



**NICHOLAS BASAGLIA FERNANDES**

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS  
UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

**LAVRAS – MG**

**2021**

**NICHOLAS BASAGLIA FERNANDES**

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS  
UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Alimentos para a obtenção do título de Bacharel.

Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli  
Orientadora

**LAVRAS – MG  
2021**

**NICHOLAS BASAGLIA FERNANDES**

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS  
UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS  
STATISTICAL PROCESS CONTROL  
A CASE STUDY IN THE FOOD INDUSTRY**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Alimentos para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 01 de Dezembro de 2021.

Doutorando Felipe Furtini Haddad UFLA  
Doutoranda Juliana Junqueira Pinelli UFLA

Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli  
Orientadora

**LAVRAS – MG  
2021**

*A nossa maior glória não reside no fato de nunca cairmos, mas sim em levantarmo-nos sempre depois de cada queda.*

## **AGRADECIMENTOS**

Gratidão primeiramente a Deus por me permitir chegar onde estou, por nunca ter me deixado sozinho durante essa longa trajetória.

À minha família, minha mãe Marta, meu pai Zeca, minha irmã Naila, meu cunhado Daniel, e minha sobrinha Lara. Sem o apoio deles eu jamais teria conseguido chegar onde estou e ter os objetivos que tenho.

De forma muito especial, também agradeço minha orientadora Roberta Piccoli, que desde o segundo semestre na faculdade, esteve ao meu lado, e nunca deixou de estender a mão, dentro e fora do laboratório. Seu cuidado e atenção fizeram toda a diferença na minha vida acadêmica e pessoal.

Também agradeço aos coordenadores do curso Alcinéia Ramos, e Alexandre Peres, que sempre estenderam as mãos em momentos de necessidade. Aos professores, técnicos e funcionários da UFLA, que marcaram minha graduação, e tenho certeza que nunca vou deixar de lembrar seus ensinamentos e amizades criadas ao longo dos anos.

Aos amigos que tornaram todos esses anos mais agradáveis, mas que também me ajudaram quando necessário, sem a presença de cada um de vocês, meus dias teriam sido muito mais difíceis. Em especial à Thaís Ribeiro, que além de amiga e psicóloga, também foi de fundamental importância em minha graduação.

Não poderia deixar de agradecer ao Núcleo de Estudos em Engenharia de Bioprocessos, e aos meus colegas de trabalho no Laboratório de Microbiologia de Alimentos. Todos foram de grande importância para meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Agradeço imensamente ao grupo Arcor do Brasil, que me acolheu de braços abertos desde o primeiro dia de estágio. Em especial ao Victor Mathar, Rebeca Alleoni, e Bianca de Filippo que confiaram em mim, no meu trabalho e me possibilitaram ser o profissional que sou hoje. Também agradeço de forma especial ao Cornélio Correia pela disponibilidade e atenção em me ajudar com a ferramenta tratada no presente trabalho.

À todos que de alguma forma, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, agradeço de coração.

## RESUMO

Pretendeu-se com o presente trabalho evidenciar a importância, e as principais aplicabilidades da ferramenta Controle Estatístico de Processos (CEP) na indústria de alimentos. A implantação da ferramenta CEP é uma ação que pode ser de grande valia para empresas, desde que se tenha a possibilidade de discernimento, buscando o entendimento da relação entre teoria e aplicabilidade real. Além disso, há uma demanda de investimentos significativos de cunho financeiro, e de mão de obra, evidenciando a necessidade de intensa interação entre direção e operação. Uma das maiores dificuldades em relação à aplicabilidade do controle estatístico de processos é a existência de inúmeros processos diretamente relacionados à produção, o que torna necessário a determinação de prioridades levando em consideração a disponibilidade de recursos e parametrização de processos. Avalia-se que a implantação da ferramenta no ambiente de trabalho, mais especificamente nas linhas de produção, viabiliza o entendimento dinâmico do processo, tornando a tomada de decisões mais ágil fazendo com que as ações e melhorias sigam o fluxo determinado pela ferramenta, entrando em efetividade e evitando problemas recorrentes.

**Palavras-chave:** Controle Estatístico de Processos. Engenharia de Processos. CEP.

## ABSTRACT

The aim of this work was to highlight the importance and the main applicability of the Statistical Process Control (SPC) tool in the food industry. The implementation of the SPC tool is an action that can be of great value to companies, as long as it has the possibility of discernment, seeking to understand the relationship between theory and real applicability. In addition, there is a demand for significant investments of a financial nature, and for labor, highlighting the need for intense interaction between management and operations. One of the biggest difficulties regarding the applicability of statistical process control is the existence of numerous processes directly related to production, which makes it necessary to determine priorities taking into account the availability of resources and parameterization of processes. It is estimated that the implementation of the tool in the work environment, more specifically on the production lines, enables a dynamic understanding of the process, making decision-making more agile, making actions and improvements follow the flow determined by the tool, entering into effectiveness and avoiding recurring problems.

