

# ANÁLISE DA APLICABILIDADE DE CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0 COMO FACILITADORES DOS PRINCÍPIOS DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

**Vitória Pereira Pinto**

vitoriapereirap@gmail.com

**Guilherme Brittes Benitez**

guilherme.benitez@hotmail.com

**Raquel De Abreu Pereira Uhr**

raqueluhr@gmail.com

**Alejandro Germán Frank**

frank@producao.ufrgs.br



*Tendo em vista mudanças no cenário industrial mundial com o uso cada vez mais intenso de tecnologias e com a chegada da Indústria 4.0, alterando o sistema produtivo a partir de conceitos da Internet das Coisas, sistemas ciber-físicos e conectividade, verifica-se a necessidade da comparação de conceitos e premissas entre este possível novo modelo de produção e o Sistema Toyota de Produção, um dos modelos produtivos mais difundidos atualmente. Portanto, o presente artigo tem como principal objetivo analisar a existência de uma relação de precedência entre o Lean Manufacturing e a Indústria 4.0. Uma matriz de correlação entre os principais conceitos de ambos foi construída para sintetizar, numericamente, o impacto positivo entre os princípios da Indústria 4.0 sob os do Lean. Para validar a aplicabilidade da matriz, foi realizado um estudo de caso no processo de fundição de cilindros em uma empresa do ramo metal mecânico. Visando melhorar determinados conceitos enxutos no processo em questão, foi sugerida, com base na matriz, a implementação dos princípios da Indústria 4.0 que obtiveram maior nota de correlação positiva com o que se estava querendo alavancar. Com isso, princípios Lean empregados pela empresa puderam ser alavancados com o uso de determinados conceitos da Indústria 4.0, tornando o conceito enxuto cada vez mais próximo do ideal.*

*Palavras-chave: Sistema Toyota de Produção, Indústria 4.0, Produção Lean, Matriz de Correlação*

## 1. Introdução

Após a década de 70, devido à crise mundial do petróleo, a saturação em que as empresas fordistas se encontravam, com níveis de estoques altíssimos e baixa demanda para suprir a produção, maior globalização e competitividade, fez-se necessária uma mudança no cenário organizacional. Neste cenário de mudanças, consolidou-se o Sistema Toyota de Produção (STP), por este ter como características a produção puxada e flexível, a redução das sete principais perdas (estoques finais e intermediários, tempo ocioso, movimentação, transporte, defeitos, superprodução e processamento desnecessário) além da preocupação com a qualidade e maior variedade de produtos. Além disso, segundo Proscurcin (1995), esse modelo produtivo rege a preocupação com a melhoria contínua do processo (*kaizen*) e baseia-se no princípio da multifuncionalidade, ou seja, um homem para vários postos de trabalho e de empowerment, a fim de transferir às equipes maior nível de responsabilidade e autonomia para a realização de suas tarefas, além de permitir, ao operador e à máquina, um maior poder de tomadas de decisão a respeito da linha de produção (autonomação).

Com o avanço das tecnologias da informação e do conhecimento fizeram com que, por volta de 2010, surgisse na Alemanha um possível novo modelo de produção: a Indústria 4.0, que une a automação da informação com a automação fabril já utilizada na Revolução Industrial passada. Os elementos fundamentais desta 4ª Revolução seriam a fusão do mundo virtual e real; a utilização de sistemas ciber-físicos (unidades de produção com representação virtual, permitindo maiores níveis de automação); e a flexibilidade da cadeia produtiva com informação disponível em tempo real para fornecedores e clientes (DAUDT e WILLCOX, 2016). Esses sistemas ciber-físicos, só foram possíveis devido à internet das coisas e à computação em nuvem, que possibilitaram a conexão das máquinas à rede de Internet, entre elas mesmas, e aos processos digitais de captura e geração de dados, para a tomada de decisão otimizada (SALTIÉL e NUNES, 2017). Trata-se, portanto, de uma digitalização dos processos produtivos, juntamente com uma alimentação de dados em tempo real que permitem otimizá-los e flexibilizá-los.

