

Manufatura 4.0 - Uma revisão sistemática da literatura para a nova perspectiva da indústria

Patrick Luan Tatagiba Mota (Universidade de Brasília) patricktatagiba@gmail.com

David de Almeida Moysés (Universidade de Brasília) davidmoyses10@hotmail.com

Resumo:

O mundo está presenciando uma provável Quarta Revolução Industrial, em a digitalização e a interconexão das “coisas” estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas. Neste contexto, em que as os homens e as máquinas estão cada vez mais conectados, é de fundamental importância entender os fundamentos que estruturaram essa nova perspectiva de Indústria 4.0, pois este novo conceito vem impactando fortemente as economias do globo, e não somente em termos financeiros, mas também na forma como interagimos com o mundo. Com isso, este estudo teve como objetivo apontar, por meio de uma revisão sistêmica da literatura, os principais elementos que compõem a Indústria 4.0. Com o emprego da Teoria do Enfoque Meta-Analítico Consolidado (TEMAC), foi possível entender e estabelecer os pilares fundamentais da Quarta Revolução Industrial, que são eles: *Cyber-Physical Systems* (CPS), *Internet of Things* (IOT), *Smart Factory*, *Big Data Analytics* e *Cloud Computing*.

Palavras chave: Indústria 4.0, Quarta Revolução Industrial, Manufatura avançada, Internet das Coisas, Ciber-Físicos.

Manufacturing 4.0 - A systematic literature review for the new industry perspective

Abstract

The world is witnessing a probable Fourth Industrial Revolution, where the digitization and interconnection of "things" are increasingly present in people's daily lives. In this context, where men and machines are increasingly connected, it is of fundamental importance to understand the fundamentals that will structure this new perspective of Industry 4.0, as this new concept has a strong impact on the economies of the globe, and not only in terms but also in the way we interact with the world. For this purpose, this study aimed to point out, through a systemic review of the literature, the main elements that compose Industry 4.0. With the use of the Theory of Consolidated Meta-Analytic Approach (TEMAC), it was possible to understand and establish the fundamental pillars of the Fourth Industrial Revolution: *Cyber-Physical Systems* (CPS), *Internet of Things* (IOT), *Smart Factory*, *Big Data Analytics* and *Cloud Computing*.

Key-words: Industry 4.0, Fourth Industrial Revolution, Advanced Manufacturing, Internet of Things, Cyber-Physicists.

1. Introdução

A primeira revolução industrial se constituiu em um conjunto de mudança que ocorreram nos séculos XVIII e XIX, com o início da utilização do carvão como força motriz, substituindo as produções artesanais pelos processos produtivos mecanizados. De acordo com Schwab (2016), um dos principais fatores para o surgimento da primeira revolução industrial se deu pela construção das ferrovias e pela invenção da máquina a vapor. Logo em seguida, a segunda revolução industrial surgiu, entre o final do século XIX e início do século XX, advindo da eletricidade e da linha de montagem, que convergiram para o método de produção em massa. Já terceira revolução começou em meados da década de 60, e é conhecida como a revolução digital ou da informação, pois foi impulsionada, segundo Schwab (2016), pelo desenvolvimento dos semicondutores, da computação em mainframe - em 1960, da computação pessoal - em 1970/1980 e do uso intensificado da internet no início da década de 90.

Entretanto, o desenvolvimento acelerado das tecnologias digitais, tais como: a internet, que está mais ubíqua e móvel; os sensores, que estão menores, mais potentes e baratos; e o surgimento da inteligência artificial e aprendizagem de máquinas, está causando rupturas à terceira revolução industrial, e de acordo com Brynjolfsson e McAfee (2014), estas tecnologias estão se tornando mais sofisticadas e integradas e, conseqüentemente, estão transformando a sociedade e a economia global. Eles afirmam ainda que o mundo está em um ponto de inflexão em que o efeito dessas tecnologias irá se manifestar com força total por meio da automação e de “coisas sem precedentes”, evidenciando o surgimento de uma nova revolução industrial. Nesse sentido, um dos temas mais discutidos no mundo inteiro é a indústria 4.0, conhecida também como quarta revolução industrial, termo que surgiu em 2011 na Feira de Hannover na Alemanha, e que foi adaptado nos Estados Unidos como manufatura avançada, do inglês *advanced manufacturing*.

Schwab (2016), afirma que a quarta revolução industrial transforma basicamente os três pilares - físico, digital e biológico - tendo impacto na economia, negócios, sociedade, indivíduo e governo. E diferentemente das revoluções industriais que ocorreram ao longo da história e que foram diagnosticadas anos após seu acontecimento, a quarta revolução industrial é a primeira em que seus conceitos, impactos e resultados são mensurados ao mesmo tempo em que ela ocorre, sendo prevista como tendência para um modelo de produção industrial (HERMANN, 2016).

Da mesma maneira que a mecanização, a eletrificação e a informatização respectivamente marcaram as três últimas revoluções industriais, a digitalização é a palavra-chave que define a quarta revolução industrial. Maslarić, Nikolić e Mirčetić (2016) evidenciaram a digitalização como a palavra do século, onde ela está presente em todos os segmentos da sociedade atual, desde a produção até as relações sociais. Dessa forma, Azevedo (2017) afirma que a transformação digital é parte de um grande processo tecnológico e está intrinsecamente ligado à aplicação da tecnologia digital em todos os aspectos sociais.

