

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC E DOS GRÁFICOS DE CONTROLE DE SHEWART NO CONTROLE DE PROCESSOS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA AÇUCAREIRA

Simone Correia de Lima simonecorreia.delima@gmail.com

Jacinta de Fátima Pereira Raposo (UNINASSAU – RECIFE) jacintakd@hotmail.com

Resumo

A globalização e o avanço tecnológico fizeram com que a satisfação das necessidades dos clientes se tornasse um fator crucial para a permanência de qualquer empresa no mercado. Sendo assim, considera-se que o controle do processo auxilia nesta permanência, pois, possui o intuito de reduzir metodicamente a variabilidade nas características da qualidade de interesse, aumento da confiabilidade e minimização do custo do que está sendo produzido. Para isso, pode-se utilizar os gráficos de controle de Shewart e a metodologia DMAIC que são ferramentas para controle de processo. Aliado a esta ideia surgiu à proposta de aplicação dessas duas metodologias para controle do processo em uma indústria açucareira situada região da mata norte do Estado de Pernambuco. Sendo assim, foi possível acompanhar o processo produtivo do açúcar, na empresa estudada, aplicar as fases da metodologia DMAIC e ainda os gráficos de controle para observar a variabilidade das variáveis cor do açúcar e o pH do caldo caçado. O estudo possibilitou o monitoramento de variáveis importantes do processo produtivo do açúcar e mostrou-se relevante para implantação de um controle de processo produção efetivo para a empresa, estudo de caso.

Palavras-Chaves: Indústria açucareira; Controle de processo; Variáveis controláveis

1. Introdução

De acordo com Bortoletto (2013), produto oriundo da cana de açúcar, o açúcar é um alimento presente na cultura alimentar do brasileiro. São diversos tipos e maneiras de consumo, incluindo o açúcar naturalmente presente em alimentos como nas frutas (frutose) e no leite (lactose) e o açúcar que é adicionado a alimentos ou preparações culinárias como o açúcar de mesa (sacarose) em diferentes formas de apresentação (refinado, mascavo, demerara etc.) e utilizado em inúmeras formulações de produtos alimentícios como biscoitos e bebidas lácteas.

Como todo processo produtivo, o de açúcar também requer monitoramento e controle das variáveis envolvidas no processo. Para isso é necessário medir as variáveis do processo

para detectar as variações especiais e assim tomar medidas cabíveis para eliminar essas anomalias.

Com isso, consegue-se uma redução metódica da variabilidade nas características da qualidade de interesse, auxiliando para a melhoria da qualidade essencial, da produtividade, da confiabilidade e do custo do que está sendo produzido.

Neste contexto, este trabalho descreve a aplicação da metodologia DMAIC e dos gráficos de controle de Shewart para propor uma metodologia de controle de processo em uma Indústria Açucareira localizada no estado de Pernambuco. A partir de observações diretas foram construídos fluxogramas para o processo produtivo do açúcar, bem como analisado amostras, coletadas pelo laboratório de análise da empresa, de algumas variáveis controláveis do processo, com intuito de, respectivamente, registrar as etapas da produção do açúcar e buscar identificar pontos críticos em características de qualidade do produto.

Cabe classificar esta pesquisa como de natureza aplicada, pois têm como objetivo gerar conhecimentos para aplicações práticas, bem como uma pesquisa bibliográfica descritiva com auxílio de um estudo de caso, utilizando-se como ferramenta para coleta de dados a observação direta.

A seguir o leitor depara-se com o trabalho dividido em 6 seções, além desta introdutória. A seção 2 expõe os métodos adotados para construção do trabalho. A seção 3 apresenta a revisão bibliográfica sobre a metodologia DMAIC e os gráficos de controle. Na seção 4 tem-se os resultados e discussões e por fim, a seção 5 com as considerações finais.

2. Metodologia

A empresa que subsidiou a realização desta pesquisa situa-se na região da mata norte de Pernambuco e atua no ramo de fabricação de açúcar, tendo como principais produtos os açúcares: VHP (Very High Polarization) e cristal.

A empresa tem um tempo de safra de aproximadamente 180 dias, moendo de domingo a domingo e com uma parada programada nas segundas-feiras, para pequenos reparos e limpeza das máquinas.

Para elaboração deste estudo foi necessário realizar uma pesquisa bibliográfica sobre ferramentas de controle de processo, bem como, em conjunto, para coleta de dados foi realizado observações diretas, entrevista com os colaboradores do laboratório industrial e com a Engenharia Química responsável pela análise de amostras de variáveis controláveis para o produto final, da empresa estudo de caso.

