

O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0 E SEU ALINHAMENTO COM OS PARADIGMAS ESTRATÉGICOS DE GESTÃO DA MANUFATURA

Paulo Eduardo Pissardini
pissardini.engenharia@gmail.com
José Benedito Sacomano
jbsacomano@gmail.com



O presente texto trata de construir um cenário para relatar as funções do Planejamento e Controle da Produção no Paradigma Estratégico de Gestão de Manufatura Indústria 4.0. Não há ainda literatura com a descrição destas funções, conforme visto na metodologia utilizada. Foi feito um estudo da proposta de Godinho Filho (2004), que abordou o alinhamento do Planejamento e Controle da Produção com os Paradigmas Estratégicos de Gestão de Manufatura. Neste sentido, o estudo configurou condicionadores, objetivos, facilitadores e objetivos de desempenho da manufatura para o PEGEM Indústria 4.0 no mesmo cenário teórico proposto por Godinho Filho (2004). O objetivo desta pesquisa foi alcançado de maneira satisfatória, de forma que pode-se afirmar que há uma estrutura funcional específica do Planejamento e Controle da Produção no PEGEM Indústria 4.0. O próximo passo será estabelecer quais são estas funções e qual é sua estrutura funcional.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Planejamento e controle da produção, Paradigmas Estratégicos da Gestão de Manufatura

1. Introdução

Muitos são os itens que compõem o PCP na indústria convencional. Com o alto número de elementos, técnicas e ferramentas utilizadas com a finalidade de se atingir objetivos específicos de desempenho relacionados à determinados requisitos de mercado, a tarefa de Planejar e Controlar a Produção mostra-se de grande complexidade. Estes diversos elementos quando agrupados com a finalidade de se atingir determinados objetivos de desempenho conferem características que nos permitem classificar os sistemas de produção como ideais para determinados ambientes. A manufatura em massa, por exemplo, é conseguida através da combinação de determinados elementos como maquinaria rígida, baixa flexibilidade, arranjo físico em linha, processo altamente dividido entre outros elementos. Estes elementos combinados permitem ao sistema de produção atingir seu objetivo principal, o baixo custo unitário e/ou economia de escala. O mesmo acontece com outros Paradigmas Estratégicos de Gestão de Manufatura (PEGEMs) como, por exemplo, a manufatura em massa atual, a manufatura enxuta, a manufatura de resposta rápida a manufatura ágil e, não diferente, com a Indústria 4.0. Godinho Filho (2004) agrupou os diversos elementos técnicos que objetivam resultados similares em quatro elementos-chave, a fim de permitir maior integração entre o PCP e os Paradigmas Estratégicos de Gestão de Manufatura (PEGEMs) que, segundo o mesmo autor pode ser definido como modelos/padrões estratégicos e integrados de gestão, direcionadas a certas situações de mercado, que se propõem a auxiliar as empresas a alcançarem determinados objetivos de desempenho (daí o nome estratégicos); paradigmas estes compostos de uma série de princípios e capacitadores (daí a denominação gestão) que possibilitam que a empresa, a partir de sua função manufatura (daí a denominação manufatura, atinja tais objetivos, aumentando desta forma seu poder competitivo).

Diversos PEGEMs foram classificados por Godinho Filho (2004) Manufatura em Massa Atual (MMA), Manufatura Enxuta (ME), Manufatura Responsiva (MR), Customização em Massa (CM), Manufatura Ágil (MA), cada um com seus quatro elementos-chave direcionadores, princípios, capacitadores e objetivos de desempenho.

O avanço das tecnologias, no entanto, trouxe consigo o surgimento de um novo PEGEM, denominado Indústria 4.0 (I 4.0).

Segundo Godinho Filho (2004) os direcionadores são as condições de mercado que possibilitam, requerem ou facilitam a implantação de determinado PEGEM. Os princípios são as ideias (ou regras, fundamentos, ensinamentos) que norteiam a empresa na adoção de um PEGEM. Os princípios representam o “o quê” deve ser feito para se atingir os objetivos de

produção, os capacitadores são as ferramentas, tecnologias e metodologias que devem ser implementadas. Os capacitadores representam o “como” seguir os princípios, alcançando-se desta forma excelentes resultados com relação aos objetivos de desempenho da produção. Os objetivos de desempenho da produção são os objetivos estratégicos da produção relacionados com o paradigma. Cada PEGEM está relacionado a determinados objetivos de desempenho da produção.