Nessa perspectiva, Silveira (2016) aponta que a quarta revolução industrial projetada pelo governo alemão perfaz um processo de fabricação computadorizado, em que os mundos físicos e digitais estão se mesclando, e com isso, possibilitando que as máquinas sejam capazes de se comunicar sem o intermédio humano. De acordo com Maslarić, Nikolić e Mirčetić (2016) a concepção da indústria 4.0 está vinculada ao aumento da informatização nos meios de produção, de forma que as estruturas físicas estão gradativamente se fundindo com as redes de informação digital, proporcionando a integração de muitos sistemas em todos os níveis de

produção, sendo possível encontrar soluções com a menor quantidade de operações nas atividades.

Esse novo conceito vem impactando fortemente as economias do globo, e não somente em termos financeiros, mas também na forma como interagimos com o mundo. Em virtude disso, a problemática abordada neste estudo foi: dado o alto nível de complexidade do atual cenário de uma nova revolução industrial, em que todas as coisas estão conectadas ao mesmo tempo, quais seriam os principais fatores de sucesso para as organizações se manterem competitivas dentro dessa nova perspectiva industrial? Com isso, o objetivo central deste estudo foi o de realizar um levantamento profundo do arcabouço teórico e com isso apontar os principais fatores em que a indústria 4.0 está estruturada.

2. Metodologia

Segundo Albrecht, Gurzki & Woisetschläger (2017), na atual era da informação, a quantidade de publicações está aumentando cada vez mais, mas de acordo com Mariano e Rocha (2017), a qualidade nessas publicações vem caindo. Com isso, a performance de identificar pesquisas relevantes se tornou ainda mais uma atividade de caráter complexo, árduo e de fundamental importância para uma base sólida de pesquisa.

A partir da necessidade de se ter uma metodologia robusta, rigorosa e objetiva para a realização do levantamento sistêmico e holístico do arcabouço teórico surgiu o enfoque meta-analítico. Segundo Mariano et al. (2011) o enfoque meta-analítico proporciona a apuração dos dados de forma holística e sistemática, atingindo assim o estado profundo da arte sobre determinado assunto. E com o aparecimento de metodologias, abordagens e ferramentas de maior capacidade de armazenagem, processamento e análise de dados, como softwares de inteligência artificial, *Data Science*, *Big Data* e processamento em nuvem, o enfoque meta-analítico veio evoluindo desde seu surgimento até o seu modelo atual, denominado Teoria do Enfoque Meta-Analítico Consolidado (TEMAC). Este enfoque tem como objetivo unificar os aportes do uso do Enfoque Meta-Analítico (EMA), além de garantir que as características importantes para uma avaliação de qualidade de artigo sejam respeitadas (MARIANO e ROCHA, 2017).

Nessa perspectiva, foi acrescentado ao método TEMAC uma maior flexibilidade de escolha e acréscimo de bancos de dados. Ao contrário do EMA (Enfoque Meta Analítico), que só utilizava uma única base de dados, o TEMAC (Teoria do Enfoque Meta-Analítico Consolidado) possibilita uma amplitude maior de diferentes bancos de dados para uma estruturação de pesquisa mais robusta e ampla. Ainda segundo Mariano e Rocha (2017), análises em múltiplas bases de dados garantem cobrir o universo de pesquisa que o investigador decidir e, de posse destes trabalhos, realizar uma comparação real dos aportes de cada documento, pois cada base de dados possui entrada por meio de diferentes periódicos.

Além disso, foi implementado um renovado leque de análises de conteúdo por meio da implementação de programas de *Data Science*, como o IRaMuTeQ, o VOSviewer e o Gephi. E foram acrescentados mais alguns indicadores bibliométricos, como análise das revistas com maior relevância, a evolução do tema ano a ano, áreas do conhecimento que mais publicaram, frequência de palavras-chave entre outros, dando maior solidez ao enfoque.

Apresentado os fundamentos e os avanços do TEMAC, a próxima etapa é mostrar como a metodologia se estrutura. Assim sendo, o passo a passo da Teoria do Enfoque Meta-Analítico Consolidado, de acordo com Mariano e Rocha (2017), é estruturado em três etapas, descritas a seguir:

- a) Preparação da pesquisa: essa etapa consiste em definir as palavras-chave e as *strings* de pesquisa, o campo espaço-tempo, as múltiplas bases de dados que serão utilizadas e as áreas de conhecimento que são mais pertinentes;
- b) Apresentação e inter-relação dos dados: apesar dessa etapa ser mais aberta aos critérios de seleção do pesquisador, algumas análises são mais frequentes nos estudos utilizando o TEMAC, estas são: análise das revistas com maior relevância; análise das revistas que mais publicam sobre o assunto; a evolução do tema ano a ano; os trabalhos mais citados; os autores que mais publicam frente aqueles que mais citados; países que mais publicaram; conferências que mais contribuíram; universidades que mais publicaram; agências que mais financiaram o campo que tangencia o tema de pesquisa; áreas do conhecimento que mais publicaram; frequência de palavras-chave. Deve-se ressaltar que cada fator de análise apresentado é pautado em um princípio ou lei bibliométrica;
- c) Detalhamento, modelo integrador e validação por evidências: é nessa etapa que ocorre as análises mais minuciosas e onde as duas últimas etapas convergem para um modelo integrador, consolidado por evidências geradas pelas análises dos cruzamentos de dados das diferentes fontes utilizadas. Ela consiste em: seleção dos principais autores que servirão de insumo para a pesquisa em fomento e no evidenciamento das principais abordagens e das linhas de pesquisa sobre a temática escolhida.

