

METANÁLISE DOS MODELOS DE MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0

Stanley Soares de Souza, Sandro Breval Santiago, Afrânio de Amorim Francisco Soares Filho, Maurício Brilhante de Mendonça e Fabiana Lucena Oliveira

RESUMO

A transformação e a velocidade das mudanças constantes com o advento da revolução industrial 4.0 ocasionam tensão na indústria e na sociedade, fortemente impactadas pelas novas tecnologias e mudanças no mercado de trabalho. O grau de competição entre empresas, a relação entre governos e empresas, e até mesmo o modo de vida de toda a sociedade ocorre de forma cada vez mais veloz. Novas tecnologias como sistemas ciber-físicos (CPS), identificação por radiofrequência (RFID), internet das coisas (IoT), big data, inteligência artificial (AI), análise de sistemas e armazenamento em nuvem, são ferramentas que permitem o surgimento de uma nova era para a indústria da transformação. Empresas e negócios que não se adaptarem rapi-

damente a esse novo ambiente, encontrará sérias dificuldade de sobrevivência no mercado. Em função disso, o presente trabalho trouxe modelos de maturidade ou de prontidão que servem como parâmetros de avaliação de uma organização se encontra frente à Indústria 4.0. Analisou-se os modelos abordados quanto às suas características e elementos estabelecidos por autores importantes. Em seguida, fez-se análise comparativa entre os próprios modelos. O estudo se deu por meio da análise bibliométrica de periódicos oriundos de duas fontes internacionais: Web of Science e Scopus. Foram escolhidos 12 artigos, em que cada um traz um modelo de maturidade ou prontidão relevante, tendo como critério de escolha os artigos de maior impacto JCR.

Introdução

Com o advento do aumento da competitividade proporcionada pelo mercado, empresas buscam soluções cada vez mais práticas objetivando aumentar a produtividade ao menor custo possível por meio da interoperabilidade e integração entre tecnologias; ambiente que dá sustentação a uma nova revolução: a Indústria 4.0 (I. 4.0). O termo foi criado inicialmente em um congresso na cidade de Hanover, Alemanha, em 2011. A partir de então, outros países pioneiros em tecnologia e em desenvolvimento industrial passaram a investir significativamente em busca de novas oportunidades oriundas dessa nova revolução.

Para o sucesso do desenvolvimento desse processo, a cooperação entre a indústria, academia e governo torna-se fundamental (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000).

Essa nova indústria encontra-se em estágio de desenvolvimento inicial, e ainda não há precedentes estabelecido do impacto e mudança nos mercados, nem as consequências que poderão surgir na sociedade. O desenvolvimento da quarta revolução encontra-se em diferentes níveis de maturação pelo mundo. A I.4.0 traz tecnologias importantes para aumento da produtividade tais como sistemas ciber-físicos (CPS), internet das coisas (IoT), computação em nuvem, inteligência artificial (AI), identificação por radiofrequência

(RFID), manufatura aditiva, realidade aumentada, cyber segurança, big data e análise de sistemas (De Carolis *et al*, 2017; Lin *et al*, 2018). De vários artigos analisados, os 12 artigos mais citados e de maior impacto foram selecionados a fim de trazer uma avaliação de como está estruturado um modelo de maturidade ou prontidão e de como eles podem ser utilizados para verificar o nível de desenvolvimento de uma organização frente à I.4.0.

Metodologia

O presente estudo visa verificar quais são os modelos de maturidade existentes no âmbito da I.4.0. Em um primeiro

momento, as bases de pesquisa escolhida foram Web of Science e Scopus, a primeira foi escolhida por ser considerada a maior plataforma de informação científica do mundo, inicialmente gerenciada pelo ISI (Institute for Scientific Information) e atualmente administrada pela Clarivate Analytics; a segunda, pertencente a Elsevier, por possuir a base de dados mais ampla em respeito às referências bibliográficas com resumos e citações de literatura revisada, contendo 21.900 títulos de revistas, sendo 1.800 de livre acesso, 5.000 editores internacionais e 55 milhões de registros (CAPES, 2017).

