

LEAN MANUFACTURING: UMA ABORDAGEM DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA SMED EM INDÚSTRIA RUMO À MANUFATURA 4.0

Anna Leticia Teixeira Rosa (Unisal)

annaltrosa@gmail.com

Riana Auxiliadora Nunes Belarmino (Unisal)

rianaanunes@hotmail.com

Erika Cristina Ribeiro (Unisal)

erika.cristinaribeiro@hotmail.com

Luciana Aparecida de Souza (Unisal)

luciana.ap.souza@hotmail.com

Cleginaldo Pereira de Carvalho (Unisal)

cleginaldopcarvalho@hotmail.com



Atualmente, experimentamos a passagem pela quarta revolução industrial, em que a tecnologia, a digitalização e a otimização dos processos têm se tornado prioridade na busca pelas melhorias contínuas dos processos de produção e redução de custos. Entretanto, no Brasil, ainda evidencia-se um grande número de empresas que não se encontram alinhadas com as mudanças originadas por tal revolução. Na década de 50, no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, houve o surgimento do Sistema Toyota de Produção (STP), o qual tinha por princípio a eliminação dos desperdícios existentes na manufatura. Posteriormente, definiu-se o sistema de manufatura denominado lean manufacturing (LM), o qual apresentava ferramentas que objetivavam a redução de perdas na produção. Uma das ferramentas do LM é o single minute exchange die (SMED), desenvolvido na década de 70 por Shingo. O SMED visa diminuir o tempo de setup das linhas de produção, para tempos de um dígito. O SMED se popularizou no Brasil como troca rápida de ferramenta (TRF) e tem sido empregado para aumento produtividade e da flexibilidade da manufatura. O objetivo deste trabalho, é o estudo de caso da aplicabilidade da ferramenta SMED em uma empresa do segmento têxtil, cujo sistema de produção é contínuo. A justificativa para tal trabalho é a quase inexistência de pesquisa de aplicação da ferramenta SMED em sistemas contínuos de produção, principalmente no segmento mencionado.

Palavras-chave: SMED, lean manufacturing, têxtil, enxuta, indústria 4.0, STP

1. Introdução

Com as mudanças do tempo e as revoluções industriais, a sociedade sofreu muitas transformações e muitas devido ao grande avanço tecnológico, fazendo assim com que as inúmeras empresas que compõe o mercado sintam a grande necessidade de estar sempre procurando inovações e aprimoramentos a fim de manterem-se firmes e competitivos no mercado atual. O novo padrão de mudanças, acaba trazendo grandes exigências para tais empresas, como o aumento do nível da qualidade, grande produtividade, flexibilidade, diminuição no custo de fabricação, diminuição no desperdício.

A indústria 4.0 traz esse conceito e foi proposto recentemente (2011). Para atender todas essas transformações o sistema produtivo fica em constante mudança. Foram realizados estudos que analisaram vários pontos que podem ser considerados obstáculos para a produção e um dos destaques para facilitar o modo operando sem aumentar os custos é diminuindo o seu tempo de setup, o tempo das trocas de ferramentas.

Para acompanhar o conceito de redução do tempo, é viável a implementação da ferramenta do *lean*, o SMED (*Single Minute of Exchange Die*), possui como objetivo criar maneiras que possam reduzir o tempo que é gasto nos processos de troca de linha, sem que haja o prejuízo no produto final.

O *lean Manufacturing* (LM) possui a filosofia que visa à produção enxuta, mesmo com o surgimento da empresa 4.0, ela não vai desaparecer e torna-se mais importante, pois a indústria 4.0 permite a visualização verdadeira de uma empresa enxuta, assim permitindo a compreensão mais rica da demanda do cliente, evitar os desperdícios, maior eficácia e menor rotatividade de empregos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA

2.1 *Lean Manufacturing* (LM)

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, muitas fábricas na Europa e no Japão estavam completamente destruídas e foi necessária a busca por um novo modelo de produção. Com isso surgiu, nas dependências da Toyota, o LM, modelo que possui como foco principal a produção enxuta. No entanto, esses conceitos só foram operacionalizados por Taiichi Ohno no final dos anos 40 (WOMACK e JONES, 1996).

