

Aplicação da Metodologia Lean Seis Sigma para Melhoria de Processo em uma Indústria de Produtos Médico-Hospitalares**Lean Seis Sigma Application to Improve a Process at a Medical- Hospital Products Industry**

DOI:10.34117/bjdv5n10-268

Recebimento dos originais: 10/09/2019

Aceitação para publicação: 22/10/2019

Eduardo Carvalho Sanchez

Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pelotas
Instituição: Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias
Endereço: Rua Benjamin Constant, 989 – Porto, Pelotas - RS, Brasil - 96010-020

E-mail: eduardusanchez@gmail.com

Ariane Ferreira Porto Rosa

Doutora em *Automatique et Informatique Appliquées (Spécialité Génie Industriel Qualité)*,
pela *Université de Nantes*, França.

Instituição: Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias
Endereço: Rua Benjamin Constant, 989 – Porto, Pelotas - RS, Brasil - 96010-020

E-mail: afprosa61@gmail.com

Rogério Royer

Doutor em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituição: Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias
Endereço: Rua Benjamin Constant, 989 – Porto, Pelotas - RS, Brasil - 96010-020

E-mail: rogroyer@ufrgs.br

RESUMO

O *Lean Seis Sigma* tem sido utilizado cada vez mais pelas empresas em busca de vantagem competitiva. O programa une os princípios e ferramentas dos métodos, *Lean Manufacturing*, voltado a redução de desperdícios e ganho de velocidade, e o Seis Sigma, que visa a redução da variabilidade dos processos. Assim, este trabalho tem por objetivo propor melhorias que impactem na redução da variabilidade no que tange a disponibilidade dos equipamentos e consequente aumento da eficiência de um processo produtivo, em uma linha de injetoras de uma indústria do setor de produtos médico-hospitalares. Através de uma revisão bibliografia sobre os temas, foi proposto uma metodologia de aplicação neste estudo de caso, seguindo as etapas *Define, Measure, Analyze, Improve e Control*, constantes no método DMAIC. A metodologia foi aplicada ao estudo de caso, onde foram identificadas as principais fontes geradoras de paradas de máquina e através do plano de ação proposto, foram obtidos ganhos significativos de eficiência no processo analisado.

Palavras-chave: *Lean Seis Sigma*, DMAIC, Disponibilidade, Eficiência, Injetoras

ABSTRACT

Lean Six Sigma has been used more and more by companies in search of competitive advantage. The program combines the principles and tools of the methods, *Lean Manufacturing*, aimed at waste reduction and speed gain, and *Six Sigma*, which aims at reducing process variability. Thus, this work aims to propose improvements that impact on the reduction of variability regarding the availability of equipment and consequent increase of the efficiency of a production process, in a line of injectors of an industry of the medical-hospital products sector. Through a literature review on the themes, an application methodology was proposed in this case study, following the steps Define, Measure, Analyze, Improve and Control, included in the DMAIC method. The methodology was applied to the case study, where the main sources of machine shutdowns were identified and through the proposed action plan, significant efficiency gains were obtained in the analyzed process.

Keywords: *Lean Six Sigma*, DMAIC, Availability, Efficiency, Injectors

1 INTRODUÇÃO

A busca pela qualidade é uma realidade nas empresas do mundo todo, diante de um mercado cada vez mais exigente, de uma economia instável e de uma substancial competitividade entre os setores, as empresas têm procurado novas práticas, métodos e ferramentas que as auxiliem na otimização de seus desempenhos operacionais, permitindo assim, a criação de uma vantagem competitiva frente a concorrência. Ohno (1997) menciona que "o fortalecimento da base do negócio é um requisito absoluto para sua sobrevivência". Portanto, diante deste cenário conturbado, a busca pela excelência operacional pode ser o fator determinante para o sucesso das organizações.

O conceito de gestão da qualidade nos remete aos Estados Unidos (EUA) a partir da década de 1920, por meio de esforços de Shewhart, Deming, Juran, Feigenbaum, Crosby, entre outros, possibilitaram melhores alternativas para a abordagem da qualidade no processo de manufatura. Deste então, este conceito vem sido desenvolvido e aperfeiçoado de forma incremental na direção da criação de novos métodos e ferramentas que permitam gerenciar os mais robustos e automatizados processos produtivos que temos atualmente, com um mais alto desempenho e assertividade. Fruto deste processo evolutivo surgem: o *Lean Manufacturing* (ou Manufatura enxuta) e o Seis Sigma (do inglês *Six Sigma*), estas filosofias de gestão, juntamente com suas ferramentas romperam padrões e mudaram a forma de produzir no mundo inteiro. Segundo Kanigolla *et al.* (2014), estas abordagens vem sendo empregadas com o objetivo de reduzir as perdas econômicas e aumentar a satisfação do cliente, atendendo desta forma às demandas do mercado atual.

O *Lean Manufacturing* busca em sua essência a eliminação de quaisquer desperdícios presentes em um processo produtivo, isto é, a exclusão de atividades que não agregam valor para o cliente (FERGUNSON, 2007; WERKEMA, 2012). Já o Seis Sigma é pautado na resolução de problemas com forte emprego de ferramentas estatísticas para lidar com a variabilidade dos processos, permitindo a realização de um desempenho praticamente sem erros, além disso, o foco é centrado no cliente e nos aspectos que consideram críticos, alcançando assim a qualidade por eles almejada (ANTHONY, 2004; PRASANNA e VINODH, 2013; WERKEMA, 2012).

Embora programas distintos, o *Lean* e o Seis Sigma convergem para o mesmo objetivo, o primeiro preocupa-se através de suas ferramentas promover a mudança, já o Seis Sigma deve ser a ferramenta para a gestão da mudança (FURGUNSON, 2007). Werkema (2012) defende que as empresas devem buscar a integração das duas metodologias e assim usufruirmos dos pontos fortes de ambas estratégias. Segundo a autora, o *Lean Manufacturing* não conta um método estruturado e incisivo na solução de problemas quando envolvem variabilidade, fato que pode ser complementado pelo Seis Sigma, que por sua vez não evidencia a redução do *lead time* e a melhoria da velocidade, aspectos que são amplamente enfatizados no *Lean Manufacturing*.

