

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA NO PROCESSO DE ENVASE DE UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

EVALUATION OF THE APPLICATION OF SIX SIGMA IN THE FILLING PROCESS OF ADHESIVES IN A CHEMICAL INDUSTRY

¹Max Filipe GONÇALVES.
²Larissa Miranda de MORAES.
³Fernanda masco BARBOSA.

¹Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail: maxfilipe@hotmail.com.
²Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail: larissamiranda.moraes@gmail.com
³Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail: fee_masco@hotmail.com

Artigo submetido em 10/11/2022 e aceito em 05/12/2022.

Resumo

Em um contexto de elevada competitividade em razão das altas inovações tecnológicas que estão surgindo e da busca por melhorias nos processos com reduções de custos, o presente artigo apresenta uma pesquisa, com objetivo de avaliar a aplicação da metodologia Seis Sigma em uma indústria de adesivos na Grande São Paulo, a fim de avaliar a possível diminuição de perdas no envase através da redução de variabilidade. Para tal, foi utilizado o método DMAIC e as ferramentas apropriadas, como Carta de Projeto, Histograma, Gráfico de Pareto, Fluxograma, Cartas de Controle, Diagrama de Ishikawa, 5W2H, entre outras. Foi identificado que atualmente os processos de envase dos produtos abordados não estão estáveis e por essa razão não foi possível analisar a capacidade do processo. Entretanto, foram propostas melhorias para os atuais problemas identificados a fim de alcançar estabilidade, para que seja possível reduzir a variabilidade do processo atendendo aos requisitos dos clientes.

Palavras-chave: Seis Sigma. DMAIC. Redução de perdas. Estabilidade de processo.

Abstract

In a context of high competitiveness due to the high technological innovations that are emerging and the search for process improvements with cost reductions, this paper presents a research aiming to evaluate the application of the Six Sigma methodology in an adhesive industry in Brazil, Grande São Paulo, in order to evaluate the possible reduction of filling losses by reducing variability. For this, the DMAIC method and the appropriate tools were used, such as Project Chart, Histogram, Pareto Chart, Flow Chart, Control Charts, Ishikawa Diagram, 5W2H and others. It was identified that currently the filling process of the products covered are not stable and for this reason it was not possible to analyze the process capacity. However, improvements have been proposed to the current issues identified in order to achieve stability so that process variability can be reduced by meeting customer requirements.

Keywords: Six Sigma. DMAIC. Reduction of losses. Process stability.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente é visto que o crescimento acelerado da alta inovação tecnológica vivido na manufatura tem obrigado as empresas a reverem seus modelos de gestão, a fim de melhorarem a produtividade, comunicação e qualidade dos produtos, objetivando se tornarem cada vez mais

competitivas (Sachuck, Takahashi, & Augusto, 2008). Diante disso, a busca por alternativas a fim de se manter competitiva frente ao mercado é primordial.

Na manufatura, a metodologia Seis Sigma (Six Sigma) é uma das mais utilizadas para melhoria de processos, pois melhora drasticamente os resultados da empresa, tanto pela melhoria da qualidade, quanto pela possível redução de custos através da redução de variabilidade. (Montgomery, 2004).

De acordo com Seleme, Malacarne, Taquetti, Machado e Cleto (2016), o interesse pelo assunto cresceu fortemente no Brasil nos últimos dez anos e observando as amostras de sua pesquisa, o aumento de publicações de periódicos acerca do assunto ocorreu principalmente no período entre 2014 e 2015, predominando os setores de indústrias químicas e automotivas.

O aumento no interesse do Seis Sigma no Brasil, principalmente pelas indústrias químicas e automotivas, traz o fato de que um grupo de indústrias automotivas conhecido como AIAG (Automotive Industry Action Group), propõe para todos seus fornecedores o cumprimento da norma conhecida atualmente como IATF 16949:2016 Requisitos do Sistema de Gestão de Qualidade Automotivo (incluindo ISO 9001:2015), que tem como meta o desenvolvimento de um sistema de gestão da qualidade que proporcione a melhoria contínua, com ênfase na prevenção de defeitos e na redução da variação e desperdício na cadeia de fornecimento.

Neste artigo, é apresentada uma pesquisa aplicada em uma indústria fornecedora para o setor automotivo, que, portanto, possui a necessidade de atender a norma IATF 16949:2016 e aos requisitos específicos de seus clientes, além de alcançar suas estratégias na redução de custos.

Atualmente, um controle de processo relacionado a satisfação do cliente e que incide diretamente nos custos da indústria estudada é o controle de peso realizado durante os processos de envase. Este controle é feito durante o processo devido ao risco de enviar aos clientes produtos com peso abaixo do especificado na embalagem do produto.

Com isso, o presente artigo tem como objetivo principal avaliar a aplicação da metodologia Seis Sigma, como forma de melhoria para redução de variabilidade e desperdícios nos processos de envase de uma indústria química de adesivos na Grande São Paulo, de acordo com os parâmetros apropriados para o processo, a fim de responder se é possível reduzir custos nos processos de envase, através da diminuição no excedente envasado e ter processos com capacidade aceitável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. 2.1 SEIS SIGMA

A metodologia Seis Sigma surgiu na década de 80, quando a Motorola precisou se reinventar ao perceber que poderia perder o mercado de seus produtos para seus concorrentes. Ao adotar uma estratégia estatística sobre os dados dos requisitos de seus clientes, a Motorola obteve resultados financeiros expressivos, o que tornou o Seis Sigma uma ferramenta de melhoria de grande destaque e reconhecimento (Werkema, 2013; Ariento, Casadei, Giuliani, Spers, & Pizzinatto, 2005).

O Seis Sigma leva este nome, pois é representado pela letra grega sigma (σ) utilizada no aspecto estatístico para medir a variabilidade ou distribuição de dados de um processo, a fim de

estabelecer o desvio-padrão de uma população e que na metodologia Seis Sigma significa dizer que a variação do processo está seis vezes dentro das exigências dos clientes. (Ariente *et al.*, 2005).

Um processo considerado com nível de qualidade Seis Sigma (99,99966%) significa que é produzida uma peça não conforme a cada um milhão de peças produzidas (3,4 ppm – parte por milhão). Em nível de comparação, um processo de nível Quatro Sigma (4σ) ou 99,38% conforme, significa dizer que este, possui um processo capaz de produzir 6.210 peças com defeitos a cada um milhão produzidas (Requeijo, 2017; Ariente *et al.*, 2005).

2.2. 2.2 MÉTODO DMAIC

O método DMAIC é baseado no método PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) de Deming, sendo que no geral, as etapas têm o mesmo objetivo, mas estruturadas de forma diferente. Para Werkema (2006), “um dos segredos de sucesso do Seis Sigma é a utilização do método DMAIC para o desenvolvimento dos projetos de melhoria”, pois reduz significativamente a taxa de defeitos por milhão nas empresas que o utilizam, obtendo melhoria em seus processos (Santos & Martins, 2008).

A sigla DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*) representa as cinco etapas que o compõem, as quais devem ser feitas, obrigatoriamente, de modo cíclico e contínuo a fim de evitar retrabalho com a possibilidade de refazer alguma etapa anterior. As definições de cada etapa bem como as ferramentas utilizadas nesta pesquisa em cada uma das etapas, são apresentadas a seguir (Werkema, 2006; Porto, Detregiachi, Oliveira, Herrera, & Poletto, 2017; Pinto, Andrade & Cordeiro, 2017):

Etapa Define (Definir): Deve-se especificar o problema e definir a meta – deve-se quantificar o retorno econômico; avaliar o histórico do problema e a prioridade; definir os participantes, responsabilidades e cronograma preliminar; identificar as necessidades dos clientes e definir o principal processo envolvido no projeto.

- Escopo de Projeto: Ajuda a definir todo o trabalho que está e não está presente no projeto. Para ser desenvolvido é necessário fazer uma análise entre as restrições do projeto, orçamento, cronograma, riscos, recursos, entre outras atividades. (Medeiros, 2011).
- FMEA – Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial: Ferramenta que garante que os possíveis modos de falhas e seus efeitos sejam identificados e eliminados antes que atinjam o consumidor final. (Moura, 2000).