O termo mais utilizado na Europa é ‘*Industry 4.0*’, nos

PALAVRAS CHAVE / Indústria 4.0 / Modelos de Maturidade / Modelos de Prontidão / Tecnologias /

Recebido: 28/11/2019. Modificado: 26/08/2020. Aceito: 27/08/2020.

Stanley Soares de Souza. Mestrando em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Brasil. Especialista em Gestão Pública, UNINORTE, Brasil. Graduado em Administração, UFAM, Brasil. Administrador, Universidade Federal do Amazonas, Brasil.

Sandro Breval Santiago. Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. Pós-Doutor em

Indústria 4.0, Universidade do Porto, Portugal. Graduado em Administração, Especialista em Gerência Financeira Empresarial e Mestre em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Brasil. Professor, UFAM, Brasil. Endereço: Av. Gen. Rodrigo Octávio 6200, Coroado I, Prédio FES, Setor Norte. Campus Universitário 69080-900, Manaus, AM, Brasil. e-mail: sbreval@gmail.com.

Afrânio de Amorim Francisco Soares Filho. Graduado em Administração, UFAM, Brasil. Mestre em Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. Doutor pela Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil. Professor, UFAM, Brasil.

Maurício Brilhante de Mendonça. Graduado em Administração e Mestre em Desenvolvimento Regional, UFAM, Brasil. Especialista em Varejo e Doutor

em Administração Pública e Governo, Fundação Getúlio Vargas de São Paulo, Brasil. Professor, UFAM, Brasil.

Fabiana Lucena Oliveira. Graduada em Ciências Econômicas, Especialista em Comércio Exterior e Mestre em Engenharia de Produção, UFAM, Brasil. Doutora em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. Professora, Universidade do Estado do Amazonas, Brasil.

METANALYSIS OF INDUSTRY 4.0 MATURITY MODELS

Stanley Soares de Souza, Sandro Breval Santiago, Afrânio de Amorim Francisco Soares Filho, Maurício Brilhante de Mendonça and Fabiana Lucena Oliveira

SUMMARY

The transformation and the speed of constant changes with the advent of the industrial revolution 4.0 cause tension in industry and society, strongly impacted by new technologies and changes in the labor market. The degree of competition between companies, the relationship between governments and companies, and even the way of life for the whole of society occurs more and more rapidly. New technologies such as cyber-physical systems (CPS), radio frequency identification (RFID), internet of things (IoT), big data, artificial intelligence (AI), systems analysis and cloud storage, are tools that allow the emergence of a new era for the manufacturing industry.

Companies and businesses that do not adapt quickly to this new environment will find serious difficulties to survive in the market. Accordingly, the present paper searched models of maturity or readiness that serve as parameters of evaluation of an organization in face of Industry 4.0. The models were analyzed regarding its characteristics and elements as established by important authors. Then, a comparative analysis was made between the models. The study was carried out through a bibliometric analysis of journals from two international sources: Web of Science and Scopus. Twelve relevant articles were chosen with the highest impact criteria according to JCR

METANÁLISIS DE LOS MODELOS DE MADUREZ DE LA INDUSTRIA 4.0

Stanley Soares de Souza, Sandro Breval Santiago, Afrânio de Amorim Francisco Soares Filho, Maurício Brilhante de Mendonça y Fabiana Lucena Oliveira

RESUMEN

La transformación y la velocidad de los cambios constantes con la llegada de la revolución industrial 4.0 generan tensión en la industria y en la sociedad, fuertemente impactadas por las nuevas tecnologías y los cambios en el mercado de trabajo. El grado de competencia entre empresas, la relación entre gobiernos y empresas, inclusive el modo de vida de la sociedad como un todo ocurre de forma cada vez más veloz. Nuevas tecnologías como sistemas ciberfísicos (CPS), identificación por radiofrecuencia (RFID), internet de las cosas (IoT), big data, inteligencia artificial (AI), análisis de sistemas y almacenamiento en la nube, son herramientas que permiten el surgimiento de una nueva era para a industria de la transformación. Las empresas y negocios que no se adaptan rápidamente a ese nuevo

