

A Evolução dos Processos Industriais: Indústria 4.0 x Indústria 5.0

Thales Montanari Gonçalves¹
Melany Stelle²

RESUMO

A evolução dos processos industriais encontra-se em crescente desenvolvimento conforme o intenso uso de tecnologias emergentes como sistemas *cyberfísicos*, internet das coisas, análise *big data* e outras, proporcionando possibilidades produtivas e a consolidação da quarta revolução industrial, a Indústria 4.0, como é conhecida. O conceito da Indústria 4.0 surgiu em 2011 e se caracteriza por priorizar a produção em massa e pela elevada automatização dos processos industriais, onde há comunicação e integração entre os equipamentos e o uso da inteligência artificial. Não obstante, em 2015, surge um novo conceito de revolução industrial, a Indústria 5.0. Sua principal característica é a utilizar a criatividade humana em consonância ao trabalho repetitivo realizado por robôs. A indústria 5.0 vem com a proposta de produzir de forma personalizada, mas sem perder produtividade e a qualidade dos produtos e serviços. As novas tecnologias proporcionam cada vez mais, novas possibilidades, mas é importante entender toda essa evolução industrial para a escolha do modelo que se enquadre nas necessidades de um investidor. Assim sendo, este artigo tem por objetivo apresentar e comparar os modelos de Indústria 4.0 e Indústria 5.0 baseados em uma revisão de bibliográfica, realizando ao final uma analogia entre ambas, apresentada na forma de resumo de suas principais características.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Indústria 5.0; personalização; customização; tecnologia.

1 INTRODUÇÃO

O homem moderno consome bens e serviços, que se desenvolvem constantemente por intermédio da indústria, em paralelo com a ciência e a tecnologia. A indústria engloba a tecnologia da informação e a automação, além das principais inovações tecnológicas de máquinas e equipamentos, tudo aplicado a manufatura. As transformações associadas à indústria demonstram potencialidade afim de aumentar a produtividade e a qualidade dos serviços, o que gera mudança e desenvolvimento do segmento.

Desde a década de 80, inúmeras foram as organizações que deram início a progressiva transformação do modo de desenvolver e operar seus processos, produtos e estratégias na corrida pelo aumento da produtividade focado na qualidade

¹ Acadêmico(a) do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Pitágoras de Belo Horizonte.

² Orientador(a). Tutora do curso de Engenharia Mecânica da Kroton.

do atendimento das necessidades demandadas pelo mercado, o que possibilita projeções antecipadas sobre a viabilidade econômica.

Acerca da constante evolução tecnológica nas operações de manufatura e serviços, observa-se um universo de informações com inúmeros recursos a serem explorados em seus objetivos acadêmicos e, principalmente, práticos no cotidiano da indústria. Na última década a sociedade presenciou gigantes marcas mundiais desaparecerem do mercado, tendo estas como pivô de suas mazelas a escassez de inovação, a falta, inaceitável pelo mercado, de estratégias vitoriosas para o novo século, para a nova revolução industrial.

Ao propor mudanças tecnológicas dentro das organizações, se faz necessário conhecer os desafios, os impactos e o retorno que a implementação de sistemas deste tipo pode causar. Analisa-se no projeto a adoção destas estratégias de melhoria da produtividade e flexibilização dos processos mediante o uso de dados e informações, de modo a apresentar as estratégias de redução de custo das operações que englobam a manufatura e o aumento da produtividade no qual se insere.

No entanto, como saber quando é viável a projeção de sistemas produtivos automatizados? E qual o impacto da tecnologia sobre a produção e a produtividade? A falta de inovação pode tornar a indústria obsoleta? Quais seriam as consequências então? São essas perguntas que torna esse artigo um instrumento de resposta e busca pela evolução.

A pesquisa a seguir tem a finalidade de apresentar o estudo da evolução no ambiente produtivo e a demonstração da factibilidade ou não, quanto a adoção de processos industriais de máquinas e equipamentos automatizados com a apresentação dos impactos provenientes do modelo estratégico adotado pela organização. Nesse sentido, o objetivo geral de artigo é buscar o estudo da evolução de soluções tecnológicas, para automatização de máquinas e equipamentos em uma linha produtiva, como recurso estratégico da manufatura, de modo a aumentar a produtividade, atuando também na redução de perdas do processo produtivo, manutenção e redução dos meios.