Percebe-se não haver na literatura atual classificação que aponte os itens que integram os quatro elementos-chave que são os pilares do PEGEM I 4.0. Este trabalho pretende preencher esta lacuna através de uma pesquisa teórico-conceitual.

Na seção 1 deste artigo introduzimos alguns conceitos fundamentais para o entendimento deste trabalho. Na seção 1.1 apresentamos o objetivo deste trabalho. Na seção 1.2 levantamos os principais elementos que compõem o Planejamento e Controle da Produção no PEGEM Indústria 4.0. Na seção 02 tecemos a metodologia, compilando e posteriormente classificando os dados levantados direcionando-os aos quatro elementos-chave do PEGEM. Na seção 03 apresentamos as considerações finais deste trabalho sugerindo a continuidade do mesmo, sugerindo o estabelecimento das funções e a respectiva estrutura funcional do Planejamento e Controle da Produção no PEGEM Indústria 4.0.

1.1. Objetivo

O objetivo do presente trabalho é construir um primeiro cenário do Planejamento e Controle da Produção na Indústria 4.0, apresentando os elementos que compõe o Planejamento e Controle da Produção e classificando-os dentro dos quatro pilares que são a base de um PEGEM.

1.2. Revisão Bibliográfica

O termo I 4.0 foi primeiramente publicado em um artigo em novembro de 2011 e, segundo Mrugalska e Wyrwicka (p. 04, 2016), no mesmo ano se tornou uma estratégia do governo alemão incluída no plano de ação estratégico de alta tecnologia para 2020. Os mesmos autores afirmam ainda que não temos uma definição formalmente respeitada para os conceitos da indústria 4.0.

Em 2014 o *Industrial Internet Consortium* apontou que a maquinaria física complexa e dispositivos, sensores ligados em rede e softwares são utilizados para prever, planejar e

controlar a fim de atingir melhores resultados sociais. Para Karger e Helbig (2013) um novo nível de valor no gerenciamento e organização da cadeia de suprimentos em torno do ciclo de vida do produto está acontecendo na indústria 4.0. De acordo com a *Acatech Plattform Industrie 4.0* (2016), a indústria 4.0 está focada na otimização da cadeia de valor devido à dinâmica de produção autonomamente controlada. Broy, Karger e Achatz (2010) apontam que a indústria 4.0 cobre o *design* e a implementação de produtos e serviços competitivos, logística e sistema de produção flexível e administração eficiente.

De acordo com Wyrwicka (2014), Sistemas Ciber Físicos (CPS) podem ser usados para trabalhar autonomamente e interagir com o ambiente de produção via micro controladores, atuadores e uma interface de comunicação.

Cimini, Pinto e Cavalieri (2017) nos afirmam que a integração horizontal refere-se à conexão de diferentes sistemas de produção em uma cadeia de produção inteligente. Zhong et al. (2017) apontam os sistemas incorporados e controle distribuído e descentralizado como elemento da Indústria 4.0. Os mesmos autores apontam também o uso de tecnologia Big-Data como elemento que dá suporte à Indústria 4.0. Santos et al. (2017) indicam diversos elementos que compõem a estrutura da I 4.0 tais como: Computação em nuvem, IoT, Sistemas Incorporados, Colaboração, Interconexão, Fábrica Inteligente, Segurança, impressão 3D, Análise de dados, Inteligência e autonomia, Customização em massa, Cadeia de Valores, Realidade Virtual Aumentada, Digitalização, Adaptabilidade, Teoria do Agente. Vaidya, Ambad e Bhosle (2018) também confirmaram que a digitalização é uma necessidade para a indústria de hoje. Os mesmos autores, suportados por outros apontaram também nove elementos que compõem o PEGEM I 4.0, sendo eles *Big Data* e Análise (Rüßmann et al. (2015)), Robôs autônomos ((Rüßmann et al (2015); (Mak et al (2016)), Simulação (2 e 3D) ((Rüßmann et al (2015); (Simons, Abé, Neser (2017); Schuh et al (2014)), Integração (vertical e horizontal) (Erol et al. (2016); Schuh et al. (2014); Stock e Seliger (2016)), IoT (Neugebauer et al (2016); Hozdić (2015); Schumacher, Erol, Sihna (2016); Valdeza, Braunera, Schaara (2015); Dutra e Silva (2016)), Sistemas de Segurança e Ciber Físicos (Qin, Liu e Grosvenor (2016); Rüßmann et al (2015); (Neugebauer et al (2016); Bagheri et al (2015); Stock e Seliger (2016); Landherr, Schneider e Bauernhansl (2016); Ivanov, Sokolov e Ivanova (2016); Kolberg e Zühlke (2015)), Manufatura Aditiva (Rüßmann et al (2015); Landherr, Schneider e Bauernhansl (2016); Marilungo et al (2017)), Nuvem (Rüßmann et al (2015); Rennung, Luminosu e Draghisi (2016)), e Realidade Aumentada (Brettel, Friederichsen e Keller (2014)).