**Keywords:** Statistical Process Control. Process Engineering. SPC.

## SUMÁRIO

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO</b>   | <b>6</b>  |
| <b>2</b>     | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>  | <b>8</b>  |
| <b>2.1</b>   | <b>Controle Estatístico de Processos - CEP</b>                                      | <b>8</b>  |
| <b>2.2</b>   | <b>Dificuldades de aplicação da ferramenta</b>                                      | <b>9</b>  |
| <b>2.3</b>   | <b>A ferramenta <i>Measurement System Analysis</i> e sua importância para o CEP</b> | <b>10</b> |
| <b>2.4</b>   | <b>Análise de dados e Aplicabilidade da ferramenta CEP</b>                          | <b>12</b> |
| <b>2.5</b>   | <b>Vantagens competitivas que a ferramenta proporciona</b>                          | <b>14</b> |
| <b>3</b>     | <b>MATERIAL E MÉTODO</b>  | <b>16</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>Uso da ferramenta na planta de processamento</b>                                 | <b>16</b> |
| <b>3.2</b>   | <b>Etapas da implementação da ferramenta</b>  | <b>16</b> |
| <b>3.3</b>   | <b>Descrição individual das etapas de implementação da ferramenta</b>               | <b>18</b> |
| <b>3.3.1</b> | <b>Planejamento</b>   | <b>18</b> |
| <b>3.3.2</b> | <b>Determinação da relevância das variáveis de processo</b>                         | <b>19</b> |
| <b>3.3.3</b> | <b>Determinação da capacidade de performance do processo</b>                        | <b>19</b> |
| <b>3.3.4</b> | <b>Monitoramento e cálculo de índice de qualidade</b>                               | <b>19</b> |
| <b>4</b>     | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>   | <b>22</b> |
| <b>5</b>     | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>   | <b>24</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A competitividade é característica significativamente presente no mercado moderno, sendo notório o elevado nível da concorrência no setor industrial, o que torna de suma importância a busca constante pela qualidade de produtos e processos, assim como a redução de custos operacionais e de matéria prima. O objetivo a ser atingido pelas grandes empresas é alcançar elevado nível de eficiência, mantendo a consolidação no mercado (SALDANHA et al., 2015).

A qualidade de um processo relaciona-se diretamente ao índice de variabilidade, uma vez que a própria variação do processo pode causar danos consideráveis ao índice de qualidade, sendo necessário que se recorra às técnicas de controle estatístico de qualidade. O Controle Estatístico de Processos (CEP) é uma ferramenta que tem como objetivo básico, a estabilização de um processo, e conseqüentemente a melhoria efetiva de forma contínua da qualidade, o que possibilita o aumento da produtividade e redução de custos (MONTGOMERY, 2020).

A implantação efetiva da ferramenta de Controle Estatístico de Processos (CEP) requer investimentos financeiros significativos, em especial no que tange o treinamento de pessoas. Tais investimentos se relacionam diretamente com mudanças na filosofia empresarial, o que demanda ação conjunta desde a alta gerência, corpo técnico, até os operadores de linha (PIRES, 2000).

A importância de se reduzir custos, juntamente com a necessidade do aumento de produtividade evidencia a exigência de prioridades sobre ações que agreguem valores para a empresa. Para isso, os consumidores atuam de forma essencial, pois são eles os responsáveis por ditar a demanda e mercado. Dar voz ao cliente é uma forma primordial de integração indireta entre qualidade de produto final e consumidor (SILVEIRA; WERNER, 2011).

Uma das maiores dificuldades relacionadas à aplicabilidade do controle estatístico de processos é que geralmente, existem muitos processos diretamente relacionados com a produção propriamente dita, sendo necessário para alguns deles que se tenha elevado grau de prioridade. Sendo assim, levando em consideração a disponibilidade de recursos, processos bem parametrizados e focados em melhores condições operativas geram menores índices de problemas no âmbito manufatureiro, menor índice de retrabalho, e redução de pressão depositada na produção, tornando possível o aprimoramento da utilização de recursos importantes, como pessoas e até mesmo o tempo disponível (SALDANHA et al., 2015).

A ferramenta CEP pode ser de grande valia para o setor fabril, desde que se tenha o discernimento para entender a relação entre teoria e sua aplicabilidade em condições reais. O sucesso do uso da ferramenta depende de planejamento e tomada de decisões assertivas, que devem ser tomadas pela liderança, visto que a demanda de investimentos financeiros e mão de obra é bastante significativa. O presente trabalho tem como objetivo explanar a teoria da ferramenta Controle Estatístico de Processos e os desafios relacionados à sua aplicabilidade direta nas linhas operantes no setor de guloseimas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta sessão serão apresentados conceitos fundamentais para o entendimento do trabalho desenvolvido.

### 2.1 Controle Estatístico de Processos - CEP

Uma das abordagens de maior importância na indústria, a garantia de qualidade, é um tema de amplo enfoque em qualquer tipo de empresa que oferece produtos ou serviços. A conscientização de sua importância tornou a certificação de sistemas de gerenciamento de qualidade imprescindíveis, sendo responsável pelo aumento da satisfação e confiabilidade de clientes em empresas, reduzindo custos internos e melhorando os processos de forma contínua. O sucesso das empresas no mercado atual, altamente competitivo, está diretamente relacionado à junção de dois fatores significativamente importantes, a produção de itens de qualidade e custos acessíveis aos consumidores. Nesse âmbito estratégico existem algumas ferramentas capazes de proporcionar o controle efetivo do modelo de produção, sendo uma delas o Controle Estatístico de Processos (ALENCAR et al., 2004).

O CEP é uma ferramenta que busca o estabelecimento e o controle da qualidade diretamente relacionados com o processo produtivo. O objetivo dessa ferramenta é focar a atenção do controle de qualidade na prevenção efetiva de falhas e defeitos, ao invés da inspeção pós-produção, onde são separados produtos considerados adequados dos não conforme os padrões estabelecidos (SALDANHA et al., 2015).