A aplicação dessa metodologia se tem como resultado uma visão geral de todos os estudos de alta relevância sobre um determinado assunto, fomentado assim estudos mais aprofundados e estruturados nos fundamentos do arcabouço teórico. Dessa forma, o TEMAC se fez pilar fundamental para a construção dessa pesquisa. A etapa seguinte desse trabalho consiste em apresentar os resultados encontrados na aplicação do TEMAC na busca de um cenário integrado da Indústria 4.0 e com isso apontar os principais pilares que ela está fundada.

3. Revisão sistemática

3.1 Resultados do/da TEMAC

Visando levantar os trabalhos autores e assuntos de maior relevância e de forma mais efetiva, o primeiro passo dado foi o de encontrar as palavras-chave mais ligadas a temática do estudo. Para isso, foi realizado uma pesquisa previa pautadas em três pilares centrais: os núcleos de pesquisa, as oportunidades relacionadas e o interesse do autor. Com isso, obteve-se como resultado a definição das palavras-chave: *Industry 4.0*, *Industrie 4.0*, *Internet of Things*, *The Fourth Industrial Revolution*. Vale ressaltar que a formação das *strings* se deu por meio das escolhas e junção dessas palavras-chaves e que os levantamentos foram realizados entre os dias 01-25 de março de 2018.

Frisando que a indústria 4.0 é um assunto recente, em que sua primeira menção foi em 2011, foi definido que o campo do espaço-tempo da pesquisa seria de 2011 até 2017, ou seja, de 7 anos. E que as áreas do conhecimento mais pertinentes seriam: Engineering Industrial, Engineering Manufacturing, Management, Business, Transportation e Transportation Science Technology.

Cobo et al. (2012) afirma que os bancos de dados bibliográficos mais relevantes atualmente são o *Web of Science*, SCOPUS (Elsevier), *Google Scholar* e MEDLINE (NLM). Para essa pesquisa, foram utilizados o *Web of Science* e SCOPUS (Elsevier) devido a facilidade de

exportação e praticidade na manipulação dos dados. Pôde ser levantado 497 trabalhos no *Web of Science* e 1.695 trabalhos na plataforma SCOPUS.

Partindo para a segunda etapa da metodologia TEMAC, as revistas que mais publicaram sobre indústria 4.0, foram: *International Journal of Production Research* – com 7 publicações e 38 citações; *Cirp Annals-Manufacturing Technology* – com 7 publicações e 18 citações; *Advances in Manufacturing* – com 7 publicações e 1 citação; *IEEE Transactions on Industrial Informatics* – com 5 publicações e 16 citações; *Computers & Industrial Engineering* – com 4 publicações e 6 citações.

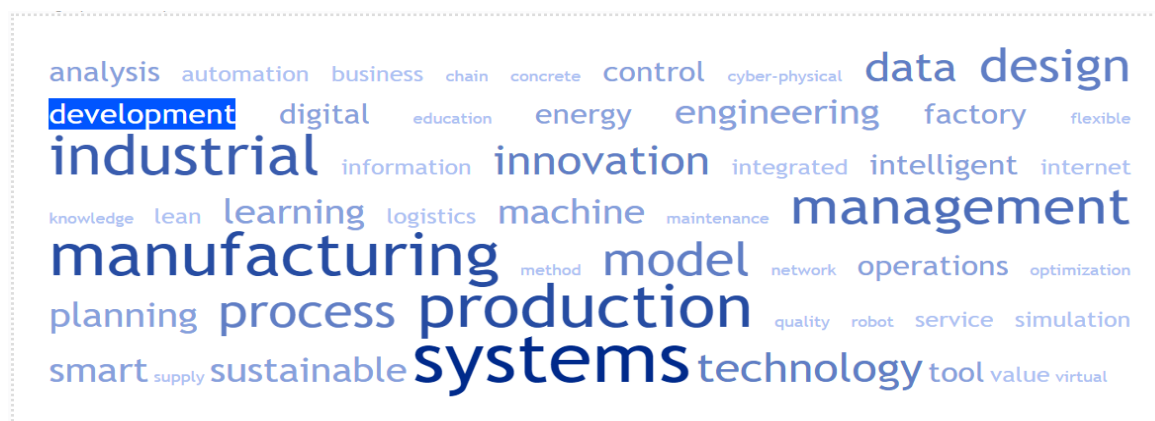
Os países que mais publicaram foram: Alemanha com 176 artigos, a Itália com 51, a Inglaterra com 41, a China com 40 e os Estados Unidos com 32 publicações. O Brasil está na sétima colocação com 20 artigos de alto impacto. As universidades que mais publicam sobre o assunto são: *Fraunhofer Gesellschaft* com 20 artigos, *Rwth Aachen University* com 16 artigos, *Norwegian University of Science Technology NTNU* com 15 artigos, *Vienna University of Technology* com 14 artigos, *Technical University of Berlin* com 13 artigos. A Pontifícia Universidade Católica do Paraná aparece em vigésimo lugar no ranking com 6 artigos. As principais conferências sobre o tema foram: *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing Faim*, *15th IEEE International Conference on Industrial Informatics Indin*, *13th Global Conference on Sustainable Manufacturing Decoupling Growth from Resource USE*, *50th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, *48th CIRP International Conference on Manufacturing Systems CIRP CMS*. 98 % dos trabalhos levantados encontram-se na língua inglesa e um pouco mais de 1% encontra-se em alemão. As agências financiadoras mais importantes desse campo foram: *European Union*, *German Federal Ministry of Education and Research BMBF*, *National Natural Science Foundation of China*, *German Research Foundation DFG*, *Fundamental Research Funds for the Central Universities*.