O Roteiro Tecnológico é citado por Garcia e Bray (1997) como outro fator de grande importância para a arquitetura da indústria 4.0. Hermann, Pentek e Otto (2016) e Qin, Liu e Grosvenor (2016) apontaram seis princípios e quatro direcionadores da indústria 4.0, sendo os princípios a interoperabilidade, a virtualidade, a capacidade de resposta em tempo real, a descentralização, a orientação para serviços e a Modularidade. Já os direcionadores apontados pelos pesquisadores são: direcionadores organizacionais, tecnológicos, de inovação e operacionais, sendo importante ressaltar que dentro de cada um dos direcionadores citados temos diversos elementos que o compõem.

(Brynjolfsson, McAfee, (2014); Lasi et al., (2014); Russwurm, (2014); Schröder et al., (2015); Sugayama, Negrelli, (2015)) sugerem três elementos como sendo os principais componentes do PEGEM I 4.0: A rede de produção e de produto, o ciclo de vida do produto e sistemas ciber-físicos. O primeiro elemento engloba os sistemas MES (*Manufacturing Execution Systems*) e ERP (*Enterprise Resource Planning*). O segundo elemento engloba os ciclos de vida da produção e do produto. O terceiro elemento incluiu a integração entre os mundos virtual e físico e engloba sensores e atuadores, softwares integrados a todas as partes do processo, permitindo uma rápida troca de informações, alta flexibilidade de processos e controle preciso do processo produtivo.

Hermann; Pentek; Otto, (2016) e Nunes; Menezes, (2014) destacam o uso da tecnologia de RFID para o controle de produção na indústria 4.0. Feeney, Frechette e Srinivassan (2015) afirmam que na era da Indústria 4.0 um sistema de manufatura inteligente usa uma arquitetura orientada a serviços (SOA) através da internet para providenciar serviços colaborativos, customizáveis, flexíveis reconfiguráveis aos usuários finais, permitindo um sistema de manufatura homem-maquina altamente integrado.

Neste contexto pode-se perceber que o PEGEM Indústria 4.0 traz consigo complexidade e quantidade de elementos que não são encontrados em outros PEGEMS.

Classificamos cada um dos elementos como pertencentes a um dos quatro elementos-chave que compõem um PEGEM, sendo eles Princípios, Capacitadores, Direcionadores e Objetivos de desempenho.

2. Metodologia

Feito a revisão bibliográfica e estabelecido os principais componentes que compõem os elementos-chave do PEGEM I 4.0, a síntese dos componentes encontrados, é apresentada,

classificando-os como pertencentes a cada um dos quatro elementos-chave de um PEGEM (Tabela 1).