A partir de aí, os objetivos específicos serão explicitar o modelo 4.0 e 5.0 da indústria no que tange a evolução do desenvolvimento de produtos e processos, e, por fim, comparar os modelos da indústria 4.0 e a indústria 5.0, conhecer as estratégias para o desenvolvimento de produtos e processos produtivos nas

operações de manufatura através da transformação de dados verificando os seus impactos técnicos e econômicos nos ambientes industriais.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A finalidade deste artigo é explicitar a evolução dos processos industriais com suas características e inovações até os dias atuais, onde a integração homem-máquina se faz necessária. Entender como a Revolução Industrial mudou o modo de viver das pessoas e os impactos dessas mudanças na era tecnológica. Compreender os termos Indústria 4.0 e Indústria 5.0 nos tempos atuais é fundamental para o profissional da Engenharia. Comparar esses dois modelos e saber onde e quando aplicar cada um é um diferencial profissional, entendendo que a indústria está em constante movimento e evolução.

Para isso será realizadas pesquisas em livros importantes ao longo da história, artigos publicados, dissertações de mestrados que ajudarão a explicitar esses pontos e trazer informações fundamentais ao conhecimento aplicado à indústria e seus processos produtivos, utilizando autores como Landes, Ellitan, Imran, Schwab. Nobrega e outros, listados na Referência Bibliográfica deste artigo.

2.1 Resultados e Discursões

Historicamente, o homem está em constante busca por evoluções e melhorias na forma de viver. Através dessa busca incessante, hoje é possível interagir com máquinas e equipamentos automatizados, capazes de promover ganhos de produção. Voltando na linha do tempo, no fim do século XVIII surgiram as máquinas a vapor e o tear mecânico responsáveis pela 1ª Revolução Industrial. Um marco histórico de todos os tempos.

Surgiram novas invenções que mudaram a indústria de algodão na Inglaterra e originou uma nova forma de produção, o sistema fabril. Essas mudanças responsáveis pela Revolução Industrial, promoveram um aumento na produtividade e uma considerável elevação da renda per capita que fora além da Inglaterra e atingiu a Europa. “Desse modo, a Revolução Industrial inaugurou uma era nova e promissora” (LANDES, 2005, p 43), promovendo a transformação social e na forma de agir e

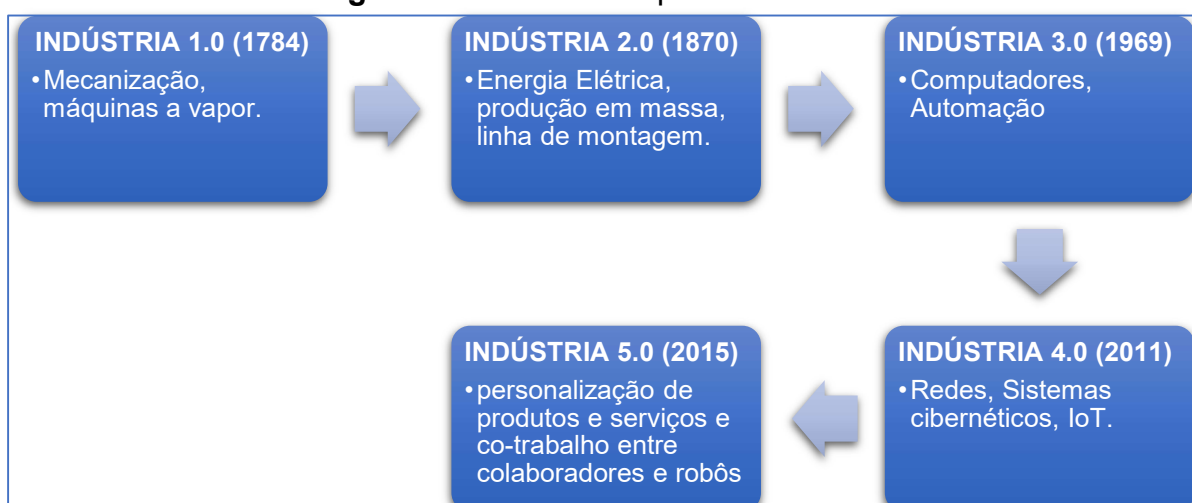
pensar do homem. Um outro detalhe para essa fase foi a forma de manutenção das máquinas que era apenas corretiva.

