o fluxograma do processo produtivo e os locais escolhidos para a coleta dos dados. Também se observa a aplicação dos dados coletados na carta de controle escolhida.

4.2.1 Coleta de dados

Os dados são a base para a tomada de decisões confiáveis durante a análise de um problema; os dados são úteis quando eles geram algum tipo de ação. Por isso, é importante ter bem claro quais são os objetivos da coleta de dados. Em unidades de produção de bens ou serviços, os principais objetivos é o desenvolvimento de novos produtos, a inspeção, monitoramento dos processos e a melhoria nos processos.(LUIS; RIBEIRO; CATEN, 2000).

O fluxograma do processo produtivo do modelo estudado pode ser visualizado na figura 1. O processo se inicia na montagem SMT, onde as máquinas automatizadas montam os pequenos componentes, após essa montagem existe um posto de inspeção visual por AOI para verificar a eficácia da montagem. Após este processo, as placas são enviadas ao setor de Pós composição. Aqui é realizado a montagem dos componentes THT e também é feito o Teste Funcional do produto, após a aprovação o item pode ser embalado. Para controlar as atividades de apontamento, a empresa utiliza um sistema automatizado.

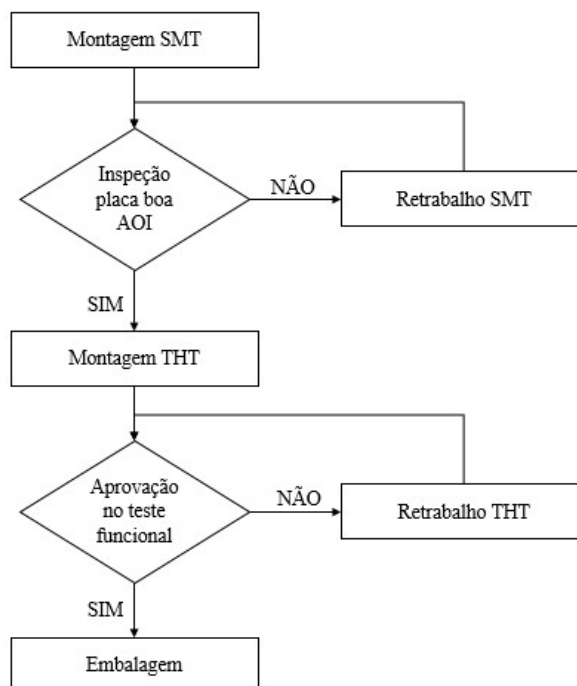


Figura 1 – Fluxograma do processo de fabricação. Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2.2 Monitoramento

Para que fosse possível verificar o perfil de eficiência do processo deste produto, a empresa disponibilizou os dados referente aos testes executados neste modelo. Sendo assim, foram confeccionadas as cartas de controle referente a estes dados. A característica típica de uma carta de controle (CC) é de fazer uma representação gráfica de uma característica de qualidade, contendo uma linha central (LC) que consiste do valor médio das amostras, uma linha superior e inferior, denominados de limite superior de controle (LSC ou UCL) e limite inferior de controle (LIC ou LCL) (MONTGOMERY, 2004).

Para este trabalho foi escolhida a carta de controle por atributos. Nesta carta muitas características não podem ser representadas numericamente. Nestes casos, classifica-se cada item de ensaio ou amostra com um atributo que pode ser conforme ou não-conforme, presença ou ausência, positivo ou negativo. Gráficos de controle para tais características são denominados cartas de controle para atributos. (OLIVEIRA et al., 2013). Pode-se dizer que, quanto menor a quantidade de peças defeituosas neste processo, melhor é esse processo. Nas figuras 2 e 3 é possível observar os processos de acordo com a carta de tipo *P*.

