

# CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS EM UMA EMPRESA DE AGRONEGÓCIOS

## *STATISTICAL PROCESS CONTROL IN AGRIBUSINESS COMPANY*

Recebido 23-01-2013  
Aceito 18-08-2013

Diogo Ariel Franken<sup>1</sup>  
Juliano Hammes<sup>2</sup>  
Édio Polacinski<sup>3</sup>  
Daniel Benitti Lorenzett<sup>4</sup>  
Leoni Pentiado Godoy<sup>5</sup>  
Taís Pentiado Godoy<sup>6</sup>

### RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar uma aplicação de controle estatístico de processos (CEP), em uma empresa de agronegócios, localizada no estado do Rio Grande do Sul, que é referência internacional em seu segmento de atuação. Para tanto, realizou-se um estudo de caso, utilizando-se pesquisa documental e entrevistas semi-estruturadas para a coleta de dados. Inicialmente determinou-se por meio de um estudo de referencial teórico, as principais abordagens referentes à temática proposta, que foram o controle estatístico da qualidade (CEQ), CEP, gráficos de controle, histogramas, capacidade potencial do processo (CP) e capacidade real do processo (CPK), para depois apresentar, com base na pesquisa documental e nas entrevistas semi-estruturadas, a aplicação de CEP considerada. Como principais resultados de pesquisa, destaca-se que foi possível apresentar a aplicação proposta, para o item AH225962 considerado, que permitiu entender a importância de uma correta aplicação da ferramenta de CEP, para garantir a qualidade dos produtos da empresa de agronegócios considerada. Espera-se que o aprendizado resultante deste estudo, contribua na disseminação de experiências e práticas do uso do CEP, a partir de situações reais, de empresas que são referência em seu segmento de atuação.

**Palavras-chave:** Controle Estatístico da Qualidade, Controle Estatístico de Processos, Agronegócios.

---

1 Possui graduação em Engenharia de Produção pela Faculdade Horizontina - FAHOR. Horizontina, Rio Grande do Sul, Brasil. Email: dlorenzett@gmail.com

2 Possui graduação em Engenharia de Produção pela Faculdade Horizontina – FAHOR. Horizontina, Rio Grande do Sul, Brasil. Email: dlorenzett@gmail.com

3 Possui graduação em Matemática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUC RS. Graduação em Administração pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI. Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM e Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Atualmente é professor na Faculdade Horizontina – FAHOR. Horizontina, Rio Grande do Sul, Brasil. Email: dlorenzett@gmail.com

4 Possui graduação em Ciências Contábeis e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Email: dlorenzett@gmail.com

5 Possui mestrado e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Atualmente é professora titular em Engenharia de Produção na Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Email: dlorenzett@gmail.com

6 Possui graduação em Direito pela Faculdade Metodista de Santa Maria – FAMES. Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Email: dlorenzett@gmail.com

## ABSTRACT

*This article aims to present an application of statistical process control (CEP) in an agribusiness company, located in the state of Rio Grande do Sul, which is an international benchmark in its segment. Therefore, we performed a case study, using the documentary research and semi-structured interviews to collect data. More specifically, initially determined through a theoretical study, the main approaches concerning the proposed theme, which were the statistical quality control (CEQ), CEP, control charts, histograms, potential capacity of the process (CP) and actual capacity of the process (CPK), and then present based on documentary research and semi-structured interviews, the application of CEP considered. How majors search results, it is noteworthy that it was possible to present the proposed application for the item AH225962 considered, allowing to understand the importance of a correct application of the CEP tool, to ensure quality of products, the agribusiness company considered. It is expected that the learning from this study contribute in the dissemination of experiences and practices of using CEP from real situations, companies that are a benchmark in its segment.*

**Keywords:** *Statistical Quality Control, Statistical Process Control, Agribusiness.*

## 1 INTRODUÇÃO

Inicialmente, convém destacar que todo o processo industrial apresenta alguma variabilidade, que é definida pela sua causa, podendo ser comum ou especial. As causas comuns são variações que afetam normalmente todos os valores individuais de um processo e são resultantes de diversas origens. Já as causas especiais são fatores que geram variações que afetam o comportamento do processo de maneira imprevisível, não sendo possível de obter um padrão (RAMOS, 2000; ALMEIDA; ELTZ; UNTERLEIDER, 2010).

Definir como uma empresa vai se destacar no mercado passa pelo processo de fazer escolhas, definir onde a organização está e aonde ela quer chegar, escolhendo, para tanto, o melhor caminho (LOPES *et al.*, 2013). Neste sentido, observa-se segundo Diniz (2001) e Almeida, Eltz e Unterleider (2010), que o Controle Estatístico do Processo (CEP) é a forma mais racional e garantida de se controlar processos de fabricação em série. Por meio da aplicação dessa ferramenta, deixa-se de inspecionar as peças fabricadas e passa-se a controlar os processos, coletando dados que serão analisados estatisticamente.

A análise estatística, por sua vez, resulta em dados estatísticos que geram informações importantes sobre o processo em si, permitindo a verificação de possíveis falhas e garantindo que os processos produtivos permaneçam com um índice superior de qualidade. Ressalte-se que todas essas análises estatísticas, inclusive o CEP fazem parte do Controle Estatístico da Qualidade (CEQ).

Atualmente, a maioria das grandes indústrias, nacionais e internacionais, investe fortemente em controles industriais para elevar os níveis de produtividade e garantir a qualidade de seus produtos e processos produtivos. Conforme Torres e Gouvêa (2012), a maioria dos autores define a qualidade percebida pelos clientes como um sentimento geral relacionado ao conhecimento que o consumidor tem do produto alvo de análise em relação a outras alternativas. Ressaltam, ainda, que essa qualidade percebida pode ser medida ou dimensionada de diferentes formas, por meio de diferentes ferramentas que detectam a satisfação do cliente com o produto ou serviço.

