**ANÁLISE CRÍTICA DAS PERDAS DO PROCESSO PRODUTIVO COM A PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA**

*Ana Tereza de Sousa¹*

anaterezadesousa@hotmail.com

*Joice das Graças Santos²*

joice.das.gracas@hotmail.com

*Mariane Oliveira Chiara³*

marianechiara@hotmail.com

*Wagner Cardoso4*

wagner.cardoso@uniube.br

**RESUMO**

O presente artigo descreve a identificação, a análise e a redução de desvios referentes as perdas de matérias primas em um Indústria química localizada na cidade de Uberaba/MG, buscando estratégias gerenciais baseadas nas metodologias *Lean Six Sigma* e *Lean manufacturing* juntamente com as ferramentas da qualidade para garantir melhorias contínuas. A empresa em estudo apresenta relativas perdas identificadas em seu relatório final de processo, o que as tornam cumulativas e sem rastreabilidade, formando-se desvios sem estudos de quanto realmente é tolerável se perder. O trabalho busca reduzir essas variações, além de calcular o nível *sigma* atual e o nível *sigma* com as melhorias propostas no controle estatístico de processo e na aplicação das ferramentas de qualidade escolhidas.

**Palavras-chave:** Seis Sigma. Redução de perdas. Padronização. Ferramentas da qualidade.

**CRITICAL ANALYSIS OF THE LOSSES OF THE PRODUCTIVE PROCESS WITH THE PROPOSED DEPLOYMENT OF THE SIGMA METHODOLOGY IN A CHEMICAL INDUSTRY**

**ABSTRACT**

The present article describes the identification, analysis and reduction of deviations related to the losses of raw materials in a Chemical industry located in the city of Uberaba / MG, seeking managerial strategies based on Lean Six Sigma and Lean manufacturing methodologies along with quality tools to ensure continuous improvement. The company under study presents relative losses identified in its final process report, which makes them cumulative and without traceability, forming deviations without studies of how much it is really tolerable to lose. The work seeks to reduce these variations, besides calculating the current sigma level and the sigma level with the proposed improvements in statistical process control and in the application of the quality tools chosen.

**Keywords:** Six Sigma. Reduction of losses. Standardization. Quality tools.

#

**1.INTRODUÇÃO**

O projeto em desenvolvimento fará uso da metodologia *Lean Six Sigma* com objetivo de identificar, analisar e reduzir as perdas no processo produtivo em uma Indústria Química situada na região de Uberaba. A Indústria foi selecionada para estudo de caso devido à oportunidade de melhoria dos métodos utilizados atualmente, buscando a identificação, redução e padronização do índice de perdas de matérias primas no processo produtivo.

 Segundo dados referentes aos 10 primeiros meses de 2018, obtidos pela empresa a ser estudada, a percepção do problema tornou-se evidente, devido à decorrência de um número considerável de desperdícios (perdas) de matérias primas identificadas apenas ao final do período produtivo (denominado como campanha) ao realizar o relatório de encerramento da campanha produtiva. Contribuindo assim para que as perdas se tornem cumulativas, sem rastreabilidade e sem tratamentos eficazes. Além disso, pode-se mencionar que não houve nenhuma análise para estabelecer o range de tolerância das variações.

Através de um estudo minucioso do processo (consumo durante o período de produção até a devolução dos itens após o consumo), torna-se possível avaliar o cenário atual e as possibilidades onde se pode ocorrer os desvios referente ao consumo e apontamento das matérias primas e buscar soluções para reduzi-los, além de demonstrar a importância para os operadores sobre o apontamento correto das perdas nas ordens de produção, com o propósito de identificar as causas raízes dos desperdícios durante todo o caminho percorrido pela matéria-prima. Através da coleta de dados obtida durante o processo de fabricação, torna-se possível aplicar ferramentas estatísticas e a metodologia *Lean Six Sigma* para solucionar os problemas, buscando a adequação do valor que a empresa permite-se perder sem que haja prejuízo na qualidade de seus produtos e em seus custos operacionais.

A metodologia *Seis Sigma* abrange boa parte desses estudos, com a utilização de diversas ferramentas que proporciona a identificação das principais causas e ocorrências de perdas durante o processo produtivo, tais como, PDCA, CEP (controle estatístico do processo), *Brainstorming*, etc., amplitude essa que em grande maioria relaciona a melhoria do processo como um todo, e possui um foco em analisar com criticidade os motivos de perdas de matérias-primas, que à longo prazo podem implicar nos custos do produto final. Então essa ferramenta começou como um esforço de redução de defeitos de fabricação e foi aplicada a outros processos de negócio para o mesmo propósito (SELEME; STANDLER, 2008).

A metodologia utilizada neste artigo será baseada em pesquisas bibliográficas de autores presentes na área de qualidade e *Lean six sigma*, com fundamentação teórica e prática, o estudo de caso será exploratório com observações e entrevistas informais e não estruturadas com os envolvidos no processo para análises diárias na área promovendo coletas de dados qualitativos e quantitativos, proporcionando assim um estudo de caso. A forma de tabulação dos dados será feita com auxílio de gráficos, ferramentas da qualidade para um resultado sucinto e preciso, e posteriormente ocorrerá uma análise baseando-se nas possíveis causas raízes para propor a solução correta e a busca pela melhoria contínua.

**2. *LEAN SIX SIGMA***

Conceito introduzido pela Motorola em 1980 com o objetivo de reduzir os defeitos em partes por milhões. No desenvolvimento de uma estrutura integrada de *Lean Six Sigma*, o foco é garantir a simultaneidade no desenvolvimento das fases *Lean* e *Six Sigma* com o objetivo de que a empresa aborda simultaneamente o elemento "redução de erros" que é o elemento crítico para a qualidade. (HILL, 2017).

Segundo Snee (2010), seis sigma é uma estratégia gerencial no qual a organização busca com a sua aplicação a melhoria da qualidade dos processos a partir das necessidades dos clientes internos e externos bem como a capacitação de seus colaboradores envolvidos no sistema produtivo. Através das ferramentas da qualidade e ferramentas estatísticas se torna possível encontrar as soluções dos problemas com foco e esforço na redução dos defeitos ou desvios do processo. A metodologia atua com o objetivo de reduzir essa probabilidade proporcionando produtos/serviços com qualidade de acordo ou acima do esperado, reduzindo os custos além de se concentrar nos clientes.

Como diferencial as análises são baseadas em dados concretos e estruturadas, trazendo uma maior criticidade para encontrar as causas raízes dos desvios, além de buscar a padronização. (RATHILALL; SINGH, 2018; SANTOS; WYSK; TORRES, 2009)

 Segundo Oliveira (2010), o foco principal do conceito é a redução dos custos, melhoria da produção, capacidade e redução do tempo de produção e a ênfase se intermedia pela satisfação do cliente. “Historicamente, o Lean Seis-Sigma nasceu da conjugação dos conceitos ou metodologias *Lean* e Seis-Sigma, pelo que o resultado final acaba por ser uma mistura dos fundamentos de ambas”. (DIAS, 2011).