Assim surge o *Lean Seis Sigma*, um programa resultante da união destas duas abordagens. Werkema (2012) define o *Lean Seis Sigma* como “uma estratégia mais abrangente, poderosa e eficaz que cada uma das partes individualmente, adequada para a solução de todos os tipos de problemas relacionados à melhoria de processos e produtos”.

Neste contexto, o presente trabalho pretende fazer o uso do *Lean Seis Sigma*, utilizando-se de ferramentas pertinentes a ambas vertentes, e assim, propor uma metodologia que implique na otimização de uma linha de injetoras de uma indústria de fabricação de produtos médico-hospitalares.

2 BREVE REVISÃO DA TEORIA

Ao considerar-se a melhoria de processos industriais, deve-se ressaltar que diferentes métodos e ferramentas podem ser utilizados conjuntamente. Serão abordados brevemente os principais conceitos das metodologias *Lean Manufacturing* e *Seis Sigma*, assim como a abordagem de utilização conjunta mais atual *Lean Seis Sigma*.

2.1 LEAN MANUFACTURING

O *Lean* ou sistema *just-in-time*, teve seu início no Japão na indústria automobilística. Cessada a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), após render-se aos EUA, o Japão devastado, vivia momentos de escassez de dinheiro e de recursos (WOMACK *et al.*, 2004).

Através da necessidade de um sistema mais eficiente, sem gerar muitos desperdícios e ainda capaz de trabalhar com uma gama variada de produtos, surge o Sistema Toyota de Produção (STP), tendo como seus precursores, Taiichi Ohno e Shingeo Shingo, Gerente de fábrica e Engenheiro, respectivamente, da Toyota Motor Company. De acordo com que é relatado por Ohno (1997), após diversos estudos e visitas realizadas às fábricas americanas, eles perceberam que um único operador tinha muito mais a oferecer e poderia realizar mais de uma função simultaneamente, desde que o sistema oferecesse condição para tal por meio da automação, assim acreditavam superar a produtividade de Ford.

O STP é uma filosofia de gestão baseada na identificação e eliminação de desperdícios presentes em todas etapas de um processo produtivo, estes desperdícios são indesejáveis pois não agregam valor para o produto final (LIKER e MEIER, 2007). O objetivo do *lean* é reduzir o tempo de entrega (*lead time*) ao cliente e utilizar o mínimo de recurso possível (OHNO, 1997; WANG *et al.*, 2011).

Ohno (1997) e Shingo (1996) destacam a existência de sete fontes de perdas, onde segundo os autores, devemos identificar e eliminar do processo produtivo continuamente o quanto for possível, sendo esta, uma das mais importantes tarefas do gerente de produção. Estes desperdícios destacados por eles, ficaram conhecidos com “As sete perdas do Sistema Toyota de Produção”, conforme ilustra o quadro 1.

Quadro 1 As sete perdas do STP

Tipo de perda	Como ocorre
1. Superprodução	Produção além da demanda requisitada pelo cliente
2. Transporte	Movimentação desnecessárias de matéria-prima e produtos
3. Processamento	Processos excessivos, aprovações e transações supérfluas
4. Defeitos	Produção de produtos que não atendem as especificações de qualidade
5. Estoque	Elevados estoques de produto acabado e entre processos
6. Movimentação	Movimentos desnecessários como procurar peças e ferramentas
7. Espera	Tempo de um recurso não estar sendo utilizado

Fonte: Adaptado de OHNO (1997) e SHINGO (1996)

2.2 SEIS SIGMA

O Seis Sigma foi introduzido inicialmente pela Motorola, na década de 1980, para melhorar a qualidade de seus produtos e serviços através da redução da variância de seus processos (PYZDEK e KELLER, 2011). O programa foi uma tentativa de tornar a empresa capaz de enfrentar a forte concorrência da indústria eletrônica japonesa, que fabricavam produtos com uma qualidade superior a preços ainda mais inferiores que os praticados pela Motorola (HARRY E SCHROEDER, 2000; WERKEMA, 2012).

Werkema (2012) o define como uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar expressivamente a performance e a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores. Para isso, o Seis Sigma enfoca os objetivos estratégicos da empresa e estabelece que todos os setores-chave para a sobrevivência e sucessos futuros da organização possuam metas de melhoria baseadas em métricas quantificáveis, que serão atingidas por meio de um esquema de aplicação projeto por projeto.

2.3 CICLO DMAIC

O ciclo DMAIC é o principal método de aplicação da metodologia Seis Sigma. É um método estruturado e bastante abrangente que permite o tratamento de diversos problemas, desde a sua identificação até a melhoria dos processos. É constituído de cinco passos (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) em português (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar). Cada etapa do ciclo DMAIC é brevemente descrita a seguir:

- Etapa *Define* - é preciso determinar o escopo do projeto, definindo com precisão quais problemas serão enfrentados, qual será o time do projeto, quais são as metas de melhorias da organização e quais prováveis ganhos financeiros que poderão ser obtidos.
- Etapa *Measure* - os dados devem ser coletados através de um banco de dados confiável ou então a partir de uma coleta, e assim, definir quais características do projeto que deverão ser monitoradas.
- Etapa *Analyze* - com os dados obtidos na fase anterior, deve-se identificar e determinar quais são as causas raízes de cada problema prioritário.
- Etapa *Improve* - é necessário otimizar o processo eliminando os problemas, reduzindo custos e agregando valor para o cliente.