Dentre os controles empregados, o CEP pode ser considerado a ferramenta mais importante relacionada ao controle de qualidade (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009). Assim, o presente estudo fundamenta-se na importância do CEP para o controle de qualidade empregado nas indústrias nos dias de hoje, bem como pela possibilidade de identificar e apresentar o detalhamento de uma aplicação prática de CEP, em uma indústria de grande porte, referência em seu segmento de atuação. Complementarmente e com base nos aspectos mencionados anteriormente, permite-

se afirmar que tem-se a garantia de uma correta aplicação de CEP neste contexto.

Assim, com base no exposto, evidencia-se que o presente artigo tem por objetivo apresentar uma aplicação de CEP em uma empresa de agronegócios, localizada no estado do Rio Grande do Sul. Serão apresentadas todas as etapas do CEP em um processo de solda, etapa do processo em que foram coletadas as informações para o estudo, sendo utilizadas três variáveis para as medições de processo: peça, operador e instrumento de medição. Além disso, serão identificados os cálculos dos índices de capacidade dos processos, que são capacidade potencial do processo (CP) e índice de capacidade real do processo (CPK), bem como as cartas de controle e o Histograma para o item analisado.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção, serão apresentadas e caracterizadas as variáveis que compõem o arcabouço conceitual, que sustentam teoricamente a presente pesquisa, a saber: CEQ; CEP; Gráficos de Controle; Histogramas; CP e CPK.

### 2.1 Controle Estatístico da Qualidade

O 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.

Berta *et al.*, (2008) citam que com o passar dos anos, a qualidade foi ganhando grande relevância diante do mercado mundial, pois os consumidores passaram a ser mais exigentes e as organizações começaram a se preocupar em gerar produtos e serviços que tivessem condições de satisfazer as necessidades dos consumidores, sob todos os aspectos que hoje são exigidos.

Neste sentido, Werkema (2006) afirma que, para se estabelecer as características da qualidade de um produto ou serviço, é necessário garantir a satisfação dos clientes, ou seja, é preciso transformar as características dos produtos em grandezas mensuráveis, denominadas itens de controle, que medem a qualidade intrínseca do produto ou serviço.

Assim que, o CEQ pode ser entendido como um método estatístico e de engenharia utilizado em processos de medição, monitoração, controle e melhoria da qualidade (MONTGOMERY, 2004). Esse método insere-se na área de desenvolvimento de ferramentas estatísticas de amostragem e de controle estatístico de processos, orientadas para o controle da qualidade de processos, caracterizados por um enfoque preventivo centrado no acompanhamento e controle das variáveis que podem influir na qualidade final dos produtos (TOLEDO; BATALHA; AMARAL, 2000).

Filho *et al.* (2010) destacam que a inteligência competitiva desperta, no ambiente organizacional, uma preocupação em estar devidamente preparado para as oportunidades e riscos. Assim, a formulação de estratégias deve levar em consideração a possibilidade de mudanças futuras no cenário de trabalho. Nesse contexto, é indispensável oferecer produtos de qualidade superior, onde o CEQ se destaca, podendo ser considerado um diferencial que contribui efetivamente para obtenção da qualidade desejada.

A avaliação da qualidade dos processos é um aspecto de suma importância para a sobrevivência e crescimento de uma organização, pois ela garante a obtenção, manutenção e melhoria da qualidade dos processos produtivos, possibilitando à empresa fornecer produtos e

serviços de qualidade. Portanto, como a variabilidade afeta a qualidade dos processos, é preciso estudá-la de forma sistemática, e a única forma de proceder é por meio de métodos estatísticos, que fazem parte do CEQ e compreendem quatro grandes áreas: CEP; estudos de capacidade de processos; aceitação por amostragem e; planejamento de experimentos.

## 2.2 Controle Estatístico de Processos

O CEP é uma ferramenta simples e, ao mesmo tempo, uma das mais poderosas metodologias de controle de qualidade já desenvolvidas. Essa ferramenta está sendo largamente utilizada pelas indústrias em todo o mundo, pois permite controlar as características do produto e do processo por meio do uso da estatística como metodologia para analisar as limitações dos processos, garantindo excelentes níveis de qualidade (NOMELINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2009; VACCARO; MARTINS, J. C.; MENEZES, 2011).

O CEP é extremamente útil, pois apresenta uma “gama” de ferramentas para a coleta, análise e interpretação de dados, com o objetivo de melhorar a qualidade por meio da eliminação de causas especiais de variação, e pode ser utilizado no controle da maioria dos processos (MONTGOMERY, 2004; ALENCAR *et al.*, 2004; LIMA *et al.*, 2006; SANTOS *et al.* 2010). O objetivo principal do CEP é a redução sistemática da variabilidade nas características-chave do produto, fornecendo as ferramentas necessárias para avaliação e melhoria de processos, produtos e serviços, de forma robusta e abrangente (MONTGOMERY, 2004; FERREIRA; MEDEIROS; OLIVEIRA, 2008).

O CEP permite, por meio da aplicação de métodos estatísticos, a manutenção de uma melhoria contínua da qualidade e da produtividade nos processos produtivos (CARNEIRO NETO, 2003; MOREIRA, 2004; LIMA *et al.*, 2006). 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). Kume (1985) afirma que os métodos estatísticos proporcionam maneiras muito eficazes para o desenvolvimento de novas tecnologias e controle da qualidade em processos de manufatura.

Brandstetter e Bucar (2008) entendem que os dados dos métodos estatísticos geralmente constituem amostras com valores numéricos que são passíveis de trabalho por meio da Pesquisa Operacional, principalmente os gerados a partir de ferramentas de Controle da Qualidade como é o caso do CEP, além disso, a simulação e a Pesquisa Operacional se consolidam como ferramentas para o dimensionamento de sistemas e tomada de decisão.

### 2.2.1 Gráficos de controle

Os gráficos de controle constituem a ferramenta de CEP mais utilizada para o monitoramento de processos (LIMA *et al.*, 2006; NOMELINI *et al.*, 2009). Para Santos *et al.* (2010), ao verificar-se uma causa especial responsável por alguma anomalia no processo produtivo, imediatamente deve-se investigar e identificar esta causa com o objetivo de intervir para eliminá-la. Para isso, utilizam-se os gráficos de controle, também chamados de cartas de controle, que são as ferramentas estatísticas capazes de identificar a presença de causas especiais na linha de produção e reduzir a quantidade de produtos fora de especificações, bem como os custos de produção (LIMA *et al.*, 2006).