**2.1 *Lean manufacturing***

Filosofia de melhoria que surgiu na Toyota após a segunda guerra mundial, a metodologia se refere às ferramentas usadas na produção enxuta visando a eliminação de desperdícios presentes ao longo da cadeia produtiva, onde consequentemente haverá a redução do *lead time,* a partir de práticas e atividades que não agregam valor. Também se aplica a processos administrativos e de engenharia. Conforme já mencionado anteriormente essas práticas são baseadas nos sete desperdícios, que os clientes não estão dispostos a pagar (MCDERMOTT; VENDITTI, 2015).

A metodologia é sustentada em dois pilares de melhoria: o *Just time* e o *jidoka*. Segundo a teoria *Just in time*: traduz em fazer apenas o que é necessário na quantidade necessária e no tempo correto, eliminando os estoques parados durante a produção e de produto acabado. Outro pilar é o *Jidoka*: conhecido como automação com toque do homem, levando em conta a capacidade de um equipamento de parar e sinalizar quando ocorrer um problema na produção e/ou eliminar a utilização da hora homem (HH), deixando apenas a hora máquina (HM), por meio de automação industrial. (MASSELI; CHAVES, 2013).

“Conforme abordado no artigo *Production & Manufacturing Research* (2017), *Lean* pode ser definido como uma abordagem sistemática para identificar e eliminar o desperdício através da melhoria contínua do produto para alcançar as necessidades do cliente” (Bhuiyan; Baghel, 2005).

A imagem 1 a seguir traz detalhados os pilares do *lean*, mostrando a sustentação do *Just in time* e o *Jidoka* em relação ao cliente.



Figura 1 - Os pilares do *lean*

Fonte: Vieira (2006, p. 12)

**2.2 Ferramentas da qualidade**

As ferramentas de qualidade são essenciais para empresas que buscam otimizar o processo com identificação, análise e eliminação dos problemas, buscando o aumento da produtividade, resolução dos problemas, tendo como principal foco a melhoria contínua de seus processos.

**2.2.1 Curva abc**

A curva ABC também conhecida como análise de Pareto ou regra 80/20 é um método de classificação de dados e informações no qual separa e determina os itens de maior importância ou impacto, proporcionando maior visibilidade aos gestores e direcionando o foco aos itens que são pertinentes aos objetivos do projeto. Segundo Dias (2010, p. 77), “a curva ABC tem sido usada para a administração de estoques, para a definição de políticas, estabelecimento de prioridades para a programação da produção e uma série de outros problemas usuais na empresa”.

De acordo com Viana (2010), os itens podem ser classificados da seguinte forma:

* Classe A: de maior importância, valor ou quantidade, correspondendo a 20% do total;
* Classe B: com importância, quantidade ou valor intermediário, correspondendo a 30% do total;
* Classe C: de menor importância, valor ou quantidade, correspondendo a 50% do total.

**2.2.2 Brainstorming**

Segundo Seleme e Stadler (2008), o *brainstorming* reúne integrantes da organização a fim de absorver suas ideias, independentemente de quais sejam. Posteriormente, são classificadas e analisadas de acordo com a necessidade da empresa. São necessárias algumas etapas para sua realização, que seriam: escolha de um representante para definir o objetivo da reunião; formação de grupos; escolha de um local que traga inspiração para surgimento de ideias inovadoras; definição de um prazo para que cada participante possa se expressar (nenhuma ideia pode ser barrada ou interrompida); todas as ideias deverão ser analisadas pelo representante definido inicialmente; as melhores sugestões serão classificadas e expostas; por fim, poderão ser postas em prática pela organização.

**2.2.3 Matriz gut**

São três fatores e para cada fator é agregado um peso de 1 a 5 sendo denominados da seguinte forma:

* Gravidade: Importância do problema identificado comparado a outros semelhantes;
* Urgência: Quando deve-se agir para solucionar o problema ao tempo de ele se agravar;
* Tendência: Indica se o problema irá crescer ou diminuir com o decorrer do tempo.

É uma ferramenta típica para priorizar e resolver os problemas identificados dentro do planejamento estratégico das empresas. Assim, é possível criar um plano de ação eficaz para resolver as principais questões que acarretam em prejuízos para a organização (SELEME; STADLER, 2008)

**2.2.4 Diagrama de causa e efeito**

O diagrama de causa e efeito leva diferentes nomenclaturas, comoIshikawa e diagrama de peixe. Desenvolvido para encontrar a causa fundamental de um dado problema e fundamentar-se para ações a serem tomadas. A sua construção deve ser realizada por grupos de pessoas envolvidas no processo em questão para se chegar em dados concretos, a partir de reuniões de *Brainstorming.* A análise é baseada como um guia para se chegar na causa raiz através da divisão dos fatores. As causas identificadas são separadas pela análise dos 6 M’s sendo elas: materiais (características do material em processo); máquina (relata sobre operação e variações dos equipamentos); método (maneira como as ações são desenvolvidas); meio ambiente (o meio em que se refere ao processo); mão de obra (as habilidades e treinamentos desenvolvidos para qualificação da mão de obra); medida (tempo, temperatura e ajustes que são contáveis). Para que a análise seja ainda mais concreta deve-se basear em dados e experiência. (CARPINETTI, 2010).

A imagem 2 a seguir mostra a estrutura de análise da ferramenta em estudo divididos nos seis métodos.



Figura 2 - Estrutura da ferramenta

Fonte: Autores (2018)

**2.2.5 Cartas de controle**

As cartas de controle também conhecidas como gráficos de controle são ferramentas chaves utilizadas para medir e monitorar a variabilidade do processo, com o objetivo de avaliar a sua estabilidade.

De acordo com Werkema (2006) o gráfico de controle permite a distinção entre os dois tipos de causas de variações, ou seja, ele nos informa se o processo está ou não sob controle estatístico e se há necessidade de realizar ações sobre o mesmo. Conforme imagem 3 abaixo torna-se possível visualizar as variações do processo com os LSC e LIC:



Figura 3 - Exemplo de Gráfico de Controle

Fonte: Santos et al (2009, p.4)

**2.2.6 Controle estatístico do processo (CEP)**

É uma ferramenta de qualidade muito utilizada para realizar o monitoramento e a gestão do processo, com o objetivo de analisar, estudar e apresentar a variabilidade do sistema produtivo. Sendo uma espécie de método preventivo para se comparar continuamente os resultados com outros já existentes, eliminando e controlando avarias e garantido o controle antes que o processo saia do limite. A ferramenta proporciona a redução de retrabalhos, refugos, reclamações de clientes, além de contribuir com a redução de custos favorecendo a melhoria contínua dos processos refletindo na satisfação do consumidor final. (FALCONI, 2013).