Pelo panorama de quantidade de publicações, o autor que mais publicou sobre a indústria 4.0 foi Sihn Wilfried, totalizando 7 trabalhos de alto impacto. Seus trabalhos apresentam a aplicação da indústria 4.0 pela perspectiva dos *cyber-physical systems* (CPS) e *cyber-physical production systems* (CPPS), que vão desde a linha de design e fabricação do produto pelas necessidades dos clientes até utilização de algoritmos e métodos de aprendizagem de máquinas e processamento em nuvem aplicados a indústria. O seu artigo mais citado nessa área foi o “*Cyber-physical systems in manufacturing*” (MONOSTORI et al., 2016), em que é apresentado um estudo sobre os avanços das tecnologias da informática, informação e comunicação na perspectiva dos sistemas ciber-físicos. Assim, os autores explanam que os CPS são sistemas de colaboração de entidades computacionais que estão em intensa conexão com o mundo físico e seus processos em andamento, fornecendo e utilizando, ao mesmo tempo, serviços de acesso e processamento de dados disponíveis na internet. Mas ao passo que tange o campo da indústria a implantação desse sistema toma um outro patamar, chamado de sistemas de produção ciber-físicos. Em que, se por um lado têm-se os mais recentes avanços da ciência da computação, tecnologia da informação e comunicação, por outro, temos também a evolução da ciência e tecnologia de fabricação, convergindo assim para uma nova revolução na indústria, tornando-a mais dinâmica e com o maior poder de integração e automatização dos processos fabris.

Já o artigo mais citado da indústria 4.0 é o *Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment*, de Lee, J. Kao, HA e Yang SH de 2014. O estudo trata sobre a necessidade de se ter sistema preditivos mais robustos para o processamento sistêmico de dados e informações como forma de mitigação dos riscos associados as incertezas de demanda e para alavancar, de forma mais efetiva, a conectividade e autonomia das máquinas nesse novo

panorama da indústria 4.0. Para isso, os autores tratam das tendências e desafios das inovações de fabricação e serviços baseados nos sistemas ciber-físicos além de abordar as transformações dos serviços de manufatura em um ambiente de Big Data e modelos de inteligência artificial para prever tendências e proporcionar um melhor gerenciamento e processamento de grandes volumes de dados, obtendo assim maior transparência e produtividade. Segundo Lee et al. (2014) os sistemas analíticos e ciber-físicos estão juntando-se para realizar um novo paradigma nos campos de gerenciamento da produção e transformação dos processos de fabricação.

Finalizando a segunda etapa do TEMAC, a Figura 1 apresenta o cenário geral das palavras-chave. Destacando as palavras-chave: *Industry 4.0* (354), *Internet of Things* (38), *Cyber-Physical Systems* (36), *Sustainability* (28), *Smart Factory* (24), *Innovation* (22), *Simulation* (20), *Smart Manufacturing* (18), *Big Data* (16) e *Intelligent Manufacturing* (14).