Etapa Measure (Medir): Determina-se a localização ou foco do problema – deve-se planejar a coleta de dados; avaliar os sistemas de medição; coletar dados; analisar o impacto e os problemas principais; estudar as variações destes problemas e estabelecer as metas para cada um deles.

- MSA – Análise do Sistema de Medição: A análise de um sistema de medição tem o objetivo de encontrar os agentes causadores de uma variação de processo que influenciam em resultados equivocados de uma certa medida. Sendo assim, para verificar se um processo é estável e conseguir identificar onde está a variabilidade, é necessário saber se as medidas foram tiradas de forma correta e se os valores obtidos são confiáveis.

A estabilidade é atingida através da análise de uma carta de controle, verificando se os pontos no gráfico estão distribuídos aleatoriamente no entorno da linha central ou se há algum tipo de tendência como padrões crescente/decrescentes, cíclicos ou fora dos limites de controle (Alvez & Luz, 2017). As inconsistências encontradas nas medições podem ser por repetitividade ou reprodutibilidade. A inconsistência por repetitividade dá-se quando um mesmo operador colhe dados de uma mesma peça, sob as mesmas condições e encontra diferentes valores. A inconsistência por reprodutibilidade acontece quando há variação da média dos valores colhidos entre diversos operadores, medindo a mesma característica da mesma peça com o mesmo instrumento (Castro, 2015).

- Diagrama de Pareto: Belluzzo (1996) define o diagrama de Pareto como sendo conhecido também como "regra 80/20, entendendo-se que quase sempre 80% dos problemas são ocasionados por 20% de causas". Com a utilização desta ferramenta é possível visualizar as causas de um problema da maior para a menor frequência e assim estabelecer uma ordem de priorização nas causas para aplicar as ações de melhoria (Coletti, Bonduelle & Iwakiri, 2010).
- Fluxograma: É a descrição visual de um processo onde se desenvolve o passo a passo da sequência do trabalho envolvido, identificando com símbolos geométricos cada etapa envolvida no processo, sendo as principais operações correspondentes aos símbolos como: atividade, decisão, resposta e início/fim (Lins, 1993).
- CEP (Controle Estatístico de Processo): É definida como uma poderosa ferramenta para redução de custos com refugo e retrabalho, pois reduz e controla a variabilidade de um processo. Esta variabilidade pode ser causada por causas aleatórias (comuns), as quais são inerentes ao processo e, portanto, não podem ser corrigidas, podendo dizer que o processo está sob controle estatístico, ou por causas atribuíveis (especiais), que induzem as falhas e é possível serem corrigidas. (Montgomery & Runger, 2012).

Como forma de identificar e controlar as causas atribuíveis, são utilizadas Cartas de controle ou gráficos de controle, estes estão entre as ferramentas mais utilizadas para monitorar a variabilidade de uma característica, a fim de detectar as causas a tempo de tomar ações corretivas.

Para esta detecção é utilizado o gráfico apropriado, sendo que para características variáveis, ou seja, expressas em termos de uma medida, é necessário fazer o monitoramento do valor médio e da amplitude utilizando, respectivamente, gráfico de controle X barra e carta de controle R. Um gráfico de controle é constituído por limites de controle inferior (LCI), limite de controle superior (LCS) e linha central (LC), calculados conforme as Equações definidas para um gráfico X barra e um gráfico R (Montgomery, 2004).

Etapa *Analyze* (Analisar): Determina-se as causas do problema prioritário – deve-se analisar o processo e os dados do problema a fim de identificar, organizar, priorizar e quantificar a importância das causas potenciais.

- Diagrama de Ishikawa: Tem como princípio demonstrar as possíveis causas (influências) que resultam a um determinado efeito (problema). Deve-se apontar o problema a ser discutido, descrever as prováveis causas registrando-as no diagrama, reunir as causas por “grupo de famílias” ou “6M’s” (mão de obra, máquina, matéria-prima, método, medida e meio ambiente) e observar o diagrama a fim de indicar as causas reais para corrigir o problema (INGEPRO - Inovação, Gestão e Produção, 2010).

Etapa *Improve* (Melhorar): Etapa para propor, avaliar e implementar soluções para o problema prioritário – deve-se elaborar ideias de possíveis soluções a fim de eliminar a causa raiz do problema, avaliar as soluções através de testes piloto antes de implementá-las em larga escala, e caso não seja satisfatório, retornar a etapa “Medir”.

- 5W2H: É utilizada para embasar plano de ações através de uma tabela constituída por sete colunas, constando um título em forma de pergunta em cada uma delas, que são: *What* (O que será feito?), *Who* (Quem fará?), *Where* (Onde será feito?), *Why* (Por que será feito?), *When* (Quando será feito?), *How* (Como será feito?) e *How Much* (Quanto custa o que será feito?) (Lisboa, 2012; Coletti, Bounduelle & Iwakiri, 2010).

Etapa *Control* (Controlar): Etapa para garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo – deve-se avaliar o alcance do objetivo em larga escala para verificar se a meta foi atingida e caso a meta definida tenha sido alcançada, padronizar as alterações realizadas no processo e implementar métodos para controle dos resultados a fim de tornar o processo preventivo e então, antecipar ações corretivas. Caso o resultado da meta não esteja em consonância com o que foi definido no início do projeto, deve-se retornar a etapa “Medir”.

- Trabalho Padronizado: Segundo Mariz & Picchi (2013) e *Lean Institute* Brasil (2003), o trabalho padronizado determina procedimentos precisos para o operador, a fim de alcançar resultados positivos na produtividade e estabilização do processo produtivo, através da eliminação de movimentos desnecessários e trabalhos repetitivos do operador.

3 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa adotada neste trabalho pode ser classificada de natureza aplicada por gerar conhecimento para uma aplicação prática, com abordagens quantitativas através de técnicas estatísticas e com objetivos conclusivos. Para o desenvolvimento foram abordadas a pesquisa teórica e a pesquisa prática.

A pesquisa teórica tem como instrumento a pesquisa bibliográfica acerca do tema Seis Sigma, através da coleta de informações em livros, publicações de artigos e de trabalhos de conclusão de curso, como forma de estabelecer os fundamentos teóricos e conhecimentos obtidos de outros pesquisadores sobre o tema abordado. A pesquisa prática compreende uma pesquisa aplicada em uma indústria química, com a avaliação da aplicação do método DMAIC. Para isso, utiliza-se como instrumentos a pesquisa documental e a pesquisa de campo.

A pesquisa documental é realizada através do levantamento de dados primários, obtidos por observação dos dados que são registrados pelos operadores durante o processo de envase no software, além de dados secundários obtidos nos relatórios da empresa a respeito da previsão de demanda, custos de insumos e requisitos de clientes. Com a obtenção destes dados, é possível realizar a medição e avaliação das perdas médias de envase excedente de adesivos, e através da aplicação das técnicas estatísticas sobre estes dados, como cartas de controle, histogramas e índices de capacidade, é possível avaliar a estabilidade e capacidade dos processos de envase, utilizando o programa Minitab.

O outro instrumento utilizado é a pesquisa de campo, realizada com os operadores das linhas de envase, através de entrevistas informais e observação dos dados a respeito dos problemas encontrados, a fim de desenvolver as análises de causas para os problemas através do Diagrama de Ishikawa e tornar possível a observação e levantamento de melhorias para o processo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa aplicada ocorreu através de um projeto estruturado de acordo com o método DMAIC, e o desenvolvimento e discussão dos resultados obtidos são apresentados nas cinco fases, sendo Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. Como forma de manter a confidencialidade dos dados da empresa, assim como a identificação de informações ligadas às suas estratégias, serão considerados nomes fictícios para máquinas e produtos e os dados relacionados financeiramente serão representados em percentual.