Segundo Ribeiro e Caten (2012), o CEP fornece um raio-x de todo o processo utilizando as cartas de controle, identificando as variações e as controlando através da coleta de dados contínua, análise e bloqueio de tudo que esteja tornando o sistema ineficaz.

Para a realização de um controle eficaz da qualidade em um sistema produtivo, são essenciais determinadas etapas, de acordo com Werkema (2006):

* Estabelecer um padrão a ser alcançado para o produto e a padronização do processo;
* Avaliar o que foi produzido e comparar com o padrão;
* Descrever todos os desvios identificados entre os itens produzidos e os itens padrões;
* Identificar o que está ocasionando os desvios;
* Aplicar ação corretiva para eliminação das causas;
* Caso necessário, atualizar os padrões de produtos/processos.

**2.2.7 *Kaizen***

Segundo Ramos *et al* (2013), trata-se de uma expressão que quando ouvida é remetida à melhoria contínua, onde nenhum dia de trabalho deve-se passar sem algum tipo de progresso. É resultante da junção de dois termos, o termo *kai* de “mudança” e o termo *zen* de “melhor”. São geralmente pequenas mudanças de baixo custo que proporcionam às empresas aumento de sua produtividade e consistência a um prazo indeterminado frente à competitividade do mercado de trabalho. O foco dessa ferramenta é a priorização e soluções que apresentem grande melhoria com pouco esforço, sendo dividido nas áreas de: mão de obra (visa a criação de POP’s para padronização do trabalho reduzindo os erros); método (melhoria para novos processos ou outros já existentes); material (promover a produção puxada para eliminar os estoques desnecessários); máquinas (aumentar a disponibilidade das máquinas buscando zero paradas, sendo possível através da manutenção preventiva).

Para Lourindo *et al* (2006), é mais do que uma filosofia, ou até mesmo uma técnica específica como outras já citadas, podendo ser aplicada em todas as áreas que compõe a empresa. Qualquer indivíduo pode identificar gargalos e/ou pontos que possam ser melhorados para otimizar o processo produtivo da empresa, e sugerir aos responsáveis melhorias de acordo com seu ponto de vista.

O *kaizen* de forma resumida impacta na economia financeira e na conversão de todas as perdas em lucro, melhorando todos os processos no chão de fábrica. A filosofia obtém como resultado, menores desperdícios, satisfação dos clientes e colaboradores (o que os torna mais compromissados), melhora na competitividade, resolução mais ágil de problemas e formação de equipes mais fortes e engajadas. (LOURINDO, 2006).

**2.2.8 Relação com as sete perdas produtivas do *Lean Manufacturing***

Como citado acima o *Lean Manufacturing* apresenta como estudo os setes desperdícios na produção descritos por Toyota que não agregam valor com o objetivo de reduzirem as perdas, aumentar a qualidade e redução do tempo de entrega para os clientes para aperfeiçoar os processos. (RAWABADEH, 2005).

Segundo Santos, Wysh e Torres (2009) os sete desperdícios são descritos em:

* Superprodução: Onde se produz mais que o necessário de produto acabado;
* Inventário: Referindo-se a material parado; transporte, e manuseio em áreas internas;
* Defeitos: Destacando-se produtos não conformes;
* Processamento em excesso: Que gera etapas insignificantes ao processo;
* Transporte: Movimentação dos produtos de um setor para outro;
* Movimentação: Excesso de movimentação por parte dos colaboradores;
* Espera: Demora excessiva para sequência do processo.

**3. ESTUDO DE CASO**

 Neste capítulo, será detalhado o passo a passo do estudo de caso, com seus principais aspectos que necessitam de correções para evitar as chamadas perdas no processo produtivo. O objetivo é identificar as fontes causadoras dos desvios desde a preparação para utilizar a matéria prima e o seu transporte na etapa de adição dos insumos para formulação.

**3.1 Caracterização da empresa**

 O estudo de caso acontece em uma Indústria Química produtora de defensivos agrícolas idealizada para ser uma das fábricas mais modernas da América Latina devido ao seu layout e fluxo de materiais (único sentido).

 A Empresa está localizada no Distrito Industrial III, no Município de Uberaba-MG, um distrito a 25 km da cidade em meio a um cinturão químico. Sua localização é estratégica, pois facilita o recebimento de matérias-primas e também a distribuição de produtos para todo o país. O projeto da fábrica foi concebido através das melhores práticas de manufatura de agroquímicos, tendo como foco principal, garantir a segurança dos processos, das pessoas, da qualidade de seus produtos e a preservação ambiental. Um dos requisitos apontados pelo projeto foi à construção de duas fábricas: uma para fabricação de Herbicida, e outra para fabricação de Inseticidas, Fungicidas, Espalhante Adesivo e Óleo Mineral.

**3.2 Diagnóstico da situação atual**

Para maior entendimento do processo atual da Indústria, torna-se necessário identificar as características da matéria prima, particularidades do processo e análise de adição do item. A matéria prima em estudo é de natureza química Poliarifenol Etoxilado Sulfatado e possui características relevantes ao processo como por exemplo seu estado físico líquido viscoso a 20°C, proporcionando a complexidade de adição ao processo. Sua representação é em tambores de 200 Kg (peso líquido) e tambor pesa 18 kg, resultando assim no peso total de 218 kg (peso bruto). A paletização entregue pelo fornecedor é de quatro tambores obtendo-se 800 kg/palete peso líquido. A matéria prima é encaminhada pelo fornecedor e armazenada em depósitos logísticos, e quando há demanda de produção o planejamento e controle da produção realiza a abertura da ordem assim como a alocação das matérias primas a ser utilizada, reservando o saldo necessário do material para realizar a formulação da campanha. Após abertura da ordem de processo ocorre a entrega dos materiais necessários aos operadores de produção posicionando-os em área destinada a entrega de materiais.

O processo produtivo a ser realizado é dividido em três adições de vários componentes e quantidades idênticas formando pré-soluções, denominadas de partidas, cada partida requer a quantidade 115,82 kg da matéria prima em estudo (Poliarifenol) dentre outros componentes, e a quantidade total requerida da matéria prima no lote é de 347,475 kg (torna-se necessário a entrega de 2 tambores do item, sendo o segundo tambor utilizado apenas uma quantidade fracionada). Segue abaixo a figura 4 com a representação da quantidade retirada dos tambores para suprir as pré-soluções:



Figura 4 – Exemplificação da quantidade requerida para as pré-soluções

Fonte: Autores (2018)

A mesma é transferida do tambor original para o tambor de pré-solução com o auxílio de um virador de tambor manual, onde o operador acompanha a quantidade despejada pela balança de chão. A transferência de cada partida ocorre via bomba pneumática direcionando-a para o tanque de adensamento unindo as três partidas e tornando-as uma única solução, considera-se que nesta etapa pode haver uma possível perda pelo fato de ficarem contidos nos tambores, na bomba pneumática e na tubulação resíduos consideráveis do material devido a sua resistência ao transporte. Segue abaixo a figura 5 com a demonstração do posicionamento do tambor no virador de tambor, o despejo da matéria prima e a bomba utilizada para realizar a sucção.