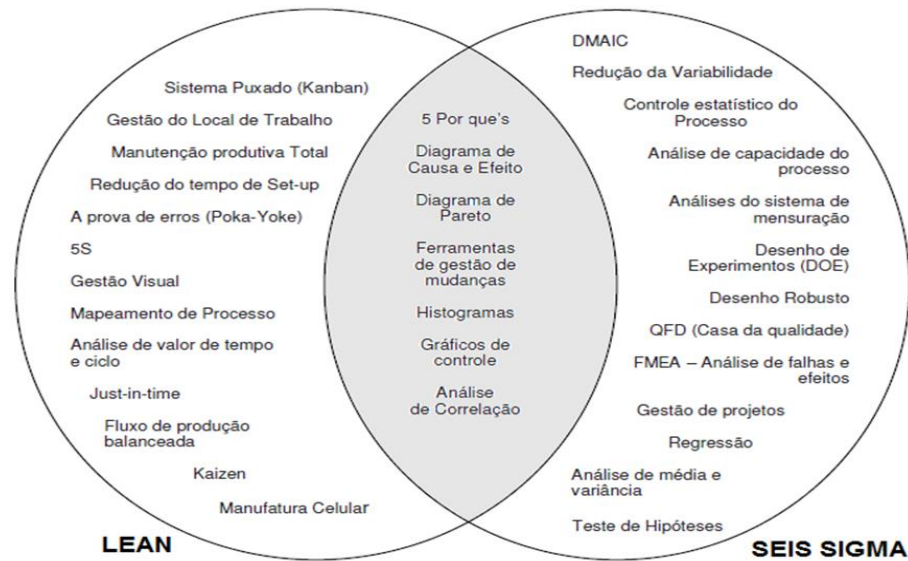
- Etapa *Control* - deve-se monitorar o processo e garantir que os ganhos obtidos sejam mantidos a longo prazo, como também, estender as soluções para um escala maior dentro do processo produtivo analisado.

2.4 LEAN SEIS SIGMA

O *Lean Seis Sigma* é o programa resultante da combinação das metodologias *Lean* e *Seis Sigma*. Suas primeiras aplicações surgem a partir da década de 2000, quando as organizações começam a integrar princípios enxutos em suas iniciativas *Seis Sigma*, e este se torna uma abordagem à melhoria dos negócios largamente difundida (MONTGOMERY, 2016).

O uso dos conceitos de *Lean* integrados em *Seis Sigma*, permitem não só a criação de fluxo e eliminação de desperdícios, como também a redução da variabilidade, promovendo assim a melhoria contínua (HAMBLETON, 2008). Para Werkema (2012), os programas complementam-se na medida que o *Lean* não possui uma método estruturado e estatístico para lidar com a variabilidade, enquanto o *Seis Sigma* isoladamente não oferece soluções suficientes para melhorar a velocidade dos processos, promovendo a redução do *lead time*.

Diversas são as ferramentas que podem ser utilizadas na execução de um projeto *Lean Seis Sigma*. Na literatura são encontradas diversas abordagens, dentre elas, destaca-se a abordagem de Kumar *et al.* (2006). Estas ferramentas, destacada por eles, estão representadas na Figura 2, onde é possível perceber as principais ferramentas de ambos os programas, bem como, as ferramentas da qualidade (ao centro) que igualmente podem contribuir neste processo de construção de um projeto *Lean Seis Sigma*.

Figura 1. Ferramentas úteis para um projeto *Lean Seis Sigma*

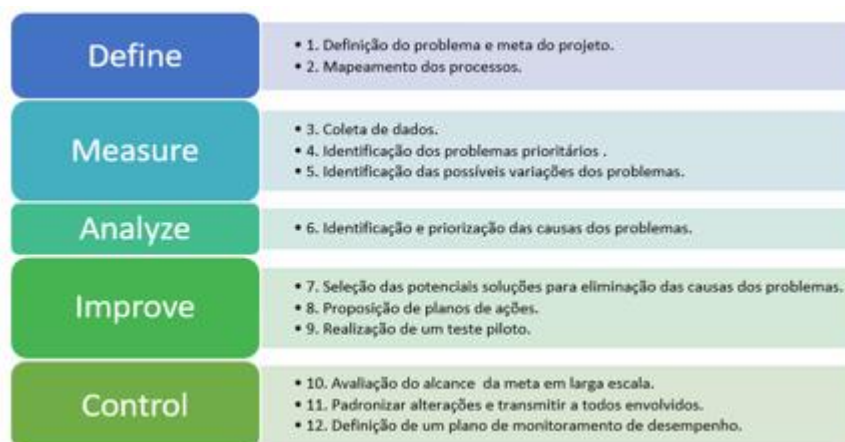
Fonte: Kumar *et al.* (2006)

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo é caracterizado como uma pesquisa exploratória, embasada em uma revisão bibliográfica teórica, com levantamento de publicações existentes relacionados a metodologia *Lean Seis Sigma*. Os procedimentos se caracterizam como um estudo de caso único, pois visa a aplicação de uma metodologia proposta em uma linha de injetoras de uma indústria de componentes plásticos do setor médico-hospitalar.

A metodologia proposta para a execução do projeto *Lean Seis Sigma* neste estudo de caso, foi dividida em 12 passos vinculados ao método DMAIC. Conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2. Roteiro de aplicação da metodologia proposta ao Estudo de Caso



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Souza (2015) e Werkema (2012)

A coleta de dados se deu através de informações contidas em documentos de registros de produção, tais como: diários de bordo e *check-list's*, onde constam informações pertinentes a atividade de injeção dos componentes plásticos pela linha das injetoras, os mesmos foram redigidos para uma planilha eletrônica para uma melhor compreensão. O período das amostras compreende de 1º de janeiro de 2018 até 31 de agosto de 2018.

4 RESULTADOS

A linha de injeção de polímeros é um setor crítico da empresa estudada. É, exclusivamente, responsável pela fabricação de 135 diferentes tipos de componentes plásticos. Estes produtos abastecem diretamente as linhas de produção de equipos, a linha de montagem de eletromédicos, além de inúmeras assistências técnicas em todo o Brasil. O setor possui 12 colaboradores diretos, destes, quatro são operadores de injetoras, quatro auxiliares de produção, um monitor da qualidade, um líder de produção, um jovem aprendiz e um estagiário. Distribuem-se em 2 turnos de trabalho que compreendem o período total de 5h:30 até às 23h:20.

Tendo em vista que estes componentes produzidos pela linha de injeção irão compor equipos e equipamentos de uso hospitalar, os produtos passam por uma série de inspeções, como ensaios e inúmeras análises de dimensionais, até que sua produção seja liberada (*setup* – início de produção), posteriormente após a liberação, as inspeções são realizadas em períodos regulares de 30 minutos.

Para tanto, garantir uma produção livre de defeitos, isto é, com a qualidade final esperada, perde-se uma considerável quantidade de matéria-prima durante o processo, principalmente no início de cada produção. As perdas mais frequentes são registradas como produção de produtos não conformes, purgas e perdas técnicas.