No fim do século XIX, com a chegada da energia elétrica, houve uma grande mudança no setor industrial e surgem máquinas e equipamentos mais complexos. A necessidade de se pensar em manutenções preventivas dado ao aumento da demanda e a escassez de recursos, devido ao período de pós-guerra tentou-se um aumento da produtividade garantindo o bom funcionamento dos maquinários. O ganho em nível de manutenção foi enorme.

Podemos dizer que nesta era nasceu a manutenção preventiva. Já a 3ª Revolução Industrial surgiu na década de 70 e veio através da eletrônica e dos sistemas de informação que espalharam na indústria rapidamente. Nesta fase, o grande diferencial é o sistema Just In Time, que surge da necessidade de reduzir ao máximo os prazos, a mão de obra e a baixa produtividade.

As revoluções industriais são sempre benéficas aos setores produtivos e conseqüentemente para os consumidores. É uma cadeia onde se promove maior produção com controle de qualidade mais eficaz, redução de insumos e desperdícios e conseqüentemente preços competitivos. Segundo ELLITAN (2020) investir em estratégias digitais e novas tecnologias torna-se necessário, visto que o mercado consumidor busca constantemente por inovações e conseqüentemente por produtos que se enquadrem nas demasiadas demandas de tecnologia e informação. Na linha do tempo abaixo é registrado o início de cada era e suas características e inovações.

Figura 1 - Linha do tempo das indústrias



Fonte: Autor.

Na Figura 1, observa-se que a partir da indústria 3.0, a inteligência artificial proporciona maior agilidade e complexidade das revoluções industriais tornando o mercado preparado cada vez mais para as mudanças tecnológicas (IMRAN et al., 2018).

2.2.1 A indústria 4.0

A revolução 4.0 é considerada como uma revolução industrial, pois como as anteriores, ela tende a abandonar os paradigmas e criar conceitos novos para sistemas de produção. A palavra revolução é relacionada com grandes e profundas mudanças e um rompimento com os velhos hábitos. Karl Marx falava que revoluções são como uma locomotiva para o futuro. Com o passar da história se observa várias revoluções com novo jeito de ver o mundo e em busca de novas tecnologias e inovações, com isso provocou-se várias mudanças nas estruturas sociais e econômicas (SCHWAB, 2016).

Após os meados do século XVII, na Inglaterra, iniciou-se os primeiros sinais de crescimento das cidades, motivado pelo crescimento populacional. “Nos anos de 1749 a população da Inglaterra ultrapassava 6 milhões de habitantes” (RIBEIRO; NOBREGA; 2016). Com o crescimento populacional, inicia-se o processo de geração de demandas, provocado naturalmente pela necessidade de consumo e impulsionado pelo poder de troca. A divisão do trabalho artesanal representava um dos primeiros sinais de que o modo de produzir e de controlar a produção ganhavam novas formas, contribuindo diretamente para o início da especialização da mão de obra e aumento da produção.

Difundiu-se a substituição da força manual e do sistema rudimentar de produção, pela força mecanizada e pelos novos métodos. Houve evolução com a junção de mão de obra qualificada e os novos processos mecanizados, trazendo transformações do uso de insumos em produtos e serviços. Com isso já não era mais necessário o sistema artesanal de produção pois seus custos eram mais elevados e levavam um maior tempo para sua produção.

A 4ª revolução teve início em 2011 na Alemanha, quando se apresentaram na feira Hannover várias ideias mostrando novas tecnologias com a intenção de transformar a organização de valores globais através de “fábricas inteligentes”. A partir disso iniciou-se interesse acadêmico, empresarial, científico e político, fazendo com

que a revolução pela primeira vez seja observada antes mesmo dela ocorrer de fato (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015).

O modelo tem se espalhado em vários países do mundo, adotando ideias semelhantes. Na China foi apresentado o projeto Made in China 2025, que é um programa inteligente e capaz de atualizar as indústrias com algumas metas estabelecidas de 2020 e 2025. Nos EUA anunciaram em 2011 a Advanced Manufacturing Partnership (AMP), que foi a junção do governo, universidades e indústrias para ter investimentos voltados para a tecnologia. Em 2014 teve a sucessora, a Accelerating US Advanced Manufacturing (AMP 2.0), que trouxe várias ações de melhoria, aumentando a capacidade da manufatura do país.