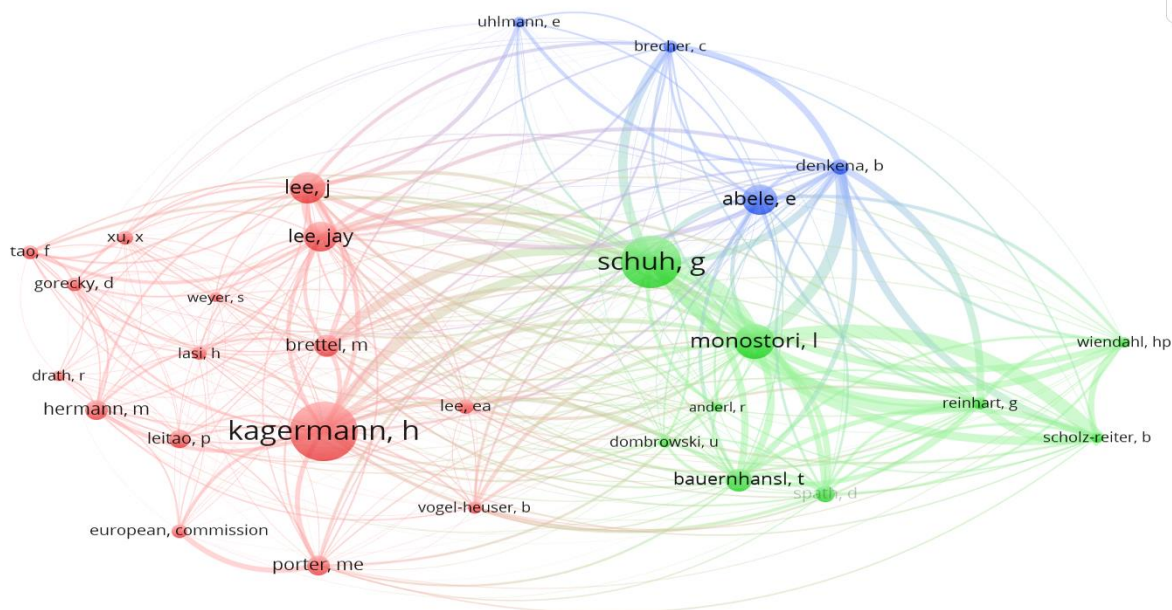


Fonte: Dados coletados da plataforma WOS

Figura 1: Perspectiva geral das palavras-chaves da indústria 4.0

Após uma leitura textual dos principais autores e artigos e uma análise das palavras-chaves e suas relações, uma segunda análise foi realizada, essa mais aprofundada, com o objetivo de desenvolver um aprofundamento e codificação dos principais conteúdos envolvidos. Essa última etapa da metodologia TEMAC consistiu na análise das principais contribuições e abordagens da base delimitada por intermédio de *coupling*, que oferece a frente das pesquisas, e da análise de *co-citation*, que apresenta as principais abordagens de pesquisa. Salienta-se que para as análises de relações entre os autores foi utilizado os softwares de análise de redes VOSviewer e Gephi, para apresentar a concepção dos grafos e mapas de calor referentes as análises de co-citação, *coupling* e análise das palavras-chave.

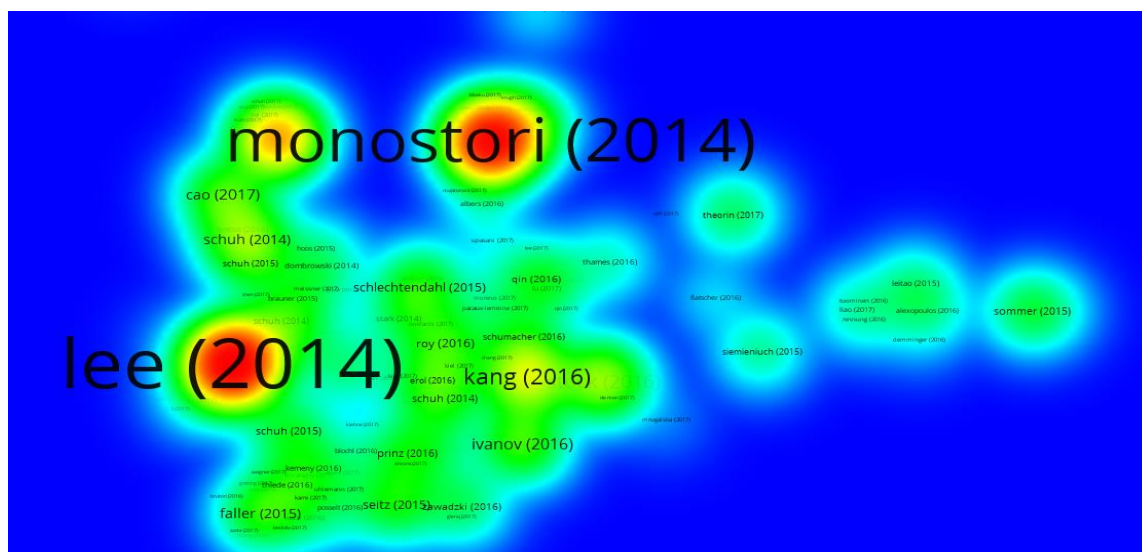
A Figura 2 apresenta os grupos de autores que são citados regularmente em trabalhos relacionados ao tema de estudo. É evidenciado a formação de três *clusters* e autores com maior destaque, como: Kagermann, H. – com 117 citações e 486 conexões; Schuh, G. – com 104 citações e 820 conexões; Monostori, I. – com 70 citações e 785 conexões; Lee, J. – com 62 citações e 357 conexões; Abele, E. – com 60 citações e 254 conexões. Percebe-se que por se tratar de um tema muito recente e que está em fase de maturação, houveram poucos autores fundamentais em comparação com os outros dois campos.



Fonte: Autoria própria

Figura 2: Diagrama de rede representando Co-Citation da Indústria 4.0

O mapa de calor de coupling do campo da indústria 4.0 é apresentado na Figura 3, destacando fortemente os trabalhos de Lee (2014) e Monostori (2014) e Monostori (2016).



Fonte: Autoria própria

Figura 3: Mapa de calor representando coupling do campo da Indústria 4.0

Já apontado anteriormente, o autor Jay Lee também é destacado na análise de *coupling* ao abordar a questão da importância da busca pela inovação de serviços e de análises mais “inteligentes” na nova perspectiva de indústria 4.0 e do *Big Data*. O autor afirma que atualmente, uma fábrica no nível de indústria 4.0, que possui todas as suas máquinas conectadas como se fossem uma comunidade colaborativa, produz uma infinidade de dados em tempo real, demandando dessa forma ferramentas e abordagens mais robustas para a análise desses dados, objetivando a transformação deles em informação útil. Dessa forma, Lee et al. (2014) destaca

Por fim, a Figura 4 apresenta a análise de rede das palavras-chave do campo da indústria 4.0, realizada através do software Gephi. O grau médio da rede ficou em 7,171, o seu diâmetro em 4 e a sua densidade 0,211. É possível destacar que no centro da rede estão as palavras-chaves: *Industry 4.0*, *Internet of Things* e *Cyber-Physical Systems*. Através da leitura e análise dos artigos levantados, pode-se dizer que essas palavras-chaves estão sendo usadas muitas vezes como sinônimos, de maneira que tratam em sua questão mais fundamental da quarta revolução industrial. Além disso, vale realçar as palavras-chaves: *Technology*, *Big Data*, *Analytics*, *Design* e *Product* pelo fato da indústria 4.0 estar interligando essas áreas que em muitas outras perspectivas estavam sendo estudadas de formas desconexas ou descompassadas entre si.