Em contra partida, estas perdas influenciarão diretamente na queda do disponibilidade do equipamento (injetora), exigindo longos tempos de *setup*, como por exemplo ajustes de parâmetros no processo, pois toda vez que alguma anormalidade é verificada durante as inspeções, a operação é interrompida e medidas de contenção tomadas até que o problema seja solucionado.

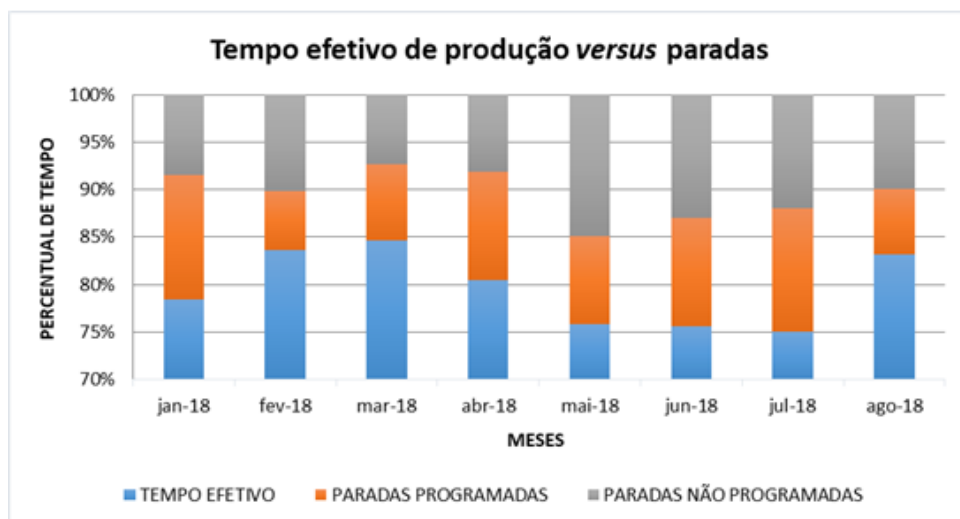
As subseções a seguir apresentarão as etapas da metodologia proposta na figura 2 para a realização do estudo.

4.1 ETAPA DEFINE

A definição do problema surge a partir da necessidade do setor de injeção da empresa em estudo. O mesmo é avaliado mensalmente quanto sua eficiência global, como também em termos de perdas de matéria-prima em processo. Estes índices estão associados diretamente com a variação de ritmo, refugo e disponibilidade de máquina.

Através da Figura 3 pode ser visualizado a incidência das paradas programadas e não programadas no processo de injeção dos componentes plásticos. As paradas programadas representam o tempo dedicado a trocas de molde, liberações no início e final do turno, reuniões e refeições. Já as paradas não programadas, são aquelas que não são aguardadas durante o processo e sinalizam sérios problemas como: variações no dimensional das peças, tonalidades diferentes do padrão, injeções incompletas, marcas e sujidades em geral.

Figura 3. Comparativo entre tempos efetivos de produção e paradas



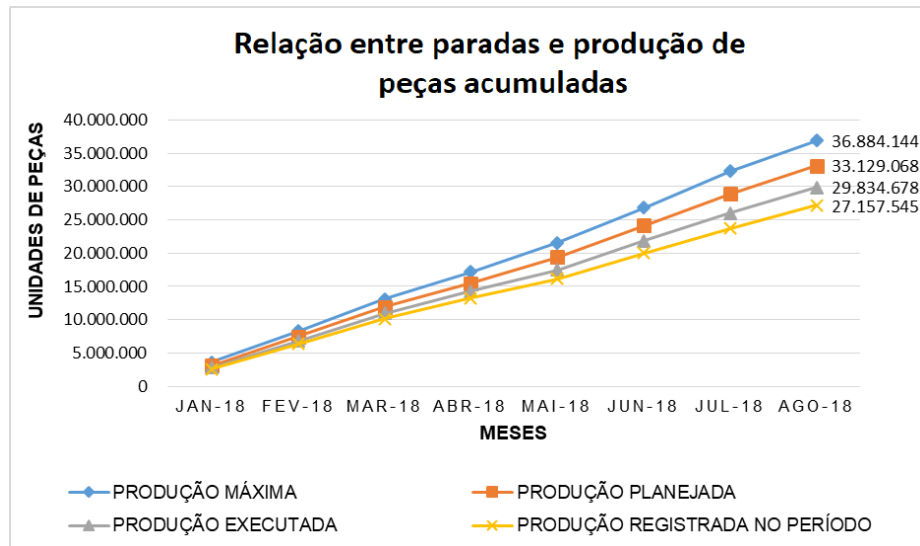
Fonte: Elaborado pelo autor

Estas variações podem ocorrer sem um aviso prévio e serão detectadas somente durante as inspeções periódicas de trinta e trinta minutos. Quando o problema é detectado, o operador deve interromper imediatamente o processo e agir sobre o mesmo, até que o problema seja solucionado e o processo seja estabilizado e qualidade do produto seja garantida.

A Figura 4 apresenta o impacto das paradas sobre a produção de peças em cada período analisado. Percebe-se o distanciamento entre as produções que teoricamente poderiam acontecer sem a ocorrência de paradas. A “Produção Máxima” refere-se a capacidade máxima disponível de produção da linha de injeção, ou seja, uma estimativa da quantidade de peças que o setor seria capaz de produzir se nenhuma parada fosse registrada. A “Produção

Planejada” refere-se as paradas programadas como liberações, reuniões e troca de molde são descontadas e chegamos a meta de produção. Posteriormente, na “Produção Executada” o tempo de todas as paradas são absorvidos limitando ainda mais a quantidade de peças a serem produzidas. Por último, tem-se a produção real registrada no período, descontadas as perdas com a produção de peças não conformes.