Figura 5 – Processo de fracionamento da matéria prima

Fonte: Autores (2018).

O estudo será realizado desde o fracionamento da matéria prima para realizar as partidas até a transferência da terceira partida ao tanque de adição. As etapas posteriores ao adensamento final da solução, como a estocagem e transferência para o envase não serão referenciadas neste estudo de caso por não serem significativas ao projeto em estudo.

Os apontamentos de consumo real das ordens de processo são realizados pelos operadores de produção de forma manual e inseridos em um *Software*, também manualmente por um departamento dedicado a esta finalidade. É de suma importância o apontamento das ordens conforme a disposição de adição do físico, caso ocorra alguma divergência de apontamento em ambos processos inicia-se uma divergência de estoques no qual pode proporcionar inconsistência de dados, diferença de estoques e desvios de quantidades *work in process* além de impactar nos lotes subsequentes, ou seja no processo como um todo*.* Conforme a tabela 1 torna-se possível demonstrar a estrutura da ordem de produção, neste caso foi utilizado apenas o componente poliarilfenol como exemplo de apontamento realizado através dos operadores de produção.

 Tabela 1 - Exemplo de ordem de processo

|  |
| --- |
| **ORDEM DE PROCESSO** |
| **CÓDIGO** | **DESCRIÇÃO** | **QTDE. REAL** | **QTDE. TEÓRICA** | **UM** |
| 500030 | Poliarilfenol | 118 | 115,82 | KG |
| **SOMA PARTIDA 1** |   | 118 | 115,82 |   |
| 500030 | Poliarilfenol | 117 | 115,82 | KG |
| **SOMA PARTIDA 2** |   | 117 | 115,82 |   |
| 500030 | Poliarilfenol | 116 | 115,82 | KG |
| **SOMA PARTIDA 3** |   | 116 | 115,82 |   |
| **TOTAL** | 351 | 347,46 | KG |

 Fonte: Autores (2018)

**3.3 Planejamento do estudo de caso**

 Realizado o planejamento para construção do estudo de caso e questões a serem abordadas no trabalho iniciando através da escolha do produto que abrangerá o foco do trabalho, levando em consideração o produto de maior produção pela curva ABC, e também o cronograma de produção da empresa. Após definição do produto identifica-se a matéria prima a ser analisada através do histórico de perdas. Em sequência as observações *in loco* serão realizadas para mapeamento do processo, coletas de dados para as observações necessárias e análises. Após essas etapas será possível a construção e aplicação das ferramentas da qualidade tendo em vista o *Lean Six Sigma.*

**3.4 Aplicações das ferramentas da qualidade**

No capítulo anterior, foram citadas ferramentas aptas para serem utilizadas na resolução do diagnóstico encontrado durante o estudo de caso, ferramentas capazes de identificar e minimizar as perdas do processo produtivo na empresa, e manter um sistema de melhoria contínua para que os problemas não voltem a se repetir. Neste tópico, será demonstrado a aplicação de tais métodos a fim de otimizar o processo produtivo, evitando maiores desperdícios.

**3.4.1 Curva ABC**

A empresa possui cinco unidades produtivas dedicadas ao tipo de produto a ser formulado, sendo elas: suspensão concentrado (SC), concentrado emulsionável (CE), concentrado solúvel (SL), pó (WP) e granulado (WG). A unidade no qual possui mais produtividade no ano é a de suspensão concentrado devido a sua característica e finalidade no campo, sendo ela formada por ativos dispersos na água com benefícios de ausência de pó, ausência de líquidos inflamáveis, além de maior eficácia que o (pó) WP, sendo seguro para o usuário do produto. Partindo deste princípio do tipo de formulação o estudo de caso a ser desenvolvido se refere aos produtos do tipo suspensão concentrada. De acordo com o banco de dados disponibilizado pela empresa, referente a dez meses foi possível desenvolver a curva abc para identificar quais produtos desta característica são os carros chefes, em quesito de produtividade e rentabilidade. Conforme tabela 2, pode-se perceber que dois produtos possuem classificação A (produtos que possuem alto valor de demanda e consequentemente produção),sendo assim o foco do estudo se voltou a estes dois produtos: AA e AB.

Tabela 2 - Classificação para a curva ABC

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **PRODUTO** | **QUANTIDADE** | **% INDIVIDUAL** | **%ACUMULADA** | **CLASSIFICAÇÃO** |
| AA | 1.260.380,00 | 34% | 34% | A |
| AB | 1.050.160,00 | 29% | 63% | A |
| AC | 938.180,00 | 26% | 89% | B |
| AD | 34.420,00 | 1% | 90% | B |
| AE | 33.760,00 | 1% | 91% | B |
| AF | 32.560,00 | 1% | 91% | B |
| AG | 32.020,00 | 1% | 92% | B |
| AH | 31.360,00 | 1% | 93% | B |
| AI | 30.620,00 | 1% | 94% | B |
| AJ | 28.460,00 | 1% | 95% | B |
| AK | 28.060,00 | 1% | 96% | C |
| AL | 26.900,00 | 1% | 96% | C |
| AM | 26.720,00 | 1% | 97% | C |
| NA | 18.180,00 | 0% | 97% | C |
| AO | 18.180,00 | 0% | 98% | C |
| AP | 17.980,00 | 0% | 98% | C |
| AQ | 17.800,00 | 0% | 99% | C |
| AR | 17.200,00 | 0% | 99% | C |
| AS | 11.020,00 | 0% | 100% | C |
| AT | 10.920,00 | 0% | 100% | C |
| **TOTAL** | 3.664.880,00 | 100% | - | - |

Fonte: Autores (2018)

Após classificação, e identificação dos produtos a serem selecionados, foi necessário considerar o cronograma de produção da empresa no período do estudo de caso. Contudo o produto AA, se torna o item selecionado para análise devido o produto AB não possuir previsão de produção em períodos próximos. De acordo com o gráfico 1 referente a curva ABC pode-se perceber a relação entre todos itens em análise, assim como o valor acumulado do item selecionado para estudo.

