

1. INTRODUÇÃO

1.1. TEMA

Com uma abordagem quanto a Indústria 4.0, o envolvimento desse conceito que apareceu no primeiro momento na Alemanha com o intuito de reestruturar as empresas e aumentar a competitividade delas perante ao restante do mundo, houve a necessidade de criação de modelos de checagem de prontidão e maturidade das empresas utilizados para definir o estado de cada empresa. Na literatura existem diversos modelos de avaliação, com o intuito voltado para a definição da prontidão e maturidade das empresas baseados na tecnologia empregada pelas empresas.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

Os modelos de análise de prontidão e maturidade disponíveis na literatura abordam uma sistemática de análise das empresas voltado a tecnologia, o que abre uma lacuna na literatura quanto aos demais fatores que impactam diretamente a implementação da Indústria 4.0 nas empresas. Quais seriam as lacunas na literatura para análise do grau de prontidão e maturidade das empresas quanto a introdução à Indústria 4.0?

1.3. OBJETIVOS

Realizar uma análise crítica entre 3 modelos de prontidão e maturidade, identificando as lacunas de oportunidades de fatores além dos tecnológicos.

2. METODOLOGIA

2.1. CRITÉRIOS PARA REVISÃO DA LITERATURA

Para pesquisar como a literatura aborda o grau de prontidão das empresas para implantação da Indústria 4.0, os modelos de maturidade ou prontidão e os pré-requisitos necessários para que a empresa adote as tecnologias habilitadoras necessárias, fez-se uma revisão da literatura de artigos científicos, e publicações de consultorias conceituadas no cenário internacional, na base de artigos acadêmicos: Scopus, no período de junho e julho de 2021.

2.2. SELEÇÃO DOS ARTIGOS SOBRE OS MODELOS DE GRAU MATURIDADE

Para que fosse possível identificar os artigos mais relevantes em relação aos modelos de maturidade para implantação da Indústria 4.0, utilizou-se as seguintes palavras chaves: “*Industry 4.0*”, “*maturity model*” e “*Industry 4.0*” AND “*maturity model*”.

Como resultado da busca de “*Industry 4.0*”, na base SCOPUS, encontrou-se um total de 15913 publicações, com isso, acrescentou-se a limitação de artigos, então o número foi de 5311 publicações, considerando-se próximo filtro como *Subject área* como *Engineering*, o número foi de 3131 publicações, mesmo número quanto a relevância de data, a partir de 2012 até 2021, e aplicou-se o filtro do idioma Inglês, então encontrou-se o número de 2805 publicações.

Quando se buscou pela palavra-chave “*maturity model*”, encontrou-se um total de 4770 publicações, ao considerar apenas artigos o número é de 1798 publicações, considerando-se o filtro de *Subject area* como *Engineering*, o número é de 576 publicações, no caso da relevância da data, não houve alteração na quantidade, porém quando aplicou-se o filtro do idioma Inglês o número total foi de 482 publicações.

Como resultado dessa busca, considerando a combinação “*Industry 4.0*” AND “*maturity model*”, foram encontrados, na literatura, considerando apenas artigos, 49 publicações, acrescentou-se o filtro de *Engineering* o número passou a ser de 23 publicações, considerando a relevância da data de 2012 até 2021, encontrou-se o mesmo número de 23 publicações e limitou-se na busca apenas no idioma Inglês e o número é de 18 publicações, conforme tabelas 1 e 2 abaixo.

Tabela 1. Resultados de busca

Corrente de busca	Resultados encontrados (documentos)
“Industry 4.0”	15913
“Maturity model”	4770
“Industry 4.0” AND “Maturity model”	157

Tabela 2. Filtros de busca.