De acordo com Ohno (1997), o objetivo do sistema é a eliminação de desperdício e elementos desnecessários na ordem de reduzir custos. Womack e Jones (1996) expande a abordagem e incorpora o conceito de *lean thinking*, que significa uma filosofia que requer menores prazos para realizar produtos e serviços com alta qualidade e seguindo custos, improvisando a produção através da eliminação do desperdício.

Ohno (1997) também identificou os principais tipos de desperdícios que foram categorizados como: sobre produção, espera, transporte, processamento inadequado, inventário desnecessário, movimento desnecessário e defeitos (JASTI e KODALI, 2014, BHAMU e SANGWAN, 2014). De acordo com Werkema (2011), um dos pontos importantes a observar é que a adoção da LM é um processo de mudança na cultura da organização e, portanto, não é algo fácil de ser alcançado. Logo, a utilização de uma ou mais ferramentas LM não garante que se obterá uma produção enxuta com sucesso.

Womack (2011) também compara o *Lean* ao sistema de produção em massa e mostra que praticamente é necessária apenas a metade de todos os fatores (humano, econômico e temporal) para se realizar a mesma fabricação, porém com mais qualidade.

A produção enxuta combina as vantagens da produção artesanal e em massa, evitando os altos custos da primeira e a rigidez desta última. Com essa finalidade, a produção enxuta emprega equipes de trabalhadores multi qualificados em todos os níveis de organização, além de máquinas altamente flexíveis e cada vez mais automatizadas, para produzir imensos volumes de ampla variedade (WORMACK; JONES; ROOS, 1900).

2.2 LM Têxtil

Apesar de a LM ser uma nova implantação no setor têxtil, o método de produção enxuta está sendo de grande valia, pois estão surgindo necessidades de redução de estoque, custo e desperdício, devido à grande disputa entre as indústrias no mercado e, como todos os outros setores industriais, a indústria têxtil também está à procura de métodos capazes de melhorar a fabricação através do método enxuto de produção.

Segundo Gilsa (2016) as principais particularidades que precisam ser consideradas na implantação do *lean* no segmento Têxtil são:

- a. Sazonalidade nas vendas (vendas não são niveladas durante o ano);
- b. Grande necessidade de mão-de-obra direta;
- c. Curto ciclo de vida dos produtos (moda);
- d. Matéria-prima importada;
- e. Concorrência direta com importados, entre outras.

Métodos de pesquisas realizadas já foram comprovados que o sistema diminui o desperdício e consequentemente gera lucro da indústria que queira implanta-la, como por exemplo, Cirino *et al.* (2013) realizaram um estudo em uma empresa têxtil brasileira empresa e com base em entrevistas e observações sistêmicas constatou que a adoção de práticas de LM proporcionou algumas vantagens à organização, tais como a redução tempo de espera. Karthi *et al.* (2013) relata o estudo de caso da implementação de *Leansix sigma* (LSS) e de Gestão da Qualidade Total (TQM) em uma fábrica têxtil e, assim, alcançando uma economia anual de 2 milhões de INR. Além disso, na literatura pode-se constatar com a pesquisa e propostas e modelos como o estudo feito por Kuniyoshi (2006) para mostrar como implementar o LSS em uma fábrica

têxtil, destacando suas vantagens para resultados, incluindo um calendário para a sua aplicação.

Realizaram-se pesquisas para avaliar o estado da flexibilidade de recursos e ferramentas LM.

Aplicação em fabricante de máquinas têxteis (CHAUHAN, 2016).

2.3 Manufatura enxuta e SMED

A manufatura enxuta pode ser definida como o conjunto de princípios, práticas ferramentas e técnicas criados para eliminar os desvios causadores da baixa produtividade operacional. De acordo com Womack e Jones a terminologia é uma abordagem que busca eliminar todas as fontes de desperdício do processo e beneficiar os clientes e a organização como um todo através de um desempenho otimização dos processos. Para que isso aconteça é necessário que haja a redução de desperdícios para que a organização produza produtos de qualidade, com um menor custo e um *lead time* reduzido.