Os três maiores desafios relacionados à implementação da Indústria 4.0 foram identificados como padronização, organização do trabalho e disponibilidade de produtos (KAGERMANN et al., 2013). Visto que estes fatores estão estritamente relacionados ao STP, além de estar

vivenciando um contexto de passagem da Terceira para a Quarta Revolução Industrial, visa-se entender se há e quais são as correlações entre ambas. Portanto, o presente trabalho irá analisar as ferramentas *Lean* por trás do combate às sete perdas definidas por Ohno, a fim de verificar como tais pensamentos enxutos suportam a Indústria 4.0, e como esta última pode potencializar os princípios *Lean* com suas tecnologias, além de estudar se existe uma ordem de precedência entre os dois modelos produtivos.

## 2. Referencial teórico

### 2.1. Sistema *lean* de produção

No período pós-guerra, a indústria japonesa se encontrou em uma situação de restrição de mercado, com condições de baixa demanda, o que exigia a produção de lotes pequenos, mas de uma maior variedade de produtos (KAYSER, 2001). Portanto, diferentemente da produção em massa Fordista, o Sistema Toyota de Produção (STP) surgiu pensando em reduzir excessos de estoque, permitir uma maior variação de produtos, reduzir custos e melhorar a qualidade.

Na construção enxuta a ideia central é perceber que os custos totais de qualquer produto levam consigo uma parte do custo de atividades que não agregam valor algum na percepção do cliente (VENTURINI, 2015). Isto, no Toyotismo, foi definido como as sete perdas principais, as quais devem ser eliminadas para melhorar a eficiência do processo e reduzir custos. Analisando as perdas (superprodução, espera, transporte, processamento em si, estoques, movimento e elaboração de produtos defeituosos), percebe-se que o STP é integralmente voltado ao cliente objetivando sua máxima satisfação, tanto em termos de qualidade, quanto em tempo de espera e buscando fabricar somente mediante demanda (*just in time*). Portanto, tratam-se de processos puxados e ininterruptos de agregação de valor, que começam a partir de uma demanda do cliente e são regados por uma cultura de melhoria contínua (DE ASSIS, 2010).

Para atingir seus objetivos de redução dos desperdícios e alcançar o zero defeito, o STP possui uma série de princípios e ferramentas. Dentre elas estão o *Just in Time* (JIT), *Heijunka*, Automação, Padronização, *Kaizen*, 5S, *Jidoka*, Redução de perdas, Produção Puxada, Flexibilidade, *Kanban*, *Takt-time*, *Poka-yoke*, TPM, TQC, Transparência (ALMEIDA, 2010; KAYSER, 2011; SILVA, 2002; VENTURINI, 2015).

## 2.2 Indústria 4.0

O termo surgiu na feira industrial de tecnologia de Hannover Messe, na Alemanha, em 2011, no qual visa à criação de fábricas inteligentes, conectadas entre si e com sua cadeia produtiva em sistemas ciber-físicos (CPS - *Cyber-Physical Systems*). Esses sistemas visam unir o mundo real no virtual, ou seja, objetiva integrar máquinas, equipamentos e processos possibilitando um controle e monitoramento dos mesmos por meio da digitalização. Neste contexto de integração das tecnologias da Indústria 4.0, as empresas estão integrando todos os seus processos físicos cibernéticos de forma a permitir ampla customização dos produtos e serviços, bem como obter uma produção autônoma e mais controlada (SANTOS et al., 2017).

O rápido avanço dos conceitos da 4ª Revolução Industrial vem ocorrendo devido ao desenvolvimento e transformação das tecnologias de informação e comunicação. Os impactos dessa nova revolução serão grandes, e não só restritos à indústria. Segundo Kagermann et al. (2013), o potencial da Indústria 4.0 está em: (i) atender especificações individuais dos clientes; (ii) ter flexibilidade para modificar processos; (iii) permitir transparência de todo o processo em tempo real, otimizando a tomada de decisões; cria novas formas de entregar valor através dos serviços, por exemplo; e (iv) continuar buscando a maior produtividade e eficiência dos processos, produzindo mais com menos recursos. Portanto, percebe-se que a Indústria 4.0 visa à otimização das cadeias de valor.

A digitalização dos processos e o uso de novas tecnologias permitem com que potenciais fontes de falha sejam identificadas devido ao desempenho controlado das máquinas. Dessa forma, a Indústria 4.0 potencializou o conceito de manutenção preditiva, permitindo realizar a manutenção somente quando for necessário de fato, tendo como base os dados de desempenho do equipamento. Evita-se, assim, gastos e uso de recursos para realizar uma atividade que talvez não fosse necessária no momento escolhido para a manutenção preventiva.