Refine	Filter	Industry 4.0	Maturity model	“Industry 4.0” AND “Maturity model”
Document type	Article	5311	1798	49
Subject area	Engineering	3131	576	23
Year of publication	2012 until 2021	3131	576	23
Language	English	2805	482	18

Para a escolha dos artigos mais relevantes para esse estudo, foram considerados artigos mais bem avaliados por artigos de revisão desses modelos. Os artigos referentes a Indústria 4.0 foram selecionados para o referencial teórico através dos critérios acima.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. INDÚSTRIA 4.0

As empresas encontram-se em um momento de revolução tecnológica capitaneada por um novo conceito chamado de Indústria 4.0 que consiste não somente na inclusão de robôs, mas sim algo mais amplo no campo da tecnologia. Ainda seguindo esse conceito, a rede web será ponto importante e decisivo, que gerará impulsão quanto a criação de sistemas inteligentes que suportarão as empresas durante as fases de produção, desde a concepção do projeto, viabilidade técnica, análise das possibilidades, implementação do projeto, revisão dos pontos a serem melhorados (lições aprendidas) até o que se chama de fim de produção, quando a empresa decide finalizar a produção de determinado produto, seja por demanda de mercado ou mesmo uma decisão estratégica da mesma (Magruk, 2016).

Na Feira de Hanover, em 2011, foi onde o termo Indústria 4.0 foi mencionado inicialmente, como parte de um projeto do governo do alemão do Plano de Ação *High-Tech Strategy 2020*, e possuía como princípio de fortalecer as empresas e fornecer para as empresas alemãs competitividade (Haddara e Elragal, 2015).

O ponto focal da Indústria 4.0 é que linha de produção e máquinas são capazes de trocar dados e informações de forma autônoma com o ambiente externo, onde conecta-se a empresa aos seus principais *stakeholders*, como clientes, cadeia de suprimentos ou mesmo concorrentes, onde possibilita-se que as máquinas se controlem umas às outras (Tjahjono et al., 2017) com o

intuito de fornecer produtos com elevados padrões de produtividade e eficiência em processos de qualidade, produção ágeis, flexíveis e rápidos (Hermann et al., 2016 ; Pilloni, 2018).

A indústria 4.0 apresenta uma maior complexidade no processo de manufatura (Kagermann et al., 2013), e as empresas, em sua grande maioria as empresas pequenas e médias, que não possuem elevados recursos, ainda não se sente seguras quanto ao investimento financeiro necessário em novos recursos, tecnologias, treinamento e os impacto que pode representar em seus modelos de negócios atuais e precisa de uma orientação para implementar o processo da Indústria 4.0 (Kravcik et al., 2018 ; Schumacher et al., 2016; Lichtblau et al., 2015) .

Como já mencionado por Haddara e Elragal, (2015), na feira de Hanover o termo Industria 4.0 foi utilizado caracterizando esse modelo, porém, pode-se considerar que após 2019, o número de projetos sofreu considerável aumento, isso ocorreu tanto em projetos virtuais, quanto em aplicações "reais", e disso surgem os estudos mais empíricos. São exemplos de fábricas virtuais, a fábrica 2050 na Universidade de Sheffield (Reino Unido), Fábrica de Demonstração na Universidade de Aachen (Alemanha), TrumpF Group Factory em Chicago (EUA) e *SmartFactoryKL* em Kaiserslautern (Alemanha), enquanto a fábrica da Audi em Ingolstadt é um exemplo da aplicação real.

Segundo Li et al (2018), desde o séc. XVIII, as empresas passam-se a conviver com as revoluções industriais, divididas em 5 revoluções:

- Energia hidráulica, têxteis e ferro;
- Vapor, estrada de ferro e aço;
- Eletricidade, química, motor de combustão interna;
- Petroquímica, eletrônica e aeronáutica;
- Redes digitais, softwares e Sistemas Ciber-físicos.

Ou seja, a primeira revolução baseada nos sistemas mecânicos, até a última revolução onde se introduz os sistemas Ciber-Físicos, o que ocorre da fusão do mundo real e virtual, e esses equipamentos passam a estar cada vez mais ligados a internet. Outros conceitos são Internet das coisas (IoT) e a Internet de Serviços (IoS).

Lasi et al (2016), afirma que a indústria 4.0 possui uma subdivisão de paradigmas que seriam:

- Produto inteligente;
- Máquina inteligente e;
- Operador aumentado.