ambiente, encontrarán serias dificultades de supervivencia en el mercado. A raíz de esto, el presente trabajo trajo modelos de madurez o de preparación que sirven como parámetros de evaluación de una organización en relación a la Industria 4.0. Se analizaron los modelos presentados en cuanto a sus características y elementos establecidos por autores importantes. Luego, se realizó un análisis comparativo entre los propios modelos. El estudio se hizo por medio del análisis bibliométrico de revistas oriundas de dos fuentes internacionales: "Web of Science" y "Scopus". Se eligieron 12 artículos, cada uno de los cuales presenta un modelo de madurez o preparación relevante, siendo el criterio de elección los artículos de mayor índice de impacto JCR.

Estados Unidos, 'Advanced Manufacturing' e na Ásia, 'Industry 4.0' ou 'Forth Industrial Revolution' (Liao, 2018). Para a pesquisa foram utilizados os seguintes termos: 'maturity models and industry 4.0'; 'maturity models and advanced manufacturing' e 'maturity models and fourth revolution industrial'. O número total de periódicos encontrados foram 79, retirando-se os repetidos e os que não possuíam modelo de maturidade como foco principal do estudo, obteve-se 66 artigos, e por fim utilizou-se da análise dos 12 artigos de maior impacto JCR para avaliação, um número escolhido de forma aleatória, por entender que será o suficiente para trazer compreensão e entendimento da importância de um modelo de maturidade ou prontidão da I.4.0. Na Tabela I

TABELA I
MODELOS DE MATURIDADE/PRONTIDÃO DA I.4.0

Nº	Nome do Modelo
01	Um modelo de maturidade para avaliar a prontidão e a maturidade do setor 4.0 de empresas de manufatura (Schumacher <i>et al.</i> , 2016)
02	Um modelo de maturidade para o gerenciamento de modelos de negócios na indústria 4.0 (Modelo CMMI - <i>Capability Maturity Model Integration</i> ; Rubel <i>et al.</i> , 2018)
03	Método proposto para a Diversificação Colaborativa da Indústria 4.0 (Gazaian e Errasti, 2016)
04	System Integration Maturity Model Industry 4.0 (Lyeh <i>et al.</i> , 2016)
05	MUAS - Modelo de Maturidade do Departamento de Ciências Aplicadas da Universidade de Munique (Puchan <i>et al.</i> , 2018)
06	Desenvolvimento de um modelo de maturidade de digitalização para o setor manufatureiro (Canetta <i>et al.</i> , 2018)
07	Implementação de Fábrica Inteligente e Processo de Inovação (Sjodin <i>et al.</i> , 2018)
08	Modelo por meio do mapeamento e implementação e melhoria da performance operacional na era da indústria 4.0 (Tonelli <i>et al.</i> , 2016)
09	Conceito para medição da maturidade organizacional apoiando o desenvolvimento sustentável (Odwasny <i>et al.</i> , 2018).
10	Avaliando a prontidão do setor 4.0 de Empreendimentos (Rajnai e Kocsis, 2018)
11	Mudança de manufatura em chão de fábrica em direção à indústria 4.0 (Moica, 2018)
12	Processo DREAMMY (<i>Digital REadness Assessement MaturitY model</i>) (Carolis <i>et al.</i> , 2018)

apresentam-se os doze modelos de maturidade ou prontidão analisados.

Resultados e Análise

O termo 'modelo de maturidade' surgiu em meados da década de 60 e veio com o propósito de avaliar por meio de estágios o nível de maturidade das organizações frente à implementação de um novo *modus operandi*, utilizado também em outras áreas do conhecimento (Smith *et al.*, 1985).

Os modelos de maturidade impulsionam a melhoria contínua, que está estrategicamente vinculada a uma compreensão da posição atual de uma organização e onde ela pretende estar no futuro. Compromisso com a mudança é essencial e requer o apoio e envolvimento da alta administração (Hayes, 2007).