## 2.3 Sistema *lean* de produção VS. Indústria 4.0

O STP é, hoje, o sistema de produção mais usado nas empresas, devido os seus objetivos serem: (i) redução de atividades que não agregam valor aos produtos; (ii) aumento da qualidade; e (iii) processos contínuos sem paradas não previstas, orientados pelos clientes e

flexíveis para possibilitar atender demandas variadas. Portanto, o Sistema *Lean* foi um dos grandes propulsores do aumento da eficiência e da performance, bem como da estabilidade, em um período em que o mercado estava mudando. Entretanto, segundo Kolberg e Zühlke (2015) o STP chegou no seu limite em termos de desenvolvimento, porém, sua performance pode ser alavancada pela incorporação de sistemas de comunicação e informação da Indústria 4.0, uma vez que esta também objetiva a otimização da cadeia de valor e a implementação de uma produção autônoma controlada e dinâmica. Além disso, como os processos *Lean* são menos complexos (devido à organização, estabilidade, padronização, transparência etc) em relação a outros sistemas produtivos, torna-se mais fácil a implementação da Indústria 4.0.

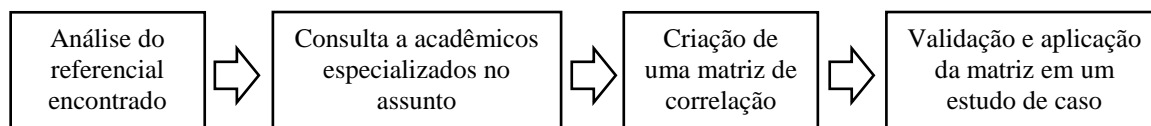
Nesse sentido, Dombrowski et al. (2017) afirmam que todo aspecto da Indústria 4.0 pode ser associado a um princípio *Lean*, mas que esta primeira pode trazer benefícios ao *Lean* com seus avanços tecnológicos. Ou seja, evidencia-se uma ordem “evolutiva”, uma vez que o STP é responsável por criar processos otimizados, organizados e eficientes, e as ferramentas da 4ª Revolução Industrial digitalizam tais processos e os conectam. Caso não houvesse esta precedência de conceitos, as tecnologias da Indústria 4.0 não seriam de grande utilidade, uma vez que não resolveriam os problemas e gargalos do sistema, levando à digitalização de um processo ineficiente, o qual estaria a todo momento sinalizando adversidades. Porém, havendo uma ordem de implementação entre os dois modelos produtivos, a Indústria 4.0 pode tornar cada vez mais real a fábrica enxuta almejada pelo STP, pois, dentre muitos outros benefícios, permite entender melhor a demanda, compartilhar informações sobre ela para a fábrica em tempo real e, dessa forma, gerenciar os processos de modo a gerar menos estoques e verdadeiramente implementar o JIT.

### 3. Procedimentos metodológicos

A metodologia deste artigo está ilustrada na Figura 1. O preenchimento da matriz com notas que indicam as correlações positivas entre os princípios e ferramentas *Lean* com os princípios e tecnologias da Indústria 4.0 foi realizado por três acadêmicos especializados no assunto. Cada pesquisador deu uma nota de 1, 3, 6, ou 9 para cada relação, sendo 9 a correlação mais forte, ou seja, quando há maior benefício do impacto da tecnologia e/ou princípio da Indústria 4.0 no respectivo conceito enxuto. Para chegar nos valores mostrados na matriz, foi feita uma média entre os valores sugeridos por cada um dos acadêmicos.

O objetivo da matriz é que a sua análise permita às empresas identificar sua situação atual, em termos de quais princípios do STP são utilizados e devem ser alavancados para, assim, avaliar possíveis melhorias em seus processos, baseando-se na Indústria 4.0. Para isso, inicialmente é preciso analisar o processo e entender quais são suas características e práticas *Lean* utilizadas.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia



Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Objetivando verificar a aplicabilidade da matriz criada e, assim, concluir a quarta etapa da metodologia, realizou-se um estudo em um dos processos da sede brasileira de uma empresa do ramo metal mecânico localizada em São Leopoldo/RS. Primeiramente, a matriz foi validada junto à equipe de melhoria contínua da empresa, que acreditou estarem corretas as correlações. Em um segundo momento, foi escolhido o projeto de melhoria das medições em processo para avaliação, em especial, a etapa de corte do processo de fundição dos cilindros de combustão. Um grupo multifuncional foi reunido para fazer um mapeamento do processo, entender o que se desejava melhorar e quais conceitos *Lean* seriam vantajosos de se aprimorar, por estarem sendo críticos à empresa. Por fim, a matriz foi utilizada para propor a implantação e uso de novas tecnologias e princípios que, talvez, não fossem tão óbvias em um primeiro momento, mas que poderiam contribuir para alcançar os objetivos do projeto.