O *lead time* é um fator diferencial no custeio dos processos de produção. A redução do mesmo resulta em menores custos de operação e agrega benefícios ao consumidor. Movimentações de materiais através de operações mais rápidas resultam num sistema mais enxuto e produtivo. (Garcia *et al*, 2001). A redução do *lead time* resulta numa aproximação entre os desejos do cliente e a resposta da empresa, proporcionando fidelização do cliente e menor complexidade nos negócios. Slack (1993) diz que o tempo ganho na redução do *lead time* é um investimento na satisfação do consumidor e na redução dos custos de manufatura.

De acordo com Martins e Laugen (2005), o setup ou preparação trata-se de todo o trabalho que é feito a fim de colocar o equipamento em condições normais para produzir uma nova peça com qualidade. De acordo com Shingo os estágios conceituais de aplicação da ferramenta são os seguintes:

2.3.1 Estágio inicial: Coleta de informações

No estágio inicial o que se destaca é a coleta de informações que serão estudadas, como a medição dos tempos reais de cada fase do setup, cronometragem de cada uma das tarefas, filmagens do processo. O feedback das informações é fornecido pelo operador que está executando a atividade no momento, pois apenas ele é capaz de identificar e apontar todos os problemas que interferem na operação e preparação dos equipamentos.

- a. Estágio 1: Separando Setup interno e externo;

Essa fase consiste na separação as atividades entre Setup interno (atividades que são executadas com a máquina parada) e o Setup externo (atividades que são executadas com a máquina em operação)

b. Estágio 2: Convertendo setups internos em externos;

Nessa fase o objetivo é converter o máximo possível de estágio interno para externo, o operador deve encontrar ferramentas capazes de realizar tais atividades com o equipamento em funcionamento, o que faz com que se a máquina realmente precisar ser parada o tempo de parada seja muito menos.

c. Estágio 3: Melhoria permanente nas operações da máquina;

Agora a busca é pela melhoria no processo como um todo, de maneira com que tudo que está relacionado à determinada operação seja realizado da melhor maneira possível e com o mínimo de interferências. Esse estágio caminha no sentido de que se muitos tempos de setup não são reduzidos num primeiro trabalho é necessário que se repita os estágios até que sejam alcançados melhores resultados.

2.4 Indústria 4.0

Schwab (2016) indica que a indústria 4.0, ou Quarta Revolução Industrial, vai além de sistemas e máquinas conectadas. A diferença desta revolução em relação às anteriores é a fusão e interação de tecnologias de várias áreas do conhecimento, como físicas, digitais e biológicas.

O objetivo da Indústria 4.0 é explorar o potencial resultante do uso extensivo da internet, a integração de processos técnicos e processos de negócio, o mapeamento digital e a virtualização do mundo real, e também a oportunidade de criar produtos inteligentes (VDE,2013)

Segundo (RUSSWURM, 2014), a Indústria 4.0 possui três elementos principais: rede de produção, ciclo de vida do produto e da produção e os Sistemas *Ciber-Físicos*:

1. A cadeia de valor está desempenhando um papel cada vez maior. A interoperabilidade do ERP (*Enterprise Resource Planning* - Planejamento dos Recursos Empresariais) entre fornecedores vai progredir para criar uma transparência total e uma ligação com a administração da empresa. Toda a informação necessária estará disponível em tempo real através das interfaces da empresa.
2. A fusão dos ciclos de vida do produto e da produção com base em um modelo de dados uniforme; somente então, os requisitos resultantes de ciclos de vida de produto cada vez mais curtos podem ser técnica e economicamente gerenciados.
3. Os sistemas *Ciber-Físicos* (SCF) são integrações da computação com os processos físicos, onde computadores e redes de monitoramento se incorporam para o controle de processos (LEE, 2006). São a base para uma maior flexibilidade e, por conseguintes tempos mais curtos para o mercado. Estas unidades de produção podem ser facilmente integradas nos processos de produção existentes.