4.1. DEFINIR

O projeto foi definido ao identificar a necessidade da empresa em alcançar suas estratégias, como a redução de custos e a busca na garantia de qualidade dos produtos manufaturados e no atendimento aos requisitos dos clientes. O Figura 1 apresenta a Carta do Projeto de forma a exibir o problema, a meta a ser alcançada, os responsáveis, participantes e o escopo do projeto para o alinhamento entre todos os envolvidos.

4.2 MEDIR

A fase “Medir” traz os levantamentos para delimitar o projeto, apresenta os cálculos de perdas e as análises estatísticas através do programa Minitab para identificar onde está o problema que interfere na variabilidade do processo.

4.2. Coleta de dados e MSA

Os dados coletados durante o processo são registrados em um software que foi implementado em janeiro de 2018 nas linhas de produção e torna possível o acompanhamento por cartas de controle e apontamentos no Diário de bordo. Os planos de controle são separados por famílias de produtos definidas internamente, ou seja, conjunto de diferentes produtos dentro da mesma tecnologia e mesmas especificações, além disso a coleta ocorre com a frequência de dez em dez minutos e o tamanho das amostragens com cinco amostras.

De acordo com o requisito da norma IATF 16949:2016 9, item 7.1.5.1.1, devem ser conduzidos estudos estatísticos para analisar a variação nos resultados de cada tipo de sistema de medição do plano de controle, conhecido como MSA (Análise do Sistema de Medição). O MSA foi realizado nos processos de medição de peso e estruturado com 3 avaliadores que participam da medição no processo, onde cada um realizou 3 medições por peça, em um total de 10 peças selecionadas. O estudo foi realizado conforme teste replicável, sendo selecionadas peças por amostragem do processo em diferentes turnos, dias, lotes e operadores e realizadas as medições em ordem aleatória pelos Operadores.

A análise dos dados foi feita através do programa Minitab e para aceitação do sistema de medição foram considerados os pontos de acordo com o Manual de Referência de MSA do

AIAG, sendo o índice de R&R, o ndc (número de categorias distintas) e a análise de estabilidade por cartas de controle Xbarra e R.

Figura 1: Carta do Projeto

CARTA DO PROJETO													
Redução de perda nos processos de envase													
Declaração do Problema													
<p>No período de jan./18 a ago./18, os processos de envase apresentaram média de peso acima do peso ideal dos produtos, ou seja, uma quantidade de produto envasada que é considerada como perda. De acordo com o histórico do volume de produção deste período, totaliza-se uma perda de 5.260,40 Kg somente em material envasado a mais durante a produção em nove máquinas de envase da linha industrial e da linha do produto “carro chefe”.</p> <p>Parte dos materiais são produzidos na planta química da fábrica, a qual vem necessitando realizar horas extras, o bastante para ultrapassar o custo planejado em 461,09% no período considerado. Essas perdas influenciam diretamente nos custos e podem ser reduzidas através de ferramentas para melhorias dos processos, entretanto são necessários estudos para que a redução não coloque em risco a qualidade dos produtos e afete a satisfação dos clientes.</p>													
Benefícios ao Negócio													
<p>A redução de produto excedente nas embalagens acarreta diretamente na redução de custos em insumos de granel e nos custos para produção destes graneis que são produzidos na planta química da fábrica, como gás, luz, energia elétrica, mão de obra, entre outros.</p>													
Declaração de Meta	Prazos												
<p>Reduzir a perda média atual em 30% sem afetar o risco de entregar produtos com peso a menos do que são descritos nas embalagens do produto, até janeiro de 2019</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etapas</th> <th>Data de Conclusão Planejada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Define</i></td> <td>ago/18</td> </tr> <tr> <td><i>Measure</i></td> <td>out/18</td> </tr> <tr> <td><i>Analyze</i></td> <td>nov/18</td> </tr> <tr> <td><i>Improve</i></td> <td>dez/18</td> </tr> <tr> <td><i>Control</i></td> <td>jan/19</td> </tr> </tbody> </table>	Etapas	Data de Conclusão Planejada	<i>Define</i>	ago/18	<i>Measure</i>	out/18	<i>Analyze</i>	nov/18	<i>Improve</i>	dez/18	<i>Control</i>	jan/19
	Etapas	Data de Conclusão Planejada											
	<i>Define</i>	ago/18											
	<i>Measure</i>	out/18											
	<i>Analyze</i>	nov/18											
	<i>Improve</i>	dez/18											
<i>Control</i>	jan/19												
Escopo	Membros do Time												
<ul style="list-style-type: none"> - Levantamento das perdas dos processos de acordo com os dados coletados atualmente, a fim de eleger o processo com maior potencial para perdas; - Análises dos dados coletados do processo atualmente, a fim de identificar os resultados quanto a estabilidade e capacidade; - Levantamento de melhorias e ações para o processo. 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Posição</th> <th>Função</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Líder de Equipe</td> <td>Gerente de Produção</td> </tr> <tr> <td>Patrocinador</td> <td>Gerente da Planta</td> </tr> <tr> <td>Membros da equipe</td> <td>Engenheiro de Processos; Engenheiro de <i>Lean</i>; Engenheiro de Qualidade; Líderes de Produção; Operadores; Mecânicos e Instrumentista;</td> </tr> </tbody> </table>	Posição	Função	Líder de Equipe	Gerente de Produção	Patrocinador	Gerente da Planta	Membros da equipe	Engenheiro de Processos; Engenheiro de <i>Lean</i> ; Engenheiro de Qualidade; Líderes de Produção; Operadores; Mecânicos e Instrumentista;				
	Posição	Função											
	Líder de Equipe	Gerente de Produção											
Patrocinador	Gerente da Planta												
Membros da equipe	Engenheiro de Processos; Engenheiro de <i>Lean</i> ; Engenheiro de Qualidade; Líderes de Produção; Operadores; Mecânicos e Instrumentista;												

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Os resultados foram que a variação peça a peça contribui com 99,94% de toda variação, mostrando que o sistema pode distinguir de forma confiável as peças; A variação de R&R resultou em 2,04% em relação a tolerância, ou seja, abaixo de 10%, significando que a variação nas medições entre as peças do mesmo operador e a variação das medições entre os operadores são aceitáveis; O ndc (número de categorias distintas) foi igual a 59, ou seja, maior que o mínimo aceitável de 5, significando que a resolução do equipamento de medição está adequada pois está sendo possível distinguir os valores entre as medições; Pela carta de controle R observou-se que há consistência na medição pois os valores se mantêm dentro dos limites de controle calculados; Pela carta Xbarra observou-se que os valores saem todos do limite de controle, significando que as peças selecionadas representam mais variação entre as médias das peças, o que é de se esperar. Com isso, foi demonstrado que os dados coletados são confiáveis por terem um sistema de medição aceitável.