Por conveniência, foi possível analisar dados coletados pelo laboratório de análise de amostras para as características da qualidade cor do açúcar refinado e para o pH do caldo caleadado.

Daí partiu-se para a análise de dados, a qual foi realizada através da metodologia DMAIC, como uma forma de seguir passos bem estruturados.

Em resumo, a análise de dados se deu por:

- a) Definir: nessa etapa foi construído o fluxograma do processo e acompanhamento do mesmo, do início ao fim, bem como, em paralelo foi realizada a revisão bibliográfica sobre os métodos utilizados neste estudo. Ainda, escolhido as variáveis a serem estudadas.
- b) Medir: referiu-se a coleta dos dados das amostras. Utilizou-se o fluxograma para descrever como ocorrem as análises das amostras.
- c) Analisar: nesta etapa foi construído os gráficos de controle para média e amplitude para duas características de qualidade do produto (cor do açúcar e o pH do caldo caleadado). E assim, avaliada a conformidade do processo.
- d) Melhorar: fase onde é indicado ações para solucionar os problemas encontrados.

3. Revisão bibliográfica.

3.1. Metodologia DMAIC e o Seis sigma

De acordo com Werkema (2010) seis sigmas trata-se de uma ferramenta estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo a maximização da lucratividade e da *performance* de uma empresa, através da melhoria de processo e produtos e da satisfação dos clientes.

Assim, o sucesso empresarial pode ser traduzido pelos benefícios do método Seis Sigma, como: redução de custos, melhoria de produtividade, crescimento da fatia de mercado, retenção de clientes, redução de defeitos, mudança cultural, desenvolvimento de novos produtos e serviços, conforme (PANDE, 2001).

O método Seis Sigma usa como ferramenta o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) que fornece uma estrutura consistente para gerenciar mudanças e melhorias em uma organização em crescimento.

As etapas para a realização do DMAIC são mostradas na Figura 1.

Figura 1: Etapas do DMAIC



Fonte: Autor (2017)

As etapas mostradas na Figura 1 são explicadas por Rotondaro (2002), onde:

- Definir: nesta fase são definidas as características críticas para a qualidade, colheita de dados do processo, determinação das metas, possíveis problemas, benefícios esperados, entre outras.
- Medir: após a etapa de definir é preciso aferir as variáveis principais do processo, adotando-se o seguinte procedimento:
 - a) Elaborar desenhos dos processos e sub-processos relacionados ao projeto, estabelecendo as relações de entradas e saídas;
 - b) Avaliar o sistema de medição, a fim de ajustá-lo de acordo com as necessidades do processo;
 - c) Efetuar a coleta de dados através de um método que produza amostras representativas e aleatórias. Algumas das atividades realizadas são: definição de defeito; oportunidade; unidades e métricas; análise do sistema de medição utilizado e dos dados coletados, relacionando, através de gráficos, as saídas em função das entradas e, por fim, a definição da capacidade atual do processo de fabricação (ROTONDARO, 2002).
- Analisar: nessa terceira etapa do DMAIC devem ser realizadas as análises estatísticas dos dados coletados, visando determinar as causas dos problemas. E são instituídos seus objetivos de melhoria.
- Melhorar: nesta fase são implantadas as melhorias propostas.
- Controlar: por fim, as novas métricas são estabelecidas, implantadas, validadas e mantidas, aptas a garantir a capacidade do processo.

3.2. Gráficos de Controle

Segundo Montgomery (2004), os gráficos de controle foram originalmente propostos em 1924 por W. A. Shewhart, com a intenção de eliminar variações atribuíveis, já que estas quando surgem interferem na variabilidade natural de processos.

Vieira (1999) descreve que os gráficos de controle são construídos a partir de dados coletados no processo, que podem constituir uma amostra por variáveis ou por atributo, esses dados são utilizados para determinar três linhas paralelas denominadas: Limite Superior de Controle (LSC), Linha Média (LM) e Limite Inferior de Controle (LIC).

Após determinação dos limites de controle, os mesmos dados, coletados através de amostras, devem ser plotados no gráfico para análise de comportamento aleatório ou não aleatório que servirá como estimativa do desempenho do processo total. Essa análise indicará se o processo encontra-se sob controle ou não, ou seja, é analisado se o processo está se comportando de acordo com as especificações pré-estabelecidas, caso não estejam, é possível realizar ajustes no processo produtivo e evitar maiores perdas de produção.