Entende-se como CEP um conjunto de ferramentas que possibilita o monitoramento integral dos padrões desejados de qualidade. Tendo em vista que estas ferramentas direcionam o entendimento detalhado do comportamento do processo e suas variações, seu controle efetivo ao longo do tempo por meio do levantamento de dados e problemáticas diretamente relacionadas a instabilidades processuais. A utilização da ferramenta parte do princípio de que o processo aconteça de forma estatisticamente estável, ou com o mínimo de variações pontuais, possibilitando que o levantamento amostral abranja exclusivamente os valores da problemática em estudo (ALENCAR et al., 2004).

O uso do CEP atua no fornecimento direto de dados assertivos, que é de extrema importância para a análise e prevenção de situações problemáticas. A ferramenta torna possível o levantamento de dados significativos à liderança, permitindo que decisões e tratativas de problemas sejam executadas antes mesmo de acontecerem. Um exemplo que clarifica tal situação

é a importância da manutenção preventiva e os benefícios trazidos para o andamento da fábrica quando comparado com a problemática gerada a partir da manutenção por quebra ou falha de um equipamento (VIEIRA, 2011).

Como resultado do uso da ferramenta o trabalho é realizado de forma mais inteligente visando a eficiência do processo, deixando de lado características árduas de trabalhos ineficientes e desgastantes. Dessa forma, além dos ganhos gerados no setor econômico, também são gerados benefícios diretos ao ambiente de trabalho, resultando um ciclo de motivação e engajamento diários (SALDANHA et al., 2015).

A ferramenta pode ainda ser vista como um método de otimização de processos, se relacionando diretamente com a melhoria contínua a partir do uso de métodos estatísticos. Outro fator importante é a possibilidade de controlar a qualidade em cada etapa do processo, especialmente em processos produtivos de caráter repetitivo, com o objetivo de garantir o controle geral do processo (VIEIRA, 2011).

A utilização do CEP possui como fundamento a tomada de decisões baseadas exclusivamente em dados analíticos, possibilitando assim a separação entre causa e consequência, evidenciando a causa raiz do problema em análise (VIEIRA, 2011).

## **2.2 Dificuldades de aplicação da ferramenta**

Segundo (LOPES, 2007) um processo pode ser definido como um fluxo de trabalho de uma empresa, independentemente do foco de seus serviços, ou produtos fabricados. Para o bom andamento do fluxo produtivo, no qual estão compreendidos todos os fatores desde a entrada de pedidos até a saída de produtos, torna-se necessário que se controle o processo de produção, pois é nesse intervalo que as falhas e produtos defeituosos fora dos padrões previamente estabelecidos são detectados .

A suscetibilidade do desempenho de dado processo, juntamente com a qualidade e produtividade, relaciona-se diretamente com dois fatores importantes, a forma pela qual foi projetado, e seu procedimento padrão de execução (LOPES, 2007).

Todo processo operativo possui a tendência de variabilidade, podendo ser, por exemplo, em função da inconstância do padrão de matéria prima, parametrização ineficiente de equipamentos, condições inadequadas da calibração e estado de instrumentos de medição. Tais fontes de variabilidade podem ser divididas em dois grupos, sendo as causas comuns, e as causas especiais (LOPES, 2007).

Segundo (CONTADOR, 1998), uma causa comum pode ser entendida como uma fonte de variabilidade, responsável por afetar os valores individuais de um processo, causando sua variação natural. A variação por causas comuns é um fator intrínseco ao processo, não sendo afetada por alterações diretas, por exemplo: a compra de matérias primas problemáticas, a falta de manutenção preventiva, ausência de padronização de procedimentos operacionais e treinamento insuficiente da operação. Já a causa especial é aquela resultante das variações que afetam diretamente o comportamento do processo, inviabilizando a obtenção de um padrão, ou levantamento de probabilidade de dados estatísticos.

As causas especiais são diferenciadas, quando comparadas às causas comuns a partir da possibilidade de obtenção de resultados significativamente discrepantes do padrão já estabelecido no processo. Exemplos que ilustram a ocorrência de causas especiais são: maquinário desregulado, lote unitário de matéria prima fora dos limites de controle já estabelecidos, e até mesmo quebra de ferramentas ou instrumentos operacionais (CONTADOR, 1998).

Uma das grandes problemáticas relacionadas à aplicabilidade das ferramentas no meio fabril está diretamente relacionada com a dificuldade de mudanças de hábitos e a implementação de novas tecnologias, o que se aplica diretamente no uso da ferramenta CEP. Um bom exemplo disso é a demora do compartilhamento de informações, em que a falta de um sistema dinâmico e acessível pode fazer com que ações importantes deixem de ser tomadas, simplesmente por inviabilidade de comunicação direta com os responsáveis. Quando se pretende fazer a implementação da ferramenta CEP, deve-se ter ciência de que um dos pontos principais é a ação no momento apropriado do processo, o que justifica a necessidade de dinamismo para que a ferramenta seja executada de forma satisfatória (COSTA; CARPINETTI, 2004).

### **2.3 A ferramenta *Measurement System Analysis* e sua importância para o CEP**

Entende-se por "*Measurement System Analysis*" (MSA) um método estatístico que possui como principal função a determinação de variações existentes dentro de um sistema de controle de parâmetros de dado processo. De forma geral, a ferramenta permite o estudo de todos os fatores responsáveis pelas variações nos resultados obtidos (RIBEIRO; CATEN, ).