Os gráficos de controle analisam o comportamento do processo, possibilitando uma atuação de forma preventiva, permitindo a visualização de possíveis soluções para o problema, mantendo o produto sob controle (LACHMAN; LIEBERMAN; KANIG, 2001). Assim, impedem que o problema ocorra efetivamente, por meio da implementação de ações corretivas no momento

em que ocorrerem os desvios, mantendo as condições pré-estabelecidas. Outra característica importante dos gráficos de controle é que estes desempenham um papel importante na aceitação do produto, pois o controle estatístico verifica a estabilidade e a homogeneidade do produto ou serviço (LIMA *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2010).

Segundo Santos *et al.* (2010), os gráficos de controle são construídos para uma média ( $X$ ) e uma amplitude ( $R$ ), servindo para monitorar os processos cujas características de qualidade de interesse " $X$ " são uma grandeza mensurável. Para tanto, colhem-se dados do processo em tempos regulares ( $h$ ) e com tamanho ( $n$ ), cujas medições são feitas sobre a variável de interesse, devendo apresentar uma precisão adequada para garantir a qualidade e a veracidade dessas medições.

Para isso, utilizam-se dispositivos capazes de medir frações iguais ou menores que a tolerância desejada para as medidas e que estejam devidamente calibrados, para que não ocorra nenhum tipo de erro na amostra a ser analisada. Para cada amostra retirada do processo, deve-se efetuar o cálculo da média e da amplitude amostral, que se define pela diferença entre o maior e o menor valor da amostra (SANTOS *et al.*, 2010).

### 2.2.2 Histogramas

Segundo Kurokawa e Bornia (2002), o histograma é uma das ferramentas estatísticas da qualidade, eficaz para avaliar o produção nas empresas. Ele é utilizado para representar graficamente um elevado volume de dados numéricos. O histograma facilita e simplifica a análise das informações.

Para os autores, essa ferramenta tem grande aplicação para analisar o funcionamento de uma empresa, pois ao gerar dados e números reduzidos, evita a perda de tempo da gerência na análise e interpretação dos dados, que podem ser facilmente transformados em informações úteis para a tomada de decisão.

O histograma também pode auxiliar o gestor no controle do processo de produção. Outra aplicação possível do histograma é na representação gráfica de dados de distribuição, neste caso, o uso desta ferramenta possibilita o acompanhamento do comportamento de consumo de um determinado produto ou item (KUROKAWA; BORNIA, 2002).

### 2.2.3 Cálculos de Índices de Capacidade do Processo - CP e CPK

Segundo Caruso e Heleno (2009), a medida padrão de conformidade aos requisitos é a capacidade real do processo (CPK). Esta é uma medida quantitativa, que representa o quanto de variação existe em um produto ou em um processo qualquer, com respeito às exigências e/ou especificações.

Para Santos *et al.* (2010) existem vários tipos de índices, porém os mais analisados são a capacidade potencial do processo ( $C_p$ ) e a capacidade real do processo ( $C_{pk}$ ). O ideal na potencialidade do processo é que o valor de  $C_p$  seja o maior possível, pois é menos provável que o processo esteja fora das especificações. Os autores complementam que esse índice está relacionado com o tamanho da dispersão, ou seja, valores altos neste índice significam processos com pouca variação. O  $C_{pk}$ , é o índice que leva em consideração a centralização do processo e seu valor atribuído, faz um paralelo com a capacidade do processo, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação do processo com respeito a sua capacidade

| Classificação       | Valor de Cpk           | Descrição                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Capaz               | $Cpk \geq 1,33$        | Está dentro dos limites especificados, produzindo praticamente todos os produtos com muita qualidade.                                                                                                     |
| Razoavelmente Capaz | $1 \leq Cpk \leq 1,33$ | Está sujeito a frequentes ocorrências de causas especiais, necessitando ter um controle rígido.                                                                                                           |
| Incapaz             | $Cpk \leq 1$           | Está produzindo uma porcentagem considerável de itens fora das especificações exigidas, o processo está fora de controle, ocasionando muitos problemas, itens defeituosos e baixa qualidade nos produtos. |

Fonte: Adaptada de Santos *et al.* (2010).

Observe-se que a partir da próxima seção serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento da presente pesquisa.

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A presente pesquisa pode ser classificada como um estudo de caso, pois coletou-se as informações em uma empresa específica, no caso, uma empresa do segmento de agronegócios. 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.

A pesquisa, também, pode ser classificada como exploratória, por procurar em sua fase inicial entender um fenômeno (como se dá a aplicação de CEP em uma empresa de agronegócios, identificando suas particularidades) para depois explicar suas causas e consequências (Gil, 2009). Pelo fato de descrever a aplicação de CEP, na empresa considerada, bem como suas particularidades, observa-se que esta pesquisa pode ser considerada como um estudo descritivo, pois segundo Marconi e Lakatos (2009), são assim classificadas as pesquisas que procuram descrever sistematicamente uma área de interesse ou fenômeno. Além disso, salienta-se que o estudo também é classificado como qualitativo, uma vez que, de acordo com Mattar (1999), toda pesquisa que identifica a presença ou ausência de algo, não tendo a preocupação de medir o grau em que algo está presente, pode ser definida como qualitativa.

Neste contexto, destaca-se que a pesquisa foi realizada no segundo semestre de 2010, em uma empresa de grande porte, do setor de agronegócios, localizada no estado do Rio Grande do Sul. Por motivos de confidencialidade, não será divulgado o nome da empresa pesquisada. Mais especificamente, observe-se que buscou-se inicialmente caracterizar CEQ, CEP, Gráficos de Controle, Histogramas, Cálculos de CP e CPK, utilizando-se da pesquisa bibliográfica, para em sequência, coletar as informações necessárias na empresa pesquisada, mediante pesquisa documental (relatórios) e entrevistas não-estruturadas, não tendo a preocupação de quantificar as referidas informações, ou seja, tanto no que se refere aos procedimento de coleta, análise e apresentação de dados, o presente artigo caracteriza-se como qualitativo.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Importante ressaltar que a partir de todas as atividades de pesquisa realizadas com base na revisão de literatura, bem como na empresa considerada, a seguir, serão apresentadas as particularidades da aplicação de CEP proposta.