Uma grande e significativa parcela das indústrias no âmbito mundial teve que reorganizar seus esforços para tornarem os processos produtivos, estratégicos e flexíveis que permitam a realização de rápidas modificações dos produtos, de modo a atender aos requisitos do mercado, mantendo os padrões de qualidade e o baixo de processamento. Para o acolhimento destas metas e exigências foi necessária a projeção de processos e produtos inovadores, que possuam excelência em qualidade e que sejam compostos por estratégias bem-sucedidas.

Segundo Mattos (2005) para que as organizações pudessem sobreviver as essas exigências mercadológicas, as organizações começaram a buscar o aperfeiçoamento de seus processos produtivos. A projeção de novos projetos de processos produtivos foi evoluída mediante a realização de testes de desempenho, estudos de viabilidade econômica e testes práticos, ganhando maior força e assertividade com a utilização de soluções tecnológicas que permitem simulações virtuais e estudos matemáticos, que antecipam possíveis anomalias incorporadas ao recurso produtivo em análise.

Para Gaither (2002), a empresa com flexibilidade é capaz de responder rapidamente às necessidades dos clientes. Esta flexibilização produtiva indica a envergadura do sistema de produção para o atendimento da mudança de processamento de um produto para o processamento de outro, seja este um produto já homologado no processo e que componha o conjunto produtivo atual da organização ou referente a introdução de um novo produto, modelo ou família de produtos.

A criação e aplicação de novas tecnologias se tornaram um fundamental fator de sucesso econômico. A sua projeção ao contexto das organizações não as limita

apenas ao recurso estratégico, mas também as tornam mais competitivas. Mas até onde se faz viável automatizar um processo? A tecnologia será estratégica em todos os tipos de processo? O investimento pode correr altos riscos devido às incertezas referentes às demandas futuras correspondentes aos custos unitários?

Este tipo de verificação dos custos, dados e análise permite que a decisão de automatizar ou não um processo ocorra de modo estratégico. A verificação do maior número possível de variáveis analisadas e consideradas afim de garantir que a escolha seja assertiva e compatível com as expectativas iniciais do projeto. As análises estratégicas permitem a definição dos níveis de automação no processo produtivo.

O desenvolvimento de uma nova tecnologia e sua correta aplicação ao sistema produtivo são grandes desafios para quaisquer organizações, independentemente de seu tamanho, capacidade produtiva ou até mesmo experiências tecnológicas já vivenciadas. Cada novo projeto corresponde a um novo desafio e uma nova estratégia de se obter ganhos, reduzir perdas, e estar cada vez mais distante da obsolescência tecnológica. A compreensão da necessidade e possibilidade destas tecnologias de automatização requer que o processo inovador seja dominado nas organizações.

O uso do termo automação nunca esteve tão presente no contexto da indústria como nesta 4ª Revolução Industrial. E como definição fundamental do conceito para Gaither (2002), a automação significa integrar uma ampla variedade de avançadas descobertas de informação e engenharia nos processos de produção para fins estratégicos. No entanto, a propagação do conceito da automatização industrial trouxe uma significativa e numerosa quantidade de equipamentos e máquinas automatizadas, e com os mais diversificados recursos, funções e objetivos.

A boa administração dos projetos deve considerar o momento adequado de implantação e expansão, para que estejam alinhados aos objetivos da empresa e tenham como resultado os ganhos planejados e projetados para a aplicação. Garantindo a produtividade e melhorias técnicas do processo escolhido, bem como a interação com os colaboradores do processo produtivo que serão responsáveis pela utilização diária do recurso implantado.

Com a escolha da aplicação e do local adequado a ser implantada, a estratégia de automatização industrial do processo produtivo possibilita robusta mudança da fábrica e geração de ganhos técnicos da manufatura, de qualidade, eficiência produtiva, segurança e redução de perdas relacionadas a operações manuais que

requerem deslocamentos, movimentações repentinas, velocidade ou minuciosa destreza. Podendo substituí-las por operações automatizadas, com nível de automação compatível a cada necessidade.