Montgomery (2001) defende que se essas causas puderem ser eliminadas do processo, a variabilidade será reduzida e o processo melhorará. Mas é de suma importância saber que o gráfico de controle apenas detectará causas atribuíveis, e que para a efetiva melhoria se faz necessária ação da gerência, do operador e da engenharia na busca por eliminação destas causas.

Os gráficos de controle podem ser classificados em dois tipos gerais: gráficos de controle para variáveis e gráficos de controle para atributos (MONTGOMERY, 2004).

Sobre estes tipos de gráficos tem-se que:

- Gráficos por atributos:

Entende-se por atributos características do produto ou do serviço que para serem conhecidas não necessitam de um instrumento de medida. Assim, O gráfico utilizado para controlar a proporção de peças não conformes em relação ao total de peças produzidas é denominado de gráfico P. E o gráfico utilizado para controlar o número de defeitos encontrados em uma única peça é denominado de gráfico C. (MARTINS; LAUGENI, 2006)

- Gráficos por variável

Para controlar grandezas do tipo variável do processo, parte-se da hipótese de que a variável a ser controlada segue uma distribuição normal, portanto, deve-se controlar a média e o desvio padrão da distribuição. Se a média e a amplitude das amostras não tiverem variação ao longo do tempo, o processo estará sob controle. Assim sendo, são utilizados dois gráficos

de controle estatístico de processo: um gráfico para o controle da média e outro para o controle da amplitude. (PEINADO; GRAEML, 2007)

Segundo Soares (2000) se for escolhida a forma de medição variável, os gráficos usados são:

a) Gráfico “ \bar{x} e s” (média e desvio-padrão): neste as médias amostrais são registradas e a variabilidade é avaliada através do desvio-padrão. As fórmulas para o cálculo dos limites quando o desvio padrão não é conhecido é dado por:

$$LSC = \bar{\bar{x}} + A \times \bar{R}$$

$$LM = \bar{\bar{x}}$$

$$LIC = \bar{\bar{x}} - A \times \bar{R}$$

Onde:

$\bar{\bar{x}}$ = média das médias das amostras

A = coeficiente tabelado em função do número de elementos das amostras

\bar{R} = média das amplitudes das amostras

b) Gráfico “ \bar{x} e R” (média e amplitude): onde são registradas as médias amostrais e a variabilidade do processo é avaliada através da amplitude. As fórmulas para o cálculo dos limites quando o desvio padrão não é conhecido é dado por:

$$LSC = \bar{\bar{x}} + d_4 \times \bar{R}$$

$$LM = \bar{\bar{x}}$$

$$LIC = \bar{\bar{x}} - d_3 \times \bar{R}$$

Onde:

$\bar{\bar{x}}$ = Média das amplitudes das amostras

d_4, d_3 = Coeficientes tabelados em função do número de elementos da amostra.

4. Resultados e discussões

Foi proposto a aplicação dos gráficos de controle para identificação de causas atribuíveis no processo produtivo do açúcar da empresa estudada, já que foi verificado que a mesma não utiliza nenhuma forma de controle de características de qualidade importantes do seu produto final.

Após observações no processo produtivo preferiu-se, em conjunto a aplicação dos gráficos de controle de Shewart, usar a metodologia DMAIC, já que esta fornece uma