#### 4.1 Item analisado (AH225962)

Assim, com base no exposto, inicialmente destaca-se que com base na Figura 1 é possível identificar o item analisado, AH225962, na aplicação de CEP, na empresa pesquisada.

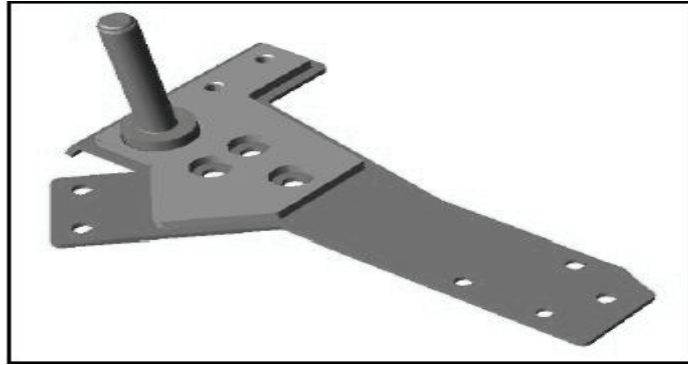


Figura 1 - Item AH225962 considerado na aplicação de CEP  
Fonte: Empresa pesquisada

Na Figura 2, identifica-se o item de controle no desenho do item analisado. O referido item apresenta uma característica-chave (apresenta-se circulado na Figura 3), a qual é considerada para a aplicação do estudo de capacidade, medida relacionada ao rendimento real da máquina com o rendimento especificado.

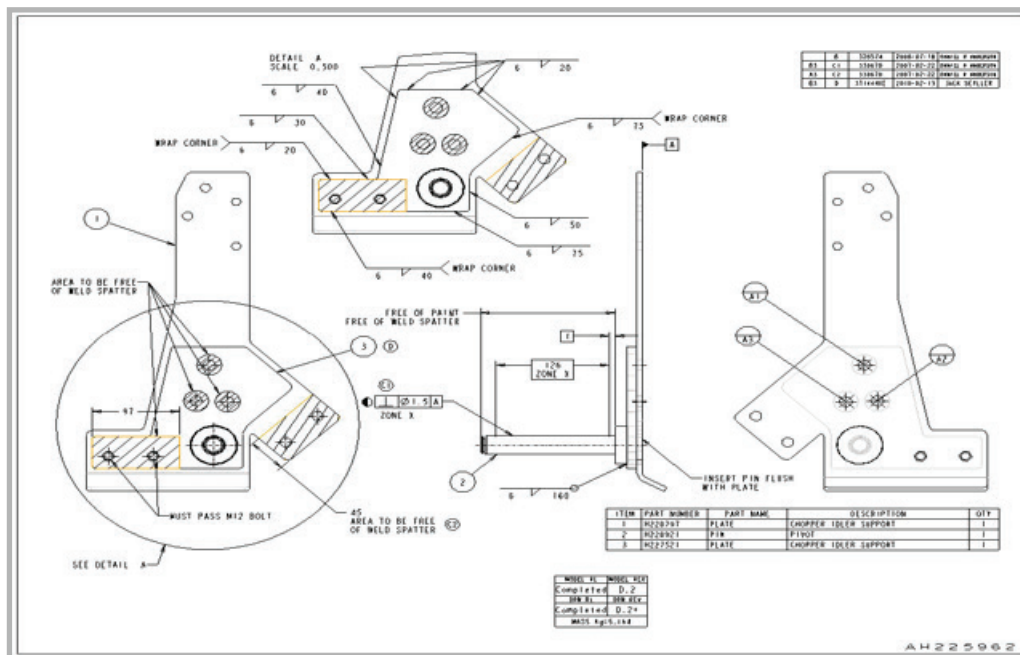


Figura 2 - Desenho do item de controle analisado na aplicação de CEP  
Fonte: Empresa pesquisada

De acordo com a instrução de trabalho da empresa, os estudos de capacidade, são requeridos para todas as características-chave de produto e processo, tanto para itens manufaturados quanto para itens comprados. As características-chave de um produto exigem mais contro-

le para obedecer aos requisitos que afetam diretamente o produto final e, significativamente, a satisfação do cliente. O círculo que pode ser identificado na Figura 3 é considerado a característica-chave do produto analisado no presente estudo.

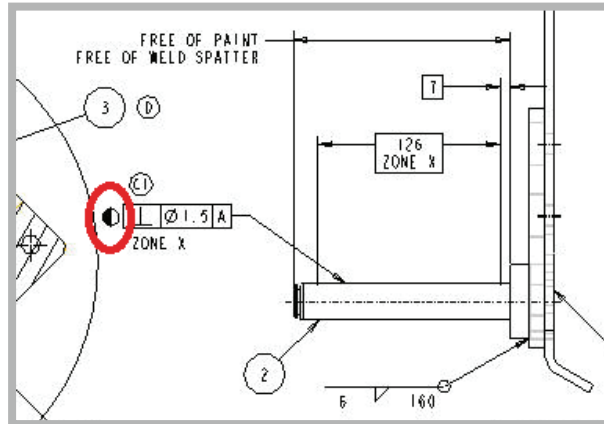


Figura 3 - Representação da característica-chave considerada na aplicação de CEP  
 Fonte: Empresa pesquisada

Ressalta-se que os estudos de capacidade, devem ser conduzidos com um número mínimo de “trinta amostras”, porém em situações em que não é possível obter este número mínimo de amostras, a engenharia de qualidade e a engenharia de manufatura devem estabelecer a amostragem adequada para o estudo.