Gráfico 1 - Curva abc referente ao consumo de cada produto

 Fonte: Autores (2018)

Após definição do produto torna-se necessário identificar quais matérias primas referente a este produto possuem maior histórico de perdas no banco de dados da empresa, proporcionando maior impacto e relevância em relação ao volume produzido e financeiramente, para assim direcionar as análises a este componente. Após a análise conclui-se que a matéria prima em estudo será o Poliarifenol Etoxilado Sulfatado.

**3.4.2 *Brainstorming***

Foi utilizada a ferramenta *brainstorming* com os operadores que estão envolvidos nessa etapa do processo produtivopara levantamento de possíveis causas que podem ocorrer durante toda etapa de manuseio dos tambores até a etapa final de adição ao tanque de adensamento. As ideias levantadas de possíveis causas foram:

* Manuseio do tambor no virador de tambor em momento de despejo;
* Derramamento de produto quando estiver sendo fracionado;
* Resíduo do item no mangote da bomba pneumática quando bombeado direto;
* Resquício da matéria prima no pano após imersão dentro dos tambores;
* Restos de produto nos tambores;
* Despejo do item com valor superior ao requerido;
* Vestígios da matéria prima nas tubulações e na bomba.

**3.4.3 Diagrama de causa e efeito**

Após o levantamento de ideias utilizando o *brainstorming* pelas pessoas presentes no processo com dados concretos, foi realizada a análise e classificação das causas identificadas em cada método para se chegar na causa raiz.

Com a análise, a figura 6 a seguir traz a construção do diagrama de causa e efeito conforme problemas encontrados.



 Figura 6 - Diagrama de causa e efeito

 Fonte: Autores (2018)

**3.4.4 Matriz Gut**

Após listagem dos possíveis fatores relacionado às perdas pode-se classificar a ordem de gravidade das causas levantadas, sendo classificados de 1 a 5 de acordo com a abrangência do problema, ressalta-se que 1 tenha menor gravidade e 5 maior gravidade. Para encontrar o nível de priorização foram feitos a multiplicação dos fatores de gravidade x urgência x tendência. Conforme a tabela 3 abaixo segue a classificação das tendências das possíveis causas listadas.

 Tabela 3 - Matriz GUT

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **PERDAS** | **GRAVIDADE** | **URGÊNCIA** | **TENDÊNCIA** | **GUT** | **Nível de priorização** |
| Manuseio do tambor no virador de tambor em momento de despejo; | 2 | 2 | 1 | 4 | 4º |
| Derramamento de produto quando estiver sendo fracionado; | 3 | 3 | 1 | 9 | 3º |
| Bombeamento do item com valor superior ao requerido; | 3 | 3 | 4 | 36 | 1º |
| Resíduo do item no mangote da bomba pneumática quando bombeado direto; | 4 | 3 | 3 | 36 | 1º |
| Resquício da matéria prima no pano no qual realizam a limpeza do mangote da bomba após imersão dentro dos tambores; | 1 | 2 | 1 | 2 | 5º |
| Restos de produto nos tambores; | 4 | 3 | 3 | 36 | 1º |
| Vestígios da matéria prima nas tubulações e na bomba. | 3 | 3 | 2 | 18 | 2º |

 Fonte: Autores (2018)

De acordo com a análise do GUT, observa-se que os três problemas classificados em primeiro lugar para serem resolvidos primeiramente se referenciam a resquícios da matéria prima no mangote da bomba e tubulações, despejo superior ao valor requerido devido o processo ser realizado de forma manual com auxílio do virador de tambor e a sobra de resíduos de produtos nos tambores, pois pode-se observar que as sobras do produto viscoso impregnado nos tambores são constantes impossibilitando sua devolução. Segue logo abaixo a figura 7 para visualização das pesagens visto que os tambores possuem peso de 18KG, a quantidade acima deste valor se refere ao produto.



Figura 7 - Pesagens de tambores após término de formulação (foto normal e ampliada)

Fonte: Autores (2018)

**3.4.5 Controle estatístico de processo**

Para aplicação desta ferramenta em questão foram descritos 24 períodos de campanha ao longo dos 10 meses de 2018, relacionando o volume total de produção com a quantidade teórica e real da matéria prima em estudo (poliarifenol) utilizada para a formulação do produto AA. Observa-se na tabela que o valor teórico se faz referência a quantidade planejada a ser utilizada ao longo de cada campanha, e a empresa possui uma margem de tolerância de perdas de até 1%. Este valor foi estipulado sem ocorrer estudos do processo (dados passados pela indústria em estudo), porém após análise dos dados fornecidos, torna-se possível identificar que o processo atual possui uma margem de tolerância de variação de 3%, onde possivelmente houve a necessidade de utilizar mais materiais para complementar o valor requerido dos lotes subsequentes, devido a possíveis perdas durante o processo produtivo. Em estudo verifica-se que a empresa perde 2% a mais do estipulado, uma vez que ao estipular a tolerância não houve verificação do processo para identificar as perdas e atualmente os desvios são identificados ao realizarem o fechamento da campanha, onde percebe-se a quantidade acumulada (análise do montante das perdas em cima da quantidade total produzida na campanha), contribuindo para elevação do índice de perdas, assim como a falta de estudo concreto para identificar onde ocorre as perdas, podendo assim tratá-las com objetivo do de reduzir as mesmas. Segue logo abaixo a tabela 4 em referência aos dados descritos acima.

Tabela 4 - Variação entre quantidade consumida e teórica da matéria prima em estudo

