

# A RELAÇÃO ENTRE A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL DA MANUFATURA E A SUSTENTABILIDADE

Wellington Souto dos Reis Batista <sup>1</sup>, Gabrielle Scur Amuldi <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI  
[wsouto.reis@outlook.com](mailto:wsouto.reis@outlook.com)<sup>1</sup>, [gabriela@fei.edu.br](mailto:gabriela@fei.edu.br)<sup>2</sup>

**Resumo:** Desde o século XVIII a indústria passou por três revoluções. Atualmente está iniciando a chamada quarta revolução industrial, denominada Indústria 4.0, integrando os objetos físicos com a tecnologia da informação e comunicação. Este trabalho tem por objetivo, por meio de uma revisão da literatura, identificar quais são os principais impactos que a Indústria 4.0 terá sobre os pilares econômico, ambiental e social da sustentabilidade nas organizações.

## 1. Introdução

O cenário produtivo atual está mudando. Uma das causas mais significativas para tais transformações se dá com a chegada da quarta revolução industrial [1]. A capacidade de manter ou até mesmo aumentar a produção e ainda assim reduzir custos, seja de matéria-prima ou gastos energéticos, de forma totalmente automatizada, permitindo não só produzir em larga escala, mas também de forma customizada é o que se espera com a implementação do que está sendo chamada de Indústria 4.0 [2].

Indústria 4.0 é o conjunto de ferramentas que juntas, possibilitam transformar toda a cadeia de produção. São eles: Big Data, robôs autônomos, simulação, sistemas verticais e horizontais de integração, Internet das Coisas, cibersegurança, nuvem, manufatura aditiva e realidade aumentada [3]. Entretanto, a implementação de tais recursos nos meios de produção atuais é um grande desafio, mas traz consigo uma grande oportunidade para a adoção de uma manufatura sustentável usando a infraestrutura onipresente de tecnologia da informação e comunicação (TIC) [4]. Além disso, seria possível melhorar as condições de trabalho e aumentar a competitividade e a qualidade dos produtos [5].

A verdade é que muito se especula e se idealiza sobre as transformações que a quarta revolução industrial trará consigo, pois diferentes das três anteriores, será a primeira em que o mundo está antecipando sua chegada, e não observando seus efeitos posteriores (Drath, 2014) [6].

Espera-se um grande potencial econômico. Um estudo recente estima que os benefícios trazidos com a implementação da Indústria 4.0 gerarão uma receita de cerca de 78 bilhões de euros para o PIB alemão até o ano de 2025 (Bauer, Schlund, Marrenbach, & Ganschar (2014) [7]. Todavia, nossa pesquisa não se limita somente aos impactos econômicos e financeiros gerados. A quarta revolução industrial é uma das grandes promessas para que diversas organizações consigam alinhar seus objetivos ao que é conhecido como tripé da sustentabilidade: a

capacidade de gerar práticas sustentáveis em termos financeiros, sociais e ambientais. Logo, esta revisão sistemática da literatura busca identificar, através de um estudo bibliométrico, quais são os principais impactos que a Indústria 4.0 terá sobre os pilares econômico, ambiental e social no quesito sustentabilidade.

## 2. Metodologia

Adaptado a partir do texto *Conducting systematic literature review in operations management* (2016) [8], o desenvolvimento desse projeto foi estruturado em 5 etapas: Compreensão do tema e objetivo do projeto, busca na base de dados, estudo bibliométrico, análise de dados e apresentação dos resultados.

O termo Indústria 4.0, tema central da pesquisa, surgiu em 2011 na Alemanha. Entretanto, o tema ganhou notoriedade e relevância em diversos outros países e tem sido alvo de mais estudos a cada ano. Por isso a necessidade de entender exatamente a proposta do projeto. Há um grande volume de dados e informações sobre o tema, mas não necessariamente eles serão relevantes para o este estudo.

Optou-se então, por uma leitura crítica de artigos previamente selecionados, a fim de adquirir um entendimento prévio no tema e selecionar palavras-chaves que seriam parte fundamental durante a busca na base de dados, que posteriormente seriam utilizadas para busca na base de dados *Scopus*.



Figura 1 - Esquema da primeira etapa da pesquisa (Fonte: Autor “adaptado de” Gomes et. al, 2018, p.30-48)

## 3. Resultados

Dividida em duas etapas, bibliométrica e revisão literária. Foi utilizada como ferramenta bibliométrica, o software *Vosviewer*, que oferece suporte para criação de mapas de rede com os dados exportados da base de dados Scopus. Através dele, foi possível criar mapas baseados na utilização de palavras chaves, citação de autores, número de citação do documento, país e outros.

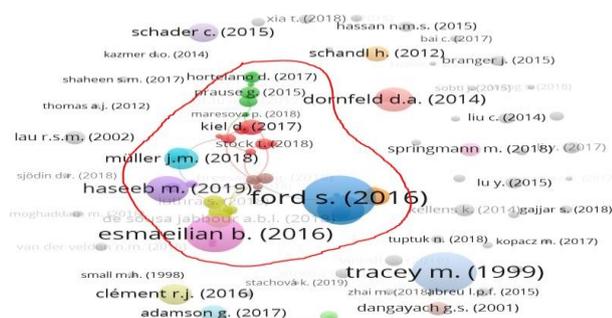


Figura 2 - Mapa baseado nos artigos mais citados (Fonte: Autor)

A partir da Figura 2, selecionaríamos os textos a serem analisadas e revisados. O motivo para se utilizar esse mapa como critério se dá ao fato de que o tamanho de cada círculo representa o número de citações que um artigo recebeu. Consideramos que quanto maior o mesmo for, mais peso e relevância o texto possui dentro da área de nosso estudo.