A Figura 4 apresenta a etiqueta utilizada para identificar as descrições das características do item avaliado durante o estudo, nela estão registrados os dados mais pertinentes ao estudo em questão.

|                |                                     |               |                             |
|----------------|-------------------------------------|---------------|-----------------------------|
| Nº do Estudo   | <u>EC 00457</u>                     | Máquina       | <u>RS142</u>                |
| Item           | <u>AH225962</u>                     | Operação      | <u>10</u>                   |
| Revisão        | <u>D</u>                            | Resp. Manuf.  | <u>                    </u> |
| Data do estudo | <u>08-out-10</u>                    | Resp. Qualid. | <u>                    </u> |
| Característica | <u>KC_D1061 - Perpendicularismo</u> |               |                             |

Figura 4 - Descrições gerais das características do item avaliado na aplicação de CEP  
 Fonte: Empresa pesquisada

Destaca-se que, durante o estudo, também foi necessário coletar e armazenar os dados das características a serem medidas no item que está sendo avaliado. A Figura 5 mostra os dados referentes às características do item avaliado por meio do estudo de capacidade.



| <b>Espec. Nominal</b> <u>0</u><br><b>+ Tol. ou LSE</b> <u>1,5</u><br><b>- Tol. ou LIE</b> <u>0</u><br><b>Unidades</b> <u>mm</u><br><br><b>Tipo</b> <u>u</u><br><b>Índice</b> <u>Performance</u><br><br><b>Multiplicador</b> <u>1</u><br><b>Adicionador</b> <u>0</u><br><br><b>Comentários:</b><br><br><br><br><br><b>Distrib. Normal</b> <u>Yes</u> | <p>Nota: Abaixo segue exemplos de como poderão ser informadas as especificações</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Tolerâncias bilaterais</th> <th colspan="2">Tolerâncias unilaterais</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Espec. Nominal</td> <td><u>24.500</u></td> <td><u>0.550</u></td> <td><u>24.550</u></td> <td><u>500</u></td> </tr> <tr> <td>+ Tol. ou LSE</td> <td><u>0.50</u></td> <td><u>0.550</u></td> <td><u>24.550</u></td> <td><u>500</u></td> </tr> <tr> <td>- Tol. ou LIE</td> <td><u>-0.50</u></td> <td><u>-0.450</u></td> <td><u>24.450</u></td> <td><u>400</u></td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota: Entrar com a letra "b" para tolerâncias bilaterais.<br/>Entrar com a letra "u" para tolerâncias unilaterais.</p> <p>Nota: O fator multiplicador, age sobre os valores medidos multiplicando os mesmos pelo fator, já o acionador soma fator aos valores medidos. Como padrão utiliza-se os valores (1 e 0) respectivamente.</p> <p>Nota: Entrar com "Yes" para que os cálculos de capacidade sejam baseados em uma distribuição normal.</p> | Tolerâncias bilaterais |                         |            | Tolerâncias unilaterais |  | Espec. Nominal | <u>24.500</u> | <u>0.550</u> | <u>24.550</u> | <u>500</u> | + Tol. ou LSE | <u>0.50</u> | <u>0.550</u> | <u>24.550</u> | <u>500</u> | - Tol. ou LIE | <u>-0.50</u> | <u>-0.450</u> | <u>24.450</u> | <u>400</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|--|----------------|---------------|--------------|---------------|------------|---------------|-------------|--------------|---------------|------------|---------------|--------------|---------------|---------------|------------|
| Tolerâncias bilaterais                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                        | Tolerâncias unilaterais |            |                         |  |                |               |              |               |            |               |             |              |               |            |               |              |               |               |            |
| Espec. Nominal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <u>24.500</u>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <u>0.550</u>           | <u>24.550</u>           | <u>500</u> |                         |  |                |               |              |               |            |               |             |              |               |            |               |              |               |               |            |
| + Tol. ou LSE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <u>0.50</u>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <u>0.550</u>           | <u>24.550</u>           | <u>500</u> |                         |  |                |               |              |               |            |               |             |              |               |            |               |              |               |               |            |
| - Tol. ou LIE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <u>-0.50</u>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <u>-0.450</u>          | <u>24.450</u>           | <u>400</u> |                         |  |                |               |              |               |            |               |             |              |               |            |               |              |               |               |            |

Figura 5 - Características a serem medidas do item analisado na aplicação de CEP

Fonte: Empresa pesquisada

A rigor, para se realizar um estudo de capacidade torna-se necessário que o processo inicialmente esteja “sob controle estatístico”, ou seja, todas as medições devem estar dentro da tolerância, caso não estejam pode-se gerar um resultado “não confiável”.

| Sequência | Valores Obtidos na Medição (mm) | Sequência | Valores Obtidos na Medição (mm) |
|-----------|---------------------------------|-----------|---------------------------------|
| 1         | 0,423                           | 16        | 0,711                           |
| 2         | 0,782                           | 17        | 0,416                           |
| 3         | 0,263                           | 18        | 0,45                            |
| 4         | 0,46                            | 19        | 0,127                           |
| 5         | 0,311                           | 20        | 0,391                           |
| 6         | 0,695                           | 21        | 0,228                           |
| 7         | 0,813                           | 22        | 0,253                           |
| 8         | 0,666                           | 23        | 0,309                           |
| 9         | 0,438                           | 24        | 0,689                           |
| 10        | 0,155                           | 25        | 0,566                           |
| 11        | 0,397                           | 26        | 0,41                            |
| 12        | 0,372                           | 27        | 0,519                           |
| 13        | 0,301                           | 28        | 0,415                           |
| 14        | 0,639                           | 29        | 0,432                           |
| 15        | 0,385                           | 30        | 0,405                           |

Figura 6 - Medições da característica avaliada na aplicação de CEP

Fonte: Empresa pesquisada

Reitera-se que além do processo estar “sob controle estatístico”, é indispensável ser realizada a medição de uma quantidade de peças de maneira a conseguir efetuar o tratamento estatístico desses dados. Essa acuracidade se tem com uma amostra de no mínimo trinta peças, como mencionado. Neste sentido, observe-se que na aplicação proposta para o estudo de capacidade, conforme Figura 6, tem-se a medição de trinta unidades produzidas.