Esse conceito de paradigma também é concordado por Kagermann et. al (2013), mencionando os paradigmas focados nesses 3 pilares, vinculados a Indústria 4.0.

Ainda segundo Lasi et al (2016) pode-se classificar produtos inteligentes aqueles que possuem capacidade de armazenar suas características e dados de forma independente, e além disso, o produto informa dados de rastreabilidade de fabricação, onde inclui-se informações relacionadas à máquina, por exemplo, quando foi produzido, onde foi produzido ou mesmo um parâmetro que deve ser adotado para concluir a fabricação do produto. Neste sentido, o produto inteligente passa a ter um papel fundamental e não mais coadjuvante, passa de um papel passivo para uma parte ativa.

A máquina Inteligente é o segundo paradigma onde refere-se a um dispositivo equipado com tecnologias de máquina a máquina e/ou de computação cognitiva. Utiliza-se essa tecnologia de forma a aproveitar a possibilidade das máquinas em raciocinar, solucionar problemas, tomar anúncio de decisão eventualmente tomar medidas. A hierárquica de produção

tradicional até então utilizada nas empresas, passa a ser substituída pela máquina inteligente, que trouxe a auto-organização descentralizada (Mrugalska e Wyrwicka, 2017).

O operador aumentado seria o terceiro paradigma da indústria 4.0, este conceito reforça a postura tecnológica do trabalhador no sistema produtivo com maior flexibilidade e modularidade (Weyer et al., 2015). Mrugalska e Wyrwicka (2017) afirmam que o operador aumentado necessita de um conhecimento quanto automação em relação ao sistema, onde este passa a ser a parte mais flexível e adaptativa do sistema de produção. Koh e Gia (2019) reforçam que os trabalhadores desse sistema de produção provavelmente encontrarão variedades de tarefas, incluindo especificação, monitoramento e verificação da estratégia de produção. Mesmo com toda essa automação e tomada de decisão, o operador aumentado ainda pode ter que intervir periodicamente no sistema de produção auto organizado.

3.2. GRAU DE MATURIDADE

Utilização do termo maturidade refere-se ao “estado de ser perfeito, completo ou pronto, e é diretamente responsável por um processo em progresso e em desenvolvimento. Com isso, sistemas de maturação (nos exemplos de biológico, organizacional ou tecnológico) possuem uma melhoria ao longo do tempo em relação à realização de alguns estados futuros desejáveis. A maturidade pode ser classificada como qualitativamente ou quantitativamente, com pequenos ganhos ou mesmo de forma contínua (Schumacher et al, 2016).

Para se definir ou classificar um estado de destino específico no qual se projeta que uma organização alcance, são comumente utilizados modelos de maturidade. Modelos de maturidade também utilizados como ponto de partida e, através disso, permite iniciar um processo de desenvolvimento do processo (Schumacher et al, 2016).

Existem diferenças entre modelos de maturidade, modelos de avaliação e modelos de prontidão, embora sejam rotineiramente utilizados entre si, na literatura referente Indústria 4.0, diversos autores reconhecem que os modelos representam diferentes conceito (Mittal et al., 2018) (Carolis et al., 2017b) (Carolis et al., 2017a) (Schumacher et al., 2016).

Modelos de maturidade são utilizados para a auxiliar na definição de etapas ou níveis de maturidade, que atuam como uma referência para avaliar exigências específicas de análises (Wendler, 2012), onde considera-se o modelo de avaliação do método utilizado para esta análise (Tarhan et al., 2016). Considera-se como referencial, modelo de maturidade, a partir do qual é realizado o modelo de avaliação. Os modelos de maturidade possuem como objetivo descrever detalhadamente as etapas de maturação, que consistem em apresentar os detalhes de cada etapa e o elo entre elas (Röglinger et al., 2012), fornecendo características e critérios que precisam ser atendidos, para atingir um determinado nível de maturidade. (Becker et al., 2009).