|  |
| --- |
| **DADOS ANALISADOS** |
| **DADOS ANALISADOS** | **CENÁRIO PLANEJADO** | **CENÁRIO ATUAL** |
| **MÊS** | **VOLUME PRODUZIDO PRODUTO SC** | **CONSUMO TEÓRICO DA MP EM ESTUDO** | **QNDT. PERDAS PERMITIDA (1%)** | **PROPORÇÃO A 1%** | **CONSUMO REAL MP EM ESTUDO** | **QNTD. PERDAS OBTIDAS** | **PROPORÇÃO REAL** |
| JAN | 147.542,00 | 1.844,27 | 18,4427 | 0,01 | 1.884,00 | 39,73 | 0,02 |
| JAN | 1.254.074,63 | 17.557,04 | 175,5704 | 0,01 | 17.929,00 | 371,96 | 0,02 |
| FEV | 749.601,49 | 10.494,42 | 104,9442 | 0,01 | 10.964,00 | 469,58 | 0,04 |
| FEV | 708.920,00 | 9.839,81 | 98,3981 | 0,01 | 9.804,00 | 35,81 | 0,00 |
| MAR | 226.851,80 | 2.835,65 | 28,3565 | 0,01 | 2.858,00 | 22,35 | 0,01 |
| MAR | 41.751,00 | 363,24 | 3,6324 | 0,01 | 374 | 10,76 | 0,03 |
| ABR | 64.803,00 | 810,04 | 8,1004 | 0,01 | 831 | 20,96 | 0,03 |
| MAI | 468.288 | 6.499,58 | 64,9958 | 0,01 | 6.608,80 | 109,22 | 0,02 |
| MAI | 50.436 | 713,68 | 7,1368 | 0,01 | 760,1 | 46,42 | 0,07 |
| JUN | 100.630,40 | 1.257,88 | 12,5788 | 0,01 | 1.359,00 | 101,12 | 0,08 |
| JUL | 92.466,68 | 1.308,41 | 13,0841 | 0,01 | 1.347,00 | 38,59 | 0,03 |
| JUL | 546.336,00 | 7.582,85 | 75,8285 | 0,01 | 7.735,40 | 152,55 | 0,02 |
| AGO | 79.343,00 | 991,79 | 9,9179 | 0,01 | 1.109,00 | 117,21 | 0,12 |
| AGO | 156.255,00 | 2.249,91 | 22,4991 | 0,01 | 2.355,00 | 105,09 | 0,05 |
| AGO | 79.343 | 951,96 | 9,5196 | 0,01 | 952 | 0,04 | 0,00 |
| AGO | 226.851,80 | 2.835,65 | 28,3565 | 0,01 | 2.858,00 | 22,35 | 0,01 |
| SET | 407.982,90 | 5.711,76 | 57,1176 | 0,01 | 5.716 | 4,24 | 0,00 |
| SET | 50.436 | 718,72 | 7,1872 | 0,01 | 713 | 5,72 | 0,01 |
| SET | 234.144 | 3.249,92 | 32,4992 | 0,01 | 3.259,00 | 9,08 | 0,00 |
| OUT | 44.510,00 | 556,37 | 5,5637 | 0,01 | 570 | 13,63 | 0,02 |
| OUT | 534.205,00 | 7.478,87 | 74,7887 | 0,01 | 7.618,00 | 139,13 | 0,02 |
| OUT | 351.216 | 4.874,88 | 48,7488 | 0,01 | 4.873,00 | 1,88 | 0,00 |
| OUT | 249.961 | 3.127,01 | 31,2701 | 0,01 | 3.125,00 | 2,01 | 0,00 |
| OUT | 256.172,00 | 3.688,61 | 36,8861 | 0,01 | 3.816,80 | 128,19 | 0,03 |
| **TOTAL** | **7.122.120,70** | **97542,32** | **975,4232** | **0,24** | **99419,1** | **1967,62** | **0,6295** |

Fonte: Autores (2018)

Após coleta de dados torna-se possível realizar verificações estatísticas (limite superior de controle - LSC e limite inferior de controle -LIC) pertinentes ao processo, identificando assim se será necessário monitorar tanto a média da característica quanto sua variabilidade. Os limites foram calculados através das seguintes fórmulas:

 $LSC=p^{'}+3\sqrt{(\frac{p^{'}\left(1-p^{'}\right)}{n})}$ e $LIC=p^{'}-3\sqrt{(\frac{p^{'}\left(1-p^{'}\right)}{n})}$

Onde:

 $p^{'}$ = Somatória das médias da proporção de desvios

$ n $= Quantidade da matéria prima em estudo utilizada

Através das formulas acima, torna-se possível calcular e identificar os limites conforme descrita na tabela a seguir. Desta forma, observa-se na tabela 5 que as perdas ultrapassam o tolerável de 1% pela empresa.

Tabela 5 – Limite superior de controle, alvo e limite inferior de controle real e proposto

|  |  |
| --- | --- |
| **DADOS REAIS** | **DADOS PROPOSTOS** |
| **LSC** | **ALVO** | **LIC** | **LSC** | **ALVO** | **LIC** |
| 3,16% | 0,32% | 2,84% | 1,00% | 0,10% | 0,90% |

Fonte: Autores (2018)

**3.4.6 Carta de controle**

Para a construção do gráfico levou-se em consideração a porcentagem de variação referente ao consumo real baseado no teórico representando a linha do valor real. Para o limite inferior de especificação (LIC) segue o valor de 0,9%, sendo a possibilidade mínima de perdas em um processo, e através do limite superior de controle (LSC) indica-se o máximo de perdas estipulado como o permitido pela empresa de 1%. Para entendimento das especificações descritas acima, o gráfico 2 faz referência ao estudo com as variações presentes na tabela 4.

Gráfico 2 - Variação do consumo da matéria prima Poliarifenol

Fonte: Autores (2018)

Conclui-se que o processo não se encontra sob controle estatístico, pois grande parte da campanha obteve perdas acima do limite superior de controle, demonstrando a instabilidade do consumo e apontamentos, obtendo-se assim uma variabilidade de processo alta.

**3.4.7 Aplicação *Lean Six sigma***

Como demonstrado na tabela 4, existe uma variação considerável na quantidade consumida da matéria prima quando comparada a teórica e a real, ou seja, trata-se de uma oportunidade para verificar o nível sigma e aplicação do mesmo para melhoria dos processos. Logo abaixo na tabela 6, há o cálculo do nível *sigma* real da empresa e do nível em que a empresa pode alcançar, juntamente com a quantidade de DPMO (defeitos por um milhão de oportunidades).

Tabela 6 – Calculo DPMO e nível *sigma* cenário atual e proposto

|  |  |
| --- | --- |
| **CENÁRIO ATUAL** | **CENÁRIO PROPOSTO** |
| **TOTAL CONSUMO** | **QNTD. PERDAS OBTIDAS** | **DPO** | **DPMO** | **NIVEL SIGMA** | **TOTAL CONSUMO** | **QNTD. PERDAS OBTIDAS** | **DPO** | **DPMO** | **NIVEL SIGMA** |
| 99.419,10 | 1967,62 | 0,0198 |  19.791,17  | 3,55 | 97.542,32 | 975,4232 | 0,01 |  10.000,00  | 3,8 |

Fonte: Autores (2018)

Com os cálculos e resultados obtidos, demonstra-se que atualmente a empresa tem aproximadamente 19.792 defeitos por um milhão de oportunidades, sendo que esta quantidade pode ser reduzida para 10.000 caso a empresa realize as implementações das propostas de melhorias, para assim conseguir obter a redução das perdas atuais de 3% para a tolerância de perdas estipuladas (1%), o que consequentemente aumentaria o seu nível *sigma de* 3,55 para 3,8 e reduziria os custos com as perdas no processo.