#### 4.2 Estudo de Capabilidade

Pressupõe-se que todos os dados sigam uma distribuição probabilística normal. Para essa verificação pode-se utilizar um recurso gráfico, como na Figura 7, o qual se caracteriza como um recurso para que, por meio da análise visual, seja possível verificar se os dados do estudo estão dentro dos limites de especificação pré-estabelecidos. Para a aplicação proposta, a Figura 7 representa os dados pesquisados na empresa, que se caracterizam como uma distribuição normal.

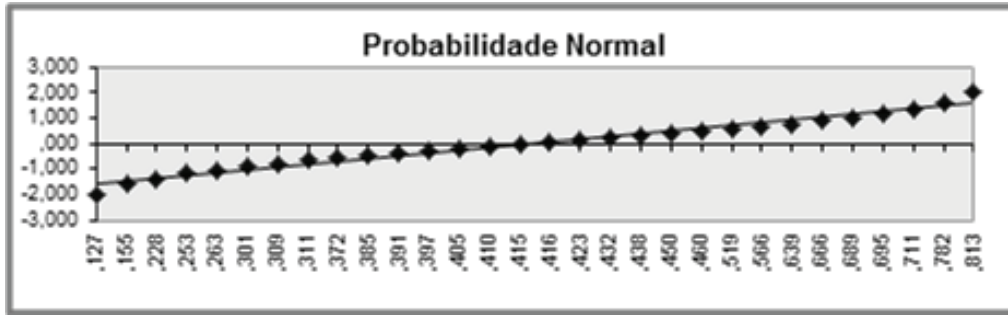


Figura 7 - Análise da probabilidade normal da aplicação de CEP  
 Fonte: Empresa pesquisada

A Figura 8 tem o propósito de mostrar e comparar a distribuição dos dados e do processo de capacidade frente à especificação. Para a linha dos dados, verifica-se que a variação destes é cerca de metade da tolerância, tendendo a zero. A linha de processo é apresentada conforme a linha de dados, porém é considerada um grau de confiabilidade, nesse caso de 95%. Já a linha da especificação demonstra a tolerância especificada no desenho.

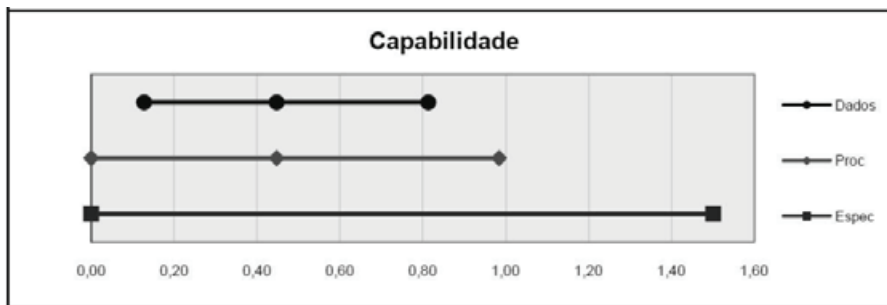


Figura 8 - Análise de capacidade da aplicação de CEP  
 Fonte: Empresa pesquisada

Por outro lado, observa-se que o histograma tem como objetivo principal representar graficamente uma distribuição dos dados, a partir de uma amostra de uma população específica. Dessa forma, conforme a Figura 9 destaca-se que o processo considerado para o estudo é estável, bem como a variável é contínua, não existindo restrições para os valores que esta possa assumir.

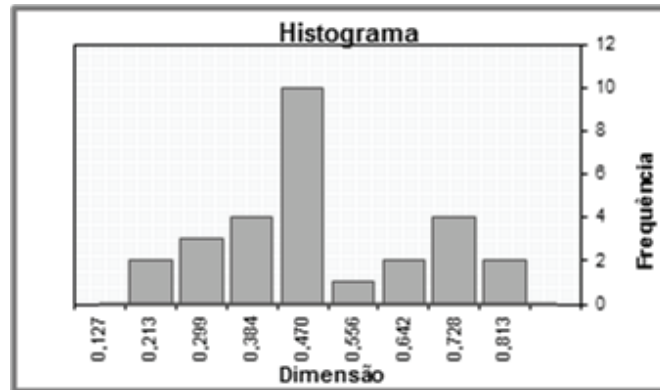


Figura 9 – Histograma de aplicação de CEP  
Fonte: Empresa pesquisada

As cartas de controle utilizam todas as medidas realizadas para a representação gráfica. São empregadas em situações que necessitam rápidas informações do processo com tamanhos de lotes pequenos, em medições ou ainda quando o processo é homogêneo a qualquer tempo. Por estes motivos as cartas são de rápida construção, fácil entendimento e comparáveis diretamente com as tolerâncias. Assim, salienta-se que para a proposta de aplicação do presente trabalho, de acordo com as Figuras 10, “A e B”, respectivamente, nota-se que os dados coletados possuem um comportamento normal, ou seja, estão sob controle estatístico. Uma vez que o processo encontra-se estável, observa-se que o cálculo de capacidade pode ser utilizado. Caso estivesse fora de controle, ou seja, fora das tolerâncias da peça, tanto para mais ou para menos, o cálculo de capacidade não geraria um resultado confiável.