Outro método de análise é quanto ao nível de prontidão de uma organização frente à inovação na produção. Um dos principais modelos utilizados de nível de prontidão é o TRL (*Technology Readiness Levels*) adotado pela NASA em seus projetos; esta tecnologia pode ser definida como um quantificador na avaliação da prontidão de um sistema potencial. Segundo a agência americana, a tecnologia é definida como aplicação prática do conhecimento para criar a capacidade de fazer algo novo de forma inteiramente nova (Team, 2002).

A partir dos modelos de maturidade levantados pela literatura, identificou-se alguns pontos em comum: níveis de maturidade, dimensões e itens de avaliação. Autores clássicos da literatura clássica seminal desse tema corroboram com esses critérios. Curtis *et al.* (1995) ao implantar um método de avaliação de maturidade P-CMM (*People Capability Maturity Model*) estabeleceu as dimensões pessoas processos e tecnologias, cinco níveis de maturidade (inicial, repetível, definido, gerenciado e otimizado), e itens a serem avaliados. Já Altunok e Cakmak (2010) ao abordar o TRL da NASA,

afirma se tratar de um sistema de medição de prontidão de uso de determinada tecnologia, abordando itens, níveis de maturação e determinadas dimensões.

A partir desse pressuposto, verificou-se que a soma dos itens específicos avaliados gera o resultado de maturidade ou prontidão em determinada dimensão organizacional. Características importantes como critérios de avaliação para averiguar a eficácia da utilização de um modelo de maturidade ou prontidão são trazidos por Rubel *et al.* (2018): completude, adaptabilidade, abrangência e sustentabilidade.

Corroborando de outra forma Kuznets (1965), quando afirma que os modelos baseados em estágios devem obedecer a pelo menos duas condições fundamentais: 1) as características de cada estágio devem ser distintas e empiricamente testáveis, e 2) o relacionamento analítico de cada estágio, com seu predecessor ou sucessor deve ser bem definido, possibilitando identificar os processos que impulsionam o elemento de um estágio para outro.

A partir dos requisitos necessários para se estabelecer um modelo, os resultados encontrados configuram modelos de maturidade ou de prontidão que podem ser aplicados seja para avaliar o estado de uma organização frente à I.4.0, bem como estabelecer um *roadmap* para implementação de mudanças rumo à nova indústria. Conforme Tabela II, em que modelos foram analisados, verificou-se que os autores estabeleceram critérios de avaliação e dimensões de forma escalonada e didática, o que é importante para analisar o grau de maturidade nas diversas organizações estudadas.

Foi realizada também uma abordagem das dimensões que são objetos de análise em uma organização conforme descrito na Tabela III. As dimensões com maior número de abordagens trazidos pelos autores foram respectivamente: tecnologia, operações, organização, pessoas, produtos e serviços,

cultura, estratégia, liderança, customização, governança, socioambiental, logística, manutenção, design, engenharia e qualidade.

Importa destacar que por causa do forte investimento de pesquisa e desenvolvimento objetivando melhor a produtividade sem perder a qualidade na indústria, a dimensão de maior abordagem foi justamente a tecnologia. Isto pode ser explicado em função da forte tendência em criar novos equipamentos, técnicas e/ou inovações trazida pela I.4.0. Na sequência estão as dimensões que estão diretamente ligadas a fabricação de produtos ou serviços: operações, pessoas e organização.

A maior parte dos modelos abordados foi criada nas instituições acadêmicas da Europa, principalmente na Alemanha, país pioneiro do desenvolvimento da I.4.0. Trazidos os conceitos de modelos de maturidade/prontidão, comparou-se com os conceitos estabelecidos pelos autores dos artigos abordados. Verificou-se um grau de similaridade 75%, ou seja 09 dos 12 artigos foram classificados corretamente como modelo de maturidade ou de prontidão; o restante, 03 artigos, teve troca de classificação, ou seja, classificou-se modelo de maturidade quando na verdade tratava-se de modelo de prontidão e vice-versa.