Desse modo, ao invés de ter um operador operando as máquinas e os equipamentos em tempo integral, as indústrias 4.0 contam com parques fabris que funcionam quase que sozinhos. Ainda, o aprendizado de máquinas (Machine Learning) faz com que os equipamentos consigam identificar padrões e, assim, aprender novas soluções por conta própria.

Baseado nas literaturas, a Indústria 4.0 traz uma maior produtividade dos processos como principal benefício, proporcionada pelo uso de tecnologias que possibilitam auxiliar na tomada de decisões de forma independente. Além de aumentar a produtividade, a Indústria 4.0 promove melhor qualidade dos produtos, mais celeridade durante o processo devido as linhas produtivas e redução nos custos da produção. Isso se dá devido a padronização dos produtos, diminuição do desperdício e um melhor controle dos insumos, promovendo maiores lucros (PASCHEK et al., 2019).

2.2.2 A indústria 5.0

A Indústria 5.0, também conhecida como quinta revolução industrial, surge da necessidade de personalização dos produtos por parte do mercado, trabalhando pequenos lotes de produção com produtos individualizados e por conseguinte com maior valor agregado.

Segundo Hallem (2019) a Indústria 5.0 busca a customização dos produtos e confirma completude entre o homem e os sistemas inteligentes. Já Paschke (2019) se refere a indústria 5.0 como a combinação da criatividade humana aliada a precisão e agilidade dos robôs, além da possibilidade de estes substituírem o trabalho humano em situações que possam colocar em risco a sua integridade e saúde.

Outro ponto importante da Indústria 5.0 de acordo com Demir (2019), é seu potencial para afetar outras grandes áreas essenciais para sociedade, como a economia, ecologia e nas relações interpessoais. Isto devido à expectativa de redução de desperdício, mudança no planejamento industrial e logístico devido a redução de grandes estoques.

Hallem (2019), também cita que a área médica também será bastante favorecida pela Indústria 5.0, devido a fabricação individualizada de implantes e

dispositivos médicos. Além da área computacional para exames como tomografia e ressonância e cirurgias à distância.

A Indústria 5.0 é composta por várias tecnologias entre elas tem-se os robôs colaborativos, internet das coisas e a manufatura aditiva, ou seja, objetos conectados à internet possibilitando uma produção inteligente, um ecossistema digital com o uso da inteligência artificial, sistemas multiagentes, adaptativos complexos e tecnologias (HALEEM & JAVAID, 2019a).

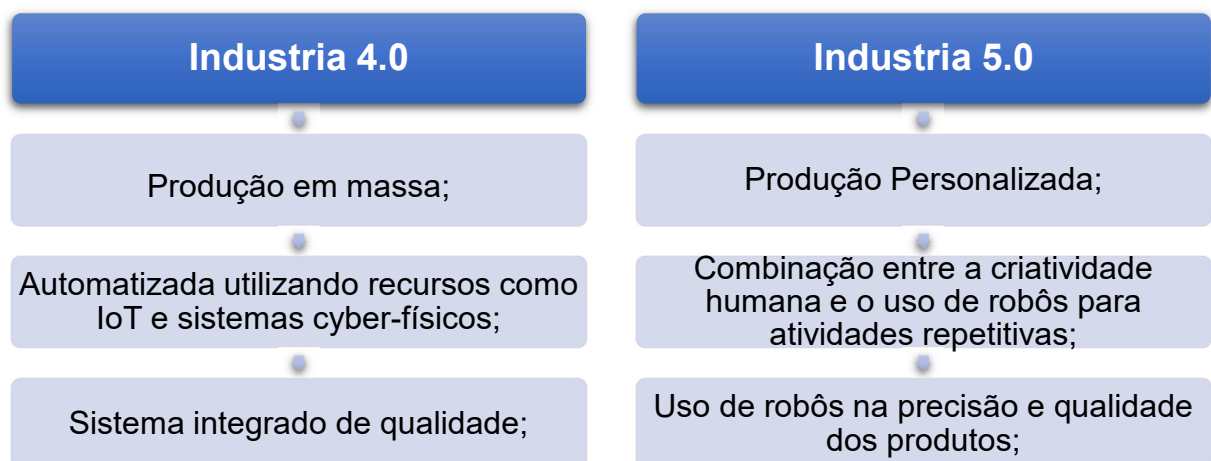
A Indústria 5.0 hoje, mesmo com essa versão futurística, já integra vários setores em que há a demanda de um colaborador qualificado complementar as atividades que a máquina ainda não realiza de maneira autônoma (PASCHEK et al., 2019). Um exemplo de casos assim são os trabalhos submersos para manutenção de plataformas petrolíferas, onde o homem manuseia robôs para a realização de atividades de riscos. É a máquina e o homem trabalhando em conjunto em busca de maior eficiência, qualidade e segurança.