Tabela 1-Componentes do PEGEM I 4.0 e referenciais teóricos

Componentes	Referenciais Teóricos
Adaptabilidade	Santos et al. (2017)
Alto Valor na Cadeia de Suprimentos	Kargermann e Helbig (2013)
Arquitetura Orientada para Serviços	Feeney, Frechette e Srinivassan (2015)
Big Data	Vaidya, Ambad e Bhosle (2018)
Cadeia de Suprimentos Inteligente	Cimini, Pinto e Cavalieri (2017)
Capacidade de Resposta em Tempo Real	Hermann, Pentek e Otto (2016) e Qin, Liu e Grosvenor (2016)
Colaboratividade	Feeney, Frechette e Srinivassan (2015)
Computação em Nuvem	Santos et al. (2017); Rüßmann et al (2015); Rennung, Luminosu e Draghisi (2016)
Controle Distribuído/Descentralizado	Zhong et al. (2017)
Customização em Massa	Santos et al. (2017)
<i>Design</i>	Broy, Kargermann e Achatz (2010)
Digitalização	Santos et al (2017); Vaidya, Ambad e Bhosle (2018)
Dispositivos/Sensores Ligados em Rede	Industrial Internet Consortium (2014)
Identificação por Rádio Frequência	HERMANN; PENTEK; OTTO, (2016) e NUNES; MENEZES, (2014)
Impressão 3D	Santos et al. (2017)
Integração Vertical e Horizontal	Cimini, Pinto e Cavalieri (2017); Erol et al, (2016); Schuh et al (2014); Stock e Seliger (2016)
Interconectividade	Santos et al. (2017)
Interface de Comunicação	Wyrwicka (2014)
Internet das Coisas	Santos et al. (2017); Neugebauer et al. (2016); Hozdić (2015); Schumacher, Erol, Sihna (2016); Valdeza, Braunera, Schaara (2015); Dutra e Silva (2016)
Interoperabilidade	Hermann, Pentek e Otto (2016) e Qin, Liu e Grosvenor (2016)
Logística Eficiente	Broy, Kargermann e Achatz (2010)
Manufatura Aditiva	Rüßmann et al (2015); Landherr, Schneider e Bauernhansl (2016); Marilungo et al. (2017)
Maquinaria Física Complexa	Industrial Internet Consortium (2014)
Modularidade	Hermann, Pentek e Otto (2016) e Qin, Liu e Grosvenor (2016)
Produção Autonomamente Controlada	Acatech Plattform Industrie 4.0 (2016)
Produtos/Serviços Mais Competitivos	Broy, Kargermann e Achatz (2010)
Realidade Virtual Aumentada	Santos et al. (2017); Brettel, Friederichsen e Keller (2014)
Robótica autônoma	Rüßmann et al. (2015); (Mak et al. (2016)
Roteiro Tecnológico	Garcia e Bray (1997)
Segurança da Informação	Qin, Liu e Grosvenor (2016); Santos et al.

	(2017)
Simulação	Rüßmann et al (2015); (Simons, Abé, Nesper (2017); Schuh et al. (2014)
Sistemas Ciber Físicos	Wyrwicka (2014)
<i>Softwares</i>	Brynjolfsson, McAfee, (2014); Lasi et al. (2014); Russwurm, (2014); Schröder et al. (2015); Sugayama, Negrelli (2015)
Teoria do Agente	Santos et al. (2017)
Fonte: Autor	

Tabela 2: Elementos do PCP classificados segundo os quatro elementos-chave de um PEGEM