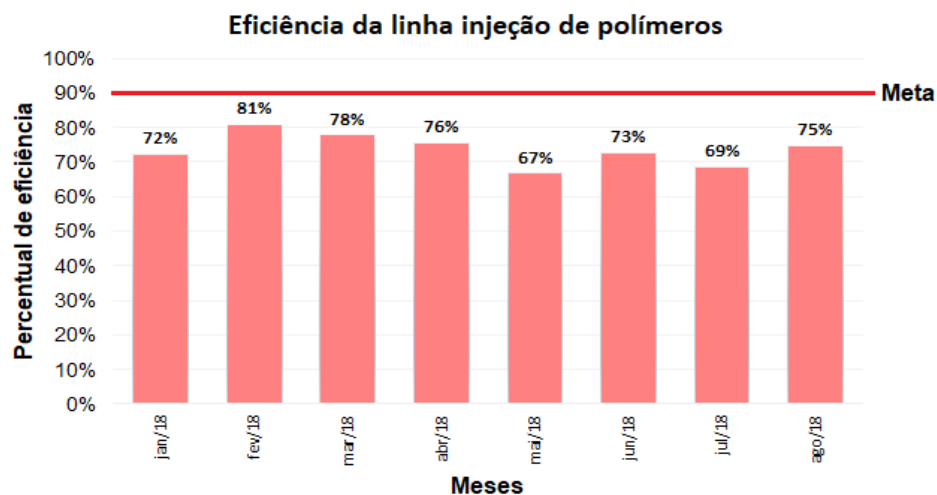
Figura 4. Relação entre paradas e a produção de peças



Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 5 pode ser visualizada a eficiência obtida em cada período analisado. Percebe-se que nenhum dos meses a meta de 90% foi alcançada. Com base no exposto, este trabalho visa através da metodologia *Lean Seis Sigma*, encontrar meios que torne possível a obtenção deste índice em um cenário futuro.

Figura 5. Eficiência da linha de injeção ao longo dos meses

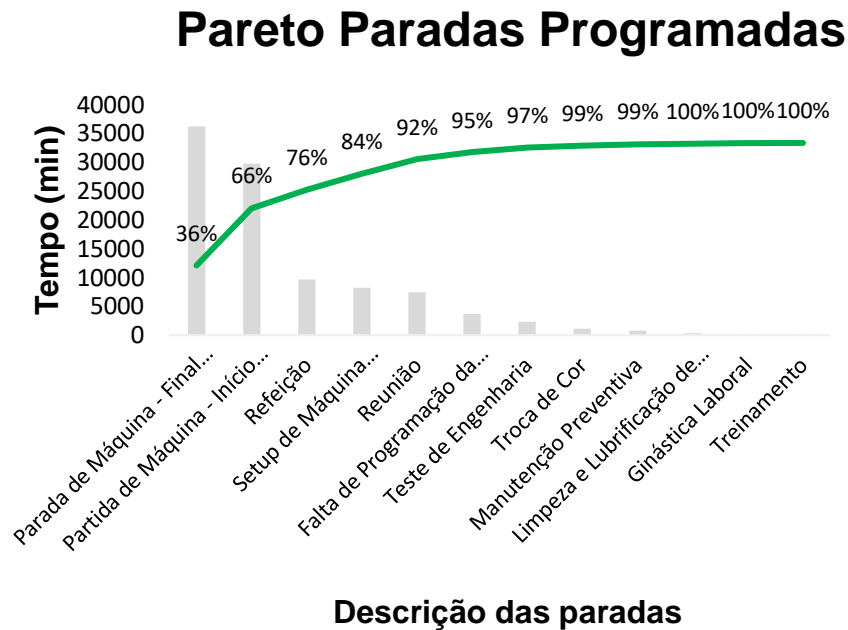


Fonte: Elaborado pelos autores

4.2 ETAPA MEASURE

A Figura 6 apresenta o diagrama de Pareto utilizado para a identificação das principais causas de paradas de máquina. Como pode ser visto na Figura 6, entre as paradas programadas, 66% das mesmas estão concentradas na Partida de Máquina, caracterizadas pelo início e fim do turno, sendo estas as selecionadas para análise.

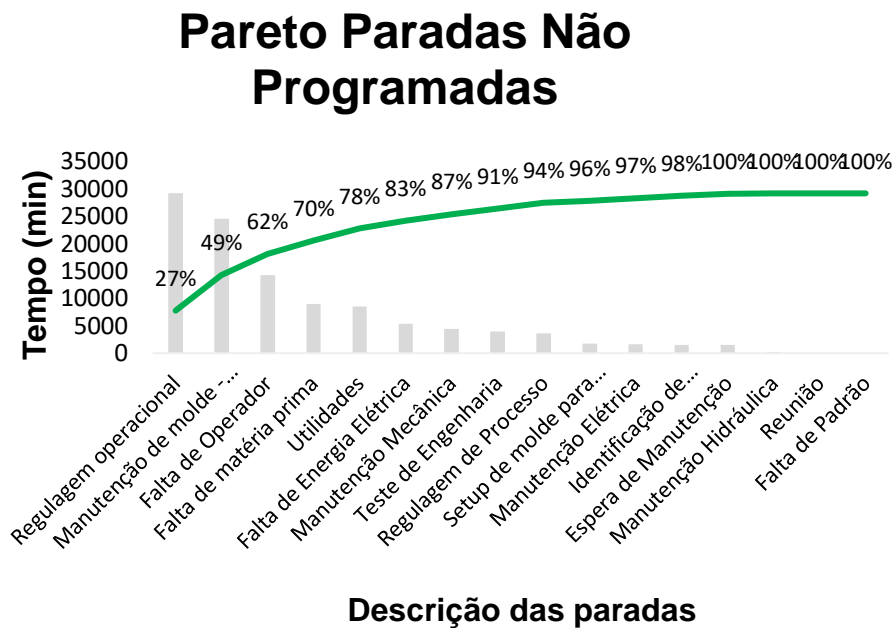
Figura 6. Diagrama de Pareto das paradas programadas



Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 7 pode ser visto como estão distribuídas as paradas que não são esperadas durante o processo de fabricação. Percebe-se que 49% do tempo de paradas, foi dedicado a regulagens operacionais e a manutenções realizadas pela matrizaria, ao considerar-se as paradas por falta de operador e a falta de matéria-prima, atingem um elevado índice de 70%. Sendo assim, as quatro atividades que mais impactam sobre o tempo total das paradas não programadas foram escolhidas para análise em função de sua alta representatividade.