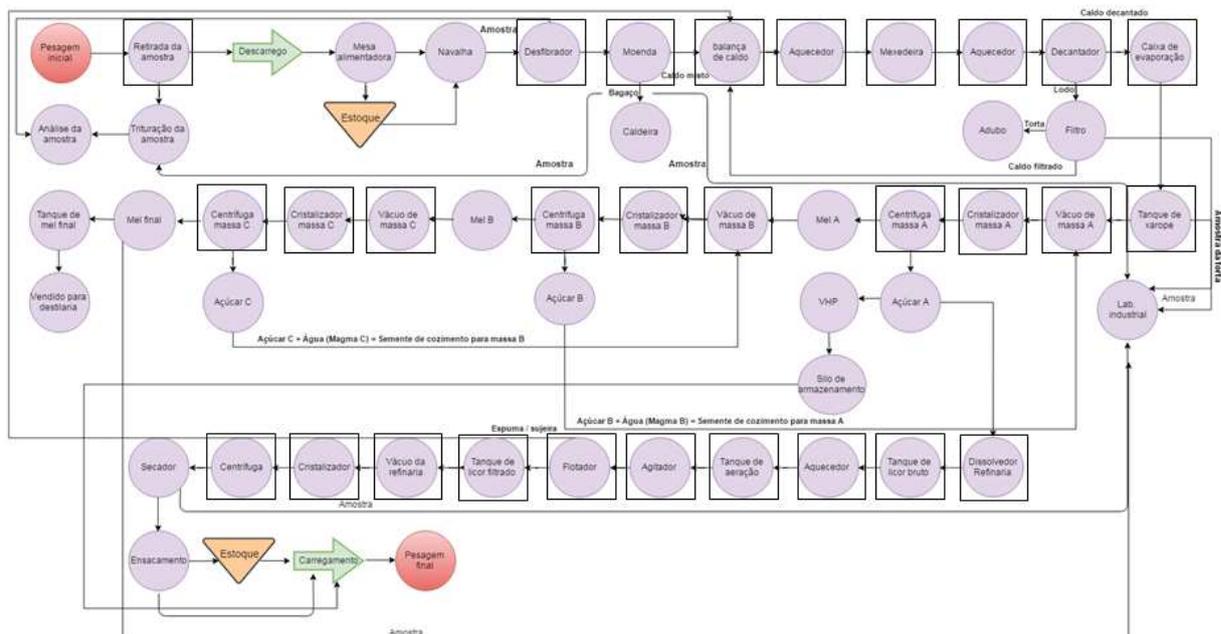
estrutura consistente para gerenciar mudanças e melhorias em uma organização em crescimento.

Logo, em sequência será apresentado como foram desenvolvidas os resultados e discussões deste estudo a partir da aplicação das fases do DMAIC.

4.1. Etapa definir

Como a primeira fase da metodologia DMAIC, “D” - definir”, consiste em descrever o processo produtivo para embasamento de escolha do foco do estudo, foi admissível desenhar o fluxograma do processo produtivo do açúcar da empresa estudada, como mostra a Figura 2.

Figura 2: fluxograma do processo produtivo do açúcar



Fonte: Autor (2017)

Como mostra a Figura 2, o processo produtivo do açúcar tem início com a chegada da matéria prima, a cana de açúcar, que chega em carretas e devem ser pesadas. Após a pesagem, é feito um sorteio, e retiradas às amostras que serão utilizadas para fazer as análises do teor de sacarose presente na cana.

As amostras das canas são trituradas e levadas para o laboratório em que será feito as análises. Depois da retirada das amostras, o(s) caminhão (ões) de cana de açúcar é (são) descarregado(s) na mesa alimentadora. Uma parte da cana fica estocada e a outra vai para a navalha, daí a cana vai o desfibrador. Após a cana desfibrada, é retirada uma amostra da cana desfibrada (de forma aleatória) e levada para a análise da umidade.

Dando continuidade ao processo, essa cana desfibrada vai para a moenda. Com a cana moída, é retirada desse bagaço uma amostra para análise os demais seguem para alimentação da

caldeira e o caldo misto (extraído da cana da moenda) vai para a balança de caldo, depois para o aquecedor e para a mexedeira. Esse caldo é aquecido novamente e decantado.

Após a fase de decantação, tem-se o lodo e caldo decantando que em seguida são filtrados. É retirada uma amostra da torta para análise no laboratório industrial, sendo o resto utilizado para adubo. O caldo filtrado, por sua vez, segue para a balança de caldo e daí é colocado novamente no processo.

O caldo decantado vai para a caixa de evaporação, em seguida para o tanque de xarope (uma amostra é retirada para análise) e depois para o vácuo de massa A. Posteriormente passa pelo cristalizador de massa A e pela centrífuga de massa A. Dessa última etapa mencionada é obtido o mel A e o açúcar A.

O mel A deve passar pelo vácuo de massa B, cristalizador de massa B e centrífuga de massa B. Após a fase da centrífuga temos o mel B e o açúcar B. O açúcar B retorna ao processo como semente de cozimento para a massa A. Em seguida o mel B segue para o vácuo de massa C, cristalizador de massa C e centrífuga de massa C. Após esses processos obtém-se o açúcar C que servirá de semente de cozimento para o vácuo de massa B e obtém-se o mel final. Deste mel é recolhida uma mostra para análise e o restante segue para o tanque de mel final que depois deve ser vendido para destilaria.

Do açúcar A pode-se ter o açúcar VHP; ou este açúcar A é encaminhado para o silo de armazenamento, que segue para o dissolvedor/refinaria, e segue as etapas de: tanque de licor bruto, aquecedor, tanque de aeração, agitador, flotador, (a espuma/sujeira retorna ao processo na balança de caldo), tanque de licor filtrado, vácuo da refinaria, cristalizador, centrífuga e secador.