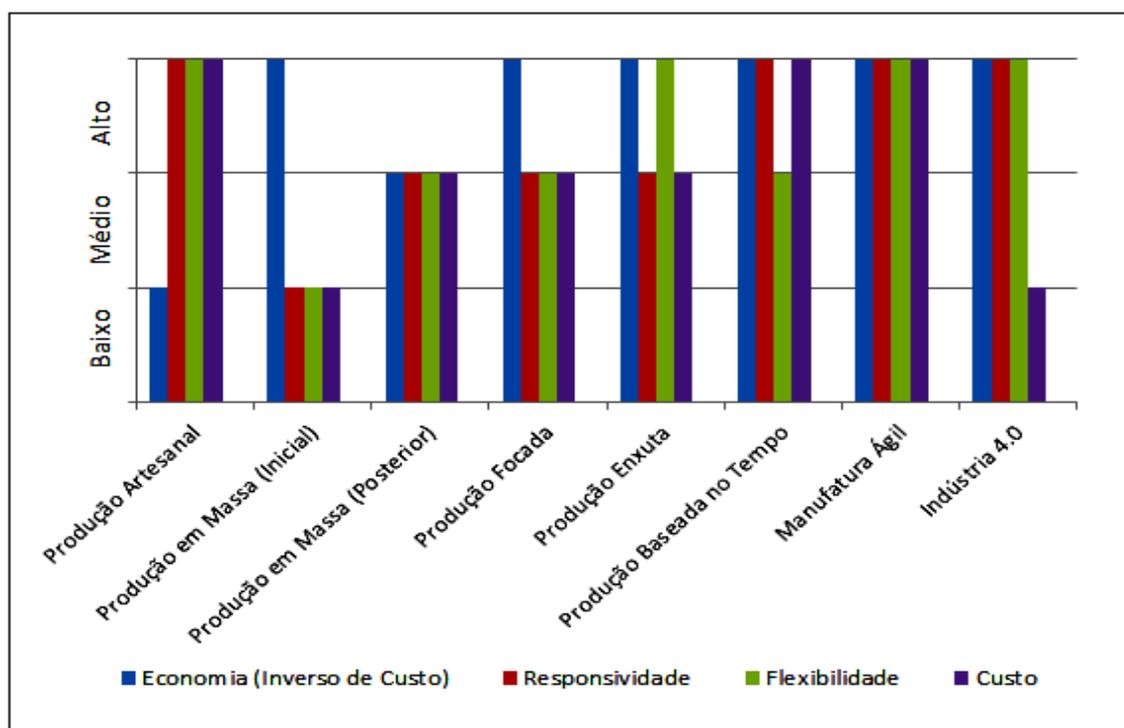
Componente	Direcionadores	Princípios	Capacitadores	Objetivos de Desempenho
Adaptabilidade				X
Alto Valor na Cadeia de Suprimentos		X		
Arquitetura Orientada para Serviços (SOA)		X		
<i>Big Data</i>			X	
Cadeia de Suprimentos Inteligente			X	
Capacidade de Resposta em Tempo Real		X		
Colaboratividade		X		
Computação em Nuvem			X	
Controle Distribuído/Descentralizado		X		
Customização em Massa	X			
<i>Design</i>			X	
Digitalização			X	
Dispositivos/Sensores Ligados em Rede			X	
Identificação por Rádio Frequência			X	
Impressão 3D			X	
Integração Vertical e Horizontal		X		
Interconectividade		X		
Interface de Comunicação			X	
Internet das Coisas (IoT)			X	
Interoperabilidade		X		
Logística Eficiente		X		
Manufatura Aditiva		X		
Maquinaria Física Complexa		X		
Mercado				X
Modularidade		X		
Produção Autonomamente		X		

Controlada				
Produtos/Serviços Competitivos	Mais		X	
Realidade Aumentada	Virtual		X	
Robótica autônoma				X
Roteiro Tecnológico			X	
Segurança da Informação				X
Simulação				X
Sistemas Ciber Físicos				X
Softwares				X
Teoria do Agente			X	

Fonte: Autor

Apresenta-se abaixo um gráfico adaptado de Booth (1996), que apresenta as principais indicadores-chave de desempenho de vários dos PEGEMs, posteriormente classificados por Godinho Filho (2014).

Figura 01: Modelo que representa o desempenho de diversos PEGEMs em quatro Indicadores-Chave de desempenho.



Fonte: Adaptado de BOOTH (1996)

Percebeu-se que, no modelo apresentado por Booth (1996) o PEGEM Indústria 4.0 seria representado igual a Manufatura Ágil. Para eliminar esta fonte de confusão adicionou-se a este modelo o indicador custo. Desta forma, como o desempenho dos dois PEGEMs no que tange o indicador custo são diferentes, pôde-se melhor representar as características dos dois sistemas.

Na manufatura ágil, os custos fixos e variáveis são altos em decorrência da baixa utilização de maquinário, uso de mão de obra altamente especializada e falta de integração entre máquinas, tornando o fluxo dos produtos pelo processo produtivo difícil de prever e coordenar.

Os Sistemas de Coordenação de Ordens de Produção e Compra (SICOPROCs), aqui denominado arquitetura funcional do planejamento e controle da produção – esta nomenclatura melhor caracteriza ferramentas responsáveis por operacionalizar e/ou tornar funcional o planejamento e controle da produção – se tornam difíceis de serem implantados e até mesmo de serem adaptados com a finalidade de se atingir os objetivos de desempenho da manufatura ágil.