Segundo (MORAIS *et al* MONTEIRO, 2016) A Indústria 4.0 é caracterizada pela crescente digitalização e interconexão de produtos, cadeias de valor e de modelos de negócios, centra-se na produção inteligente de produtos, métodos e processos (*Smart Production*). Um elemento importante da Indústria 4.0 é a fábrica inteligente (*Smart Factor*). A Fábrica Inteligente domina a complexidade, é menos suscetível a interferências e aumenta a eficiência da produção. Na fábrica inteligente comunicar-se com as pessoas, máquinas e recursos será tão natural como em um contexto de rede social. A mudança de paradigma necessária para a indústria 4.0 é um projeto de longo prazo e está somente em um processo gradual. O recebimento de ações de valor dos sistemas de produção já instalados tem um papel central.

3. Metodologia

O método de desenvolvimento deste trabalho foi o estudo de caso. De acordo com YIN (2001) o estudo de caso é um estudo de caráter empírico que investiga um fenômeno atual no contexto da vida real, geralmente considerando que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto onde se insere não são claramente definidas.

Ao conduzir um estudo de caso, temos como benefícios, a possibilidade do desenvolvimento de novas teorias e de aumentar o entendimento sobre eventos reais e contemporâneos. (MIGUEL, 2012)

Este estudo foi construído na estrutura indicada por MIGUEL (2012), conforme figura 1.

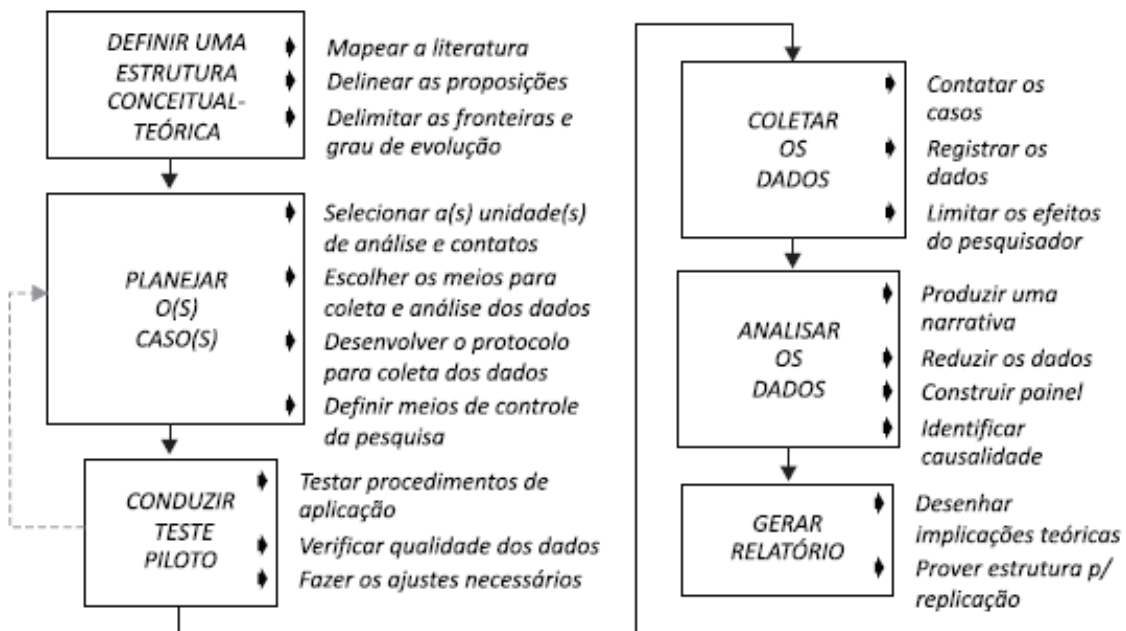


Figura 1: Condução de um estudo de caso.