Quando o açúcar sai do secador, é retirada uma amostra para análise e o resto vai para o ensacamento. Daí o açúcar é estocado, carregado nos caminhões que será pesado para serem expedidos.

Observado o processo, foi possível constatar que nos laboratórios em que é realizada a análise das amostras, os responsáveis pela atividade não utilizam gráficos de controle das características de qualidade do produto. Essa observação levou ao estabelecimento do objetivo deste estudo, que como já mencionado é propor a utilização de gráficos para se obter uma melhor visualização dos dados obtidos nas amostras, e com isso averiguar anomalias no processo.

Foi determinado, ainda nessa fase, que para a elaboração das cartas de controle as seguintes etapas, associadas as do DMAIC, devem ser seguidas:

Figura 3: Etapas para elaboração dos gráficos de controle



Fonte: Adaptado de Ribeiro e Caten (1998)

Importante mencionar que foi acrescentada às fases descritas acima por Ribeiro e Caten (1998) a fase de padronização.

Seguindo com a etapa de definição, foi determinado, por conveniência de tempo e disponibilidade de dados, estudar as características de qualidade do açúcar: cor do açúcar e o pH do caldo caleado para servirem de exemplo para futura implantação de controle do processo total.

4.2. Etapa Medir

A etapa medir consistiu em coletar as amostras. Essa coleta é feita pela equipe de laboratório industrial responsável pelo controle da qualidade do produto. As características de qualidade do açúcar medidas são: Brix do xarope, cor do açúcar refinado, cor do açúcar cristal, brix do mel final, pureza do mel final, ART mel final, pol da torta, pol do bagaço, umidade bagaço e pH do caldo caleado.

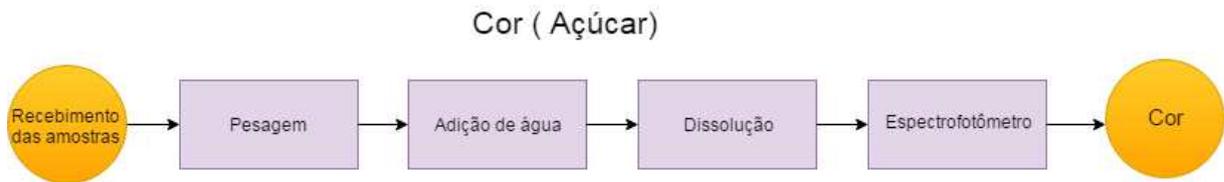
Como mencionado anteriormente, as variáveis cor do açúcar e o pH do caldo caleado foram as características de qualidade estudadas. Como estas características da qualidade

podem ser medidas dentro de uma escala contínua, os gráficos de controle a serem construídos são do tipo por variáveis (gráfico \bar{X} e R).

Foram coletadas 16 amostras de tamanho 4 (para a variável cor do açúcar refinado), e 25 amostras de tamanho 3 (para o pH do caldo caçado).

As Figuras 4 e 5 descrevem como ocorre o processo de análise das amostras coletadas.

Figura 4: Fluxograma da cor do açúcar refinado



Fonte: Elaborado pelo autor

Como mostra a Figura 4, as amostras do açúcar de cana são retiradas do setor produtivo e levadas para o laboratório industrial. Assim, ocorre a pesagem das amostras e adiciona-se água. Após a diluição dessa mistura, a mesma é levada para o espectrofotômetro. Com isso, tem-se o resultado da cor do açúcar refinado.

Figura 5: Fluxograma do pH do açúcar refinado



Fonte: Elaborado pelos autores

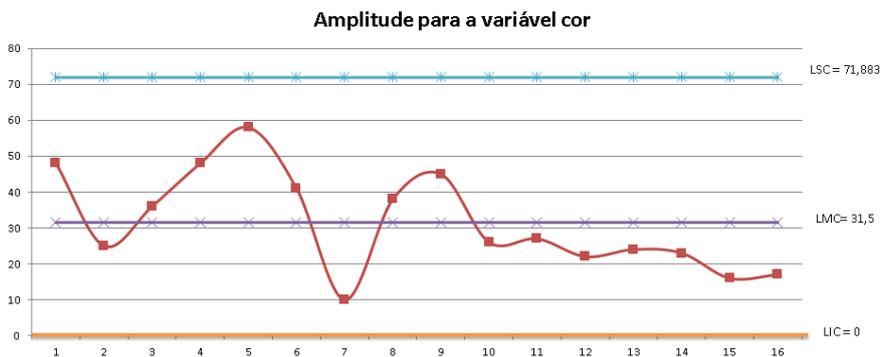
De acordo com a Figura 5 a amostra do caldo caçado é extraída do setor produtivo, é pesada, e adicionada uma substância reagente “x”, e levada para o pHmetro. Após essas etapas, tem-se o resultado do pH.