A Indústria 4.0 atinge baixos custos de produção em decorrência de tecnologias que conferem inteligência aos sistemas de produção, tais como a internet das coisas, a internet de serviços, sistemas ciber físicos entre outras ferramentas que permitem análise de grande quantidade de dados em tempo real podendo produzir em lotes unitários de produção sem incorrer em altos custos com paradas de máquina e *set-ups* como acontece nos outros PEGEMs.

3. Discussão

A construção deste texto baseou-se primeiramente numa revisão bibliográfica acerca dos conceitos que envolvem o tema central deste trabalho, considerando os principais fatores que caracterizam os Paradigmas Estratégicos de Gestão de Manufatura PEGEMs proposto por Godinho Filho (2004). Foi definido, segundo Godinho Filho (2004), PEGEM, direcionadores, capacitadores, princípios e objetivos de desempenho.

Num segundo momento, procurou-se neste trabalho, verificar se a teoria proposta por Godinho Filho (2004) pode ser aplicada à Indústria 4.0, classificando-a como um PEGEM.

Identificaram-se os elementos e seu alinhamento com o Planejamento e Controle da Produção. Identificou-se neste trabalho 35 elementos que pertencem ao PEGEM I 4.0, reagrupando-os, posteriormente, nos quatro elementos-chave que são os pilares de um PEGEM.

Aponta-se para o fato de que a indústria 4.0 objetiva agregar valor à cadeia de suprimentos através da produção customizada em massa autonomamente controlada. Além dos 35 elementos encontrados na literatura, classifica-se o mercado como um elemento.

Um ponto importante a ser considerado nesta pesquisa é a diferença entre os PEGEMs Manufatura Ágil e a Indústria 4.0. O primeiro tem como objetivo de desempenho a agilidade.

Sabemos que esta agilidade por uma questão de *trade-off*, é conseguida em grande parte através da baixa utilização de maquinário, o que por consequência compromete a eficiência do sistema produtivo da empresa. Na I 4.0 não há problemas com baixa utilização, mesmo em casos com produção em lotes praticamente unitários.

Uma das dificuldades encontradas durante a realização deste trabalho refere-se ao alto nível de complexidade que envolve a Indústria 4.0, que torna os elementos técnicos que a compõe difícil de ser avaliados e classificados nos quatro elementos-chave que são os pilares de um PEGEM. Godinho Filho (2004) analisou a estrutura funcional do Planejamento e Controle da Produção e sua relação com cada um dos cinco Paradigmas Estratégicos de Gestão de Manufatura. Esta estrutura foi denominada Sistemas de Coordenação de Ordens de Produção e Compras (SICOPROCs) e aponta a relação entre a estrutura funcional e o Planejamento e Controle da Produção para cada um dos PEGEMs identificados.

4. Considerações Finais

Pôde-se concluir que, ao considerar o mercado como objetivo de desempenho do PEGEM Indústria 4.0, tem-se que este objetivo engloba a produtividade, a qualidade, a responsividade, a customabilidade e a agilidade, objetivos de desempenho de outros cinco PEGEMs, classificados por Godinho Filho (2004). Este fenômeno acontece devido à integração em tempo real da informação com os processos de produção, possibilitado pela Internet das coisas (IoT), pela Internet de Serviços e do uso de Big Data Analysis.

Pode-se verificar mais sobre a dinâmica básica das fábricas e o efeito da utilização no *work in process* (WIP) em Hopp e Spearman (2013).

O PEGEM I 4.0 objetiva a aquisição de informação em grande quantidade e em tempo real. Neste PEGEM o sistema de manufatura controla autonomamente os parâmetros, especificações, ordens de produção com lotes unitários de produção e altíssimos índices de produtividade e eficiência uma vez que todos os parâmetros e requisitos, bem como a cadeia de suprimentos serão integrados e controlados autonomamente, o que refletirá os baixos custos de produção apresentados no modelo adaptado de Booth (1996).

Pretende-se dar sequencia a esta pesquisa definindo-se a arquitetura e a estrutura funcional do Planejamento e Controle da Produção no PEGEM Indústria 4.0.

5. Agradecimentos

Agradecemos a CAPES/PROSUP pelo financiamento desta pesquisa e ao Professor Dr. José Benedito Sacomano pelas inúmeras discussões e contribuições dadas a este trabalho.