Conclusão

A dimensão tecnologia, abordada na maioria dos modelos, pode ser explicado justamente porque novas tecnologias representam diretamente a I.4.0 como identificação por radiofrequência (RFID), a internet das coisas (IoT), a internet industrial das coisas (IIoT), o armazenamento em nuvem, a inteligência artificial, o *big data*; tecnologias estas que permitem a integração cada vez mais automática entre sistemas físicos e sistemas informacionais.

A segunda dimensão mais citada foi 'processos', e pode ser explicada porque toda organização, principalmente manufatureira, recebe insumos,

transforma-os e entrega um produto /serviço final; na sequência, pessoas porque são as que dirigem e fazem uma organização funcionar, e em seguida, organização por ser o ambiente em que os processos são realizados. Verificou-se que diferentes dimensões entre as organizações foram utilizadas em função da peculiaridade de cada uma.

A partir desses estudos, verificou-se que o modelo de maturidade ou de prontidão é um importante instrumento de avaliação da organização frente à I.4.0, permitindo avaliar o estado atual e objetivo final a que se quer chegar. Para isto, deve-se verificar qual modelo mais aderente à cada organização a fim de adaptar-se à sua realidade, levando em conta características como tamanho, setor econômico, se é uma instituição de direito público ou privado, e objetivos de longo prazo.

REFERENCIAS

- Altunok T, Cakmak T (2010) A Technology Readiness Levels (TRLs) calculator software for systems engineering and technology management tool. *Adv. Eng. Software* 41: 769-778.
- Canetta L, Barni A, Montini E (2018, June) Development of a Digitalization Maturity Model for the manufacturing sector. Em *2018 IEEE Int. Conf. on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*. pp. 1-7
- CAPEs (2019) *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior*. Ministério da Educação. Brasil. <https://www.capes.gov.br/pt/> (Cons. 30/06/2019).
- Curtis B, Hefley WE, Miller S (1995) *Overview of the People Capability Maturity Model* (No. CMU/SEI-95-MM-01). Software Engineering Institute. Carnegie-Mellon University. Pittsburgh, PA, EUA.
- De Carolis A, Macchi M, Kulvatunyou B, Brundage MP, Terzi S (2017, July) Maturity models and tools for enabling smart manufacturing systems: Comparison and reflections for future developments. Em *IFIP Int. Conf. on Product Lifecycle Management*. Springer. Cham, Suíça. pp. 23-35.
- De Carolis A, Macchi M, Negri E, Terzi S (1917) Guiding