4.3. Análise de Perdas

Como forma de identificar o cenário atual e auxiliar na delimitação da pesquisa, foi realizado o levantamento de perdas por máquina, sendo denominadas como A, B, C, D, E, F, G, H e I. O estudo contém o cálculo e análise da previsão de perdas das nove máquinas para os próximos doze meses, levando em consideração o volume do Plano Mestre de Produção (MPS) do mês de agosto. Para os cálculos foi utilizada a Equação:

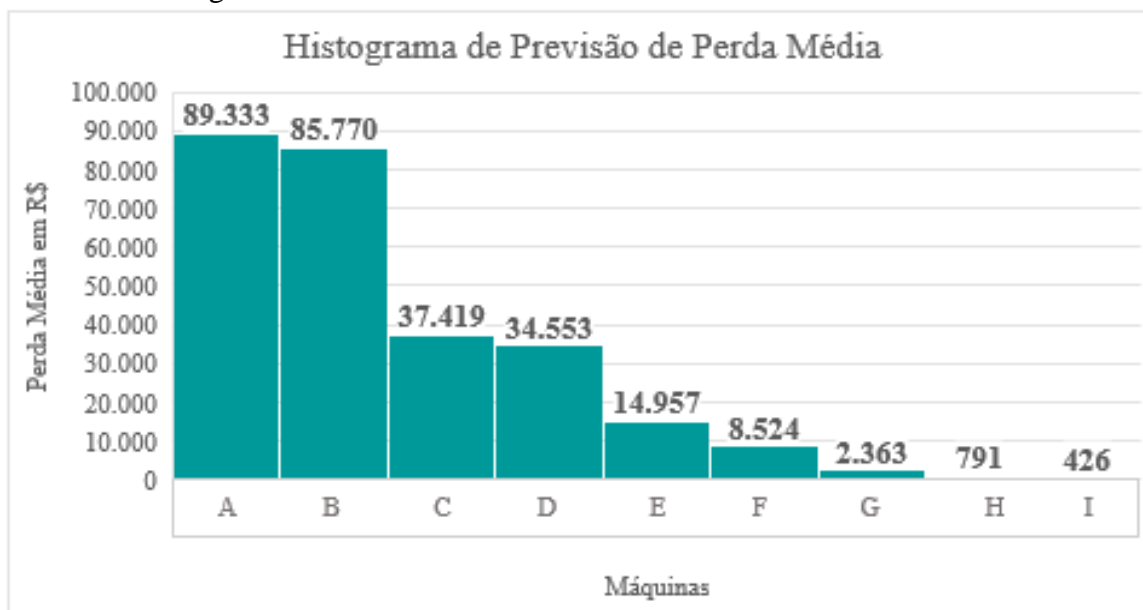
Previsão de Perda Média = Volume MPS * Custo Granel * Média de Peso excedente

Sendo:

- Previsão de Perda Média: O custo total médio de perda em produto excedente, calculado para o próximo período, em reais (R\$)
- Volume MPS: O volume total do plano de produção entre o período de Setembro de 2018 a Agosto de 2019, em unidades de peça por produto;
- Custo Granel: O custo do granel de cada produto cadastrado no sistema SAP no mês de Agosto de 2018, em reais por grama (R\$/g);
- Média de Peso excedente: A média de peso excedente por produto extraída do software, em gramas (g);

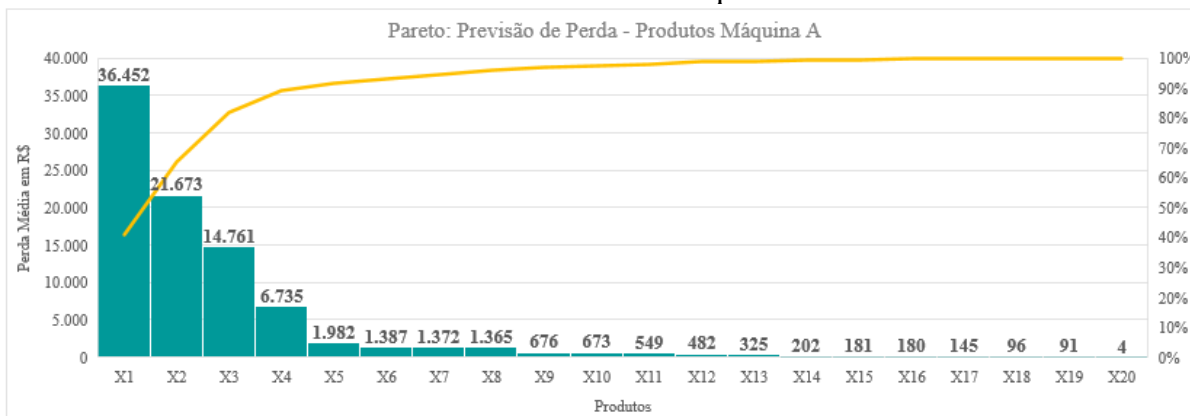
O Gráfico 1 apresenta os resultados calculados das previsões de perdas concentradas em cada máquina para os próximos doze meses, sendo que a maior está concentrada na máquina A, representando um valor calculado de R\$ 89.333,00, ou seja, 32,59% de um total de R\$ 274.136,00 das nove máquinas. Diante disso, observa-se que o valor da previsão de perda média total é considerável, no entanto para o presente trabalho serão priorizados os produtos com maiores representações da máquina A, pois é a máquina com maior valor de perda média prevista. A priorização dos produtos foi realizada de acordo com o Gráfico de Pareto, apresentado no Gráfico 2.

Gráfico 1: Histograma de Previsão de Perda Média



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Gráfico 2: Pareto – Previsão de Perda dos Produtos Máquina A



Fonte: Elaborado pelas autoras.

O Gráfico 2 mostra que 80% da previsão de perda média total dos produtos envasados na máquina A, estão concentradas nos produtos denominados aqui como X1, X2 e X3, que representam juntos um total de R\$ 72.886,00 no período de doze meses, os quais serão tratados no trabalho. O peso nominal destes produtos X1, X2 e X3, são respectivamente, 20g, 20g e 100g e a seguir são apresentados na Tabela 1 os dados relacionados a cada um deles.

Diante disso, observa-se que há perda representativa de produto e que com a redução em 30% é possível obter um ganho nesta quantidade de granel, podendo ser utilizada para envasar outras peças ou até mesmo deixar de ser produzida. Os graneis dos produtos X1, X2 e X3 são produzidos na planta química da fábrica e atualmente a empresa vem tendo a necessidade de fazer horas extras nesses processos para conseguir atender a necessidade de produção, sendo que são processos com altos custos para a empresa devido à complexidade dos processos

produtivos, ou seja, além dos custos com os insumos, também há custos como hora máquina e hora homem, envolvendo custos com energia elétrica, gás, água, mão de obra especializada dos Operadores e Mecânicos, transporte e restaurante para refeições dos funcionários.

Tabela 1: Levantamentos por Produto

Levantamentos	Produtos		
	X1	X2	X3
Perda atual	2,15 %	2,16 %	1,33 %
Meta de perda	1,50 %	1,51 %	0,93 %
Previsão de Custos com perda atual para os próximos 12 meses	R\$ 36.452,00	R\$ 21.673,00	R\$ 14.761,00
<i>Saving</i> com redução em 30%	R\$ 10.936,00	R\$ 6.502,00	R\$ 4.428,00

Fonte: Elaborado pelas autoras.

A quantidade de peças possíveis de serem envasadas somente com a quantidade de granel obtido na redução dos 30% é de 14.833 do produto X1, 7.289 do produto X2 e 1.201 do produto X3, totalizando 23.323 peças. A representação de quantidade em quilogramas de granel previstas para serem utilizadas somente em perda na produção destes três produtos nos próximos doze meses é de 1.875,22 Kg e com a redução esse valor passa a ser de 1.312,65 Kg, refletindo na diminuição da necessidade de granel em 562,57 Kg.

Diante dos levantamentos realizados, observa-se que considerando somente três produtos de uma máquina são vistas perdas representativas que influenciam nos custos e ainda demonstram que com a redução de 30% dessas perdas, é possível trazer ganhos e ainda assim deixar oportunidades para melhorias futuras.

4.4. Fluxograma do Processo

O processo de envase na máquina A realiza o envase de diferentes itens da mesma tecnologia, mas com diferentes formulações e pesos. Entretanto, o fluxograma do processo é o mesmo para qualquer produto dessa linha e conta com um Operador e um Auxiliar. As etapas do processo são apresentadas de forma macro na Figura 2, sendo que o foco do trabalho é relacionado a Etapa 7 do processo de envase, evidenciada pela linha pontilhada.

A etapa sete destacada no fluxograma do processo da Figura 2 é a etapa em que são realizados os apontamentos relacionados à produtividade e todos os controles necessários e definidos no plano de controle do processo, inclusive o controle de peso. Para realizar o controle de peso é realizada a tara na balança com o frasco do lote em produção, coletadas 5 amostras de produto do processo a cada 10 minutos, e em seguida estas são pesadas na balança uma por vez e registrados os valores no software. Caso haja alguma peça não conforme, esta é segregada e em seguida é tomada a ação e registrada no diário de bordo, caso as peças estejam conforme, estas são retornadas ao processo. A Figura 3 apresenta as etapas do processo na área de trabalho.