#### 4. Resultados e discussões

Após consulta e avaliação das notas dadas por cada um dos acadêmicos, a matriz de correlação (Figura 1) foi criada. Como dito anteriormente, a partir dos impactos/notas de correlação observadas na matriz é possível definir tecnologias e princípios da Indústria 4.0 que podem alavancar os princípios enxutos utilizados nos processos das empresas

Figura 1 - Matriz de correlação entre princípio *Lean* e tecnologias da Indústria 4.0

|     | RF Id | Sensores | Robôs autônomos | Manufatura aditiva | Simulação | Integração horizontal | Integração vertical | End-to-end engineering | Big data analytics | Computação em nuvem | Realidade aumentada |
|-----|-------|----------|-----------------|--------------------|-----------|-----------------------|---------------------|------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| JIT | 9     | 6        | 9               | 9                  | 9         | 9                     | 9                   | 6                      | 9                  | 6                   | 6                   |

|                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kaizen          | 3 | 9 | 6 | 6 | 9 | 9 | 9 | 6 | 9 | 6 | 9 |
| Jidoka          | 1 | 9 | 9 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 6 | 6 | 9 |
| Heijunka        | 3 | 9 | 9 | 3 | 9 | 6 | 9 | 1 | 6 | 6 | 1 |
| Padronização    | 3 | 3 | 9 | 6 | 3 | 3 | 6 | 1 | 6 | 6 | 1 |
| 5S              | 6 | 3 | 6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| Redução perdas  | 9 | 6 | 6 | 9 | 3 | 9 | 9 | 3 | 9 | 6 | 6 |
| Produção puxada | 9 | 9 | 3 | 9 | 6 | 9 | 9 | 3 | 9 | 6 | 1 |
| Flexibilidade   | 9 | 9 | 6 | 9 | 6 | 9 | 6 | 6 | 3 | 6 | 3 |
| Kanban          | 9 | 6 | 1 | 1 | 3 | 6 | 3 | 1 | 6 | 6 | 1 |
| Takt time       | 9 | 9 | 9 | 1 | 6 | 6 | 6 | 3 | 6 | 3 | 1 |
| Poka-yoke       | 9 | 9 | 9 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| TPM             | 3 | 9 | 6 | 6 | 9 | 6 | 9 | 3 | 9 | 9 | 9 |
| TQC             | 6 | 9 | 6 | 9 | 9 | 6 | 9 | 9 | 9 | 9 | 6 |
| Transparência   | 6 | 9 | 1 | 1 | 6 | 9 | 9 | 3 | 3 | 6 | 9 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Para validar e aplicar a matriz foi escolhida o processo de corte de fundição de cilindro. Entretanto, no estudo de caso em questão, não será possível avaliar todos os aspectos contemplados na matriz, uma vez que no processo analisado somente os conceitos de *poka-yoke*, redução de perdas e transparência são aplicados. Nesse sentido, para evitar atividades que não agregam valor ao produto (redução de perdas), como medição e retrabalho, a empresa definiu medições amostrais e não 100% – a definição do momento de realizá-las se dá devido ao tempo de produção já incorrido – e o uso de *poka-yokes* para garantir que os cilindros sejam colocados na posição correta para realização do corte. Além disso, atualmente, há um intensivo treinamento e programas de incentivo para que os operários insiram no sistema os valores encontrados em suas medições corretamente e no momento em que foram feitas para que informações não se percam (transparência de resultados). Apesar disso, muitas vezes as medições não são realizadas, ou então não são informadas ao sistema da empresa.

O projeto de melhoria das medições em processo tem como principais objetivos: (i) redefinir o momento ideal de realizar uma medição da peça produzida; (ii) criar um meio de certificar-se de que a medição foi, de fato, realizada e que os valores obtidos foram corretamente informados ao sistema da empresa; (iii) melhorar o sistema de *poka-yokes* existentes; (iv)



melhorar o processo para evitar com que peças boas sejam bloqueadas em processo devido a alguma possível causa especial encontrada durante a medição – reduzir a perda por material em processo. Tendo em vista esses três aspectos *Lean* que a empresa está buscando aprimorar, foram consultadas na matriz quais ferramentas da Indústria 4.0 teriam melhor impacto (notas 6 e 9) sob eles (Figura 2).