TABELA II
ANÁLISE DOS MODELOS DE MATURIDADE/PRONTIDÃO DA I.4.0

Modelo	Possibilidade de avaliar capacidade de processo ou nível de prontidão *			Análise sintética		Análise descritiva
	Níveis	Dimensões	Itens/elementos	Modelo maturidade	Nível de prontidão	
1	X	X	X	100%	100%	Este modelo proposto aborda tanto o nível de maturidade do processo como um todo, bem como o nível de prontidão da nova tecnologia estudada; ressalta-se que no próprio título do artigo, está posto os termos 'prontidão' e 'maturidade'. Possui os pré-requisitos: níveis de maturidade, dimensões e itens de avaliação. A estruturação do modelo faz com que o mesmo seja considerado um modelo completo.
2	X	X	X	100%		O modelo há cinco níveis definidores do grau de evolução e do estabelecimento de um processo de evolução rumo à I.4.0. Advém da indústria de software e estabelece três dimensões de avaliação; possui ainda níveis de evolução de maturidade, e itens ou elementos específicos de avaliação contendo objetivos gerais e específicos; é estruturado e pode ser definido como de maturidade completo.
3	X	X	X	100%		Neste, são estabelecidas três fases de implementação definidas: visão, habilitação e promulgação. Dentro de cada etapa são propostos cinco níveis de maturidade, possuindo ainda alguns itens de avaliação. Por ser possível avaliar o nível de graduação do processo e possuir os três requisitos elementares, é considerado um modelo de maturidade.
4	X	X	X	100%		O sistema estabelece de forma estruturada graus de digitalização definidos em cinco níveis: da digitalização básica à completa e otimizada. Estabelece dimensões: fatores-chave, empregados, organização, produto e produção. Apresenta dentro de cada dimensão, elementos de ação, que são considerados os itens de avaliação. Possuindo 100% dos requisitos que advém da indústria do software, permite a avaliação gradual do nível de maturidade da indústria.
5	X	X	X	100%		Estabelece-se cinco dimensões-alvo, bem como critérios bem definidos em cinco níveis de graduação de maturidade, contendo elementos ou itens em cada um. Pode ser considerado modelo da maturidade.
6	-	X	X	66%		O processo de avaliação divide-se em duas fases. Não propõe nível de prontidão e não estabelece níveis de maturidade especificamente, mas possui dimensões (estratégia, processos, produtos e serviços, tecnologias e pessoal) e itens de avaliação. O modelo está relacionado a um processo de implantação rumo a I.4.0, mas não aborda um item fundamental: seus níveis de maturidade. Apesar disso, possui 66% requisitos estabelecidos, pelo que pode ser considerado parcialmente como modelo de maturidade.
7	X	X	X	100%		São avaliadas três dimensões fundamentais: pessoas, processos e tecnologias. Definem-se quatro níveis de maturidade que vão desde a tecnologia a ser utilizada até ao grau de manufatura inteligente e previsível. Por ser uma sistemática bem estruturada, o modelo cumpre 100% dos requisitos estabelecidos. Nesse diapasão, pode ser considerado tanto modelo de maturidade como modelo de prontidão.
8	-	X	-	33%		São estabelecidas cinco fases de implementação rumo à I. 4.0. Permite a avaliação do nível de maturidade atual da companhia por definição, representa uma tecnologia para se verificar o grau de prontidão para produzir. No tema do modelo, o termo mais adequado seria nível de prontidão e não modelo de maturidade. Não define claramente os níveis de maturidade nem os itens avaliados, cumprindo apenas um terço de um modelo padrão de maturidade com esses requisitos estabelecidos.
9	-	X	X	66%		Este modelo está alinhado às práticas da nova indústria com uma fabricação sócio, econômico e ambientalmente responsável. São estabelecidos três pilares fundamentais: fator humano, técnico/organizacional e gerenciamento. Estão definidos 11 itens de avaliação e 17 objetivos que abrangem desde a qualidade de vida humana até à produção ambientalmente responsável. Não são definidos graus/níveis de maturidade ou níveis de prontidão em específico. Em função de quantidade de itens abordados, contém 2/3 dos requisitos e pode ser considerado modelo incompleto.
10	X	X	X		100%	Propõe quatro dimensões de avaliação: cultura, tecnologia, organização e aprendizagem. Há quatro níveis de maturidade ou prontidão: céticos, adotantes, colaboradores e diferenciadores. As avaliações de itens somam de 0 a 84 como resultantes. Por ser um modelo bem estruturado e copiável, e cumprir 100% dos requisitos, pode ser considerado completo. Estabelece o nível de constatação se uma tecnologia está ou não pronta para uso. O modelo é considerado modelo de nível de prontidão.
11	-	X	-	33%		Propõe como a companhia pode identificar oportunidades de implementação de tecnologias da I.4.0. O processo define três fases: visão, estratégia e ação, todo estruturado desde uma análise SWOT da companhia até a fase de implementação, onde são feitas as avaliações de maturidade. Possui dimensões de avaliação, mas não clarifica os níveis de maturidade e itens de avaliação. Apenas 1/3 dos requisitos são apresentados em uma configuração de modelo padrão, sendo um modelo de maturidade incompleto.
12	X	X	X	100%		São definidas cinco áreas de avaliação, cinco fatores-chave de implementação e no final os processos são avaliados pelos princípios do modelo CMMI; a resultante da avaliação poderá se encaixar em quatro níveis de maturidade: inicial, gerenciou, definiu, integrou e orientação digital. Conceitualmente pode ser considerado como maturidade, apesar de também possuir o termo 'avaliação de prontidão' na sigla.

* Requisitos (Curtis *et al.*,1995; Altunok e Cakmak, 2010).