O MSA apoia a tomada de decisões relacionadas diretamente ao tipo específico de processo produtivo, ou até mesmo aos produtos já finalizados. Outro ponto de suma importância da ferramenta é seu uso na prevenção de falhas futuras ou não conformidades de processos que

podem vir a acontecer, focando a organização e parametrização voltados à prevenção destas falhas (LOPES, 2007).

A correta adequabilidade de aplicação da ferramenta MSA possibilita a garantia de que todo levantamento de dados seja constantemente atualizado e aplicado diretamente no processo em estudo, independentemente da existência de plano de ação, inspeção e uso de equipamentos. É importante que se tenha a ciência de que a análise de dados contextualizados de forma temporal e prevenção de falhas são fundamentais para o estabelecimento de padrões de execução de atividades (LOPES, 2007).

A garantia de que os equipamentos estejam com a parametrização e especificações adequadas possibilita, de forma confiável, a identificação de erros na sistemática de levantamento de dados.

O MSA pode ser entendido como sendo uma amostragem de resultados experimentais com a função de avaliar a capacidade do sistema de medição. Dessa forma, a ferramenta permite a avaliação qualitativa e quantitativa dos dados, impondo a linearidade e a estabilidade nos resultados obtidos (LOPES, 2007).

Os estudos a partir desta ferramenta são capazes de fornecer dados focados em dois objetivos básicos, o conhecimento de fontes de variação e compatibilidade das propriedades estatísticas com as especificações em estudo. As fontes de variação são responsáveis pelo maior grau de influência nos resultados gerados no sistema, por outro lado, um sistema incapaz de gerar dados com o grau de confiança requerido pode levar a empresa a realizar investimentos considerados ineficientes, o que simplesmente não atende as necessidades evidenciadas (RIBEIRO; CATEN, )

Uma vez que não existe uma sistemática considerada ideal para a realização dessa aferição de dados e levantamento de parâmetros, torna-se atributo do setor de engenharia e qualidade a adequação dos meios dispostos aos objetivos estatísticos propostos, salientando as necessidades exclusivas de cada produto (RIBEIRO; CATEN, ).

Um fator de significativa importância, e que deve ser levado em consideração, é que, para que se torne possível o gerenciamento de determinada variação em dado processo, é necessário que se tenha ciência de sua finalidade. As especificações do equipamento e seus requisitos operacionais estabelecidos pela engenharia responsável determina seu modo de execução. Um exemplo desse contexto é a ferramenta FMEA (Análise de Modo e Efeitos da Falha Potencial do Processo), que é capaz de definir o risco e as falhas de processo, estabelecendo ações

corretivas imediatas, ou até mesmo antes de efetivamente acontecerem (SGANZELLA; ARA; LOUZADA, 2012).

Com o objetivo de que os indicadores do controle estatístico de processos sejam coerentes, torna-se necessário o emprego de ferramentas que proporcionem dados confiáveis, para isso é importante que se aplique um sistema de medição adequado. A ferramenta MSA é capaz de proporcionar estudos que viabilizam a verificação da qualidade de sistemas de levantamento de dados e suas variações no processo produtivo (SGANZELLA; ARA; LOUZADA, 2012).

Segundo (RIBEIRO; CATEN, ) a validade das análises referentes ao desempenho do processo depende de forma direta da conformidade dos dados. Tornando de suma importância a compreensão do nível de precisão que está sendo associado ao sistema de medição, do próprio instrumento de medição, assim como outras possíveis fontes de variação.

#### **2.4 Análise de dados e Aplicabilidade da ferramenta CEP**

Segundo (MONTGOMERY, 2004), o controle estatístico de processos é um conjunto de ferramentas que se aplicam à solução de problemas existentes em determinado sistema, buscando a estabilidade e confiabilidade dos dados em espaço de tempo definido, obtendo assim a melhor performance de uma linha produtiva.

O sistema de controle estatístico de processos é composto por quatro grupos responsáveis por auxiliar no entendimento e execução do método de forma funcional, permitindo o acesso às informações de forma mais clara e objetiva. Sendo eles: (SGANZELLA; ARA; LOUZADA, 2012)

- **Processo:** Entende-se como processo a combinação de recursos responsáveis por viabilizar a produção do produto, ou serviço. Por exemplo: pessoas, máquinas, métodos e matéria prima.
- **Desempenho:** Outro fator significativo para o controle estatístico do processo é a análise do desempenho da cadeia produtiva, sendo possível observar pelos dados de produção. Neste aspecto é importante que sejam levados em consideração detalhes como os parâmetros de processo, condições ambientes, paradas não programadas de maquinário e até mesmo qualificação da mão de obra.
- **Ações sobre o processo:** A tomada de decisões a partir de um parâmetro de processo já estabelecido torna-se viável quando se limita a ocorrência de falhas. As ações a serem

tomadas a partir do processo devem minimizar as variações que podem vir a ocorrer nas linhas.

- Ações sobre o resultado: As ações sobre o resultado são tomadas quando o erro processual já aconteceu de fato, gerando problemas diretos ao consumidor. Neste caso, o ideal é que seja feito a análise processual em busca da identificação da causa raiz do problema, buscando a correção do problema, e não do resultado.