**3.4.8 *Kaizen***

Para a análise da ferramenta criou-se a programação para realizar semana *Kaizen*, através de 11 passos necessários, porém ainda não houve sua implementação, apenas a criação dos passos a serem seguidos conforme figura 8.

|  |  |
| --- | --- |
| **ETAPAS** | **DESCRIÇÃO** |
| 1º Passo |  Selecionar o processo para abordagem  | Selecionar a etapa do estudo de caso que apresenta mais perdas |
| 2º Passo | Selecionar time | Operadores da etapa do processo em estudo |
| 3º Passo | Provocar a participação da alta gerência | Suporte necessário às atividades desenvolvidas. |
| 4º Passo | Apresentar cronograma | Planejamento das atividades que serão desenvolvidas pelo time. |
| 5º Passo  | Treinar | Conhecimento das ferramentas da qualidade, Lean manufacturing eSete desperdícios. |
| 6º Passo  | Apresentar os processos relacionando o problema atual | Visualizar os principais desperdícios que podem ocorrer. |
| 7º Passo  | Criação propostas de melhorias | Brainstorming para obter melhorias em relação às análises dos problemas levantados. |
| 8º Passo  | Apresentar o plano de ação para a gerência | Mapear as estratégias para eliminar os desperdícios. |
| 9º Passo | Implementação das Mudanças | Realizar as mudanças aprovadas pela alta gerência. |
| 10º Passo | Registrar atividades e resultados usando Gestão Visual | Divulgação dos bons resultados obtidos. |
| 11º Passo  | Agradecer o time e todos os envolvidos | Motivar todos os colaboradores buscando o processo de melhoria contínua. |

Figura 8 – Programação semana *kaizen*

Fonte: Autores (2018)

**3.4.9 O processo e as sete perdas produtivas do *Lean* *Manufacturing***

Para o entendimento das etapas do processo produtivo em estudo foi criado o fluxograma com as atividades, relacionando as setes grandes perdas descritas no *Lean Manufacturing.* A seguir, observa-se na figura 9 o fluxograma das etapas do processo em estudo.

Figura 9 - Fluxograma entre processo produtivo e sete perdas produtivas

Fonte: Autores (2018)

Após classificação torna-se possível descrever os motivos nos quais as perdas se encaixam no processo conforme descrição abaixo:

Etapa 1: Transporte: a matéria prima é entregue ao operador em uma área de recebimento e logo o operador realiza o transporte a área de adição; Movimentação: a matéria prima poderia ser entregue na área de adição; Espera: produtos entregues pela logística na área de recebimento só podem ser consumidos após conferência dos operadores de produção.

Etapa 2: Transporte: o produto é transportado da área de recebimento para área de adição posicionando-os nos viradores de tambor; Movimentação: a ação de posicionar os tambores pode ser eliminada se acaso o produto puder ser adicionado diretamente pela bomba pneumática; Espera: após posicionamento o produto aguarda liberação para poder iniciar o despejo.

Etapa 3: Processamento: fase no qual exige certo tempo a mais e inserida no processo devido característica da matéria prima em estudo; Movimentação: a ação de despejar os tambores pode ser eliminada se acaso o produto puder ser adicionado diretamente pela bomba pneumática; Superprodução: o despejo de itens a mais da matéria prima (quantidade dentro da faixa de tolerância) devido a um erro operacional no ato do despejo.

Etapa 4: Superprodução: o despejo de itens a mais proporcionando um volume de pré-solução concentrado devido a um erro operacional no ato do despejo; Transporte: transferência do tambor de pré-solução através da bomba pneumática para o tanque de adensamento, possibilitando as perdas no ato do transporte devido às tubulações.

Etapa 5: Inventário: Produtos deixados nos tambores devido a falta de escoamento; Movimentações: Operadores identificam materiais e transfere para área de devolução; Transporte: Material é transportado da área de adição para a área de devolução e posteriormente para a logística armazenar.

* 1. **Propostas de melhorias**

Após análise do processo das causas raízes torna-se possível identificar propostas de melhorias com o objetivo de reduzir ao máximo as perdas, tornando-as insignificantes. Com o desenvolvimento do GUT foi possível identificar quatro problemas que precisam ser resolvidos: sobra de resíduos de produtos nos tambores, mangote da bomba, tubulações e despejo superior ao valor requerido. Segue abaixo melhorias propostas para estes e outros problemas levantados.

1- Utilização de Spray Ball: produto de baixo custo, mas de muita praticidade. É utilizado na limpeza de tambores, tanques, contêineres e similares, eliminando resíduos que ficam impregnados em seu interior, desta forma, não haverá vestígios do Poliarifenol em nenhum dos tambores podendo considerar a matéria prima na solução evitando desperdícios;

2- Manter o Poliarifenol em um curto prazo no banho maria: método eficaz para aquecer e diminuir a viscosidade da matéria prima, facilitando desta forma seu escoamento e assim podendo eliminar a fase de pré-adição possibilitando a alteração do processo através da adição das matérias primas diretamente pela bomba pneumática para o tanque de adensamento;

3- Bomba de deslocamento positivo (com dosador): Este tipo de bomba desloca uma quantidade constante de liquido para cada rotação do eixo. O volume é contido pela geometria da bomba até que os elementos de bombeamento se movam de forma a   reduzir    os    volumes e forçar o    líquido    para fora da bomba. O seu fluxo não é afetado pelo diferencial de pressão, sendo contínuo, sem pulsações e possuindo folgas internas bastante reduzidas que minimizam a    quantidade    de    liquido    que fica circulando dentro da bomba. Sendo assim são muito eficientes e funcionam bem com altas viscosidades, além de possuir um dosador para controlar a transferência da quantidade necessária para o processo através do controle de vazão;

4- Posicionamento do tambor: como sugestão prática, tem se a orientação de posicionar o tambor da matéria prima em uma altura menor do que a de costume na hora de se realizar a mistura com a pré-solução, para que desta forma evite desperdícios durante o despejamento.

5- Treinamento referente a *Lean Manufacturing* com os operadores: após o conhecimento das causas raízes e impactos das perdas, os operadores se tornam capazes de obter propostas de como evitá-las além de adquirir o senso de propriedade sob o processo certificando de realizar todas atividades com qualidade inclusive o apontamento exato de consumo;

6- Semana *Kaizen*: como proposta de melhoria segue a implantação da semana *kaizen*, pois apenas foi proposto as etapas a serem seguidas e espera-se que com mais tempo seja alçando a ideia de melhoria contínua.

**4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Inicia-se neste capítulo todas as conclusões concebidas ao longo do estudo de caso, deixando claro os resultados que poderão ser obtidos para a empresa juntamente com os principais desafios encontrados e enfrentados.

**4.1 Desafios enfrentados**

Mudanças são essenciais para a sobrevivência no mercado de trabalho, porém implementá-las não é um trabalho simples e tornam-se de suma importância para a resolução de problemas, devendo ser analisadas como algo natural.

A real dificuldade do estudo de caso baseou-se na identificação das perdas durante o processo, onde foi necessária uma análise sucinta e detalhada do sistema produtivo, para que desta forma a empresa ficasse ciente do que mudar e melhorar continuamente com base nas ferramentas de qualidade elaboradas.