4.3. Etapa Analisar

No intuito de mostrar a utilidade destes gráficos de controle partiu-se para construção dos gráficos de controle por variáveis média e amplitude para cor do açúcar e pH do caldo caçado.

As Figuras 6 mostra o gráfico para a amplitude dos dados coletados para a variável cor do açúcar.

Figura 6: Gráficos da amplitude para variável a cor do açúcar

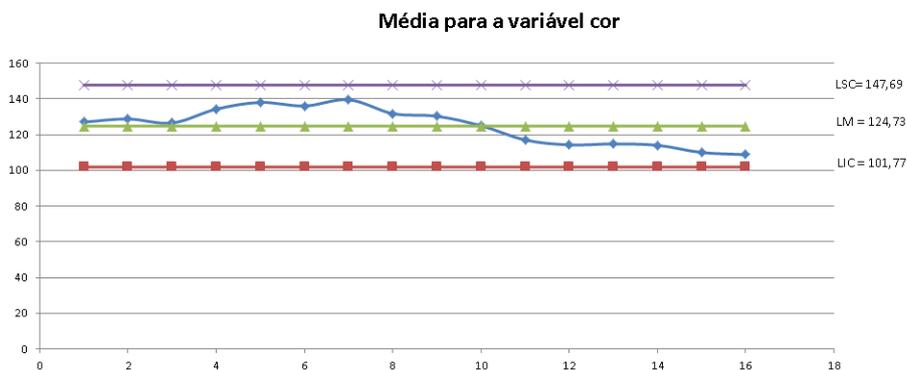


Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisar a Figura 6, percebe-se que o gráfico para a amplitude mostra que processo encontra-se em controle para a característica cor do açúcar. Porém, deve-se ter especial atenção para as mudanças bruscas dos dados nas amostras 5 e 7.

As Figuras 7 mostra o gráfico para média dos dados coletados para a variável cor do açúcar.

Figura 7: Gráficos da média para a variável cor do açúcar



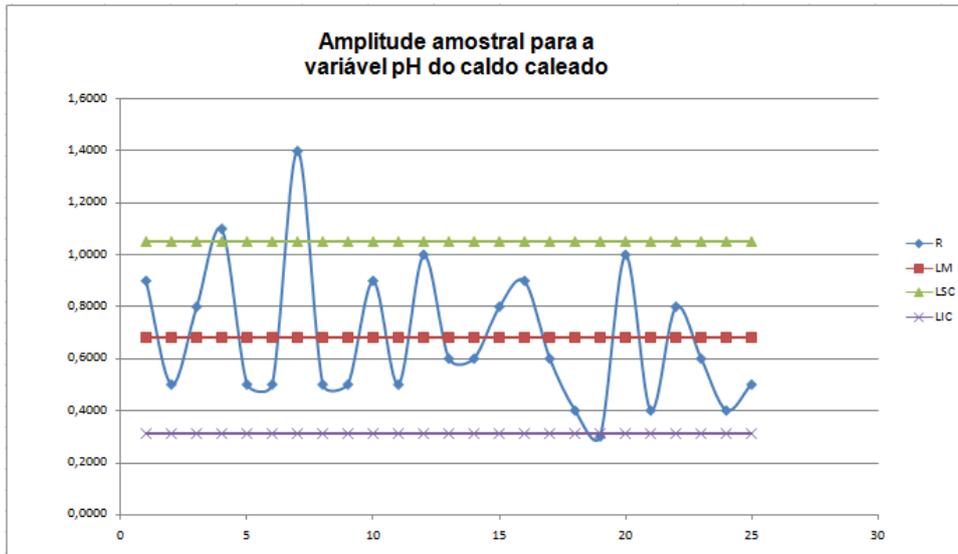
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se na Figura a cima (Figura 7) que processo encontra-se em controle para a característica cor do açúcar. Porém, deve-se ter especial atenção, pois, nota-se um deslocamento do nível do processo.

É indicado, que nestes casos, seja dada uma atenção maior ao processo produtivo, e verificar a interferência de alguns fatores que podem influenciar nessas mudanças bruscas observadas, como: introdução de novos trabalhadores na linha de produção; mudanças nos métodos, matéria-prima ou máquinas; uma mudança no método de inspeção, temperatura, fadiga do operador.