6. Referências

A global nonprofit partnership of industry, government and academia. The Industrial Internet Consortium; 2014, <http://www.iiconsortium.org> (retrieved 15.04.2016).

Bagheri, B., Yang, S., Kao, H.A., Lee, J.; 2015, Cyber-physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment, IFAC Conference 38-3 (2015) 1622–1627.

Bahrin, M. A. K., Othman, M.F., Nor, N.H., Azli, M.F.T.; 2016, Industry 4.0: A Review on Industrial Automation and Robotic, Journal Teknologi (Sciences & Engineering), eISSN 2180–3722, 137–143.

Booth, R.; 1996, Agile Manufacturing. Engineering Management Journal, vol. 6, n. 2, pp. 105 – 112, April 1996.

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M.; 2014, How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective, International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering Vol: 8, No: 1, 2014, 37-36.

Broy M, Kargeremann H, Achatz R. 2010 Agenda cyber physical systems: outlines of a new research domain. Berlin: Acatech.

Brynjolfsson, E.; McAfee, A.; 2014, The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. WW Norton & Company, p. 420–421.

Dutra, D.S., Silva, J.R. 2016, Product-Service Architecture (PSA): toward a Service Engineering perspective in Industry 4.0, IFAC Conference 39- 31 (2016) 91–96.

Erol, S., Jäger, A. , Hold, P., Ott, K., Sihn, W.; 2016, Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production, 6th CLF - 6th CIRP Conference on Learning Factories, Procedia CIRP 54 (2016) 13 – 18.

Godinho Filho, M. 01/2004. Paradigmas estratégicos de gestão da manufatura: Configuração, relações com o Planejamento e Controle da Produção e estudo exploratório na indústria de calçados. 2004. 286p. Tese Doutorado – Universidade Federal de São Carlos. São Paulo.

Godinho Filho, M., Fernandes, F. C. F.; set.- dez. 2005 Paradigmas estratégicos de gestão da manufatura (PEGEMs): Elementos-Chave e modelo conceitual. Revista Gestão e Produção v.12, n.3, p.333-345.

Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M.; 2014, Human-machine-interaction in the industry 4.0 era. 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), p.289–294.

Hermann M., Pentek T., Otto B.; 2015, Design principles for Industrie 4.0 scenarios: a literature review, 2015, http://www.snom.mb.tudortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/DesignPrinciples-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf (retrieved 15.04.2016).

Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, v. 2016–March, p. 3928–3937, 2016.

Hermann, M., Pentek, T., Otto, B.; 2016, Design principles for industrie 4.0 scenarios. Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci. (2016) 3928–3937.

Hozdić, E.; 2015, Smart Factory for Industry 4.0: A Review, International Journal of Modern Manufacturing Technologies, ISSN 2067–3604, (Vol. VII, No. 1 / 2015) 28-35.

Industrie 4.0 – White paper FuE-Themen. Acatech-Plattform Industrie 4.0; 2014, http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Aktuelles___Presse/Presseinfos___News/ab_2014/Whitepaper_Industrie_4.0.pdf (retrieved 15.04.2016).

Ivanov, D., Sokolov, B., Ivanova, M.; 2016, Schedule Coordination in Cyber-Physical Supply Networks Industry 4.0, IFAC conference 39-12 (2016) 836–839.

Kargermann H., Helbig J.; 2013, Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0; 2013, http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sond erseiten/Industrie_4.0/Final_report___Industrie_4.0_accessible.pdf (retrieved 15.04.2016).

Kempf, D.; 2014, Introduction to Industrie 4.0, Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland [Economics potential for Germany]; 2014, http://www.bitkom.org/files/documents/Studie_Industrie_4.0.pdf (retrieved 15.04.2016).

Kolberg, D., Zühlke, D.; 2015, Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies, IFAC Conference 38-3 (2015) 1870–1875.

Landherr, M., Schneider, U., Bauernhansl, T.; 2016, The Application Centre Industrie 4.0 - Industry-driven manufacturing, research and development, 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP-CMS 2016), Procedia CIRP 57 (2016) 26 – 31.

Garcia, M. L., Bray, O. H.; 1997, Fundamentals of Technology Road mapping. Distribution. 4205 (1997) 34.