Modelos de maturidade, ou também chamados por alguns autores como modelos de estágios de crescimento (Menon et al., 2016) ou estágios de desenvolvimento (Leyh et al., 2017) são representados por uma sequência de níveis de maturidade para um grupo de objetos (organizações ou processos), em um caminho de evolução contínua desde a etapa inicial do processo de uma organização com baixa capacidade organizacional, ou pouco desempenho de processos, e uma progressão contínua até a concepção do estágio de maturidade total, é considerado um importante instrumento onde permite-se um melhor posicionamento de uma empresa, ajudando a orientar a busca de uma melhor solução para as mudanças (Menon et al., 2016), embora a mudança para digitalização não seja um processo linear, e que não haja garantia de que uma empresa estabelecido em um nível de maturidade mais alto, na verdade, tem um desempenho melhor do que uma empresa em um nível de maturidade anterior (Mullaly, 2014).

Os modelos de avaliação:

- Ferramentas para definir e avaliar um processo ou uma organização em relação a algum estado específico, sendo uma forma de medição tangível de avaliar aspectos diferentes de uma empresa para atingir os objetivos pretendidos (Schumacher et al., 2016).
- Ajudam a avaliar uma organização ou processo, identificando o estágio de maturidade de acordo com um modelo de maturidade específico. Uma vez que a empresa está posicionada em um estágio, o modelo de maturidade auxilia os gestores a entender, gerenciar e identificar estratégias para o planejamento de um caminho evolutivo (Schumacher et al., 2016).

Modelos de prontidão:

- É a vontade do estado atual ou capacidade de uma organização ou processo de se preparar para algo (Temur et al., 2019).

Os modelos de avaliação são comumente utilizados na forma de questionários para avaliar a situação real que uma organização ou de um processo se encontram, de forma para retratar seu estado de prontidão, onde possibilita-se classificá-lo de acordo com um modelo de maturidade específico (Temur et al., 2019).

Tornar a empresa em uma empresa com os conceitos da Indústria 4.0 é um processo relativamente complexo, pois envolve:

- Uma mudança de controle e processos centralizados para controle, processos e estruturas descentralizados;
- Controle e gerenciamento de uma ampla variedade de processos tecnológicos complexos; coordenação de um grande número de parceiros, que executam tarefas diferentes, às vezes localizadas em localizações geográficas diferentes (Schumacher et al., 2016; Kagermann, 2105),
- Dificuldade em coletar dados, incerteza de risco cibernético, resistência à cultura organizacional, apoio da alta gerência, a falta de recursos e a necessidade de Governo Políticas públicas, bem como a criação de valores e adicionais adoção de novos tipos de negócio (Chengula et al., 2019).

Não se pode reduzir a Indústria 4.0 ao sistema de digitalização, robótica e automação de processos. Oferece grande oportunidades para criar modelos de negócios completamente novos e para reestruturar a forma como as organizações funcionam. Limitando Indústria 4.0 a a parte tecnológica, seria um erro e significaria perdendo oportunidades de melhoria nos negócios. Portanto, existem requisitos para atingir todo o potencial da Indústria 4.0: a estratégia corporativa, uma estrutura organizacional criada; e a envolvimento da gestão da empresa (Chengula et al., 2019).

4. METODOLOGIA

Própria revisão da literatura, esse trabalho é uma revisão da literatura de uma tese de doutorado e de artigos científicos que apresentam modelos de análise de grau de prontidão e maturidade das empresas para implementação da Indústria 4.0, identificando as lacunas de oportunidades, considerando os fatores além da tecnologia.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram escolhidos os seguintes modelos de maturidade que são descritos abaixo:

5.1. Modelo do Schumacher.

O modelo de maturidade proposto por Shumacher possui 62 itens de avaliações agrupados em 9 divisões, sendo:

1. Estratégia;
2. Liderança;
3. Clientes;
4. Produtos;
5. Operações;
6. Cultura
7. Pessoas;
8. Regulamentação governamental;
9. Tecnologia.