Atualmente, a indústria 5.0 tem o olhar humano, que busca não somente resultados financeiros, mas também inclusão social, qualidade de vida e sustentabilidade. A indústria 5.0 promove o aprimoramento desses aspectos e dentre suas principais características, estão em otimizar a eficiência humana e a possibilidade de promover a hiper customização dos processos.

2.2.3 Indústria 4.0 X Indústria 5.0

Conhecidas as principais características dos modelos da indústria 4.0 e 5.0, segue abaixo um resumo comparativo dessas características:

Figura 2 - Indústria 4.0 x Indústria 5.0.



Fonte: Adaptado de Haleem (2019) e Paschek (2019).

A partir da explanação dos modelos de gestão industrial é importante comparar a indústria 4.0 e a indústria 5.0 para que seja possível uma visão ampla e assim definir qual o modelo estratégico a ser implantado. É importante ressaltar o equilíbrio onde a indústria 4.0 traz a produtividade e a eficiência através da automatização e a indústria 5.0 vem para transformar os processos produtivos tornando-os mais sustentáveis, inclusivos e humanizados.

3 CONCLUSÃO

O objetivo foi apresentar a evolução industrial e apontar os principais conceitos e características relacionadas a Indústria 4.0 e a Indústria 5.0 com foco em perspectivas futuras. Além disso, o estudo desenvolveu um comparativo entre os dois modelos de Indústria, apresentando o foco de cada uma e a importância da revolução tecnológica a qual pertencem, fornecendo as justificativas para que estes modelos se consolidem nos setores produtivos.

Baseado nesse comparativo, fica evidente que esses modelos coexistem. Não é o fim de uma geração para iniciar a outra, mas aplicações diferentes. Com a indústria 4.0, a geração tecnológica teve um grande avanço, aumentando a produção através da automatização de processos, porém desumanizou toda a cadeia produtiva. O conceito da indústria 5.0 entra para dar mais valor a qualidade de vida, a sustentabilidade e a personalização dos produtos. Não são apenas resultados financeiros, mas a capacidade e criatividade humana sendo novamente valorizada.

REFERÊNCIAS

DEMIR, KA; DÖVEN, G; SEZEN, B. **Industry 5.0 and Human-Robot Co-working**. Procedia Computer Science, 2019. 688–695 p.

ELLITAN, L; ANATAN, L. **Achieving Business Continuity in Industrial 4.0 and Society 5.0**. International Journal of Trend in Scientific Research and Development, 2020. 235–239 p.

GAITHER, Norman. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo, Cengage Learning, 2002. 598 p.

HALEEM, A; JAVAID, M. **Industry 5.0 and its expected applications in medical field**. Current Medicine Research and Practice, 2019. 167–169 p.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Working paper, 2015**. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>

IMRAN, M; UL HW; UL HA. **Influence of Industry 4.0 on the production and service sectors in Pakistan: Evidence from textile and logistics industries**. Social Sciences, 2018. 1-21 p.

LANDES, D. Prometeu desacorrentado. **Transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa ocidental, de 1750 até os dias de hoje**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2005.

MATTOS, João Roberto. **Gestão da tecnologia e inovação: Uma abordagem prática**. São Paulo: Saraiva, 2005. 278 p.

NOBREGA, Mailson; RIBEIRO, Alessandra. A Economia: **Como evoluiu e como funciona - Ideias que transformaram o mundo**. Trevisan, 2016. 304 p

PASCHEK, D; MOCAN, A; DRAGHICI, A. **Industry 5.0 – The Expected Impact of Next Industrial Revolution**. Managment Knowledge Learning International Conference, 2019. 125–132 p.

SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. Genebra: World Economic Fórum, 2016.