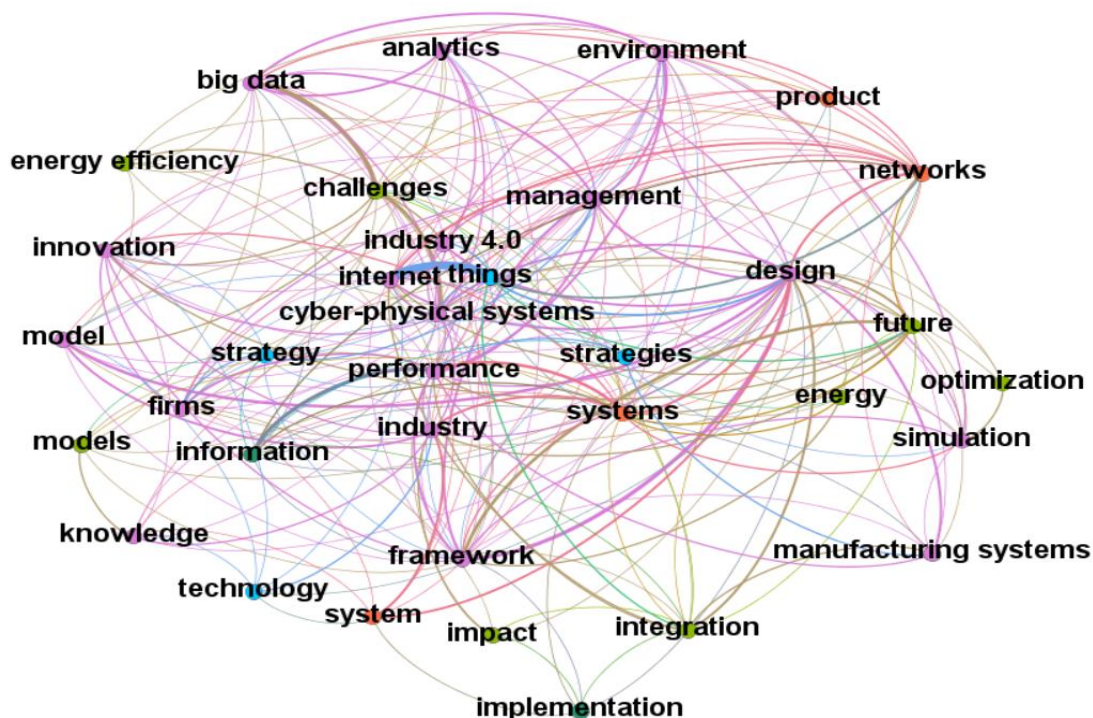


Figura 4: Diagrama de rede de palavras-chave do campo da Indústria 4.0

3.2 Os principais pilares da Indústria 4.0

Após a revisão profunda da literatura pelo TEMAC, foi possível apontar os principais alicerces da indústria 4.0. De maneira que para Hermann, Pentek e Otto (2016) a indústria 4.0 se estrutura em quatro componentes fundamentais, que são: *Cyber-Physical Systems* (CPS), *Internet of Things* (IOT), *Internet of Services* (IOS) e *Smart Factory*, de forma que estes autores consideram a comunicação máquina para máquina (M2M) e os Produtos Inteligentes como subprodutos da indústria 4.0, onde o M2M seria um facilitador da IOT e os Produtos Inteligentes seriam subcomponentes dos sistemas ciber-físicos. Da mesma maneira, eles desconsideram o papel do *Big Data* e *Analytics* e da computação em nuvem, por acreditarem que seriam serviços de dados que utilizariam os dados gerados pelas indústrias 4.0, e com isso estariam mais para componentes independentes do que para componentes fundamentais da indústria 4.0.

Mas por outro lado, Lee et al. (2014) parte do princípio de que na Indústria 4.0 as máquinas estão conectadas como uma comunidade colaborativa, gerando grande quantidade de dados, sendo assim, requer a utilização de ferramentas de previsão avançada. Mas, para que isso ocorra, é de fundamental importância o uso de ferramentas para gerenciar *Big Data*, de forma a alcançar a transparência e a produtividade por toda indústria. Reforçando este ponto, os trabalhos de Fiaschetti, Pietrabissa e Priscoli (2015) e de Wang et al. (2015) também tratam da relevância do uso das novas Tecnologias da Informação e da Ciência dos Dados como chave para o sucesso na nova perspectiva de indústria 4.0.

Logo, com o que foi apresentado até então, este trabalho defende que os principais fatores de sucesso para implantação da indústria 4.0 são: *Cyber-Physical Systems* (CPS), *Internet of Things* (IOT), *Smart Factory*, *Big Data Analytics* e *Cloud Computing*, que são melhor detalhados nos tópicos a seguir.