Em sequência a Figuras 8 mostra o gráfico para a amplitude para a variável pH do caldo caledado.

Figura 8: Gráficos da amplitude para o pH do caldo caledado

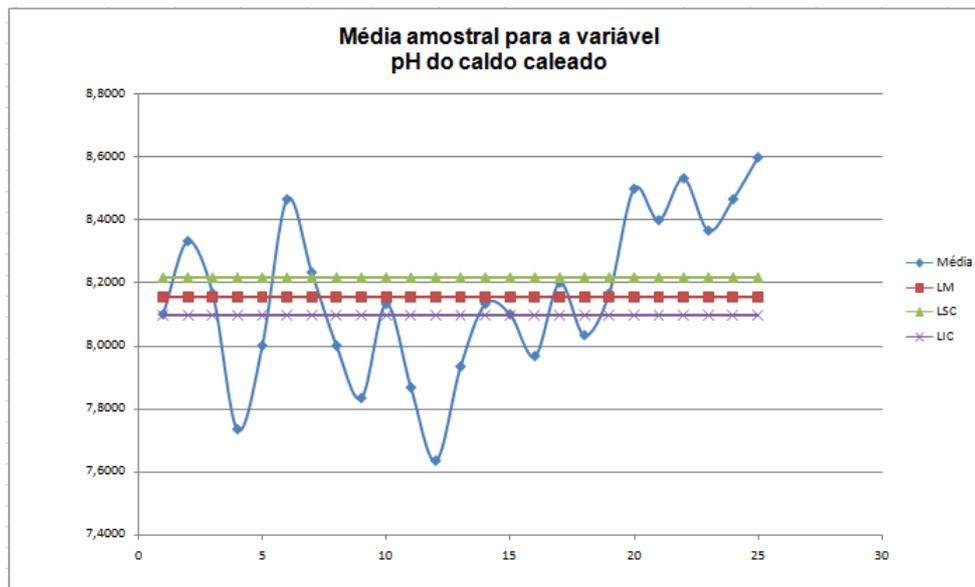


Fonte: Elaborado pelo autor

Verifica-se que a Figura a cima, possui 3 pontos que estão fora de controle, e além destes pontos, há uma súbita mudança no nível nas amostras 7,19 e 20. Assim, este processo encontra-se fora de controle para os limites estabelecidos para esta característica da qualidade.

A seguir a Figuras 9 mostra o gráfico para a média para a variável pH do caldo caledado.

Figura 9: Gráficos da média para a variável para o pH do caldo caledado



Fonte: Elaborado pelo autor

Em concordância com a Figura 9, apenas os pontos 10,14 e 18 estão dentro dos limites, e os outros pontos além de estarem fora dos limites apresentam uma mudança brusca dos

dados da amostra. Pode-se dizer que este processo encontra-se fora de controle para os limites estabelecidos para esta característica da qualidade.

É indicado que nestes casos seja observada no processo produtivo a interferência de alguns fatores que podem influenciar no surgimento de causas atribuíveis, ou seja, causas que estejam levando os pontos saírem dos limites de controle, bem como, ocasionando mudanças bruscas nas amostras. Alguns destes fatores são: introdução de novos trabalhadores na linha de produção; mudanças nos métodos, matéria-prima ou máquinas; erro do operador. Isso demonstra que a empresa não tem uma preocupação com as variações do processo.

4.4. Etapa Melhorar

Nessa etapa das atividades desenvolvidas é destacado a importância da implementação de ferramentas de controle do processo, mais especificamente, de controle das características de qualidade do produto da empresa (açúcar), como os gráficos de controle de Shewart. Já que os gráficos desenvolvidos para duas características (cor do açúcar e pH do caldo caleado) comprovaram sua utilidade.

A partir do desenvolvimento dos gráficos, os analistas de qualidade devem observar que se em algum momento os dados das amostras coletadas indicarem um processo fora de controle ou uma indicação que podem vir a se tornar instável deve-se partir para investigação de possíveis causas atribuíveis de forma a alcançar melhorias contínuas.

Para isso, a empresa/responsável pode encontrar dados sobre o processo a partir de suas folhas de verificação, bem estruturadas, e investigar causas atribuíveis associadas a: máquina, operador, medida, matéria prima, material e meio ambiente.