**4.2 Resultados esperados**

Espera-se uma redução satisfatória das perdas produtivas constatadas, eliminando ao máximo qualquer sinal de desperdício juntamente com a conscientização dos colaboradores responsáveis, para que desta forma exista uma comunicação transparente a ponto de não existir divergências entre o físico e o sistema. Perante o volume realizado nos 10 meses do produto em estudo, se torna possível observar que as perdas atuais possuem um valor significativo, mas quando calculado em um cenário de um milhão de oportunidade o valor se torna extremamente considerável (R$249.962,44).

Através da tabela 7 pode-se perceber em valores monetários o quão significativo as perdas se tornam ao processo levanto em consideração a tolerância atual (3%) e a proposta (1%).

Tabela 7 – Tolerâncias

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **CENÁRIO**  | **TOLERÂNCIA** | **QUANTIDADE DAS PERDAS** | **PREÇO KG DA MATÉRIA PRIMA** | **VALOR REFERENTE AO VOLUME PRODZIDO**  | **DPMO** | **VALOR REFERENTE AO DPMO** |
| Atual | 3% | 1967,62 | 12,63 |  R$ 24.851,04  | 19.791,17 |  R$ 249.962,44  |
| Proposto | 1% | 975,42 | 12,63 |  R$ 12.319,60  | 10.000,00 |  R$ 126.300,00  |

 Fonte: Autores (2018)

Através da proposta descrita no item 3.5 pode-se reduzir o valor da tolerância assim como o custo das perdas. Pode-se mencionar que após aplicações das melhorias, as maiores fontes causadoras de desperdício serão eliminadas abaixando também o índice de perdas ocorridas.

**4.3 Conclusão**

Com o fim do estudo de caso, surge a percepção da importância de realizar um estudo do processo, antes de realizar padronizações e o quão significativas são as pequenas perdas ocorridas durante processos produtivos quando não monitoradas, assim como a proporção preocupante para a empresa quando acumuladas ao longo do tempo, podendo impactar nos custos. Com base em todos os problemas causados e estudados, torna-se necessário todo e qualquer tipo de prevenção para evitar maiores transtornos no sistema produtivo. Através das análises estudadas acima observa-se que a empresa está disposta a obter as medidas propostas para reduzir o índice de tolerância em seu processo, no qual atualmente estão estáveis a 3%.

Espera-se que com as melhorias propostas a empresa consiga alcançar seu objetivo estipulado, acarretando em menores custos e consequentemente o aumento de seus lucros.

**4.4 Proposta de trabalho futuro**

Apresenta-se como proposta de trabalho futuro e de melhoria, que seja sugerida uma análise crítica em relação às demais matérias primas utilizadas na formulação do produto para levar em consideração todas as reais perdas obtidas durante o processo produtivo e quanto isso pode impactar no custo e na rentabilidade da empresa, ou seja, uma análise mais abrangente em relação às perdas do produto final, entrando em um consenso entre fornecedor e empresa a respeito dos desvios padrões permitidos de forma que não leve ambos ao prejuízo, podendo atender aos consumidores conforme esperado.

**REFERÊNCIAS**

BHUIYAN, N; BAGHEL, A. An overview of continuous improvement: from the past to the present. **Management Decision**, jun. 2005. 16 f. Mechanical and Industrial Engineering, Concordia University, Montreal, Canada), 2005.

CARPINETTI, L. **Gestão da Qualidade:** Conceitos e técnicas. São Paulo: Atlas, 2010.

DIAS, M. A. P. **Administração de materiais:** uma abordagem logística. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

DIAS, Sérgio Matos. **Implementação da metodologia Lean Seis-Sigma.** 2011. 74 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado Integrado em Engenharia Biomédic, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

FALCONI, Vicente. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia**. 9 ed. Minas Gerais. Falconi Editora, 2013.

HILL, J. The implementation of a Lean Six Sigma framework to enhance operational performance in an MRO facility. **Production & Manufacturing Research**, 27 dez. 2017.

J. L. D. RIBEIRO & C. S. CATEN. **Controle Estatístico do Processo. Série Monografia Qualidade**. FEENG/UFRGS – Fundação Empresa Escola de Engenharia da UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre, RS.2012.

LOURINDO, P. et al. (2006). **A Integração do Kaizen o Custeio Baseado em Atividades (ABC)**. vol. 25. 2006.

MASSELLI, D. M. C. Yvo M. C. **Aplicação do Pilar Jidoka da Filosofia Lean Manufacturing na Indústria Farmacêutica.** 2013. 6 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Automação, Inatel, Santa Rita do Sapucaí, 2013.

MCDERMOTT, C. et al. (2015). **Implementing lean in knowledge work: Implications from a study of the hospital discharge planning process.** 2015. 27 f. TCC (Graduação) - Curso de Management, School Of Management, New York, 2015.

OLIVEIRA, W. A. **Modelos estatísticos integrados a metodologia Lean Seis Sigma visando o aumento da produtividade.** 2010. 141 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agricultura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

RAMOS, A; RIBEIRO, C; MIYAKE, D; NAKANO, D; LAURINDO, F; HO, L; CARVALHO, M; BRAZ, M; BALESTRASSI, P; ROTONDARO, R. (2013). **Seis Sigma**: Estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2013.

RATHILALL, R; SINGH, S. **A Lean Six Sigma framework to enhance the competitiveness in selected automotive component manufacturing organizations.** 2018. 13 f. Monografia - Curso de Management Sciences, Department of Operations and Quality Management, Durban University of Technology, Africa do Sul, 2018.

RAWABADEH, I.A. **A model for the assessment of waste in job shop environments**. 2005. **International Journal of Operations& Production Management** 25(8),800-822. (2005).

SANTOS, J.; WYSK, R.; TORRES, J.M. **Otimizando a produção com a metodologia Lean.** São Paulo: Leopardo, 2009.

SANTOS, A. G. et al. **A importância dos gráficos de controle para monitorar a qualidade dos processos industriais**.2009. 14 f - Curso de Engenharia de Produção, UFCG, Goiás, 2009.

SNEE, R. D. **Lean Six Sigma: getting better all the time**. 2010. 20 f. **International Journal of Lean six sigma**, 2010.

SELEME, R.; STADLLER, H. **Controle de Qualidade:** A ferramentas essenciais. Curitiba: Ibpex, 2008.

VIANA, J. J. **Administração de materiais:** um enfoque prático. São Paulo: Atlas, 2010.

VIEIRA, Mauricio Garcia. **Aplicação do mapeamento de fluxo de valor para avaliação de um sistema de produção.** 2006. 129 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

WERKEMA, M.C.C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 2006.