Figura 2: Fluxograma Macro do Processo de Envase da Máquina A

Etapa	Operação	Movimentação	Inspeção	Descrição
	□	△	◇	
0	○			Início
1	□			Recebimento da Ordem de Produção
2			◇	Verificação de Insumos
3	□			Preparação da Máquina (Setup e Ajustes)
4	□			Abastecimento de Máquina (Granel e Embalagens)
5			◇	Inspeção para início de processo e Início do envase
6	□			Embalagem e Paletização
7			◇	Apontamentos e Planos de Controle
8	□			Paletização
9		△		Transferência do palete para Expedição
10			◇	Tem devolução de material?
11		△		Transferência do material para área de Devolução
12	□			Organizar e limpar área de trabalho
13	□			Encerrar Ordem de Produção
14	○			Término

Fonte: Elaborado pelas autoras.

4.5. Análises de Estabilidade

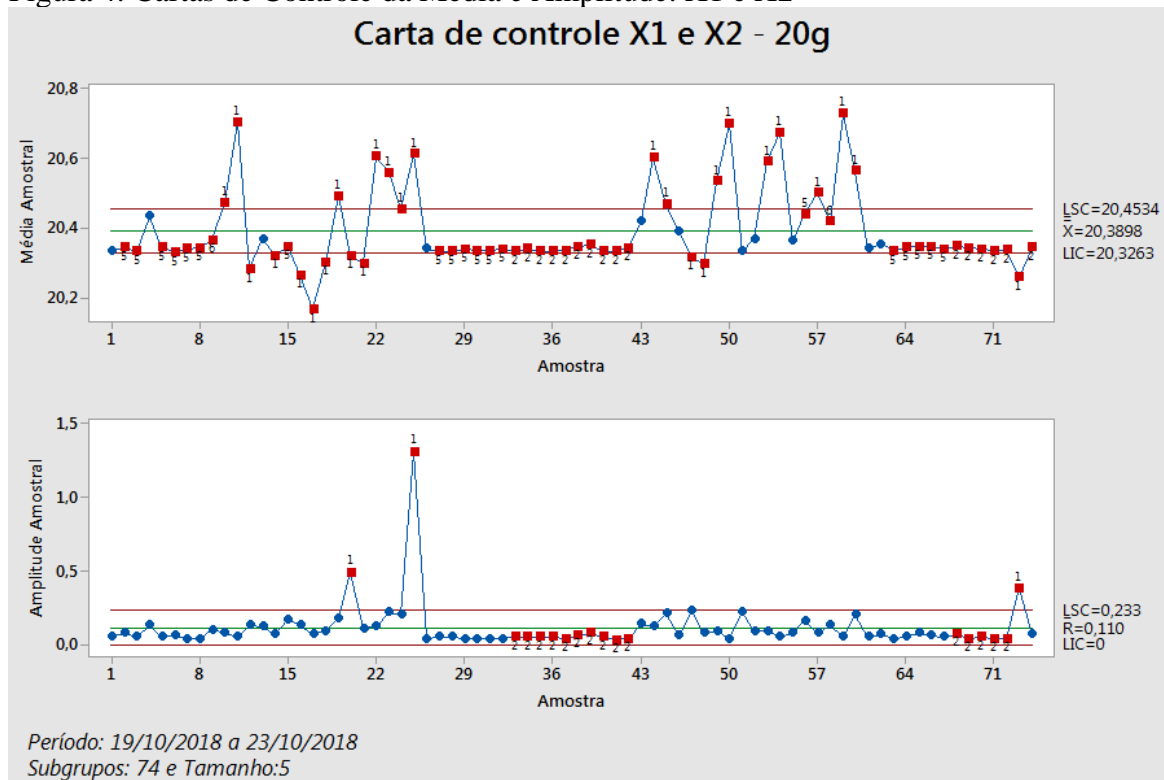
Como visto anteriormente, o processo de envase tem considerável perda em produto excedente. Para reduzir esta perda, é necessário avaliar se o processo é capaz de ter essa redução sem afetar o risco em enviar peças não conformes com peso abaixo para seus clientes, ou seja, se tem o índice de capacidade aceitável para as especificações do produto. O risco em enviar produtos defeituosos se relaciona com as variações existentes no processo, estas que podem ser naturais e não naturais. A presença de variação não natural é advinda pelas causas especiais, que fazem com que o processo não se mantenha sob controle estatístico ao longo do tempo, ou seja, sem estabilidade e, por essa razão, analisou-se primeiramente a estabilidade dos processos através das cartas de controle Xbarra e R, ou respectivamente, da Média e Amplitude.

Os produtos X1 e X2 são analisados em uma mesma carta de controle (Figura 4) por serem considerados do mesmo grupo de produtos com mesmo peso envasado de 20g e assim possuírem mesmas especificações de peso e propriedades do produto. O produto X3 é considerado de outro grupo de produtos, por se diferenciar somente no peso envasado de 100g

de controle inferior (LIC) e a amplitude média (R barra) calculados com base nos dados coletados.

As cartas de controle dos produtos X1 e X2 foram construídas com 74 subgrupos com tamanhos de 5 amostras cada e os gráficos são apresentados conforme Figura 4.

Figura 4: Cartas de Controle da Média e Amplitude: X1 e X2



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Observa-se com os dados da Figura 4, que a carta R apresenta estar fora de controle por ter pontos além dos limites de controle (teste 1), além de ter falhado também do teste de tendência (teste 2) conforme listado no Quadro 1. Como a carta R não está sob controle, os dados da carta X barra podem não ser precisos, mas inicialmente observa-se que também apresenta estar fora de controle.

As cartas de controle do produto X3 foram construídas com 45 subgrupos com tamanhos de cinco dados cada e os gráficos são apresentados conforme Figura 5.

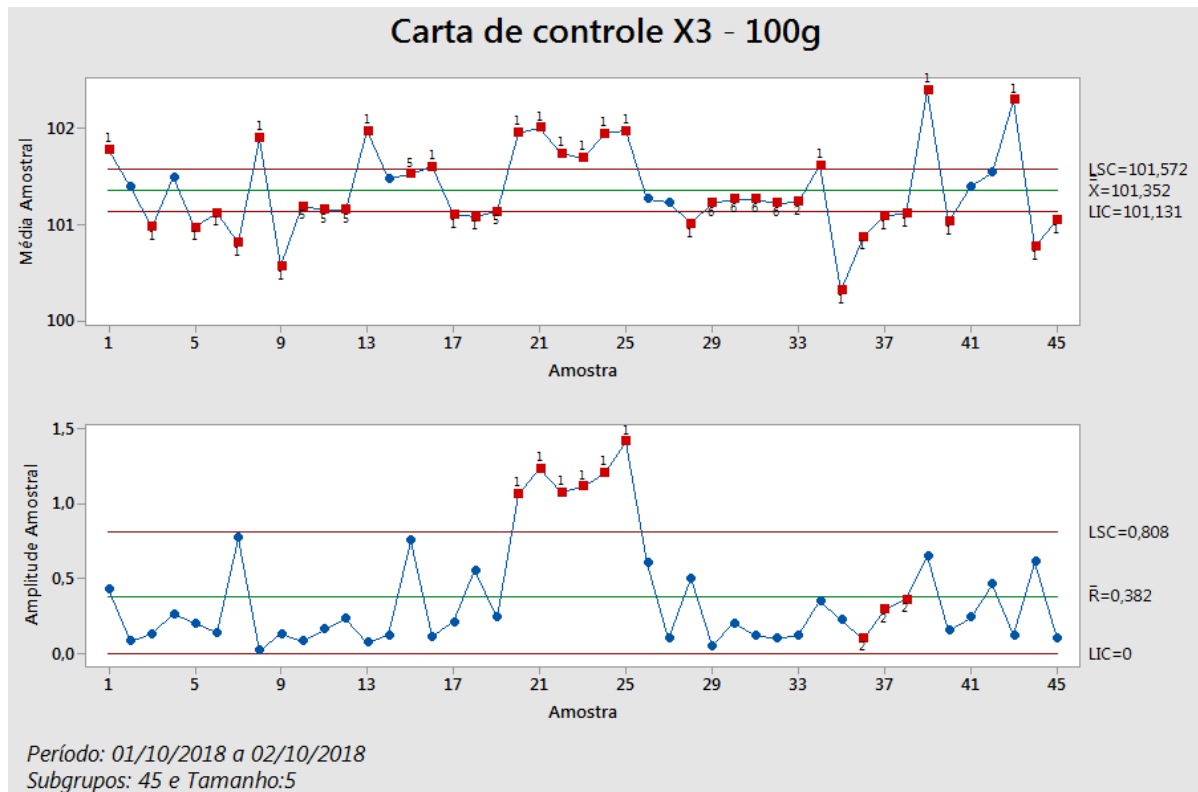
De acordo com os dados da Figura 5, a carta R para o produto X3 também apresenta estar fora de controle por ter pontos além dos limites de controle, além de ter falhado no teste de tendência (teste 2) conforme listado no Quadro 1. Assim como anteriormente, a carta R não está sob controle, sendo assim os dados da carta X barra podem não ser precisos, esta que também apresenta inicialmente estar fora de controle.