Dentro dessas divisões, Schumacher ainda definiu 5 níveis de maturidade, para cada subdivisão, onde a nota 1 classifica-se a empresa com mais baixo nível de maturidade para tal quesito e 5 para o grau mais elevado de maturidade da empresa para o quesito. As respostas à esse formulário, aliado a uma ferramenta computacional, gera-se o grau de maturidade da empresa para implementação da Indústria 4.0.

Avaliação da maturidade através dos itens de maturidade dentro de uma empresa é conduzida usando um questionário padronizado consistindo em uma questão fechada por item. Cada pergunta requer uma resposta a uma escala de Likert alcançando de 1- “Não atende” a 5- “atende completamente”.

5.2. Modelo Impuls

O modelo de maturidade chamado Impuls, diferente do Schumacher, definiu-se 6 divisões, sendo:

1. Estratégia e organização;
2. Fábricas inteligentes;
3. Operações inteligentes;
4. Produtos inteligentes;
5. Serviços baseados em dados;
6. Funcionários.

No caso do Impuls, também criou-se os 5 níveis de maturidade para cada subdivisão, onde a nota 1 classifica a empresa que ainda não se posicionou de forma a atender os quesitos básicos da Indústria 4.0 e o nível 5, classifica a empresa em que se encontra totalmente adaptada aquele quesito. As empresas possuirão diferentes planos de ações, para cada etapa, devido a nota de maturidade nas 6 divisões. Dentre cada divisão, existem ainda as subdivisões conforme tabela 3 abaixo.

Tabela 3. Divisões do IMPULS

Item	Divisão	Subdivisão			
1	Estratégia e organização	Estratégia	Investimentos	Gestão da inovação	
2	Fábricas inteligentes	Modelo digital	Infraestrutura	Sistema de TI	Uso de dados
3	Operações inteligentes	Uso da nuvem	Segurança de TI	Processos autônomos	Compartilhamento de informações
4	Produtos inteligentes	Análise de dados		Funcionalidade das Tecnologias de informação e comunicação	

5	Serviços baseados em dados	Compartilhamento de dados usados	Participação nas receitas	Serviços baseados em dados
6	Funcionários	Aquisição de habilidades		Habilidades dos funcionários

5.3. Modelo de maturidade denominado DREAMY.

O modelo de maturidade e prontidão denominado DREAMY foi o modelo escolhido para realizar uma análise crítica e uma comparação aos outros dois modelos de maturidade já citados nesse trabalho.

O modelo de maturidade DREAMY possui como objetivo principal dois vértices. Em primeiro lugar, permite a avaliação da prontidão digital de fabricação das empresas e a identificação de seus pontos fortes e fraquezas no que diz respeito às tecnologias implementadas e processos organizacionais. Em segundo lugar, permite a identificação de um conjunto de oportunidades oferecidas às empresas pela digital transformação, considerando seus pontos fortes e visando superar suas fraquezas.

Através desse modelo de maturidade com um questionário com cerca de 200 perguntas que foram estruturadas de acordo com as áreas do processo DREAMY e com objetivos em avaliar as capacidades da empresa, é disponibilizado para pessoas chaves das empresas, é possível identificar o grau de maturidade das empresas para a Indústria 4.0 e destaca-se exatamente pelo fato de identificar as fraquezas e oportunidades das empresas focando a parte tecnológica.

O modelo classifica as empresas em 5 níveis de maturidades sendo:

- Nível 1 – Iniciante;
- Nível 2 – Gerenciado;
- Nível 3 – Definido;
- Nível 4 – Integrado;
- Nível 5 – Orientado digitalmente.

Nível 1, o processo é controlado de forma simples ou não é totalmente controlado. A gestão do processo é realizada de forma reativa e não possui um o emprego de ferramentas organizacionais e tecnológicas.

Nível 2, o processo é parcialmente planejado e implementado. A gestão do processo é frágil devido a faltar o emprego de tecnologias e gestão. As decisões são tomadas com bases em objetivos simples.