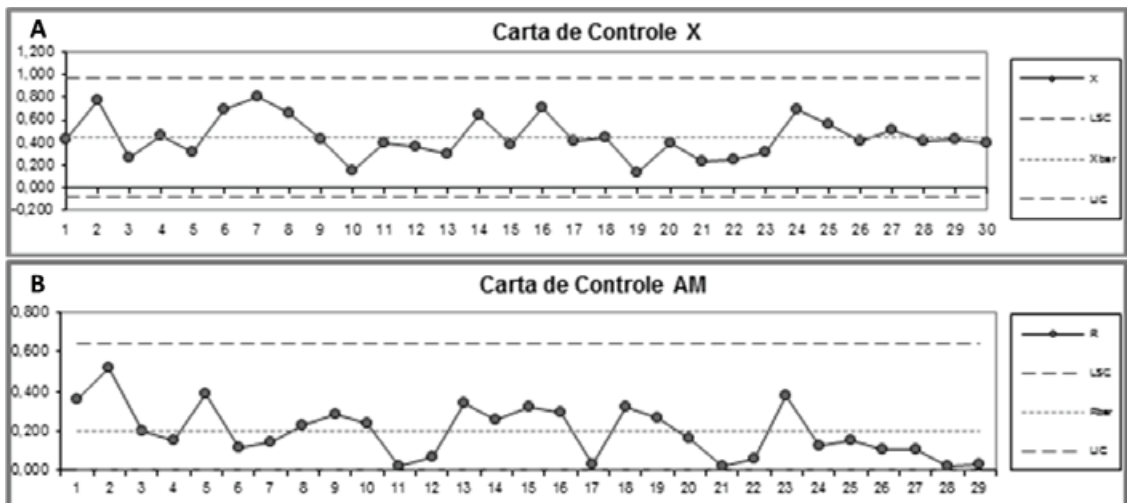


Figura 10 - A) Carta de controle X - B) Carta de controle AM - Da aplicação de CEP proposta  
Fonte: Empresa pesquisada

Além disso, destaca-se que o índice de desempenho real do processo (Ppk) está diretamente relacionado à proporção de não conformidades produzidas pelo processo. Ele é igual ao índice unilateral superior (PPU) ou índice unilateral inferior (PPL), dependendo da tolerância a ser definida pelo limite superior de especificação (LSE) ou limite inferior de especificação (LIE). Complementa-se que, no caso de os resultados dos dados coletados, considerando o “Ppk”, estejam na faixa de valor “maior ou igual a 1,33” o processo se encontra “sob controle estatístico”,

nesse caso o processo é capaz de executar a atividade onde se trata de uma distribuição normal, conforme identificado na aplicação proposta pelo estudo (Figura 11).

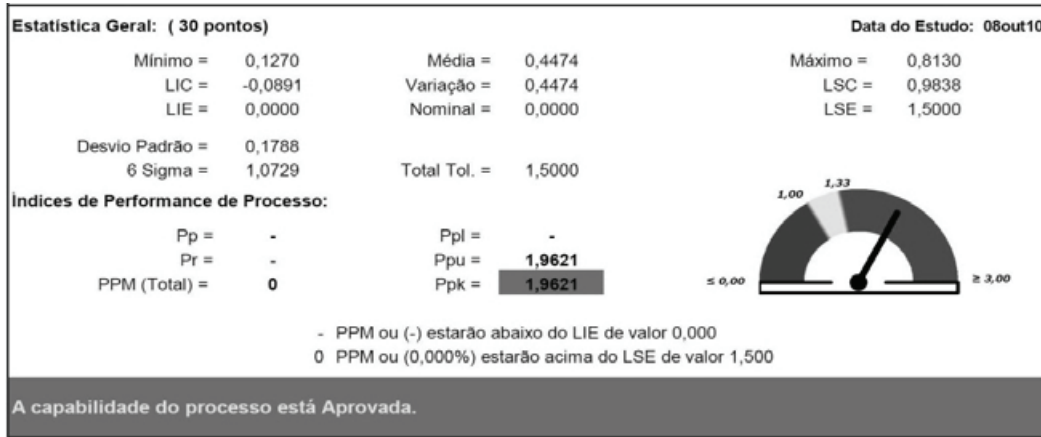


Figura 11 - Estatística do Processo da aplicação de CEP  
 Fonte: Empresa pesquisada

Por fim, torna-se importante destacar que para uma aplicação correta de CEP é necessário ter todos os dados considerados padronizados, ou seja, com as tolerâncias das características-chave dentro das especificações propostas pelo pessoal de Engenharia, que conforme a “Figura 11” e “aplicação de CEP” proposta, confirmam que o processo “é capaz”.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa apresentou o processo de aplicação de CEP em uma empresa de agronegócios, evidenciando as particularidades da aplicação dessa metodologia. Além disso, considerou a análise de um item específico, AH225962, onde o mesmo representa a “característica-chave” de um produto. Demonstrou-se também a necessidade de um maior controle para acompanhar os requisitos que afetam direta e significativamente a satisfação do cliente.

Neste sentido, e em face ao exposto, bem como após todas as atividades de pesquisas realizadas, ressalta-se que o objetivo deste artigo foi atingido, uma vez que apresentou o processo de aplicação do CEP na empresa de agronegócios, bem como evidenciou as particularidades da aplicação.

Diante disso, permite-se afirmar que para se considerar como resultados significativos, para casos específicos que tratam de amostragens para estudos de capacidade, deve-se considerar um número específico definido pela equipe responsável na empresa, contudo, em situações onde não é possível obter este número mínimo de amostras pré-definido, deve-se consultar a referida equipe responsável, para assim estabelecer a amostragem adequada.

Outra questão que deve ser destacada refere-se ao fato de que para a realização de um estudo de capacidade, em CEP, é necessário que o processo seja considerado “sob controle estatístico”, apresente um comportamento normal (onde todos os dados sigam uma distribuição probabilística normal), ou seja, representar um processo estável e livre de causas especiais.

Evidenciou-se ainda, que em CEP, bem como para a realização de seu controle de forma efetiva, a utilização das cartas de controle e histogramas são fundamentais. Desta forma, ressalta-se que as cartas de controle referem-se à utilização de todas as medidas realizadas para a representação gráfica, sendo empregadas em situações que necessitam rápidas informações do processo com lotes pequenos, em medições ou ainda, quando o processo é homogêneo. Já os

histogramas apresentam como objetivo principal representar graficamente uma distribuição dos dados de uma amostra da população em estudo.

Sugere-se para pesquisas futuras, utilizar uma amostra maior do que “trinta”, suprimindo as limitações aqui propostas de modo a aprofundar as informações e fundamentar os resultados com novos dados. Espera-se que este estudo contribua para disseminar o processo de aplicação de CEP em organizações, independente de suas características.