Ao investigar os pontos com falha para os três produtos X1, X2 e X3 observa-se que a diferença nos controles entre os operadores é notadamente diferente quando há a troca de

turnos, o que indica falta de padronização no método e treinamento no processo, para os ajustes de máquina e controles que são realizados durante o processo.

Sendo assim, os processos de envase dos produtos X1, X2 e X3 apresentam estar fora de controle e necessitam de análise para as causas especiais presentes no processo para identificar quais as ações necessárias para mantê-los estáveis.

Figura 5: Cartas de Controle da Média e Amplitude: X3



Fonte: Elaborado pelas autoras.

4.5.1. Análises de Capacidade

Em relação à análise de capacidade do processo, não é possível realizar até que sejam solucionados os problemas e o processo se torne estável para que se obtenham resultados confiáveis, pois se o processo não se mantém sob controle ao longo do tempo significa que as variações influenciam no deslocamento da média e no tamanho da variabilidade fazendo com que os dados variem em relação às especificações do produto.

Para um processo com capacidade aceitável, essas variações devem manter os dados a uma distância de pelo menos quatro desvios padrão entre a média e os limites de especificação. De acordo com os requisitos dos clientes da empresa abordada nesta pesquisa, o alcance de uma capacidade mínima aceitável para atendimento dos requisitos de seus clientes seria com Cpk igual a 1,33, ou seja, uma distância de quatro desvios padrão, com exceção de dois clientes que requisitam um Cpk igual a 1,67, ou seja, uma distância de cinco desvios padrão.

Para um processo ser considerado Seis Sigma, significa que o processo tem uma capacidade ainda maior em produzir produtos dentro da especificação, pois essa distância entre a média e os limites de especificação é de seis desvios padrão, um Cpk igual a 2,00.

Para a empresa, um nível Seis Sigma não é necessário por não serem produtos com características que necessitem esse nível de conformidade no processo, porém atualmente é necessário estabilizar o processo para analisar a capacidade aceitável para os requisitos dos seus clientes.

4.6. ANALISAR (ANALYSE)

Após serem realizados os levantamentos e medições que demonstraram o cenário atual na fase anterior, esta fase “Analisar” contempla as análises de causa para investigar os problemas através de dados obtidos dos apontamentos registrados durante o processo e também em entrevistas informais com os Operadores na linha de produção. Esta fase tem grande importância para o projeto, pois os resultados das análises vão influenciar na fase seguinte para determinar as ações necessárias para eliminar as causas e alcançar os resultados.

4.6.1. Análises de Causas

As análises para determinar as causas que influenciam na variação de peso dos processos de envase dos produtos X1, X2 e X3 e que está afetando a estabilidade do processo, consideram os registros do diário de bordo e também a elaboração do Diagrama de Ishikawa com as informações obtidas com os operadores da máquina para identificar as possíveis fontes que influenciam nessa variação do peso, entre causas comuns e causas especiais. Em seguida, as causas especiais foram investigadas e são apresentadas na Figura 6 para identificar a relação entre as causas.

O Diário de Bordo é utilizado durante o processo pelos Operadores e registrados os apontamentos no software ao ocorrer desvios no processo, como pontos fora dos limites de controle, sequência de sete pontos consecutivos, etc. De acordo com os dados históricos, notou-se que para os produtos X1 e X2 as causas se concentram na variação de pressão maior do vaso e para X3 se concentra em erro operacional. Com os apontamentos atuais do diário de bordo foi observado que não é possível realizar uma investigação robusta para resolução dos problemas, sendo assim é necessário a utilização de outras ferramentas para análises de causa.

O Diagrama de Ishikawa foi elaborado para identificar as possíveis causas para o efeito da alta variação no peso que influencia na falta de estabilidade dos processos de envase dos produtos. O levantamento das possíveis causas foi obtido através de entrevistas informais na linha de produção com os Operadores durante o primeiro e segundo turno em que a máquina opera, a fim de identificar diferentes fontes de variação.

Diante das possíveis causas identificadas com Diagrama de Ishikawa na Figura 6 e que influenciam na variação de peso no envase, existem causas comuns e causas especiais, sendo:

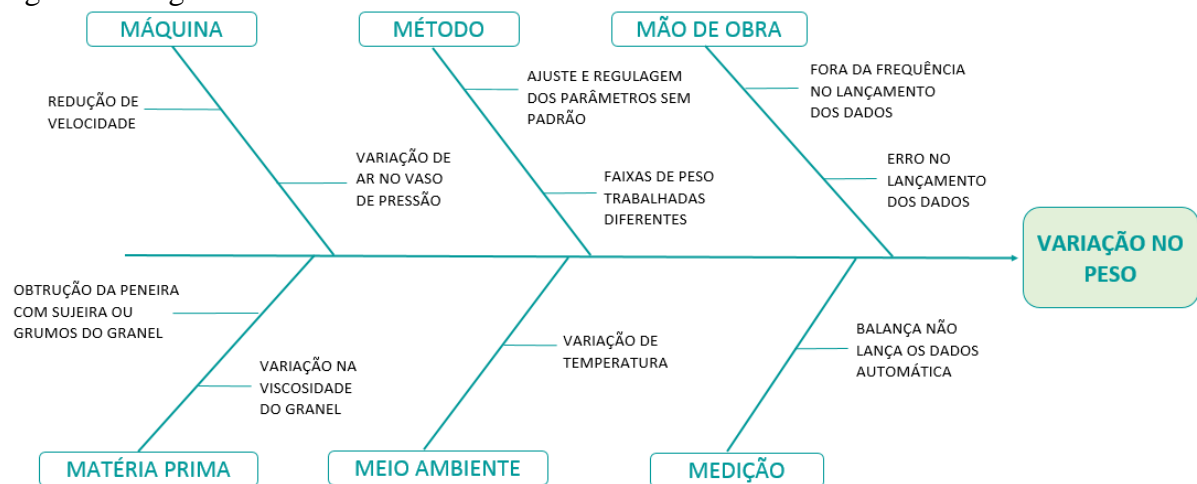
Causas comuns: Variação de Temperatura e Variação de viscosidade do Granel;

Causas especiais: Redução na velocidade da máquina; Fora da frequência de lançamento dos dados de inspeção; Obstrução da peneira na tubulação com sujeira ou grumos do granel; Erro no lançamento dos dados; Balança não lança dados automaticamente; Variação de ar no vaso

de pressão; Faixas de peso trabalhadas diferentes; Ajuste e regulagem dos parâmetros sem padronização;