Uma ferramenta que pode auxiliar na identificação de causas atribuíveis é o digrama de Ishikawa. Esta por sua vez, é uma ferramenta empregada para mostrar a relação existente entre o resultado de um processo e as causas que tecnicamente possam comprometer esse resultado.

4.5. Etapa Controlar

Com a melhoria proposta, sugere-se que a implantação dos gráficos de controle ocorra no laboratório industrial e de sacarose, local onde é realizada a análise das amostras.

É indicado o desenvolvimento de atividades padrão para controlar o processo como: Coletar dados; Calcular os limites de controle; Avaliar a estabilidade do processo; Avaliar a capacidade do processo; Padronizar.

Vale salientar que, ao implantar a proposta e caso ocorra variabilidade fora do normal indicado pelos gráficos, a área de controle do processo poderá usar de outras ferramentas para investigação de possíveis causas atribuíveis, como: diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, matriz GUT, entre outras.

5. Considerações Finais

O objetivo do trabalho foi alcançado já que foi cumprida a proposta de utilizar a metodologia DMAIC e os gráficos de Shewhart que tem como meta controlar o processo, aumentar a produtividade, reduzir custos, entre outros benefícios, no caso, de produção do açúcar.

É importante frisar que o sistema de produção estudado, por ser contínuo e ininterrupto requer uma operação padronizada e com controle de produção constante e robusto. Sendo assim, imprescindível indicar a implementação dos gráficos de controle, pois estes podem fornecer consistência na análise, melhorar as características de qualidade do produto (açúcar), e, além disso, é uma ferramenta viável para a realidade da empresa, com facilidade de construção e de visualização.

Logo, o objetivo geral da implantação da metodologia DMAIC e das cartas de controle é preparar a empresa para o crescimento e capacitá-la a implantar o controle estatístico em seus processos, a fim de fornecer seus produtos para seus clientes, que exigem certos padrões de qualidade.

Propõe-se que após esta aplicação a empresa verifique a aplicabilidade da metodologia Seis Sigma na empresa o que torna conveniente a continuidade deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BORTOLETTO, Ana Paula. 2013. **Açúcar nos alimentos processados: como e por que reduzir?** Disponível em <<https://idec.org.br/em-acao/artigo/acucar-nos-alimentos-processados-como-e-por-que-reduzir>> Acesso: 13 nov. 2018.

MARTINS, Petrônio G. & LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2006

MONTGOMERY, Douglas. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4ª edição. São Paulo. Editora: LTC, 2004.

PANDE, Peter S. **Estratégia seis sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PEINADO, Jurandir & GRAEML, A. Reis. **Administração da produção**: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.

RIBEIRO, J. L. & CATEN, C. T. **Controle Estatístico do Processo**. Apostila do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Editora da UFRGS. Porto Alegre, 1998.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma**: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2002.

VIEIRA S. **Estatística para a Qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1999.

WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma** - Introdução as Ferramentas Lean Manufacturing. Rio de Janeiro: Werkema,2010.

ANEXO

Tabela1: Tabela com as análises das amostras do cor do açúcar refinado

Amostras	Cor			
	X1	X2	X3	X4
1	153	109	105	141
2	137	112	133	133
3	141	105	120	140
4	149	109	122	157
5	145	108	133	166
6	153	112	126	153
7	141	135	137	145
8	153	115	129	130
9	157	112	133	119
10	141	115	129	115
11	123	120	126	99
12	120	122	115	100
13	126	126	105	102
14	122	120	115	99
15	115	112	114	99
16	112	102	119	102

Fonte: Autor (2017)

Tabela 2: Tabela com as análises das amostras do pH do caldo caleadado

pH do caldo caleadado			
Amostras	X1	X2	X3
1	7,60	8,5	8,2
2	8,30	8,1	8,6
3	8,50	7,7	8,3
4	7,20	7,7	8,3
5	8,10	7,7	8,2
6	8,70	8,2	8,5
7	7,50	8,9	8,3
8	7,80	8,3	7,9
9	8,10	7,8	7,6
10	8,10	8,6	7,7
11	7,60	8,1	7,9
12	7,50	7,2	8,2
13	7,60	8,2	8
14	8,20	7,8	8,4
15	7,90	7,8	8,6
16	7,50	8,4	8
17	8,40	7,8	8,4
18	8,20	7,8	8,1
19	8,30	8	8,2
20	8,70	7,9	8,9
21	8,40	8,6	8,2
22	8,80	8,8	8
23	8,70	8,1	8,3
24	8,70	8,3	8,4
25	8,40	8,5	8,9

Fonte: Autor (2017)