Nível 3, o processo é definido e planejado com implementações de boas práticas e possui um procedimento de sistema de gestão. Porém o planejamento e a gestão do processo possuem oportunidades de melhorias.

Nível 4, o processo é desenvolvido e implementado através de ferramentas que interagem entre as áreas, objetivos são compartilhados e existe padronização na empresa. Com relação as boas práticas que a empresa possui um sistema robusto de capacitação, armazenamento e compartilhamento com toda a organização, utilizando plataformas tecnológicas.

Nível 5, o processo é orientado digitalmente e baseado em uma infraestrutura tecnológica sólida e robusta, o que amplia o crescimento da organização. Possui robustez e segurança em toda a área de tecnologia de informação e inovação, com velocidade adequada na troca de informações.

O modelo de maturidade DREAMY possui 4 divisões com 4 aspectos avaliados:

- Divisão 1: Maturidade do Processo;
- Divisão 2: Maturidade do controle e monitoramento do processo;
- Divisão 3: Maturidade da tecnologia;

- Divisão 4: Maturidade da organização.

Sendo as subdivisões:

- Aspecto avaliado 1: Processos;
- Aspecto avaliado 2: Controle e monitoramento;
- Aspecto avaliado 3: Tecnologias;
- Aspecto avaliado 4: Organização.

O modelo DREAMY além de realizar uma análise da maturidade e prontidão das empresas ainda faz uma menção quanto a identificação das fraquezas e oportunidades de cada empresa, através do questionário identifica, além do nível de maturidade das empresas, as fraquezas e consequentemente as oportunidades que as empresas possuem no que se refere a Indústria 4.0.

5.4. Contribuições além das tecnológicas.

Cada modelo de análise de maturidade no quesito Indústria 4.0 possui suas particularidades e suas semelhanças quando se observa de forma a avaliação do grau de maturidade. Todos os modelos de maturidade possuem uma visão em especial para os quesitos tecnológicos, focados na utilização de tecnologias na gestão e definição do processo de cada empresa. Vale destacar que o modelo Schumacher é mais detalhado, possuindo mais divisões, 9 ao todo, sendo o modelo Impuls possui 6 divisões e o modelo de análise do grau de maturidade DREAMY possui 4 divisões. Cada modelo de grau de maturidade possui uma abordagem pouco diferente para divisão, mas é possível afirmar que todos os modelos abrangem todas as áreas da empresa.

6. CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível identificar elementos em comum nos 3 modelos de maturidade abrangidos nesse estudo, o fato dos 3 modelos serem focados na parte tecnológica, até mesmo quando os mesmos fazem alusão ao estudo de pessoas, o foco central das questões ainda são a parte tecnológica. Contudo notou-se que não foram contempladas características humanas nos modelos, ou seja, como já mencionado nessa conclusão, o foco é sempre a parte tecnológica, deixando uma oportunidade de estudo para definição do grau de maturidade das empresas focado nas pessoas, o quanto as pessoas estão maduras e suficientemente preparadas para essa nova etapa chamada Indústria 4.0.

Outro ponto a se destacar é que todos os modelos possuem condições de serem empregados em diferentes ramos das empresas, ou seja, não foram desenvolvidos modelos de maturidade por segmento industrial, o que permite identificar oportunidades em desenvolvimento de um novo modelo de grau de maturidade focado em determinados setores da economia brasileira e mundial, como por exemplo:

- Indústria automobilística;
- Indústria aeronáutica;
- Indústria do petróleo e gás;
- Indústria têxtil;

Apesar do conceito Indústria 4.0 ter sido desenvolvido para o fortalecimento das empresas privadas, na Alemanha, outro ponto que vale destacar é a possibilidade de se desenvolver um modelo de maturidade voltado para as empresas públicas, com o intuito de fortalecer as mesas e maximizar resultados, o que poderia ser diretamente retornado para a população, pois as empresas públicas passariam a operar de forma mais enxuta e entregando melhores resultados.