Fonte: Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações. MIGUEL (2012)

Os dados da empresa que fundamentaram o estudo, foram coletados e analisados durante quatro meses, este período equivale a 120 toneladas de produto foram produzidas.

Neste trabalho abordamos a aplicação do SMED em um sistema de produção contínua, com este tema definido, seguimos para a escolha do objeto de estudo, esta escolha acompanha as restrições do tema, afinal, o objeto de estudo precisava atender as especificações do tema. Escolhemos uma empresa do segmento têxtil que tem a sua produção contínua e um tempo de setup de dois dígitos, a partir dessas informações, foi gerado o foco para concentrar os esforços e recursos para o desenvolvimento da pesquisa.

Os métodos de pesquisa que foram empregados sobre o tema *lean manufacturing* nos proporcionou a constatação de as indústrias que utilizaram esse sistema, diminuíram os desperdícios e conseqüentemente geraram lucro com essas ações. Na pesquisa sobre a ferramenta SMED foi compreendido que a ferramenta atua sobre o tempo de setup de dois dígitos reduzindo-o para um dígito, essa redução acontece em três estágios, analisando o tempo de setup externo e interno, convertendo o setup interno em externo e por último realizando melhorias na máquina ou nas operações da máquina. Todas essas informações foram reunidas no formato de um referencial teórico.

As informações da empresa escolhida foram coletadas em um estudo anterior sobre aplicação da ferramenta LM no sistema de produção da mesma, no estudo foi possível identificar que a empresa tem um tempo médio de setup de 11 minutos e 50 segundos.

Essas gamas de informações foram reunidas em nosso referencial teórico delimitou as fronteiras do nosso estudo e proporcionou a fundamentação da nossa pesquisa. Em nosso referencial teórico inserimos múltiplas fontes de evidências, o que nos permitiu utilizar a técnica de triangulação, esta técnica compreende uma interação entre as diversas fontes de evidência para sustentar o desenvolvimento do estudo.

4. Desenvolvimento para a aplicação da ferramenta SMED

Para realização da simulação do SMED na empresa escolhida, foi necessário coletar alguns dados fornecidos pelo pessoal da ACR durante as visitas à empresa têxtil. Segue abaixo os dados obtidos expostos nas tabelas 1, 2, e 3.

Tabela 1: Tempos de paragem não programados do bordado (minutos)

Data	Linha quebrada	Troca de agulhas
23 de agosto	20	-
24 de agosto	14	2
25 de agosto	35	2

26 de agosto	36	2
12 de setembro	25	-
13 de setembro	11	4
14 de setembro	36	5
15 de setembro	38	5

Tabela 2: Tempo de configuração do bordado (minutos)

Troca de linha superior	Troca de linha de fundo	Cola e cola	Modificação do design	Linha de corte / mudança de lado	Alterar linha e lados	Mudando o quadro
4,5	10	51	12	72	-	-
3	17	49	-	52	8	-
1,5	32	28,5	6	39	-	6
3	38	33	7	38	-	-
5	10	45	15	60	-	-
5	18	55	-	55	9	-
2,5	35	30,5	8	45	-	8
5	35	35	8	39	-	-

Tabela 3: Tempo de configuração do bordado (minutos)

Tempo (minutos)	Peças
15	150
7	100
10	200
16	200
22	300

7	100
8	100
7	100

Também foi necessária uma análise estatística com os dados coletados, exibidos nas tabelas 1, 2, 3 acima, com a finalidade de obter o tempo de setup, como mostra a tabela a seguir.