Inspeção AOI

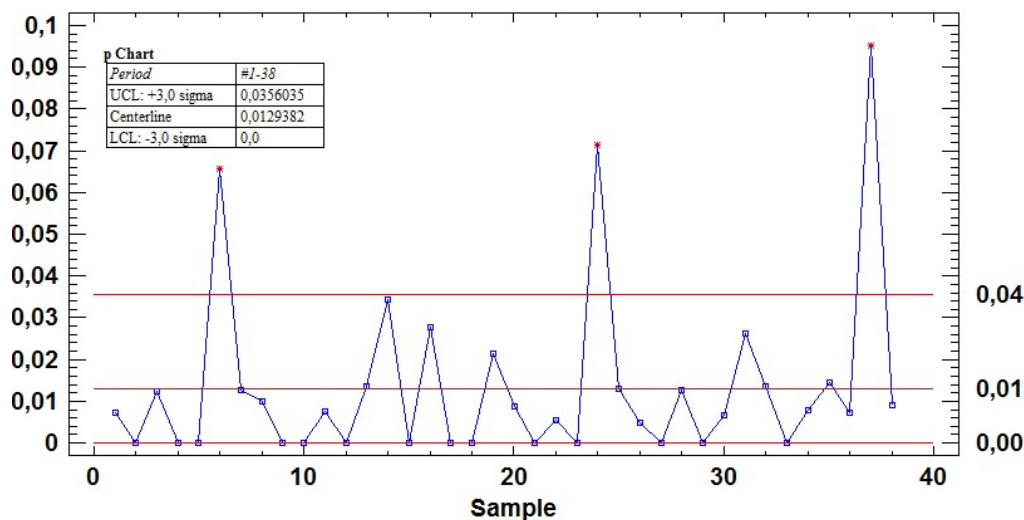


Figura 2 – Aplicação gráfica da carta de controle no processo de AOI. Fonte: Elaborado pelos autores.

Teste Funcional

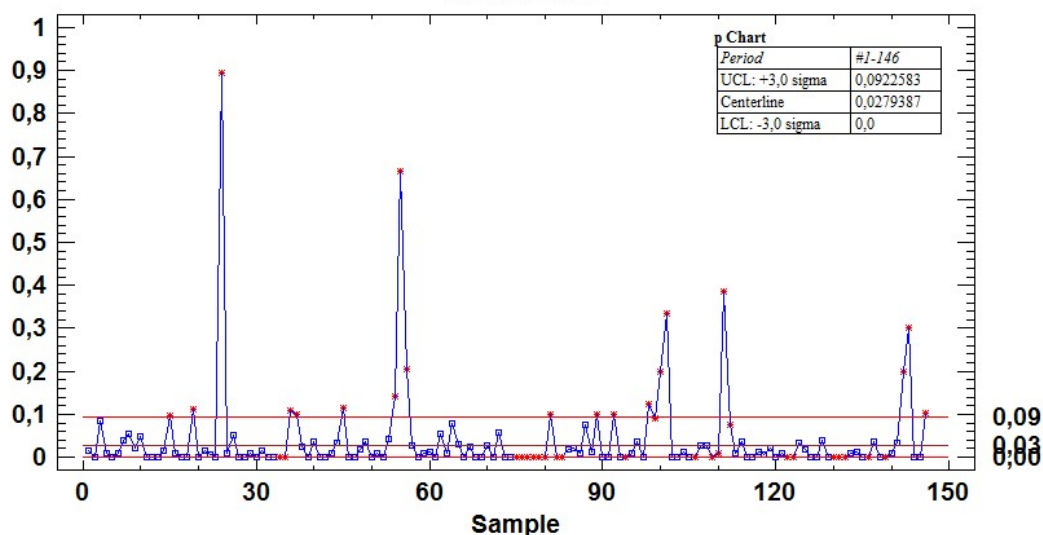


Figura 3 – Aplicação gráfica da carta de controle no processo de Teste Funcional. Fonte: Elaborado pelos autores.

Nas figuras 2 e 3, pode-se observar que na empresa estudada existem processos que estão fora do controle estatístico. Isso implica na observação dos pontos, sendo que para a empresa essa informação deve ser analisada com mais detalhes para interpretar as causas especiais que levam o processo para essa variabilidade além dos limites de controle.

5. Considerações Finais

A presente pesquisa demonstrou a aplicação do CEP em uma empresa montadora de equipamentos eletrônicos. A questão que se destaca, é referente ao processo ser ou não

considerado sob um controle estatístico, somente assim, pode-se dizer que ele está dentro da normalidade. Deste modo, observa-se nos gráficos de controle conforme figuras 2 e 3, que em ambos os postos de coleta identificou-se que o processo atual está fora do controle de 95% de confiança. Ou seja, existem causas especiais evidenciadas pelas cartas de controle que devem ser analisadas, interpretadas e corrigidas, para que o processo melhore estatisticamente. Neste sentido, conclui-se que o objetivo deste artigo foi atingido, apresentando o estudo de caso e demonstrando a aplicação do CEP na empresa estudada. Para a comunidade acadêmica, a pesquisa serviu para a aproximação da realidade empresarial, sendo este fato imprescindível a qualquer ramo de especialização. O trabalho também pode ser continuado tratando-se de um estudo de caso com foco na indústria de componentes eletrônicos, podendo ser adaptado e implementado em outras organizações.