Figura 2 - Matriz de correlação entre princípio *Lean* e tecnologias da Indústria 4.0

|                   | RFI<br>d | Senso<br>res | Robôs<br>autôno<br>mos | Manufat<br>ura<br>aditiva | Simula<br>ção | Integra<br>ção<br>horizon<br>tal | Integra<br>ção<br>vertical | Big<br>data<br>analyt<br>ics | Computa<br>ção em<br>nuvem | Realida<br>de<br>aument<br>ada |
|-------------------|----------|--------------|------------------------|---------------------------|---------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Redução<br>perdas | 9        | 6            | 6                      | 9                         | -             | 9                                | 9                          | 9                            | 6                          | 6                              |
| Poka-yoke         | 9        | 9            | 9                      | 6                         | 6             | -                                | -                          | -                            | -                          | -                              |
| Transparê<br>ncia | 6        | 9            | -                      | -                         | 6             | 9                                | 9                          | -                            | 6                          | 9                              |

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Inicialmente, em relação à redução das perdas, verificou-se na matriz que as principais práticas da Indústria 4.0 que poderiam ser benéficas a ela e que caberiam ser utilizadas pela empresa naquele processo são: sensores, integração vertical e horizontal, *big data analytics* e computação em nuvem. Para reduzir a quantidade de medições amostrais desnecessárias, foi pensado em utilizar dados disponíveis na nuvem da empresa sobre a capacidade de seus processos para definir uma quantidade limite de peças produzidas, que quando atingida deveria ocorrer uma inspeção – e não mais por tempo de produção incorrido. Para ser alimentada pelo estudo de capacidade e poder gerar novos números à empresa e possibilitar novos estudos em tempo real, foi sugerido conectar a máquina de corte ao MES, um sistema gerencial de produção implementado há pouco tempo pela empresa e que se encarrega da integração vertical da fábrica. Com base nos dados de estudos realizados anteriormente, a máquina gera alertas quando chegar o momento de medição. Paralelo a isto, objetivando reduzir a perda por material em processo, ou seja, evitar com que todas as peças produzidas desde o último setup sejam bloqueadas quando encontrada uma não conformidade na medição, visou-se, novamente, utilizar da integração vertical para intervir rapidamente e disparar uma ordem ao operador para realizar a medição de cinco peças antes da encontrada



fora do padrão, e cinco peças depois, a fim de excluir a possibilidade de ser somente uma causa especial e, assim, poder liberar o resto do lote.

Em relação à transparência, as práticas da Indústria 4.0 que podem aprimorá-la são, principalmente, a integração vertical e horizontal, os sensores e a realidade aumentada. Portanto, para ter uma maior transparência em relação aos valores medidos e certificar-se de que a medição foi realizada, foi sugerido a integração dos equipamentos de medição ao sistema ciber físico de gerenciamento da produção, ou seja, ao próprio MES que a empresa utiliza. Desta forma, garante-se que os valores sejam informados corretamente, pelo próprio dispositivo de medição, e há um controle sobre a realização ou não das medições.

Referente aos *poka-yokes*, os dispositivos atuais conseguem somente impedir com que o cilindro não seja colocado em posições diagonais e fora da zona pela qual passa a lâmina do corte. Porém, eles não conseguem determinar que as faces do cilindro – que são diferentes entre si – estejam dispostas de forma correta, para que seja realizado o corte correto na respectiva face correspondente a ele. Este trabalho de verificação é feito pelo trabalhador responsável pela operação. Para melhorar tais dispositivos, a implantação de sensores – que possuem correspondência 9 com os *poka-yokes* – está sendo analisada. Os sensores instalados na própria máquina de corte possibilitariam verificar a posição dos cilindros, bem como se a disposição das faces está correta, para evitar com que uma determinar face seja cortada de forma inadequada.