3.2.1 *Cyber-Physical Systems* (CPS)

Um componente indispensável da indústria 4.0 é a fusão do mundo físico com o virtual (KAGERMANN, 2014, p.603, apud HERMANN et al., 2016, p. 8), de maneira que essa fusão só será possível dada à implementação dos sistemas ciber-físicos. Lee et al. (2014) define o CPS como sendo a integração da computação com os processos físicos, em que as redes de computadores incorporados gerenciam e controlam os processos físicos, com o apoio de “*loops* de feedback”, em que os processos físicos interagem com os processos digitais e vice-versa. De acordo com Lee, Kwon e Severance (2008), conforme citado também por Azevedo (2017), o CPS é um ambiente de sistemas integrados com sensores inteligentes que podem se auto ajustar ou mesmo configurar automaticamente os processos de produção de forma descentralizada e em conformidade com os dados coletados e analisados em tempo real, gerando a integração do mundo virtual com o físico.

3.2.2 *Internet of Things* (IOT)

Através da recomendação ITU-T Y.2060, em 2012, o termo *Internet of Things* foi definido como uma infraestrutura global para a sociedade da informação, permitindo que serviços avançados fossem fornecidos através da interligação de coisas (físicas e virtuais) com base na já existente tecnologia de informação e comunicação, bem como em sua evolução. Segundo Smit et al. (2016), a Internet das Coisas refere-se à implantação de sistemas de tecnologia da informação (TI) que objetivam conectar todos os subsistemas, processos e objetos - internos e externos, redes de fornecedores e de clientes, de forma a gerar comunicação e cooperação dinâmica e em tempo real entre todos as “coisas” envolvidas. Nessa perspectiva, Giusto, Lera,

Morabito (2010, p.5, apud HERMANN et al., 2016, p. 9) a IoT permite que "coisas" e "objetos", tais como RFID, sensores, celulares interajam entre si e cooperem com seus componentes vizinhos "inteligentes" por meio de esquemas de endereçamento para então alcançar objetivos comuns.

3.2.3 Smart Factory

Conforme Kagermann et al. (2013), citado por Hermann, Pentek e Otto (2016), as fábricas inteligentes constituem uma característica fundamental da indústria 4.0. O *Smart Factory* é definido como uma fábrica que auxilia o contexto integrativo das pessoas e máquinas na execução de suas tarefas. Baseado nas definições dadas anteriormente para o CPS e o IoT, o *Smart Factory* pode ser definido como um fábrica onde o CPS se comunica através da IoT, colaborando com isso na execução efetiva das atividades das pessoas e máquinas.

3.3.4 Big Data Analytics

Nist (2015) define o termo *Big Data* como um enorme conjunto de dados, em que a grande massa de dados não é estruturada, mas necessita de análise em tempo real. Para Azevedo (2017) o termo *Big Data* trata da incapacidade das tradicionais arquiteturas de dados em manipular, armazenar, e analisar os dados, onde é utilizado uma arquitetura escalável para realizar essas atividades de forma efetiva. As características do *Big Data* implicam em uma nova arquitetura conhecida como os 5V's do *Big Data*, que são: Volume - tamanho do conjunto de dados, Variedade - dados gerados por uma variedade de fontes; Velocidade - taxa do fluxo de dados, Variabilidade - coerência no conjunto de dados e, por fim, Valor - agregação de valor.

O termo *analytics* é a descoberta, interpretação e comunicação dos padrões nos dados, tendo valor significativo nas mais diversas áreas do conhecimento, pois pode-se aplicar a análise de dados no negócio a fim de se prever, melhorar o desempenho, gerenciar as decisões, realizar a análise de risco e o aprimoramento de recursos, dentre outros (KOHAVI; ROTHLENDER; SIMOUDIS, 2002). Nessa mesma linha, Chiaburu (2015), afirma que no horizonte da indústria, a implementação do *analytics* e de modelos matemáticos podem cominar no planejamento efetivo e integrado aos sistemas ciber-físicos.

3.3.5 Cloud Computing

A definição de computação em nuvem dada pelo Nist (2011), citado por Azevedo (2017), é a de um modelo que permite o acesso ubíquo, conveniente e sob demanda aos recursos compartilhados e configuráveis, que podem ser rapidamente provisionados e liberados com mínimo esforço de gerenciamento. É composto por:

- a) Cinco características essenciais - Sob demanda e Autosserviço, Acesso Amplo à Rede, Conjunto de Recursos, Rápida Elasticidade e Serviço de Medição;
- b) Três modelos de serviço - Software como Serviço (SaaS), Plataforma como Serviço (PaaS) e Infraestrutura como Serviço (IaaS);
- c) Quatro modelos de implementação - Nuvem Privada, Nuvem Comunitária, Nuvem Pública e Nuvem Híbrida.

4. Conclusões

A capacidade de autogerenciamento que a Indústria 4.0 vai introduzir no mercado tem como maior diferencial a possibilidade de se antecipar aos eventos que estão por vir, desde manutenções necessárias até variações na demanda, sendo assim capaz de operar de maneira

ininterrupta (FISCHER, 2016). E de acordo com Blanchet et al. (2014), essa nova perspectiva de indústria 4.0 se fundamenta na produção inteligente e flexível, que através da conectividade da internet é estruturada em uma rede de máquinas “inteligentes” e sistemas de manufatura avançado, que vai desde a implementação de tecnologias inovadoras, como robôs industriais controlados em tempo real, até o incremento de *Big Data* e de algoritmos de inteligência artificial para a análise preditivas, resultando em uma maior conectividade entre os seres humanos, as máquinas e os sistemas digitais até o incremento da eficiência energética.