Referências

CAUCHICK MIGUEL, P. A. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production**, v. 17, n. 1, p. 216–229, 2007.

CHENG, Zhi-Qiang, Yi-Zhong, Bu Jing, Song Hua-Ming. “Mean Shifts Diagnosis And Identification In Bivariate Process Using Ls-Svm Based Pattern Recognition Model”. **International Journal Of Industrial Engineering**. 20(7-8), 453-467. 2013.

CORREA, J.M.; SILVA, R.F.; MOURA, L.L. Controle Estatístico de Processo para avaliar a produção de medicamentos sob a forma de cápsulas. **INOVAE - Journal of Engineering and Technology Innovatio**, São Paulo, v.3, n.1, p.39-53, jan/abr, 2015.

ESPACIOS, H. R. et al. **Controle estatístico de processos**: Análise de um processo de extrusão, 2017.

EXLER, R. B.; LIMA, C. J. B. DE; NUNES, F. M. Utilização do controle estatístico de processo para o monitoramento da qualidade do biodiesel produzido pela Usina Alfa. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 9, n. 17, p. 97–117, 2015.

FOLLMER, E. **Implementação de Controle Estatístico de Processos em uma etapa do processo de galvanização de arames**: Estudo de caso no processo de decapagem ácida. p. 1–29, 2009.

FRANKEN, D. A. et al. Controle estatístico de processos em uma empresa de agronegócios. **Revista de Administração da UFSM**, v. 7, n. 3, p. 389–402, 2014.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. 12. Reimpressão. São Paulo: Atlas, 2009.

HENNING, E. et al. Controle estatístico de processos: uma aplicação em características sensoriais. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 8, n. 15, p. 50–71, 2016.

ISHIKAWA, Kaoru. Controle de qualidade total à maneira japonesa. **Controle de qualidade total à maneira japonesa**, 1993.

LRQA, Lloyd's Register Quality Assurance. **ISO 9001:2015 – Certificação**. Disponível em: <<http://www.lrqa.com.br/Certificacao/ISO-9001-Sistemas-de-Gestao-da-Qualidade>>. Acesso em: 04 jun. 2019.

LUIS, J.; RIBEIRO, D.; CATEN, C. **Série Monográfica Qualidade Estatística Industrial**. 2000.

MACHADO, José Fernando. **Método Estatístico: Gestão de Qualidade para Melhoria Continua**. São Paulo: Saraiva. 2010.

MACHADO, J. D. P. **Implantação de controle estatístico de processo na Sociedade Central de Cervejas S. A.** Tese (Mestrado em Engenharia de Gestão Industrial). Universidade Nova de Lisboa, 2010.

MANTELATTO, M. A. M. **Utilização do Controle Estatístico de Processo na Unidade de Produção e Desenvolvimento de Derivados de Soja-UNISOJA-F.** C.F. 2008. 106f. Dissertação de Tese de Mestrado na Área de Ciência dos Alimentos na UNESP, Araraquara, SP, 2008.

MARIANI, É. J. As Normas Iso. **Revista Científica Eletrônica de Administração**, 2006.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4 eds. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2004.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4ªed. LTC, 2013.

MONTGOMERY, D. C., RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade Para Engenheiros**. 4 eds. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2009.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros** - Douglas C. Montgomery - 4a Ed., 2004.

NUNES NETO, P. A.; SOUZA, T. P.; LIRA, R. G. P.; SEVERO, A. A. L.; DUTRA, R. C. C. Controle estatístico de processo aplicado ao monitoramento de envase da tintura de iodo. Pernambuco, **Rev. Ciênc. Farm. Básica**. Apl, 2010.

OLIVEIRA, C. C. DE et al. Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio. **Secretaria do Estado da Saúde - Governo do Estado de São Paulo**, n. 1a Edição, p. 21, 2013.

OLIVEIRA, S. D. O. S. S. et al. **Uso Do Controle Estatístico De Processo (Cep) Na Gestão De Operações Produtivas Em Uma Indústria No Polo Industrial De Manaus**. v. 10, 2015.

PALLADINI, Edson Pacheco; et tal.; **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

RYAN, Thomas P. **Statistical Methods for Quality Improvement**. New York, Wiley. 2. Ed. 2011.

SANTOS, G. A.; LACERDA, E. F.; ALBUQUERQUE NETO, H. C.; LUNE, W. A; FURLANETTO, E. L. **A importância dos gráficos de controle para monitorar a qualidade dos processos industriais**: Estudo de caso numa indústria metalúrgica. Revista Cadernos do IME - Série Estatística, v. 28, p. 33-46, 2010.