De forma analítica pode-se dizer que o controle estatístico de determinado processo faz uso de ferramentas que permitem o monitoramento e análise dinâmica dos processos a partir do estudo concreto de dados. Sendo assim, pode-se dizer que para cada tipo de processo a ser estudado, deve-se buscar um sistema de levantamento de dados que mais se adéque à situação (SGANZELLA; ARA; LOUZADA, 2012).

Tratando-se do ambiente fabril vivenciado, uma das principais ferramentas empregadas na visualização e entendimento de dados do sistema, são os gráficos de controle. Esta ferramenta permite a observação do processo e seu desempenho, tornando visível as falhas processuais e suas não conformidades (Comunicação pessoal: Levantamento de informações, Novembro 2021).

Uma versatilidade dessa ferramenta, é o aviso imediato ao operador na execução do lançamento. No momento em que o sistema identifica o não cumprimento da conformidade do parâmetro, o gráfico de comportamento de processo é emitido com um intervalo de lançamentos prévios afim de que se tenha o entendimento imediato do comportamento da linha (Comunicação pessoal: Levantamento de informações, Novembro 2021).

Para que se torne possível o levantamento de parâmetros responsáveis por identificar o estado de execução de determinada linha, é necessário que o processo esteja delimitado pelo controle estatístico de processos. Dois parâmetros comumente utilizados como indicadores são o Cp e o CpK (índices de capacidade do processo). Essas ferramentas são índices que mostram se o processo está sendo operado dentro da faixa delimitada como sendo ideal, indicando se a produtividade está em nível aceitável (KROTH, 2016).

Os índices de variabilidade de Cp e CpK são calculados pelo sistema de forma automática, mas é necessário que o intervalo de tempo e os limites de parametrização sejam estabelecidos de acordo com as necessidades da linha (KROTH, 2016).

A ferramenta Cp mede a capacidade produtiva de maneira simplificada para processos considerados centrados, ou seja, é capaz de medir o potencial de produção do processo. Por sua

vez, a ferramenta CpK mede a capacidade produtiva de forma mais abrangente, identificando o potencial de produção de processos considerados não centralizados, ou seja, compara os dados obtidos com o potencial que a linha é capaz de oferecer (KROTH, 2016).

O conhecimento do processo é de extrema importância, caminhando juntamente com o conhecimento teórico da ferramenta. Seria inviável o uso do CEP em uma linha operante sem a capacidade de entendimento e inter-relação entre os conhecimentos práticos e teóricos, pois as características insatisfatórias de um produto podem estar interligadas com um ou mais parâmetros que resultam na não conformidade, essa inter-relação que pode passar despercebida pela ferramenta, sendo possível sua percepção apenas a partir do contato direto com o equipamento (Comunicação pessoal: Levantamento de informações na fábrica, Novembro 2021).

## **2.5 Vantagens competitivas que a ferramenta proporciona**

O CEP tem como objetivo, o aumento da capacidade produtiva, juntamente com a melhoria da produção, também torna possível o monitoramento unitário das características de interesse com o objetivo de que se mantenham dentro dos limites estabelecidos. Tais características são importantes pois, permitem a detecção de falhas e defeitos na linha de produção o mais breve possível, evitando o uso inadequado de matéria prima e mão de obra. O controle estatístico de processos direciona as empresas quanto às melhorias que devem ser feitas para alcançar seus objetivos de melhoria e redução de custos (SGANZELLA; ARA; LOUZADA, 2012).

De forma geral, é possível destacar algumas vantagens sobre a utilização do controle estatístico de processos numa linha de produção. Sendo elas (SGANZELLA; ARA; LOUZADA, 2012):

- Determinar as ações necessárias, tanto as de cunho imediato pela própria operação, como as mais sistemáticas que devem ser analisadas pela direção. Dessa forma também é estabelecido o papel de cada setor definindo as responsabilidades de cada um.
- Fornecimento de intercomunicação direta sobre o andamento do processo e seu desempenho.
- Fornecimento de diferenciação entre causas comuns e causas especiais de ocorrência, permitindo o entendimento de tratativas a serem tomadas.
- Redução na variabilidade das características consideradas críticas de produtos, sendo dessa forma possível a obtenção de padronização de produtos e suas características.

- Permite a determinação da viabilidade de cumprimento de parâmetros de produção previamente estabelecidos.
- Viabiliza a implantação tanto de soluções técnicas como as administrativas, permitindo a melhoria de qualidade e aumento de produtividade.
- Possibilita o combate a causas dos problemas, tornando desnecessário desenvolver tratativas individuais para as consequências dos mesmos, buscando sua erradicação do sistema de trabalho.

A melhoria direta no setor de qualidade, evidenciada pela redução da variabilidade recorrente no processo, resulta no aumento de produtividade. Gerando ainda melhorias significativas quanto a redução de custos, queda nos índices de retrabalho e atrasos, aumentando a produtividade devido a captação de mercados (SALDANHA et al., 2015).

O CEP é capaz de identificar o grau de controle que a empresa tem sobre a linha de produção, evidenciado pelo índice de variação apresentado em seus resultados diretos. Além disso, a redução na variabilidade identifica a efetividade das melhorias feitas nos processos (SALDANHA et al., 2015).