Marilungo, E., Papetti, A., Germani, M., Peruzzini, M.; 2017, From PSS to CPS design: a real industrial use case toward Industry 4.0, The 9th CIRP IPSS Conference: Circular Perspectives on Product/Service-Systems, Procedia CIRP 64 (2017) 357 – 362.

Mrugalska, B., Wyrwicka, M.; 2016, Towards lean production in industry 4.0 Poland, 2016.

Nunes, F. L. de, Menezes, F. M. 2014, Sistema Hyundai de Produção e Sistema Toyota de Produção: Suas Interações e Diferenças. Revista Acadêmica São Marcos, v. 4, n. 2, p. 101–120, 2014.

Qin, J., Liu, Y., Grosvenor, R.; 2016, A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond, Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production, *Procedia CIRP* 52 (2016) 173 – 178.

Neugebauer, R., Hippmann, S., Leis, M., Landherr, M.; 2016, Industrie 4.0 - Form the perspective of applied research, 49th CIRP conference on Manufacturing systems (CIRP-CMS 2016), 2-7.

Pissardini, P. E., Sacomano, J. B.; 2018, A indústria 4.0 como Paradigma Estratégico da Gestão de Manufatura (PEGEM) e seu alinhamento estratégico com o Planejamento e Controle da Produção (PCP), 1st International Conference on Network Enterprises & Logistic Management, 04-05 Junho de 2018, São Paulo – SP, Brasil.

Rad, C. R., Hancu O., Takacs I. A., Olteanu G.; 2015, Smart monitoring of potato crop: a cyber-physical system architecture model in the field of precision agriculture. *Life for Agriculture* 2015; 6: 73–79.

Rennung, F., Luminosu C. T., Draghici.; 2016, A. Service Provision in the Framework of Industry 4.0, SIM 2015 / 13th International Symposium in Management, *Procedia - Social and Behavioural Sciences* 221 (2016) 372 – 377.

Rüßmann, M. Lorenz, M. Gerbert, P. Waldner, M.; 2015, Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, (April 09, 2015) 1-14.

Russwurm, S.; 2014, Industry 4.0 - from vision to reality. Background Information, p. 1, 2014.

Santos et al., Towards I 4.0: An overview of European Strategy Roadmaps. Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, MESIC 2017, 28-30 June 2017, Vigo (Pontevedra), Spain.

Schröder, R. et al.; 2015, Análise da Implantação de um Processo Automatizado em uma Empresa Calçadista : Um Estudo de Caso a Luz do Sistema Hyundai de Produção e a Indústria 4.0. *Revista Espacios Caracas*, v. 36, n. 18, p. 19, 2015.

Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A.R.; 2014, Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0, Robust Manufacturing Conference (RoMaC 2014), *Procedia CIRP* 19 (2014) 51 – 56.

Schumacher, A., Erol, S., Sihna, W.; 2016, A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises, Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production, *Procedia CIRP* 52 (2016) 161 – 166.

Simons, S., Abé, P., Naser, S.; 2017, Learning in the AutFab – the fully automated Industrie 4.0 learning factory of the University of Applied Sciences Darmstadt, 7th Conference on Learning Factories, CLF 2017, *Procedia Manufacturing* 9 (2017) 81 – 88.

Stock, T., Seliger, G.; 2016, Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0, 13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use, *Procedia CIRP* 40 (2016) 536 – 541.

Sugayama, R.; Negrelli, E.; 2015, Connected vehicle on the way of Industry 4.0. *Anais do XXIV Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva - SIMEA* 2016, p. 48–63, 2015.

Valdeza, A.C., Braunera, P., Schaara, A.K.; 2015, Reducing Complexity with Simplicity - Usability Methods for Industry 4.0, Proceedings 19th Triennial Congress of the IEA, Melbourne 9-14 August 2015.

Witkowski, K.; 2017, Internet of Things, Big Data, Industry 4.0- Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management, 7th International Conference on Engineering, Project, and Production Management, Procedia Engineering 182 (2017) 763-769.

Zamfirescu C. B., Pîrvu B.C., Loskyll M., Zühlke D.; 2014, Do not cancel my race with cyber physical systems. *IFAC proceedings* 2014; 47(3): 4346–4351.