Vale ainda fazer um destaque ao modelo de grau de maturidade DREAMY, pois além de identificar o grau de maturidade das empresas em relação a Indústria 4.0, o mesmo identifica fraquezas e oportunidades para as empresas, o que permite que as mesmas desenvolvam planos de ações focados a melhorar o grau de maturidade, caso seja de entendimento de seus gestores.

REFERÊNCIAS

- Carolis, A. De, Macchi, M., Kulvatunyou, B., Brundage, & MP, Terzi, S. (2017a). Modelos de maturidade e ferramentas para habilitar sistemas de manufatura inteligentes: comparação e reflexões para desenvolvimentos futuros, em: Ríos, J., Bernard, A., Bouras, A., Foufou, S. (Eds.), *Product Lifecycle Management and the Industry of the future. PLM 2017*. IFIP Advances in Information and Communication Technology. Springer, Cham, pp. 23-35. doi: 10.1007 / 978-3-319-72905-3_3.
- Carolis, A. De, Macchi, M., Negri, E., Terzi, S., 2017b. Orientando empresas de manufatura para a digitalização uma metodologia para apoiar as empresas de manufatura na definição de seu roteiro de digitalização, em: 2017 Conferência Internacional sobre Engenharia, Tecnologia e Inovação (ICE / ITMC). IEEE, Funchal, Portugal, pp. 487–495. doi: 10.1109 / ICE.2017.8279925.
- Carolis, A. De, Macchi, M., Negri, E., Terzi, S., 2017c. Um modelo de maturidade para avaliar a prontidão digital de empresas de manufatura, em: Lödding, H., Riedel, R., Thoben, K.-D., Cieminski, G. von, Kiritsis, D. (Eds.), *Advances in Production Systems de gestão. O caminho para a manufatura inteligente, colaborativa e sustentável. APMS 2017*. IFIP Advances in Information and Communication Technology. Springer, Cham, pp. 13-20. doi: 10.1007 / 978-3-319-66923-6_2.
- Chengula, Z., Morato, MAR, Thurner, T., Wiedensohler, & Y., Martin, L.(2018). Estado da Indústria 4.0 em seis empresas francesas. Um estudo piloto. *IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE / ITMC)*. 1-8. doi: doi: 10.1109 / ICE.2018.8436256.
- Haddara, M., & Elragal, A.(2015). The Readiness of ERP Systems for the Factory of the Future. *Procedia Computure. Sci.* 64, 721-728. doi: 10.1016 / j.procs.2015.08.598
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B.(2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review, in: *49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*. IEEE, 3928–3937.
- Kagermann, H. (2105). Change Through Digitization - Value Creation in the Age of Industry 4.0, em: Albach, H., Meffert, H., Pinkwart, A., Reichwald, R. (Eds.), *Management of Permanent Change . Springer Fachmedien Wiesbaden*, 23–45. doi: 10.1007 / 978-3-658-05014-6
- Kagermann, H., Wahlster, & W., Helbig, J., 2013. Recomendações para a implementação da iniciativa estratégica Indústria 4.0 Relatório final do Grupo de Trabalho Industrie 4.0. acatech - *Academia Nacional de Ciência e Engenharia*, Frankfurt / Main, Alemanha.
- Kravcik, M., Wang, X., Ullrich, C., & Igel, C.(2018). Rumo ao Desenvolvimento de Competências para a Indústria 4.0, em: Rosé, CP, Martínez-Maldonado, R., Hoppe, HU, Luckin, R. , Mavrikis, M., Porayska-Pomsta, K., McLaren, & B., Boulay, *Artificial Intelligence in Education. AIED 2018*. Lecture Notes in Computer Science. Springer, Cham, 442–446. doi: 10.1007 / 978-3-319-93846-2_83.
- Lasi, H.; Fettke, P.; Kemper, H. G.; Feld, T.; Hoffmann, M.(2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, v. 4, 239-242.