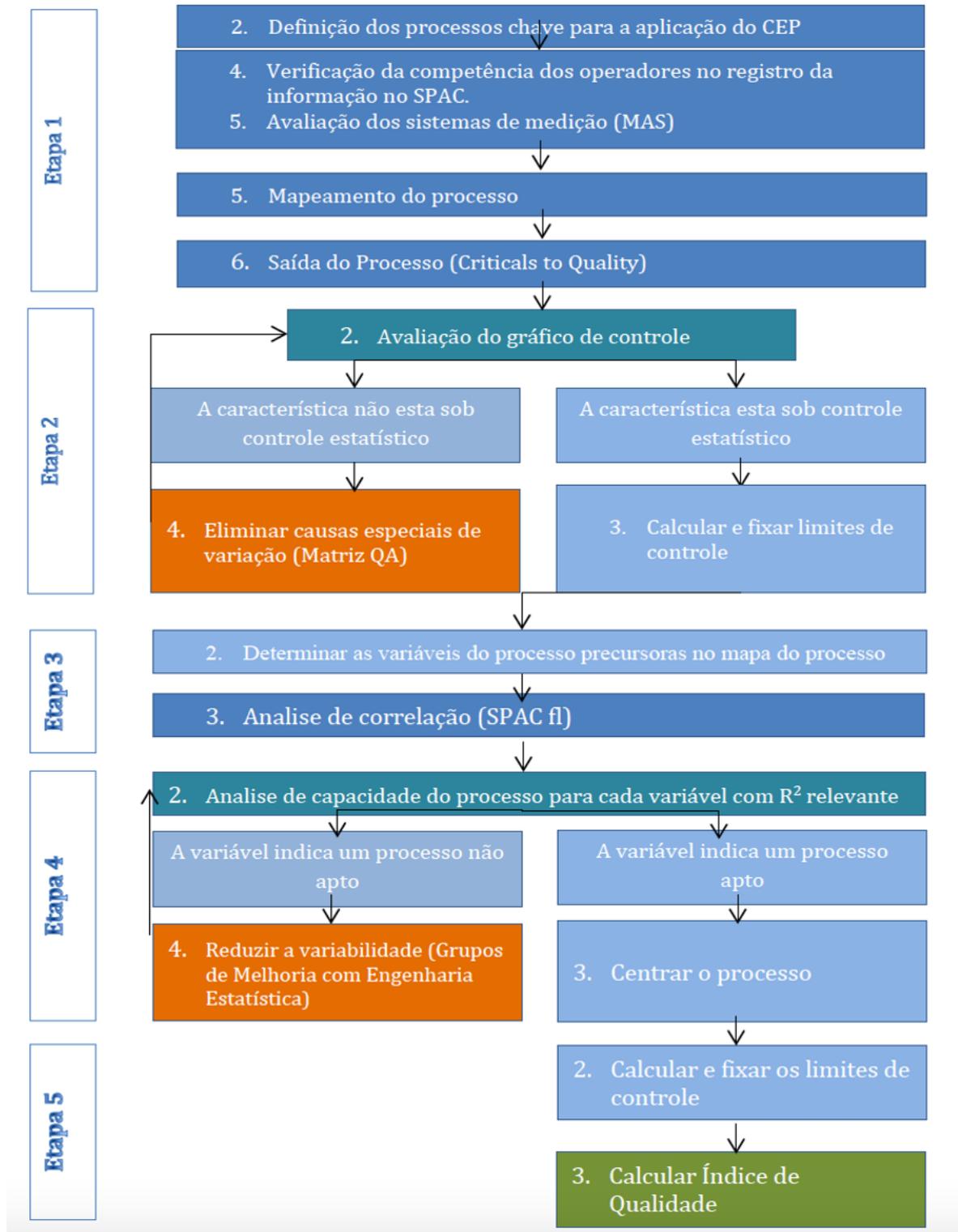
### **3 MATERIAL E MÉTODO**

#### **3.1 Uso da ferramenta na planta de processamento**

#### **3.2 Etapas da implementação da ferramenta**

O fluxograma a seguir mostra as diferentes etapas de implementação da ferramenta CEP utilizada pela empresa.

Figura 3.1 – Fluxograma de implantação da ferramenta C.E.P.



Fluxograma de CEP.

### 3.3 Descrição individual das etapas de implementação da ferramenta

#### 3.3.1 Planejamento

##### **Definição de processos considerados chaves para a aplicação da ferramenta:**

São várias as ferramentas do sistema de gestão interna de uma empresa que permitem definir os processos chaves ou estratégicos de uma operação, por exemplo:

- Árvore de perdas e custos
- Índice de Qualidade

##### **Verificação das competências dos operadores:**

Na execução dos planos de controle e no lançamento de dados, tal verificação deve incluir a revisão das especificações para garantir o conteúdo das características críticas de qualidade, assim como a capacidade do plano de controle para detectar as variações sensíveis ao processo.

##### **Avaliação dos sistemas de medição:**

Quando é medido uma série de unidades, a variação que se deseja identificar é a correspondente às unidades medidas. Um bom sistema de medição tem pouca variabilidade tanto no que diz respeito à dispersão do processo que deve ser medido, como ao de tolerância ou especificação.

##### **Mapeamento dos processos:**

Torna-se viável a construção de um mapa do processo, que identifique as etapas, entradas e saídas do processo assim como as variáveis, parâmetros e métricas que permitem avaliá-los de forma mais intuitiva.

##### **Determinação das características críticas de Qualidade:**

Dentro do conjunto de características de um produto, apenas algumas delas são responsáveis por definir seu desempenho no mercado, ou até mesmo a experiência do consumidor. Sendo ainda determinantes na decisão de compra do produto, também conhecidas como características críticas.