Tendo isso em vista, pode-se concluir que a pesquisa serviu para aproximação da academia com a realidade empresarial, meio essencial para expansão do conhecimento do estudante de engenharia de produção, bem como de outras áreas afins. Por fim, destaca-se que este estudo não é definitivo, por se tratar de um estudo de caso, mas acredita-se que pode ser adaptado a outras empresas com o mesmo sucesso que se obteve na empresa de agronegócios considerada.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, J. R. B.; SOUZA JÚNIOR, M. B.; ROLIM NETO, P. J.; LOPES, C. E. Uso de controle estatístico de processo (CEP) para validação de processo de gli.benclamida comprimidos. *Revista Brasileira de Farmácia*, v. 85, n. 3, p. 115-119, 2004.
- ALMEIDA, L.; ELTZ, L. J. G. P.; UNTERLEIDER, A. E. C. Análise da variabilidade no enchimento de latas de cerveja com 473 ml, através do controle estatístico de processo (CEP). In: XVII Simpósio de engenharia de produção, Gestão de projetos e Engenharia de Produção, 08 a 10 de nov. de 2010. *Anais...* 2010.
- BERTA, N. M.; FERREIRA, G. M. V.; TALAMINI, E. Qualidade total na avicultura de corte: uma análise da percepção dos produtores rurais integrados de uma agroindústria. *Revista de Administração da UFSM*. v. 1, n. 1, p. 153-170. 2008. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reaufsm/article/view/580/437>>. Acesso em: 10 jul. 2013.
- Brandstetter, O. G. C. M.; BUCAR, S. R. Proposta metodológica para identificação de falhas em processos produtivos mediante o uso de ferramentas de controle de qualidade e pesquisa operacional. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. *Anais...* Rio de Janeiro, RJ, Brasil, ENEGEP, 2008.
- CARNEIRO NETO, W. *Controle estatístico de processo CEP* [CDROM]. Recife: UPE-POLI, 2003.
- CARUSO, A. M. D.; HELENO, L. A. Seis sigma: uma abordagem conceitual como metodologia de gestão ou ferramenta para melhoria da qualidade. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 06 a 09., 2009, Salvador, Bahia. *Anais...* Bahia: ENEGEP, 2009.
- DINIZ, M. G. *Desmistificando o Controle Estatístico de Processo*. 1. ed. São Paulo: Editora Artliber, 2001.
- FERREIRA O. P.; MEDEIROS G. P.; OLIVEIRA M. L. Utilização do controle estatístico do processo para o monitoramento do peso médio de cápsulas de tuberculostáticos: Um estudo de caso. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. *Anais...* Rio de Janeiro, RJ, Brasil, ENEGEP, 2008.
- FILHO, J. F. R.; LOPES, J. E. G.; PEDERNEIRAS, M. M. M.; SILVA A. J. M.; MULATINHO, C. E. S. Recomendações em auditoria operacional: uma prospecção de fragilidades, com base na inteligência competitiva. *Revista de Administração da UFSM*, v. 3, n. 2, p. 191-204. 2010. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reaufsm/article/view/2333/1406>>. Acesso em: 09 jul. 2013.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. 12. Reimpressão. São Paulo: Atlas, 2009.

- KUME, H. *Métodos estatísticos para melhoria da qualidade*. 11 ed. São Paulo: Editora Gente, 1985.
- KUROKAWA, E.; BORNIA, C. A. Utilizando o histograma como uma ferramenta estatística de análise da produção de água tratada de Goiânia. XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária Ambiental, 27 a 31 de outubro. *Anais...* México, Cancun, 2002.
- LACHMAN, L.; LIEBERMAN, H. A.; KANIG, J. L. *Teoria e prática na indústria farmacêutica*. Lisboa: Fundação Coloutre Gulbekian, 2001.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Metodologia do trabalho científico*. 7. ed. 3. Reimpressão. São Paulo: Atlas, 2009.
- LIMA, A. A. N.; LIMA, J. R.; SILVA, J. L.; ALENCAR, J. R. B.; SOARES-SOBRINHO, J. L.; LIMA, L. G.; ROLIM-NETO, P. J. Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, v. 27, n.3, p.177-187, 2006.
- LOPES, L. F. D.; MACHADO, F. P.; LOPES, F. G.; LIMA, M. P.; COSTA, V. M. F.; SILVA, D. D. M. Uma análise do ambiente mercadológico de uma empresa do setor metal mecânico sob as perspectivas de porter. *Revista de Administração da UFSM*. v. 06, n. 1, p. 103-118, 2013. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reaufsm/article/view/2966/pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2013.
- MATTAR, F. N. *Pesquisa de marketing*. São Paulo: Atlas, 1999.
- MONTGOMERY, D. C. *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- MOREIRA, D. A. *Administração da produção e operações*. São Paulo: Pioneira; 2004.
- NOMELINI, Q. S. S.; FERREIRA, E. B.; OLIVEIRA, M. S. Estudos dos padrões de não aleatoriedade dos gráficos de controle de Shewhart: um enfoque probabilístico. *Revista Gestão & Produção*, São Carlos, v. 16, n. 3, Sept. 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-530X2009000300008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2009000300008&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 12 mai 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2009000300008>.
- RAMOS, A. W. *CEP para processos contínuos e em bateladas*. Editora EDGARD BLUCHER LTDA: São Paulo, 2000.
- 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.
- TOLEDO, J. C.; BATALHA, M. O.; AMARAL, D. C. Qualidade Agroalimentar: situação atual e perspectivas. *Revista de Administração de Empresas*, v. 40, n. 2, p. 90-101, 2000.
- TORRES, R. R.; GOUVÊA, M. A. Cursos de mestrado e doutorado em administração – aspectos de qualidade de ensino. *Revista de Administração da UFSM*, v. 5, n. 1, p. 76-91, 2012. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reaufsm/article/view/2932/3556>>. Acesso em: 11 jul. 2013.
- WERKEMA, M. C. C. *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Werkema, 2006.
- VACCARO, G. L. R.; MARTINS, J. C.; MENEZES, T. M. Análise estatística da qualidade de níveis de tensão em sistemas de distribuição de energia elétrica. *Revista Produção*, São Paulo, v. 21, n. 3, Set 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132011000300016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132011000300016&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 15 abr 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132011005000047>.