- Leyh, C., Bley, K., Schäffer, T., & Bay, L., (2017). A Aplicação do Modelo de Maturidade SIMMI 4.0 em Empresas Seleccionadas, em: *23ª Conferência das Américas sobre Sistemas de Informação*, 1–10.
- Leyh, C., Martin, S., Schäffer, & T., (2018). Analyzing Industry 4.0 Models with Focus on Lean Production Aspects, in: Ziemia, E. (Ed.), *Information Technology for Management. Pesquisa e Desenvolvimento Contínuo*. Notas de aula em processamento de informações de negócios. Springer, Cham, pp. 114-130. doi: 10.1007 / 978-3-319-77721-4_7.
- Li, Q., Tang, Q., Chan, I., Wei, H., Pu, Y., Jiang, H., Li, J., & Zhou, J. (2018). Smart manufacturing standardization: Architectures, reference models and standards framework. *Computure Industry*. 101, 91–106. doi:10.1016/j.compind.2018.06.005.
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., Schmitt, K., Schmitz, E., Schröter, & M. (2015). IMPULS – Indústria 4.0. Modelo de Prontidão. *Stiftung Aachen Cologne*.
- Menon, K., Kärkkäinen, H., & Lasrado, L. (2016). Rumo a uma abordagem de modelagem de maturidade para a implementação da Internet industrial. Procedimento da 20ª Conferência da Ásia do Pacífico sobre Sistemas de Informação (PACIS 2016): 27 de junho a julho 1, 2016. *Association for Information Systems AIS*. 1–11.
- Mittal, S., Khan, MA, Romero, & D., Wuest, T. (2018). Uma revisão crítica da fabricação inteligente e modelos de maturidade da Indústria 4.0: Implicações para pequenas e médias empresas (PMEs). *Journal Manufacturing System*. 4, 194–214. doi: 10.1016 / j.jmsy.2018.10.005.
- Mullaly, M., 2014. Se a maturidade é a resposta, então qual era exatamente a pergunta? *Internacional Journal Management Project*. 7, 169–185. doi: 10.1108 / IJMPB-09-2013-0047.
- Pilloni, V. (2018). Como os dados irão transformar os processos industriais: Crowdsensing, Crowdsourcing e Big Data como pilares da indústria 4.0. *Future Internet* 10, 2252–2259. doi: 10.3390 / fi10030024
- Röglinger, M., Pöppelbuß, J. & Becker, J. (2012). Modelos de Maturidade em Gestão de Processos de Negócios. *Autocarro. Process Management*. J. 18, 328-346. doi: 10.1108 / 14637151211225225.
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihm, W.(2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP* 52, 161-166. doi: 10.1016 / j.procir.2016.07.040.
- Tarhan, A., Turetken, O., & Reijers, HA, (2016). Modelos de maturidade de processos de negócios: Uma revisão sistemática da literatura. *Information Software and Technology*. 75, 122–134. doi: 10.1016 / j.infsof.2016.01.010.
- Temur, GT, Bolat, HB, & Gözlü, S. (2019). Evaluation of Industry 4.0 Readiness Level: Cases from Turkey, in: Durakbasa, NM, Gencyilmaz, MG (Eds.). *Proceedings of the International Symposium for Production*. Springer, Cham, 412–425. doi: 10.1007 / 978-3-319-92267-6_36.
- Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E., & Pelaez, G. (2017). O que a Indústria 4.0 significa para a Cadeia de Suprimentos? *Procedia Manufacturing* 13, 1175–1182. doi: 10.1016 / j.promfg.2017.09.191
- Wendler, R., 2012. A maturidade da pesquisa do modelo de maturidade: Um estudo de mapeamento sistemático. *Information, Software and Technology*. 54, 1317–1339. doi: 10.1016 / j.infsof.2012.07.007.

- Weyer S., Schmitt M, Ohmer M, & Gorecky D. (2015). Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems, *IFAC-Papers on Line, Volume 48*, 579-584, ISSN 2405-8963.
- Wyrwicka M. K, & Mrugalska B. (2017), Towards Lean Production in Industry 4.0, *24th International Conference on Production Research Procedia Engineering Volume 182*, 382 - 387, ISSN 1877-7058.