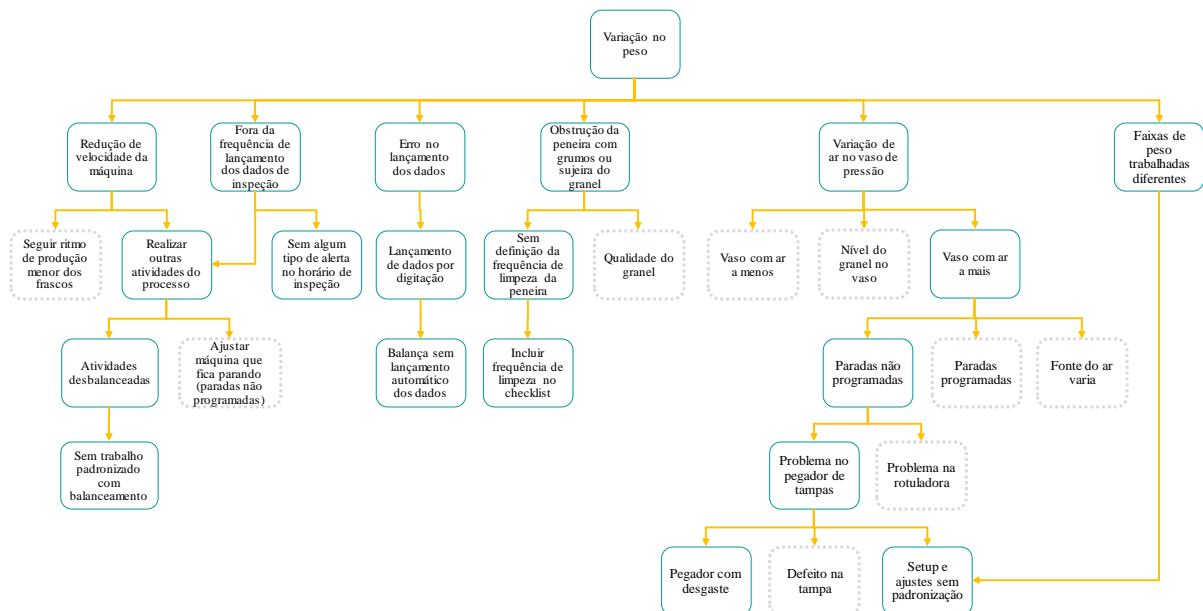
Para uma melhor solução dos problemas, a investigação das causas especiais é apresentada na Figura 7 de forma sistemática a fim de mostrar mais detalhadamente as relações entre elas. As caixas contornadas por linha verde são as causas que foram tratadas no trabalho e feita propostas para melhorias e as caixas pontilhadas são causas encontradas durante a investigação, mas que podem ser tratadas em um estudo futuro.

Figura 6: Diagrama de Ishikawa



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Figura 7 – Diagrama de Árvore



4.7. MELHORAR (IMPROVE)

A fase “Melhorar” indica as ações necessárias para que ocorra a melhoria no processo, a fim de atingir os objetivos. Estas ações são propostas através da ferramenta 5W2H apresentada no Quadro 2 para que sejam mais bem estruturadas.

4.2.1 Planos de Ações - 5W2H

De acordo com as causas relacionadas na fase anterior, foi possível propor os planos de ações para solução dos problemas, apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Planos de Ação – 5W2H

5W					2H	
O quê? (What?)	Porquê? (Why?)	Onde? (Where?)	Quem? (Who?)	Quando? (When?)	Como? (How?)	Quanto custa? (How much?)
Implementar Trabalho Padronizado	- Velocidade da máquina é reduzida para realizar outras atividades do processo; - Operador realiza a inspeção com a frequência inadequada para realizar outras atividades do processo; - Setup e ajustes sem padronização influenciam na diferença da faixa de peso envasado; - Setup e ajustes inadequados influenciam nas paradas não programadas;	Processo de Envaso da Máquina A	Engenheiro de Processos	A definir	- Realizar o levantamento dos tempos de cada atividade por operador; - Realizar análises de agrega ou não agrega valor de cada atividade; - Realizar melhorias nas atividades que não agregam valor; - Balancear as atividades entre os operadores; - Padronizar o processo em instruções de trabalho; - Treinar os operadores	160 horas de mão de obra (recurso interno)
Incluir alerta de inspeção	- A realização das inspeções não são sempre realizadas no tempo adequado;	Software do Plano de Controle	Engenheiro de Processos	A definir	- Configurar na base do software os alertas de inspeção (software tem esse recurso)	1 hora de mão de obra (recurso interno)
Instalar cabo e configurar balança com lançamento de dados automático no software	- É possível cometer o erro de digitação no lançamento dos dados	Software do Plano de Controle	Instrumentista	A definir	- Comprar cabo de instalação - Configurar balança com lançamento de dados automática no software (software tem esse recurso)	RS 40,00 1 hora de mão de obra (recurso interno)
Incluir no checklist limpeza/inspeção da peneira da tubulação	- A variação no peso de envase é influenciada pela obstrução na peneira	Documento interno: Checklist de limpeza da máquina	Líder de Produção	A definir	- Incluir no checklist de limpeza da máquina a frequência de limpeza da peneira da tubulação para quinzenal	0,5 hora de mão de obra (recurso interno)
Atualizar e registrar novas referências de problemas, causas e ações para o diário de bordo.	- Referências atuais no diário de bordo não são robustas	Software do Plano de Controle	Engenheiro de Processos	A definir	- Configurar no software as referências encontradas durante as análises de causa para possíveis problemas, causas e ações	2 horas de mão de obra (recurso interno)

Fonte: Elaborado pelas autoras.

4.8. CONTROLAR (CONTROL)

A última fase “Controlar” propõe meios de conseguir garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo através de ferramentas para o monitoramento e controle e padronizar as alterações realizadas para transmitir a todos os envolvidos.

Após serem realizados os planos de ações para solucionar o problema encontrado nas fases anteriores, ou seja, a falta de estabilidade no controle de peso dos produtos X1, X2 e X3, é necessário realizar o monitoramento do novo cenário e posteriormente voltar a fase “Medir” para avaliar os dados novamente com as novas alterações, como forma de identificar a efetividade das ações e a possibilidade de prosseguimento com o projeto, pois as análises de

capacidade só poderão ser realizadas quando o processo estiver sob controle estatístico e consequentemente as avaliações de redução do peso garantindo a qualidade dos produtos.

4.8.1. CEP

Após a execução de ações de melhoria e alcance da estabilidade do processo, em estudos futuros, os limites de controle devem ser recalculados com base em dados obtidos sem a influência das causas especiais e estes podem ser considerados como parâmetros adequados para as cartas de controle. Dessa forma, a análise de capacidade passa a ser possível de se realizar e identificar posteriormente através de índices de Cpk o atendimento ou não da capacidade aceitável para a empresa. A capacidade inferior ao aceitável é possível de ser melhorada ao realizar novamente o ciclo DMAIC, a partir do “Medir”, “Analisar”, “Melhorar” e “Controlar” com foco na redução da variabilidade do processo.

4.8.2. Padronização de Trabalho

A padronização de trabalho tem grande importância nos processos produtivos ao apresentar aos colaboradores o padrão para a realização das operações, envolvendo melhor sequência, padrões de conforme e não conforme, ilustrações em procedimentos e instruções de trabalho, de forma a estabelecer o método padrão a todos que executam determinada tarefa, até mesmo os novos funcionários. Isso faz com que todas as melhorias tenham estabilidade e se mantenham para que a partir disso sejam estabelecidos outros padrões com novas melhorias.

Conforme foi analisado durante o projeto, a falta de padronização tem grande influência nos controles e resultados do processo, principalmente porque os métodos variam de acordo com os colaboradores em ajustes de máquina e execução dos controles. Portanto, a padronização das operações de forma ideal ao processo nos procedimentos, é primordial para estabelecer e manter as melhorias alcançadas ao longo do tempo, influenciando diretamente nos resultados do processo.