Figura 7. Diagrama de Pareto das paradas não programadas



Fonte: Elaborado pelos autores

A partir das informações apresentadas nas Figuras 6 e 7 foram analisadas as potenciais causas geradoras das respectivas paradas listadas. Dentre as paradas não programadas, podem ser analisados 70% dos problemas registrados no período de análise. Estes incluem paradas por regulagem operacional, manutenção de molde, falta de operador e falta de matéria-prima. No caso das paradas programadas, podem ser investigadas oportunidades de melhorias no sentido de redução do tempo de início e fim do processo, por meio de práticas da metodologia *lean manufacture*, visto que, representam 66% do tempo das paradas programadas.

A linha de injeção possui uma extensa gama de produtos em seu portfólio. Para tanto, faz-se o uso de diferentes tipos de moldes, que ao processar, darão forma as mais variadas peças. Estas, podem ser compostas de diferentes tipos de matéria-prima, além de possuírem as mais distintas formas e dimensões, diferenças estas que poderão influenciar em maior e menor grau no tempo de uma parada. Por esta razão, não será possível estender soluções particulares de um molde específico a todas os outros, em todo caso, percebe-se que na sua maioria das vezes, possuem causas semelhantes e estas podem ser analisadas.

4.3 ETAPA ANALYZE

Dentre as paradas programadas, tem-se a inicialização e finalização do turno de trabalho. Contatou-se que são realizados inúmeros processamentos em razão de anotações de registros de produção. Preenche-se um *check-list* de produção, um diário de bordo e por último

um quadro de produção hora-a-hora para cada injetora. Notou-se que além de excessivos campos para preencher, existem muitos em comum aos três documentos.

Percebeu-se que frequentemente os documentos são encerrados no próximo dia útil em virtude de problemas oriundos de alguma injetora, exigindo a atuação do operador naquele momento. O problema toma uma proporção maior, impactando no *lead time* do processo, uma vez que as peças ficam ociosas entre os processos (injeção e fracionamento) formando pequenos estoques intermediários, já que as peças não podem ser contabilizadas como parte da produção e conseqüentemente serem transferidas, sem que haja registro no documento oficial da empresa. A Figura 8 ilustra as principais perdas identificadas em relação as paradas programadas dentro do escopo das sete perdas defendida por (OHNO, 1997).

Figura 8 Principais perdas identificadas em relação as paradas programadas

Tipo de perda	Descrição da perda
Processamento	Preenchimento de documentos e relatórios de produção em excesso ou sem a devida necessidade
Defeitos	Peças não conformes são geradas até que a produção seja liberada pelo operador
Estoque	Peças permanecem entre processos devido a falta de identificação e/ou atraso de inspeções
Movimentação	Procura por ferramentas e anéis centralizadores de moldes durante operação de <i>setup</i>

Fonte: Elaborado pelos autores

Com relação as paradas não programadas, uma série de problemas foram identificados. A variabilidade no tempo de regulagem operacional pode estar relacionada a imprevistos durante a produção ou em razão da impossibilidade em liberar a produção no início de cada turno no seu tempo habitual (em média 25 min).

Paradas não programadas do processo podem ocorrer quando o operador encontra algum tipo de defeito nas peças durante suas inspeções e então a produção deve ser interrompida. Da mesma forma, podem ocorrer quando a injetora através dos seus sensores detectam alguma anomalia no processo, como alterações bruscas na temperatura ou pressão. Os problemas mais frequentes observados durante estas paradas foram: peças com rebarbas,

peças com tonalidade diferente do padrão (amareladas), peças apresentando sujidades tais como manchas, marcas, pintas pretas ou peças com a injeção incompleta (furadas).

Devido a ocorrência deste tipo de parada, muitas perdas técnicas são geradas até que o operador consiga estabilizar o processo novamente. Na maioria dos casos, o problema é resolvido através de ajustes de parâmetros da máquina, tais como velocidades de plastificação, contra-pressão, dosagem e descompressão. Estas alterações são realizadas diretamente no computador de bordo da máquina injetora. Para auxiliar neste processo, os operadores possuem a sua disposição uma Ficha de Parâmetros de Processo (FPP). Trata-se de um documento orientativo com todos os parâmetros coletados e validados em um dia normal de produção. Notou-se que atualmente as FPPs encontram-se desatualizadas e fora de uso. Assim, a experiência do operador tornou-se fator fundamental para a compreensão deste tipo de problema.

Em relação a atividade de manutenção do molde pela matrizaria, esta se dá quando a produção é interrompida em função de problemas relacionados ao molde em processo, quando algum componente do mesmo vem a falhar. Por vezes o problema é solucionado *in loco*, porém em casos mais críticos, se faz necessário a retirada do molde e transportá-lo até a matrizaria para uma melhor análise. Foram observadas retiradas de molde por motivos torpes, como limpezas e alinhamento das placas que compõe o molde.

Em relação a falta de operador, observou-se a ocorrência no início e durante o processo. No início, quando o operador está liberando a produção de uma das três injetoras em que é responsável, pode surgir um problema o obrigando a atuar no processo, atrasando o início da produção das demais máquinas. Podem ocorrer dois ou mais problemas simultâneos em diferentes injetoras, impossibilitando uma pronta atuação.

Quanto a falta de matéria-prima, verificou-se durante as observações que os tonéis carregados de matéria-prima possuem capacidades de 100 litros, porém dependendo da peça a ser injetada, muitas vezes esta capacidade não supre a necessidade diária de uma Ordem de Produção. Nestes casos, o auxiliar de produção encarregado necessita reabastecê-los durante uma única jornada de trabalho aumentando a demanda de força de trabalho. Constatou-se também que o colaborador auxiliar não possui nenhum controle de entrega de matéria-prima, como também não possui uma estimativa do tempo em que a mesma poderá ser consumida, fazendo com que verifique diversas vezes a necessidade de um novo abastecimento. Desta forma, por vezes acaba sendo surpreendido por falta de algum material. A Figura 9 ilustra as principais perdas relacionadas as paradas não programadas.