Tabela 6 - produção abaixo análise de dados estatísticos de tempo

Tempo de inatividade	Média (min)	Desvio Padrão (min)	Variação Coeficiente (%)	Valor P
Linha arrebitada (X₁)	26,88	10,86	40,39	0,134
Intercâmbio de linha superior (X₂)	3,69	1,361	36,91	0,128
Intercâmbio de linha botões (X₃)	24,38	11,82	48,49	0,103
Aplicação de cola pastel PET (X₄)	40,88	10,30	25,19	0,312
Corte de linha e troca lateral (X₅)	50,00	12,09	24,19	0,382
Mudança de linha e perfuração (X₆)	7,00	27,14	74,43	0,453
Troca de agulhas (X₇)	2,50	2,00	80,00	0,215
Mudança de linha e de lado (X₈)	2,13	3,94	185,59	<0,005
Troca de suporte (X₉)	1,75	3,28	187,67	<0,005
Tempo de configuração (X₁₀)	11,50	5,58	48,53	0,069

Ao observar a Tabela 6, os coeficientes de variação são extremamente altos (em cima de 20%), resultando em um impacto negativo na produção que resulta em paradas. A não padronização dos processos causa altas variações nos valores de desvio padrão. As três principais causas prejudiciais a produção é a aplicação de cola pastel PET (X_4) e o corte de linha e troca lateral (X_5).

Para medir o impacto de uma redução possível destas variáveis, foi utilizado um modelo linear em (1) para calcular as quantidades de camisetas produzidas:

$$Z = \frac{T - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)}{24} \cdot 12 \quad (1)$$

Onde:

Z = Número total de *t-shirts* produzidas

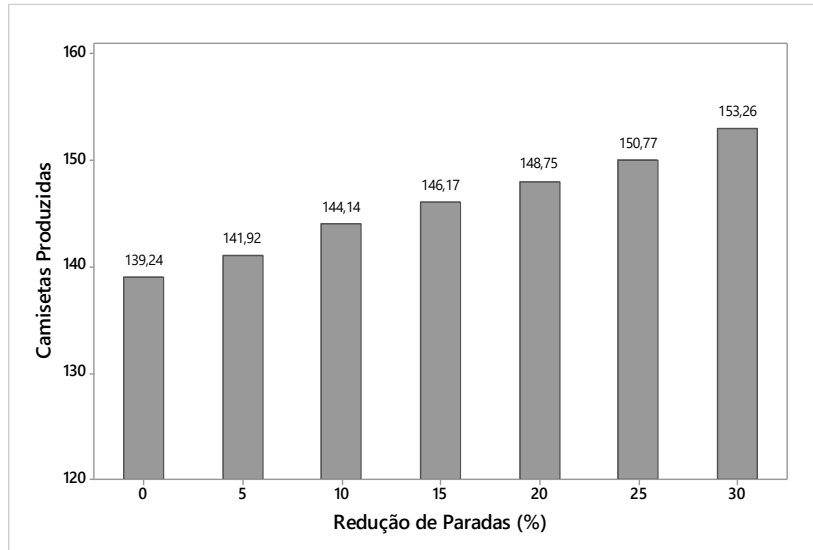
T = Tempo de produção por turno

X_i = Parando a causa i (tabela 6)

A fim de determinar o ganho efetivo na produção com a redução do tempo, considerando as duas causas, foram realizadas a simulação de Monte Carlo usando o software Crystal Ball[®]. As variáveis X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 , X_6 , sete, e X_{10} , estão sendo considerados como uma distribuição gaussiana com teste realizado (tabela 5) para um nível de significância de 5%. As variáveis X_8 e X_9 estão sendo consideradas como discretos.

Foi considerado um número de 1000 repetições do processo, com isso obteve-se o tempo de redução total do setup entre 5% e 30% do total de tempo atual para as variáveis de maior impacto X_4 e X_5 , como mostra a figura a seguir.

Figura 2 : Produção de t-shirts em função da redução do tempo de parada



No caso da possibilidade de reduzir 30% na média dos tempos de parada selecionada, haverá uma melhoria de 10% por dia do número total de camisetas produzidas, conforme ilustrado na figura anterior.

5. Conclusão

O presente artigo teve como objetivo analisar a aplicação dos conceitos SMED numa empresa do ramo têxtil e com sistema de produção contínuo.