5 CONCLUSÕES

Com base nos dados e resultados obtidos, o objetivo geral de avaliar a aplicação da metodologia Seis Sigma em uma indústria de adesivos na Grande São Paulo, a fim de avaliar a possível redução de variabilidade foi alcançado, avaliando que até o momento não é possível realizar a redução de custos nos processos através da diminuição do excedente envasado em razão de os processos não estarem estáveis, o que colocaria em risco a conformidade das especificações do peso envasado. Isso pôde ser possível através das medições e levantamentos feitos a respeito das perdas, da avaliação da estabilidade que mostrou não ser possível avaliar capacidade no momento, das ferramentas para análises de causa e solução de problemas, em que foi possível identificar as principais causas e propor melhorias para que seja alcançada a estabilidade do processo.

Os resultados obtidos quanto as perdas demonstram que a aplicação da metodologia Seis Sigma na empresa é de suma importância, pois há muitas oportunidades para redução de custos. Embora a empresa não tenha necessidade de alcançar o nível Seis Sigma nos processos, o alcance em uma capacidade aceitável traz o atendimento dos requisitos de seus clientes e a oportunidade de alcance nas metas relacionadas estrategicamente ao negócio, pois com a meta

de redução de perda em 30% em somente três produtos é capaz de gerar R\$ 21.866,00 em *saving* de materiais, além da redução de custos nos processos produtivos de granel na planta química. Sendo assim, se estendido a outros processos, as oportunidades podem ser ainda maiores.

Com o estudo também foi possível identificar as limitações de tempo, pois não foi possível avaliar a capacidade do processo por estar fora de controle estatístico atualmente, pelos motivos de o método de controle ser recente para os Operadores, problemas mecânicos na máquina que interferem na variabilidade, falta de padronização nos métodos e controles entre os Operadores, a falta de maneiras de prevenir as falhas nos lançamentos dos dados e também a falta de análises mais robustas no diário de bordo durante o monitoramento do processo.

Estes são fatores que necessitam de um tempo maior para serem resolvidos internamente na empresa, no entanto, diante do retorno que é possível ser adquirido com este projeto, é válido realizar estudos futuros em relação a aumento de capacidade dos processos após a execução das ações de melhoria e alcance da estabilidade.

REFERÊNCIAS

AIAG (Automotive Industry Action Group). **IATF 16949:2016 Requisitos do Sistema de Gestão de Qualidade Automotivo** (ISO 9001:2015).

Alvez, F. R. R., & Luz, M. P. **ANÁLISE DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO EM UMA EMPRESA DE TREFILAÇÃO DE TUBOS DE AÇO**. 2017. Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_239_385_31082.pdf> Acesso em: 26 set. 2018

Ariente, M., Casadei, M. A., Giuliani, A. C., Spers, E. E., & Pizzinatto, N. K. **Processo de mudança organizacional: estudo de caso do Seis Sigma**. 2005. Disponível em: <<https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/377/261>> Acesso em: 03 nov. 2018

Belluzzo, R. C. B. **Da capacitação dos recursos humanos à gestão da qualidade em bibliotecas universitárias: paradigma teórico-prático para ambiente de serviço de referência e informação**. 1996. Disponível em: <http://www.brapci.inf.br/_repositorio/2011/06/pdf_9ba97e0174_0017012.pdf> Acesso em: 15 nov. 2018

CASTRO, R. F. MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS (MSA) COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO EM UMA

INDÚSTRIA SIDERÚRGICA. 2015. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2723.pdf>> Acesso em: 25 de nov. 2018

Coletti, J., Bonduelle, G. M., & Iwakiri, S. **Avaliação de defeitos no processo de fabricação de lamelas para pisos de madeira engenheirados com uso de ferramentas de controle de qualidade**. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672010000100017> Acesso em: 08 nov. 2018

INGEPRO (Inovação, Gestão e Produção). **Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA no Desenvolvimento de Pesquisa para a reutilização dos Resíduos Sólidos de Coco Verde**. 2010. Disponível em: <http://www.ingepro.com.br/Publ_2010/Set/307-836-1-PB.pdf> Acesso em: 12 de nov. 2018

- LEAN INSTITUTE BRASIL. **Benefícios da implementação do Trabalho Padronizado na ThyssenKrupp.** 2003. Disponível em: <https://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_95.pdf> Acesso em: 07 nov. 2018
- Lins, B. F. E. **Ferramentas básicas da qualidade.** 1993. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/502/502>> Acesso em: 07 nov. 2018
- Lisboa, M. G. P., & Godoy, L. P. **APLICAÇÃO DO MÉTODO 5W2H NO PROCESSO PRODUTIVO DO PRODUTO: A JOIA.** 2012. Disponível em: <<http://stat.necat.incubadora.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/1585/pdf>> Acesso em: 22 nov. 2018
- Mariz, R. N., & Picchi, F. A. **Método para aplicação do trabalho padronizado.** 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v13n3/v13n3a02>> Acesso em: 30 nov. 2018
- Medeiros, A. A. **O PROCESSO DE DEFINICAO DO ESCOPO DO PROJETO SEGUINDO PMBOK.** 2011. Disponível em: <<http://www.pgsskroton.com.br/seer/index.php/rcger/article/view/2250/2151>> Acesso em: 15 nov. 2018
- Montgomery, D. C. **INTRODUÇÃO AO CONTROLE ESTATISTICO DA QUALIDADE.** 4ª edição. São Paulo: LTC, 2004
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros.** 5ª edição. São Paulo: LTC, 2012
- Moura, C. **ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA) MANUAL DE REFERÊNCIA.** 2000. Disponível em: <<http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/amario/Unidades%20Curriculares/Inova%C3%A7%C3%A3o/Textos%20apoio/FMEA.pdf>> Acesso em: 23 out. 2018
- Pinto, J. R. V., Maria, R. C., Andrade, D. R., & Cordeiro, R. O. **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NO SETOR DE MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA SIDERÚRGICA.** 2017. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_238_381_33936.pdf> Acesso em: 25 nov. 2018
- Porto, L. Detregiachi, E., Filho., E. D., Oliveira, . L., Herrera, V. E., & , Poletto, J. A., Filho. **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE RECLAMAÇÕES DE CONSUMIDORES POR AUSÊNCIA DE RECHEIO EM BISCOITOS.** 2017. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_239_385_31899.pdf> Acesso em: 25 nov. 2018
- Requeijo, J. G. **METODOLOGIA SEIS SIGMA.** 2017. Disponível em: <https://www.ordemfarmaceuticos.pt/fotos/editor2/Eventos/CCQL/JoseRequeijo_Curso_1_Seis_Sigma.pdf> Acesso em: 15 nov. 2018
- Sachuck, M. I., Takahashi, L. Y., & Augusto, C. A. **Impactos da inovação tecnológica na competitividade e nas relações de trabalho. CADERNO DE ADMINISTRAÇÃO.** v.16, n.2, p. 57-66, jul/dez. 2008. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/CadAdm/article/view/6045/3736>>. Acesso em: 03 ago. 2018.
- Santos, A. B., & Martins, M. F. **Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações.** 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v15n1/a06v15n1>> Acesso em: 25 nov. 2018
- Seleme, R., Malacarne, R., Taquetti, L. B., Machado. L., & Cleto, M. C. **SEIS SIGMA NO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA DA LITERATURA.** 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_227_325_30229.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2018.

Werkema, C. **Lean Seis Sigma – Introdução as Ferramentas do Lean Manufacturing**. 2006. Disponível em: <<http://www.werkemaeditora.com.br/arquivos/lss.pdf>> Acesso em: 25 nov. 2018

Werkema, C. **Avaliação de sistemas de medição**. 2013. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=kfwx05z4T_EC&oi=fnd&pg=PP7&dq=werkema+msa&ots=xmBbS9xmmd&sig=opy5ZPMwnrErtwIU6c6qvRKhBjY#v=onepage&q=werkema%20msa&f=false> Acesso em: 25 nov. 2018