##### **Testes de Aleatoriedade:**

De acordo com a informação obtida a partir dos gráficos de controle, pode-se estabelecer diferentes testes de hipótese rejeitando ou não a hipótese inicial de que a variabilidade do processo é afetada somente por causas comuns.

### 3.3.2 Determinação da relevância das variáveis de processo

#### Uso do mapa do processo:

Para determinar as variáveis ou parâmetros do processo que são relevantes para a variabilidade das características críticas de qualidade (CTQs), chamaremos de variáveis precursoras.

#### Determinação da relevância da relação:

A partir da análise de variabilidade é explicada fortemente por uma ou mais variáveis do processo, ou seja, quando pode-se determinar um fator de correlação total acima de 0,82.

A implantação do CEP em variáveis precursoras apresenta basicamente duas vantagens, sendo elas:

- Maior capacidade de controle preventivo.
- Maior capacidade de corrigir a causa raiz da variação.

### 3.3.3 Determinação da capacidade de performance do processo

Um  $C_p$  superior a 1 é considerado apto, quanto maior é o valor do  $C_p$  mais possibilidades o processo tem de cumprir com as especificações. Entretanto, há dois problemas com o  $C_p$ :

- Apenas pode ser calculado caso existam pelo menos dois limites de especificação viabilizando os cálculos.
- Não leva em consideração os dados diretos do processo, apenas sua variação

Para evitar estes problemas foi criado o índice  $C_{pk}$ , que é construído analisando independentemente a capacidade a respeito de cada um dos limites de especificação.

Ambos os índices  $C_p$  e  $C_{pk}$  coincidem se o processo está centrado. À medida que o processo é descentralizado, o  $C_p$  continua igual, mas o  $C_{pk}$  começa a diminuir. Se o centro do processo está além dos limites da especificação, o  $C_{pk}$  será negativo.

### 3.3.4 Monitoramento e cálculo de índice de qualidade

Decisões que devem ser levadas em consideração para o uso dos gráficos e definição do plano de controle:

Objetivos a serem alcançados com os gráficos.

- Garantir informação para o estabelecimento ou modificação de especificações.

- Métodos de produção motivados pela eliminação de causas especiais.
- Métodos de inspeção.
- Proporcionar um critério para a tomada de decisões, indicando quando é necessário buscar causas de variação e agir para corrigi-las quando é necessário deixar que o processo continue livremente.
- Proporcionar um critério para a tomada de decisões de caráter geral.

#### **Escolha da característica e tipo de variável:**

Em relação ao tipo da variável a ser controlada, deve ser levado em consideração que uma numérica contínua dará maior informação para fazer a análise, mas deve ser avaliado se o custo para se obter essa informação é significativo a respeito do que proporciona o dado medido.

#### **Escolha do tamanho e frequência das amostras:**

Os dados devem ser classificados levando em consideração que, a dispersão deve ser mínima dentro de cada subgrupo e máxima entre subgrupos.

#### **Métodos de registros de dados:**

É conveniente contar com um software que permita a visualização online do gráfico de controle, garantido a possibilidade de ação imediata sobre o processo. Por sua vez, o registro de dados deve ser simples e ágil para minimizar o tempo da tarefa.

#### **Determinação do método de medição e coleta de amostras:**

Devem ser definidos como usar os instrumentos, garantindo eficiente sistema de medição que não introduza causas especiais ao processo a ser avaliado e a menor variação possível por causas comuns.

#### **Capacitação dos recursos humanos:**

Supervisores, líderes e operadores devem saber usar os gráficos para garantir a detecção de causas especiais de variação, conscientizando-os sobre a importância do uso da ferramenta, detalhando a diferença entre contrastar os dados a respeito dos limites de controle e não somente contra valores especificados.

#### **Metodologia para a coleta de informações e mudanças:**

É de extrema importância ingressar como observações todas as “mudanças” detectadas durante o processo, estas observações permitirão ter conhecimento sobre qualquer alteração no processo, dando a oportunidade aos que usam o gráfico diariamente de registrar a sua experiência, elemento que ajudará, em grande parte, a quem tem a obrigação de fazer uma análise

dos dados e que decidirá a implantação de modificações, seja para eliminar causas especiais ou reduzir a variabilidade afetada pelas causas comuns.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do que foi discutido até aqui torna-se interessante o entendimento do assunto quando aplicado diretamente na prática, de forma que seja ilustrado a aplicabilidade da ferramenta em condições reais.

Essa ferramenta trata-se de uma planilha interativa, na qual é possível acessar todas as temáticas em andamento na unidade. Acesso que se dá de forma bastante intuitiva, viabilizando o entendimento de todos que necessitarem de alguma interação.

Entrando no plano de ação, é possível observar todos os parâmetros de processos que são auditados no controle processual do equipamento, visando o bom andamento das linhas. Nem todos os parâmetros possuem a ferramenta CEP aplicada, mas os que integram a ferramenta possuem o monitoramento de dados efetivo.

### **Parâmetros sob aplicação do CEP na linha**

Deve ser feito o monitoramento constante dos dados necessários para o entendimento da variação dos parâmetros em estudo. A partir do levantamento dos parâmetros a serem analisados e pelo time responsável pela aplicação da ferramenta, é feito a distribuição de ações e medidas cabíveis, com o estabelecimento de datas e responsáveis, para a então execução prática do CEP.