Visto que estamos vivenciando uma nova revolução industrial, em que tudo está mais conectado, é de fundamental importância a preparação da indústria para este novo paradigma. Desta maneira, esta pesquisa se fez de grande relevância pois, por meio de um levantamento sistêmico da literatura, conseguiu apontar os principais pilares da indústria 4.0. Dessa maneira, com essa pesquisa foi possível apontar que a indústria 4.0 está pautada basicamente em 5 pilares centrais: *Cyber-Physical Systems (CPS)*, *Internet of Things (IOT)*, *Smart Factory*, *Big Data Analytics* e *Cloud Computing*, e que atualmente, as organizações convivem em um cenário de conexão imediata de ambiente, máquina e ser humano, intercambiando informações em tempo real com todos os *stakeholders* envolvidos, gerando grande quantidade de dados, que são processados em nuvem e que garantem a segurança e confiabilidade das informações processadas.

Para futuras pesquisas, sugere-se um levantamento aprofundado sobre cada pilar apresentado neste estudo com o intuito de nortear a ainda mais indústria a se capacitar, e com isso, se tornar mais competitiva na economia global e além de fornecer produtos mais personalizados e “inteligentes”.

Referências

AZEVEDO, M. *Transformação digital na indústria: indústria 4.0 e a rede de água inteligente no Brasil*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ALBRECHT, Carmen-Maria et al. *Value Creation for Luxury Brands through Brand Extensions*. In: *Luxusmarkenmanagement*. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017. p. 261-283.

BLANCHET, M. et al. *Industry 4.0: The new industrial revolution-How Europe will succeed*. Hg. v. Roland Berger Strategy Consultants GmbH. München. Abgerufen am 11.05. 2014, unter http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_TAB_Industry_4_0_2014_0403.pdf, 2014.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & Company, 2014.

CHIABURU, D. S. *Analytics: A Catalyst for Stagnant Science*. *Journal of Management Inquiry*, v. 25, n. 1, p. 111- 115, 2015. Disponível em: <<http://jmi.sagepub.com/content/early/2015/08/21/1056492615601342.abstract>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

COBO, M. J. et al. *SciMAT: A new science mapping analysis software tool*. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, v. 63, n. 8, p. 1609-1630, 2012.

FIASCHETTI, A.; PIETRABISSA, A.; DELLI PRISCOLI, F. *Towards manufacturing 2.0: An innovative architecture for the Factory of the Future*. 2015 European Conference on Networks and Communications, EuCNC 2015, p. 450–454, 2015.

FISHER, F. *Essa tal Logística 4.0*. *Tecnológica*, São Paulo, v. 246, n. 1, p.44-52, out. 2016. Mensal.



VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 05 a 07 de dezembro de 2018

GIUSTO, D. A. Iera, G. Morabito, I. Atzori (Eds.) *The Internet of Things*. 2010.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. *Design principles for industrie 4.0 scenarios*. In: System Sciences (HICSS), 2016 49th Hawaii International Conference on. IEEE, 2016. p. 3928-3937.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0*. Frankfurt; Main: National Academy of Science and Engineering, 2013.

KOHAVI, R.; ROTHLENDER, N.; SIMOUDIS, E. *Emerging Trends in Business Analytics*. Communications of the ACM, v. 45, n. 8, p. 45-48, 2002.

LEE, C. W.; KWON, I.; SEVERANCE, D. *Relationship between supply chain performance and degree of linkage among supplier, internal integration and customer*, *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 12, n. 6, p. 444-452, 2007.

LEE, J.; KAO, H.; YANG, Shanhu. *Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment*. *Procedia Cirp*, v. 16, p. 3-8, 2014.

MARIANO, A. M. et al. *Meta Análises como Instrumento de Pesquisa: Uma Revisão Sistemática da Bibliografia Aplicada ao Estudo das Alianças Estratégicas Internacionais*. Congresso internacional de Administração: Gestão Estratégica: inovação colaborativa e competitividade (p. 12). Ponta Grossa: UEPG, 2011.

MARIANO, A. M.; ROCHA, M. S. *Revisão da Literatura: Apresentação de uma Abordagem Integradora*. In: AEDM International Conference–Economy, Business and Uncertainty: Ideas for a European and Mediterranean industrial policy. Reggio Calabria (Italia). 2017.

MASLARIĆ, M.; NIKOLIČIĆ, S.; MIRČETIĆ, D. *Logistics Response to the Industry 4.0: the Physical Internet*. Gruyter. Novi Sad, Servia, p. 511-517. ago. 2016.

MONOSTORI, László. *Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges*. *Procedia Cirp*, v. 17, p. 9-13, 2014.

MONOSTORI, L. et al. *Cyber-physical systems in manufacturing*. *CIRP Annals*, v. 65, n. 2, p. 621-641, 2016.

NIST. *Big Data Interoperability Framework: Volume 1, Definitions*. v. 1, p. 32, 2015.

SCHWAB, K. *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro, 2016.

SILVEIRA, C. B.; LOPES, G. C. *O que é Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo*. 2016. Disponível em: . Acesso em: 25 abr. 2017.

SMIT, J., KREUTZER, S., MOELLER, C., CARLBERG, M. *Industry 4.0, Study for the ITRE Committee*, Policy Department A: Economic and Scientific Policy, European Parliament, Brussels, 2016.

WANG, S. et al. *Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook*. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, v. 12, n. 1, p. 3159805, 2016.