TABELA III
ANÁLISE DAS DIMENSÕES ABORDADAS POR MODELO/PRONTIDÃO

Modelo	Dimensões															Dimensões abordadas
	Estratégia	Liderança	Customização	Produtos/serviços	Operações	Cultura	Pessoas	Governança	Tecnologia	Organização	Socioambiental	Logística	Manutenção	Des/engenharia	Qualidade	
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	9
2	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	1
3	X	-	-	-	X	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	5
4	-	-	-	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	3
5	-	-	-	X	X	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	5
6	X	-	-	X	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	5
7	-	-	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	3
8	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	2
9	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X	X	-	-	-	-	4
10	-	-	-	-	-	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	4
11	X	-	-	-	X	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	3
12	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	5
Total	4	1	1	4	8	2	7	1	10	7	1	1	1	1	1	

manufacturing companies towards digitalization a methodology for supporting manufacturing companies in defining their digitalization roadmap. *International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*. (27-29/06/2017). IEEE. pp. 487-495.

Etzkowitz H, Leydesdorff L (2000) The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Res. Policy* 29: 109-123.

Ganzarain J, Errasti N (2016) Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0. *J. Indust. Eng. Manag.* 9: 1119-1128.

Hayes J (2018) *The Theory and Practice of Change Management*. Palgrave. Londres, RU. 592 pp.

Kuznets SS (1965) *Economic Growth and Structure: Selected Essays*. Norton. Nova Iorque, EUA. 378 pp.

Leyh C, Bley K, Schäffer T, Forstehäusler S (2016, September) SIMMI 4.0-a maturity model for classifying the enterprise-wide it and software landscape focusing on Industry 4.0. Em *2016 Federated Conf. on Computer Science and Information Systems*. IEEE. pp. 1297-1302.

Lin D, Lee CKM, Lau H, Yang Y (2018) Strategic response to Industry 4.0: an empirical investigation on the Chinese automotive industry. *Indust. Manag. Data Syst.* 118: 589-605.

Moica S, Ganzarain J, Ibarra D, Ferencz P (2018, March) Change made in shop floor management to transform a conventional production system into an "Industry 4.0": Case studies in SME automotive production manufacturing. Em *7th Int. Conf. on Industrial Technology and Management*. IEEE. pp. 51-56.

Odwazny F, Wojtkowiak D, Cyplik P, Adamczak M (2019) Concept for measuring organizational maturity supporting sustainable development goals. *LogForum* 15(2).

Puchan J, Zeifang A, Leu JD (2018, December) Industry 4.0 in practice-identification of industry 4.0 success patterns. Em *Int. Conf. on Industrial Engineering*

and Engineering Management. IEEE. pp. 1091-1095.

Rajnai Z, Kocsis I (2018, February) Assessing industry 4.0 readiness of enterprises. Em *16th World Symp. on Applied Machine Intelligence and Informatics*. IEEE. pp. 225-230.

Rübel S, Emrich A, Klein S, Loos P (2018) A maturity model for business model management in industry 4.0. Em *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik*. (Lüneburg, Alemanha, 06-09/03/2018). 12 pp.

Schumacher A, Erol S, Sihn W (2016) A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP* 52: 161-166.

Sjödin DR, Parida V, Leksell M, Petrovic A (2018) Smart factory implementation and process innovation: A preliminary maturity model for leveraging digitalization in manufacturing moving to smart factories presents specific challenges that can be addressed through a structured approach focused on people, processes, and technologies. *Res. Technol. Manag.* 61(5): 22-31.

Smith K, Mitchel T, Summer C (1985) Top level management priorities in different stages of the organizational life cycle. *Acad. Manag. J.* 28: 799-820.

Team CP (2002) *Capability Maturity Model® Integration, version 1.1*. CMMI for Systems Engineering, Software Engineering, Integrated Product and Process Development, and Supplier Sourcing (CMMI-SE/SW/IPP/SS, VI. 1).

Tonelli F, Demartini M, Loleo A, Testa C (2016) A novel methodology for manufacturing firms value modeling and mapping to improve operational performance in the industry 4.0 era. *Procedia CIRP* 57: 122-127.