Figura 9 Principais perdas identificadas em relação as paradas programadas

Tipo de perda	Descrição da perda
Transporte	Peças são transportadas para engenharia analisar devido a falha no processo
Processamento	Injetoras com parâmetros errados injetam peças não conformes
Defeitos	Produção de peças não conformes, perdas técnicas e purga devido a regulagens operacionais
Estoque	Peças consideradas "suspeitas" são acumuladas entre processos aguardando disposição da engenharia
Movimentação	Excessivas verificações quanto a necessidade de reabastecimento dos tonéis de matéria-prima
Espera	Atrasos na entrega de matéria-prima. Processo aguardando liberação da engenharia

Fonte: Elaborado pelos autores

4.4 ETAPA IMPROVE

Nesta etapa foi realizada primeiramente a seleção das potenciais soluções para a eliminação dos problemas identificados nas etapas anteriores. A Figura 10 apresenta o plano de ação elaborado com as potenciais soluções de melhorias no processo em estudo.

Figura 10 Plano de ação proposto no estudo

WHAT (Ação definida)	WHY (Motivo pela qual as ações estão sendo geradas)	WHO (Responsável pela ação)	WHEN (Quando será realizado)	WHERE (Onde será realizado)	HOW (Como será feito)	HOW MUCH (Quanto vai custar)	STATUS
Estabelecer um melhor sequenciamento de <i>setups</i> levando em consideração a matéria-prima utilizada	Perde-se muita matéria-prima (em purga e perda técnica) em função da troca de matéria-prima	Gabriela / Eduardo	11/09/2018	Injeção de Polímeros	Será contruída uma planilha eletrônica onde prevê relacionar molde, peça e matéria-prima	N/A	Concluído
Utilização de agente purgante para limpeza do canhão da injetora quando houver troca de matéria-prima	Para redução do tempo e da quantidade de purga e perda técnica gerada a cada troca de material por contaminação residual	Operadores / Martha	18/09/2018	Injeção de Polímeros / PCP	Programando utilização do agente na produção. Utilizando conforme especificações técnicas do fabricante, sempre que houver troca de matéria-prima	R\$ 40,00 / kg	Concluído
Diálogo com os operadores sobre perdas originadas pelo setor e seus impactos	Como conscientização, trazer para os operadores a dimensão do quanto perde-se por mês em termos de matéria-prima	Eduardo	07/09/2018	Injeção de Polímeros	Será realizada uma reunião com os operadores mostrando a situação histórica e atual do setor	N/A	Concluído
Utilização de um quadro de gestão à vista, informando os moldes em processo e próximos <i>setup's</i> para cada uma das injetoras	Atualmente a informação é repassada verbalmente durante a produção	Eduardo	11/09/2018	Injeção de Polímeros	Será instalado um quadro a ser preenchido diariamente informando a injetora, molde atual e próximo <i>setup</i>	R\$ 120	Concluído
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Atualização das Fichas de Parâmetros de Processo e retomada de seu uso	Não estão sendo usadas pelos operadores para ajustes e encontram-se desatualizadas	Eduardo / Bernardo	15/10/2018	Injeção de Polímeros	Serão coletados parâmetros das injetoras com o processo estabilizado e serão documentados	N/A	Concluído

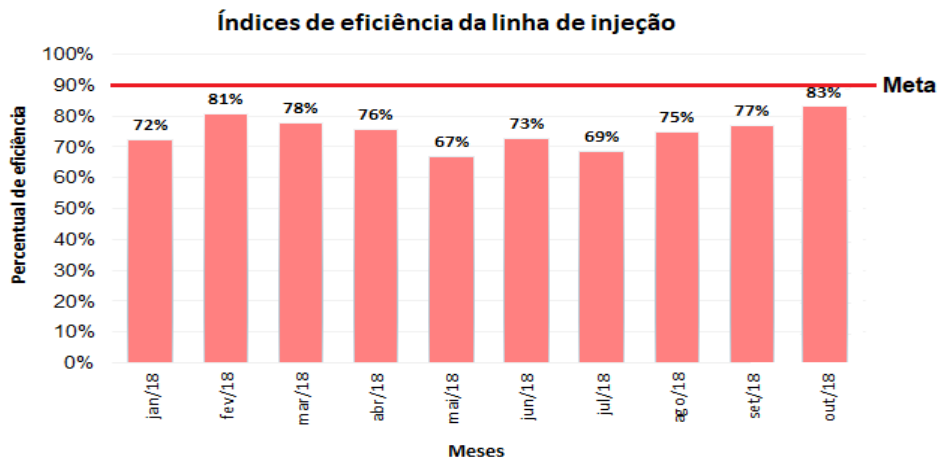
Fonte: Elaborado pelos autores

4.5 ETAPA CONTROL

A partir da execução do plano de ação, deve-se verificar na Etapa *Control*, se a meta foi atingida por meio da otimização dos processos. A Figura 11 apresenta os índices de eficiência obtidos pelo setor ao longo dos meses. Verificou-se que a meta de 90% não foi atingida em tempo hábil. Todavia, percebe-se um expressivo crescimento a partir do mês de agosto até outubro de 2018, quando se começou a atuar no processo através dos planos de

ações, alcançando um índice de 83%, um aumento de 6% comparado a agosto e de 2% comparado ao maior valor já registrado no mesmo ano, de 81% em fevereiro.

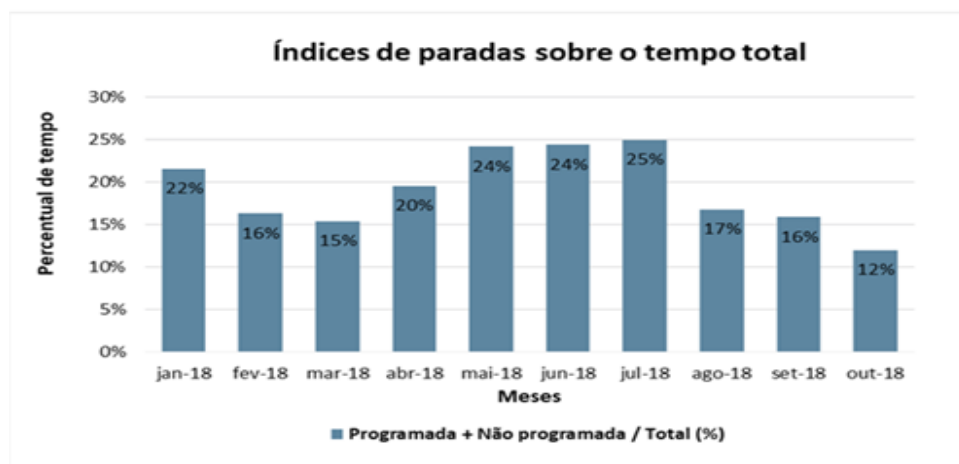
Figura 11 Eficiência obtida antes e após a execução dos planos de ação



Fonte: Elaborado pelos autores

Embora a meta da empresa não tenha sido atingida, notou-se uma importante diminuição do tempo de paradas programadas e não programadas que incidem sobre o tempo total, atingindo um índice de 12% no mês de outubro, o menor índice registrado no ano. A Figura 12 ilustra o ganho obtido.