Após a elaboração deste artigo conclui-se que a utilização da ferramenta SMED pode gerar uma grande redução de desperdícios de tempo dentro de uma organização. A implantação desse conceito pode ser observada na redução de tempos nas paradas para a troca de materiais utilizados na produção. Para implementar tal ferramenta deve ser realizada primeiramente uma análise dos setups, existe uma coleta de informações e tais informações são trabalhadas posteriormente, separando-os em setup externo e interno, convertendo o setup interno em externo e por último a realização de melhorias na máquina e/ou nas operações.

Por meio de um estudo de caso realizado na empresa foi possível perceber que existe uma grande perda com o desperdício de tempo nas paradas que interfere diretamente no resultado final, também é possível perceber que a implantação do método é de fácil aplicação e traz resultados muito compensatórios.

A simulação realizada propôs uma diminuição dos tempos que gira em torno de 5% e 30% em todas as variáveis, caso seja possível à redução de 30% na média dos tempos de setup, haverá uma melhora bastante significativa de aproximadamente 10% na produção diária da empresa, o que em longo prazo representa um avanço muito importante, havendo mais tempo disponível para aumentar a produção ou até mesmo elaborar e/ou diversificar os produtos.

Apesar da diminuição bastante significativa, ainda é possível reduzir ainda mais os tempos de parada, através de novos estudos e com a aplicação de novos conceitos de melhoria contínua para a empresa.

Referências

- BASTOS, Bernardo Campbell. **Aplicação de lean manufacturing em uma linha de produção de uma empresa do setor automotivo**. Universidade de Taubaté, 2012.
- BLACK, J.T. **The Factory with a Future**. Prentice Hall.p 1991.
- CARVALHO, Marly; PALADINI, Edson. **Gestão da qualidade: teorias e práticas**. 2º edição. Rio de Janeiro: Campus, 2012.
- CERQUEIRA, VICENTE. **Tecnologia em Design de Vidros Conformados: Uma Proposta Para Ganhos em Competitividade na Indústria 4.0**. 2016.
- COELHO, PEDRO M NOGUEIRA. **Rumo à Indústria 4.0**. 2016
- GARCIA, E.; LACERDA, L.; AROZO, R. **Gerenciando incertezas no planejamento logístico: o papel**.
- GILSA, DIETMAR VON. **Lean na Indústria Têxtil e de Confecção**. 2016
- MARTINS, P.; LAUGENI, F. **Administração da Produção**. São Paulo. Editora Saraiva. 2005. 1990.
- MIGUEL, PAULO AUGUSTO CAUCHIK. **Metodologia de Pesquisa para Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO. 2012
- MIGUEL, PAULO AUGUSTO CAUCHIK. **An investigation of qualitative research in an industrial engineering post graduate program**. Anais do XI Simpep (Simpósio de Engenharia de Produção) Bauru, 2004.
- MORAIS, ROBERTO R; MONTEIRO, ROGÉRIO. **A Indústria 4.0 e o Impacto na Área de Operações: Um Ensaio**. 2016.
- NICHOLAS, J. **Competitive Manufacturing Management**. Irwin/McGraw-Hill, 1998
- OHNO, T. **Sistema Toyota de produção – Além da produção em larga escala**. Porto Alegre: ED. Bookman, 1997.
- SANTOS, H.A, **Análise da aplicação do SMED em uma linha de produção de embalagem de líquidos de uma empresa da indústria farmacêutica**. 48f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.
- SANTOS, PAULO R. **Indústria 4.0 – Sistemas Inteligentes para Manufatura do Futuro**. 2016.
- SOUSA, R. **Case research in operations management**. EDEN Doctoral Seminar on Research Methodology in Operations Management. Bruxelas, 2005.
- SHINGO, SHIGEO. **O Sistema de troca rápida de ferramentas**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2000.
- SHINGO, S. **A revolution in manufacturing: the SMED system**. Productivity Journal, V.50, p251, 2000
- WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Campus Rio de Janeiro,
- YIN, R.K. **Estudo de caso – planejamento e método**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.



XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

"A Engenharia de Produção e as novas tecnologias produtivas: indústria 4.0, manufatura aditiva e outras abordagens
avançadas de produção"

Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017.