### **Situação das ações a serem executadas a partir do CEP**

Uma das ferramentas discutidas no presente trabalho foi a MSA, que traduzida para o português é Análise de Sistemas de Medição. Como já foi discutido, é uma ferramenta utilizada especialmente para a análise de variações de dados no sistema que mostra condições de execução e gestão das linhas.

Grande parte das ações tomadas para a parametrização da ferramenta CEP ocorrem de forma prática, a partir de levantamentos e estudos de equipamentos diários, o que acaba dificultando o dimensionamento teórico da importância da ferramenta no dia a dia da planta de processamento.

Além do fornecimento de toda a informação explanada nesse trabalho, a ferramenta também favorece a interação entre operação e direção, fator de extrema importância responsável por influenciar diretamente na agilidade de tomada de decisões. Além disso, a proximidade entre os diferentes grupos faz com que o conhecimento esteja nivelado para todos os níveis, desde a operação, até a direção da fábrica.

A partir da análise da temática explanada ao longo do presente trabalho, é possível entender a importância do profundo conhecimento do processo produtivo, sendo evidenciado a

importância das vertentes práticas e teóricas da ferramenta em questão. Além disso, o estabelecimento de parâmetros de controle bem definidos permite que problemas pontuais e suas causas sejam entendidos e resolvidos com maior efetividade.

A ferramenta Controle Estatístico de Processos atua de forma conjunta com todos os setores da indústria, trazendo o empenho e envolvimento de todos os envolvidos, esse dinamismo favorece o engajamento e melhora a efetividade de outras vertentes no ambiente fabril.

Um processo considerado estável será capaz de permitir a identificação, implementação e manutenção de melhorias, dessa forma elevando o nível de qualidade do produto. Por isso, o controle das variáveis, e suas interferências nos padrões de qualidade sobre os processos considerados mais críticos torna-se de fundamental importância para se manter o padrão de qualidade, possibilitando a eliminação efetiva de falhas, além de redução de custos, maior produtividade, e aproveitamento de recursos.

Assim, observa-se que ferramenta permite considerável grau de dinamismo referente aos dados processuais, pois deixa ilustrado de forma bastante clara, as variações presentes nas linhas, o que também favorece quanto a definição de novos parâmetros de processo, pois condições de equipamento e matéria prima podem mudar ao longo do tempo, tornando parâmetros antigos inadequados para produtos novos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, é possível concluir que a ferramenta CEP atua na conjunção entre parametrização de equipamentos, processo, e operação, disponibilizando assim, uma ferramenta que permite avaliar a estabilidade do processo eliminando causas consideradas especiais que provocam variações e não conformidades.

A partir dela é possível ter um controle contínuo das linhas com uma visão ampla sobre toda a problemática presente no contexto fabril. Além disso também é possível entender detalhadamente cada seção das linhas de produção, visando a análise e controle focado em pontos e parâmetros específicos.

A ferramenta entra como aliada na otimização de processos, relacionando-se diretamente com a melhoria contínua a partir do uso de métodos estatísticos, possibilitando o controle de qualidade em cada etapa do processo, especialmente em processos produtivos de caráter repetitivo, com o objetivo de garantir o controle geral do processo.

O CEP fornece dados diretos e assertivos, viabilizando o levantamento de dados significativos à liderança, permitindo que decisões e tratativas de situações problemáticas sejam executadas antes mesmo de virem a acontecer.

O conhecimento unilateral fornecido pelo uso da ferramenta trás benefícios aos mais diversos âmbitos no círculo empresarial, se mostrando de suma importância para o bom andamento de cada um dos processos em questão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, J. R. B. et al. Uso de controle estatístico de processo (cep) para validação de processo de glibenclamida comprimidos. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 85, n. 3, p. 115–119, 2004.

CONTADOR, J. C. **Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**. [S.l.]: Editora Blucher, 1998.

COSTA, A. E.; CARPINETTI, E. Lcr controle estatístico de qualidade. **São Paulo: Editora Atlas SA**, 2004.

KROTH, B. **Gestão de processos: benefícios da análise dos processos no setor logístico da metalúrgica mor s/a**. 2016.

LOPES, L. Controle estatístico de processo. **Apostila do curso de Engenharia de Produção**, 2007.

MONTGOMERY, D. C. Introdução ao controle estatístico da qualidade. 4ª edição. **Rio de Janeiro: Editora LTC**, p. 95–108, 2004.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2020.

PIRES, V. T. Implantação do controle estatístico de processos em uma empresa de manufatura de óleo de arroz. 2000.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. ten. Controle estatístico do processo.

SALDANHA, P. et al. Contribuições do uso do controle estatístico de processos na análise do desempenho na indústria química. **Revista Ingeniería industrial**, Universidad del Bo-Bo, v. 14, n. 1, 2015. ISSN 0717-9103.

SGANZELLA, J. P.; ARA, A.; LOUZADA, F. Controle estatístico de processo via linguagem livre. **Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial-ISSN-1983-1838**, v. 5, n. 1, p. 16–31, 2012.

SILVEIRA, E. F. da; WERNER, L. Proposta de método de priorização de processos a serem monitorados no controle estatístico de processo: uma aplicação em trocador de calor. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 1, p. 116–135, 2011.

VIEIRA, S. Estatística para a qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. In: **Estatística para a qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços**. [S.l.: s.n.], 2011. p. 198–198.