Figura 12 Índices de paradas sobre o tempo total alcançados



Fonte: Elaborado pelos autores

A partir de uma breve revisão dos principais conceitos associados ao pensamento enxuto, ao método DMAIC e o *Lean* Seis Sigma, que embasaram este estudo, foram possíveis identificar diversas atividades que não agregavam valor ao produto final, assim como priorizar

as principais fontes causadoras de paradas de máquina e uma consequente perda de matéria-prima em função de excessivas paradas devido a variabilidade do processo.

O ciclo DMAIC aliado as ferramentas da qualidade e do *Lean Manufacture*, abordada no roteiro da metodologia proposta e executada neste estudo de caso proporcionou a condução do estudo de maneira estruturada e assertiva.

Através das constantes observações no chão de fábrica, foi possível identificar que havia um problema crítico no planejamento dos sequenciamentos dos moldes que deveriam entrar em produção, uma vez que, o tipo de matéria-prima não era levado em consideração para tal ação. Contatou-se assim, que muita matéria-prima era perdida em função de perda técnica (peças fora dos critérios de qualidade), devido a contaminação residual de diferentes tipos de resinas que ficavam acumuladas no interior do fuso (canhão) da injetora. Assim, considera-se que o desenvolvimento do novo método de sequenciamento de *setups*, como a utilização do agente purgante quando não houvesse a possibilidade de manter a mesma resina, como o principal fator na redução da perda em disponibilidade dos equipamentos e a perda com matéria-prima.

6 CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo, através do uso de ferramentas da metodologia *Lean Seis Sigma*, propor melhorias que impactassem na redução de variabilidade e aumento da eficiência de um processo produtivo, em uma linha de injetoras de uma indústria do setor de produtos médico-hospitalares.

A realização deste trabalho foi importante para estabelecer um método eficiente de resolução de problemas, até então inexistente na organização em estudo, com isso, permitir tomadas de decisão mais assertivas, baseadas na coleta e no tratamento de dados estatísticos.

Por meio do desenvolvimento deste estudo, foram detectados problemas relacionados a excessivas paradas não programadas durante o processo de injeção, onde suas principais causas foram identificadas e priorizadas. Foi possível encontrar relações entre a incidência de paradas com o consumo de matéria-prima. O plano de ação proposto e executados neste trabalho buscou tornar o processo mais estável e eficaz, tendo em vista um melhor aproveitamento da mão-de-obra, equipamentos e matéria-prima. O suporte dos gestores foram fundamentais para o cumprimento destas ações.

Conclui-se que os objetivos desse trabalho foram atingidos, uma vez que foram obtidos ganhos significativos de eficiência na linha de injeção de polímeros, registrando um aumento

de 8% em relação ao início do projeto. Além disso, reduções de tempos empregados em função de paradas foram obtidos.

REFERÊNCIAS

ANTONY, J. Some pros and cons of *six sigma*: an academic perspective, **The TQM Magazine**, Vol.16, N°4, 2004.

ANTUNES J., J. A. V.; ALVAREZ, R.; KLIPPEL, M.; BORTOLOTTI, P.; PELLEGRIN, I. **Sistemas de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2011.

FERGUNSON, Douglas. *Lean and six sigma: The same or different?* Management Services: **Journal of the Institute of Management Services**, United Kingdom, p. 12-13, 2006.

HAMBLETON, L. **Treasure Chest of Six Sigma Growth Methods, Tools, and Best Practices**. United States of America: Pearson Education, Inc., 2008.

HARRY, M.; SCHROEDER, R. *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. New York: Doubleday Random House, Inc., 2000.

KANIGOLLA, D.; CUDNEY, E. A.; CORNS, S. Enhancing engineering education using project-based learning for LM and *Six Sigma*. **International Journal of LM Six Sigma**, v. 5, n. 1, p. 45–61, 2014.

KUMAR M., ANTONY J., SINGH R. K., TIWARI, M. K. & D. PERRY. Implementing the *Lean Sigma* framework in an Indian SME: a case study, **Production Planning & Control**, 17:4, 407-423, 2006.

LIKER, Jeffrey K.; MEIER, David. **O modelo Toyota: manual de aplicação**. São Paulo: Bookman, 2007.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução Ao Controle Estatístico Da Qualidade**. 7. ed. Grupo Gen-LTC, 2016.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PRASANNA, M.; VINODH, S. *Lean Six Sigma* in SMEs: an exploration through literature review. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 11, n. 3, p. 224–250, 7 out., 2013.

- PYZDEK, T. KELLER, P. **Seis sigma: guia do profissional**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2011.
- RICARDI, André. **Gerenciamento de recursos humanos em projetos**. Elsevier Brasil, 2013.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SOUZA, Rafael Santos de. **Aplicação de ferramentas *Lean Seis Sigma* para melhoria de um processo industrial. Estudo de caso em uma indústria alimentícia**. 2015. 122f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Graduação em Engenharia de Produção, CEng – Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.
- WANG, C., QUESADA-PINEDA, H., KLINE, D. E., BUEHLMANN, U. Using Value Stream Mapping to Analyse an Upholstery Furniture Engineering Process. **Forest Products Journal**, Vol.61(5), pp. 411-421, 2011.
- WERKEMA, Cristina. **Lean seis sigma: introdução às ferramentas do *lean* manufacturing**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- WOMACK, J.P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.