## 5. Conclusão

O presente artigo teve como principal objetivo analisar a existência de uma relação de precedência entre o *Lean Manufacturing* e a Indústria 4.0, a fim de propor a utilização de conceitos da Indústria 4.0 para alavancar o Sistema Toyota de Produção. Por meio de estudos teóricos sobre ambos, percebeu-se que apesar do *Lean* melhorar a eficiência de uma empresa, há a necessidade da inserção de tecnologias da Indústria 4.0 para que as suas práticas possam ser melhoradas. Ou seja, apesar do surgimento de um novo modelo produtivo devido às novas tecnologias de comunicação e informação, o Sistema Toyota de Produção não deverá deixar de existir, e ser relevante para muitas organizações. Ele será complementado com as ferramentas emergentes da Indústria 4.0.

Para analisar a aplicabilidade da matriz, foi realizado um estudo de caso em uma empresa do ramo metal mecânico. A matriz se fez muito útil para auxiliar na decisão de como melhorar os pontos críticos relacionados aos aspectos da produção enxuta empregados na etapa de corte no processo de fundição de cilindros. A partir dos resultados encontrados na matriz foram propostas novas tecnologias e princípios relacionados à Indústria 4.0 que trarão grandes benefícios ao processo na questão de redução de perdas, transparência e *poka-yokes*. Por meio desta aplicação, concluiu-se que a matriz pode ser extremamente útil, por compilar informações relevantes a organizações em busca de melhorias.

Entretanto, deveriam ser realizados outros estudos de caso, a fim de confirmar se todas as relações feitas, com os outros conceitos que não foram utilizados no estudo em questão, estão corretos. Além disso, o método criado tem como restrição o fato de que: nem todos as empresas utilizam todos os princípios do STP apontados na matriz; muitas organizações têm restrições quanto a implementação de práticas e tecnologias da Indústria 4.0; e nem todos os conceitos da Indústria 4.0 conseguem ser implantados em todos os cenários das indústrias, por mais que as correlações possuam uma nota muito positiva. Busca-se, portanto, em trabalhos futuros, aplicar a matriz em cenários que contemplem, por exemplo, um maior número de ferramentas Lean utilizadas e que façam uso das tecnologias da Indústria 4.0, a fim de confirmar a abrangência da sua aplicação.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lucas Milanez de Lima. **O modelo de gestão da Toyota: uma análise do Lean Manufacturing ou manufatura enxuta baseada na teoria marxiana do valor trabalho**". 2010. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Economia, Programa de Pós-graduação em Economia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

ASSIS, Vinicius Valverde de. **Controle de Estoque com a Utilização do Sistema Kanban**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

DAUDT, Gabriel; WILLCOX, Luiz Daniel. Reflexões críticas a partir das experiências dos Estados Unidos e da Alemanha em manufatura avançada. **Bndes Setorial**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 44, p.5-45, set. 2016. Semestral.

DOMBROWSKI, Uwe; RICHTER, Thomas; KRENKEL, Philipp. Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems: A Use Cases Analysis. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 1061-1068, 2017.

KAGERMANN, H./ WAHLSTER, W./HELBIG, J. (Eds.): **Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0**. (ACATECH Working Group.), Munich: Herbert Utz Verlag 2013.

KAYSER, Detlev. **Identificação e redução de perdas segundo o Sistema Toyota de Produção: um estudo de caso na área de revestimentos de superfícies.** 2001. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Feredal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

KOLBERG, Dennis; ZÜHLKE, Detlef. Lean automation enabled by industry 4.0 technologies. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 3, p. 1870-1875, 2015.

PROSCURCIN, Pedro. Trabalho em grupo semi-autônomo. São Paulo: Ed. STS, 1995.

SALTIÉL, Renan Mathias Ferreira; NUNES, Fabiano. Indústria 4.0 e Sistema Hyundai de Produção: suas interações e diferenças. **V Simpósio de Engenharia de Produção**, Joinville, maio 2017.

SANTOS, Paulo Roberto dos; MEDEIROS, Débora Maria Rossi de; MESSAGE, Eliana Regina Rodrigues. A estrutura de tecnologia da informação na cadeia de valor sob o contexto da indústria 4.0. **Simpoi**, São Paulo, ago. 2017. Anual.

SILVA, Edson Zílio. **Autonomação e a eliminação das perdas: a base de uma estratégia de produção para assegurar uma posição competitiva na indústria.** 2002. 191 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Universidade Feredal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

VENTURINI, Juliana Sanches. **PROPOSTA DE AÇÕES BASEADAS NOS 11 PRINCÍPIOS LEAN CONSTRUCTION PARA IMPLANTAÇÃO EM UM CANTEIRO DE OBRAS DE SANTA MARIA.** 2015. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.