Com uma breve leitura dos títulos dos textos, notou-se que a maioria deles não se enquadravam dentro da proposta de nosso estudo. Alguns tratavam somente de um aspecto do tripé da sustentabilidade. Seja ele, econômico, ambiental ou social, ou estavam completamente fora do escopo da pesquisa.

Optou-se, então, por analisar os artigos que estavam dentro do conjunto em vermelho, aqueles que faziam conexão entre si, pelas seguintes razões: I) possuíam um grande número de citações, o que leva a acreditar que seriam de grande relevância para nossa pesquisa, II) já que faziam parte da mesma rede, pois todos estavam inseridos dentro do mesmo tema principal, pois de uma forma “indireta” compartilhavam as mesmas referências bibliográficas.

Analisando isoladamente esses artigos que estavam dentro do círculo em vermelho (36 no total), foram lidos todos os títulos e como suposto previamente, quase todos estavam dentro dos parâmetros da busca. A partir dos títulos, foram selecionados 21 artigos que julgamos relevantes em relação a proposto do nosso projeto. Esses mesmos 21 artigos tiveram seus abstracts lidos para tomarmos conhecimento se de fato se encaixavam dentro da proposta inicial do projeto.

Excluídos alguns fora do escopo, chegou-se a um total 13 artigos, como mostra a tabela abaixo.

Tabela 1 - Artigos selecionados para leitura

1	Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges [1]
2	Development of a Risk Framework for Industry 4.0 in the Context of Sustainability for Established Manufacturers [9]
3	Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies [10]
4	Industry 4.0 and Sustainability Implications: A Scenario-Based Analysis of the Impacts and Challenges [11]
5	Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential [12]
6	Industry 4.0: A Solution towards Technology Challenges of Sustainable Business Performance [13]
7	Investigating the Effects of Smart Production Systems on Sustainability Elements [14]
8	Sustainability aspects of a digitalized industry – A comparative study from China

	and Germany [15]
9	Sustainable Industrial Value Creation in SMEs: A Comparison between Industry 4.0 and Made in China 2025 [16]
10	Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives [17]
11	Sustainable Industrial Value Creation: Benefits and Challenges of Industry 4.0 [18]
12	What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability [5]
13	When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors [20]

Fonte: Autor

Como proposto inicialmente, após selecionados os artigos através da bibliométrica, esses mesmos foram revisados e interpretados a fim de encontrar a relação entre impactos que a Indústria 4.0 terá sobre os pilares econômico, ambiental e social da sustentabilidade e eles podem auxiliar no avanço das estratégias de sustentabilidade no nível empresarial.

#### 4. Conclusão

A partir dessa revisão literária foi possível encontrar diversos impactos tanto positivos quanto negativos para a sustentabilidade tanto nas dimensões social, econômica e ambiental. Embora o termo sustentabilidade englobe as 3 dimensões, dentre elas, a que mais é abordada nos estudos é a dimensão ambiental, possivelmente pelo grande potencial que a Indústria 4.0 sob ela e a relevância que a pauta meio ambiente vem ganhando nas últimas décadas.

A dimensão econômica também sofre grandes impactos devido a eficiência gerada pelas tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, em especial as informação e comunicação. Parte dos benefícios financeiros gerados estão relacionados com os benefícios ambientais. Percebe-se que existe a possibilidade das empresas se desenvolverem financeiramente sem ter que renunciar a dimensão ambiental. As pequenas e médias empresas sofrerão com a falta de capital para a implementação dos recursos da indústria 4.0 e correm o risco de saírem do mercado.

Na dimensão social, devido à defasagem em pesquisas que estudem mais profundamente os impactos sociais, o que se pode esperar com maior certeza é o aumento da procura por profissionais de TI, uma vez que os pilares da indústria 4.0 demandarão esse tipo de profissional. Contudo, fica em aberto a relação entre empresas, trabalhadores e máquinas. Muito dependerá das políticas e estratégias adotadas pelas empresas. Podendo optar por capacitar e habilitar seus funcionários para os novos meios de produção ou substituir a mão-de-obra atual por máquinas, robôs e tecnologias de informação e comunicação. Deixa-se então lacunas abertas para futuras pesquisas com ênfase na dimensão social, pois ainda não se obteve uma perspectiva concreta acerca do que se esperar para a mão-de-obra atual.

Ainda assim, acredita-se que a I40 pode auxiliar no avanço das estratégias de sustentabilidade no nível empresarial à medida que promovem práticas que fortalecem as empresas socialmente, ambientalmente e economicamente. Seja por meio do fornecimento de treinamento e capacitação de funcionários, melhoria no ambiente de trabalho, onde máquinas e robô realizariam

as atividades que demandariam demasiado esforço físico ou quem fossem ergonomicamente desfavoráveis.

### 5. Referências

- [1] Ford, Simon & Despeisse, Mélanie. (2016). *Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges*. Cleaner Production, v.137, p. 1573-1587.
- [2] Zawadzki, Przemysław & Żywicki, Krzysztof. (2016). *Smart Product Design and Production Control for Effective Mass Customization in the Industry 4.0 Concept*. Management and Production Engineering Review, v. 7, p. 105-112.
- [3] Rübmann, Michael et. Al (2016). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. The Boston Consulting Group.
- [4] T. Stock & G. Seliger (2016). *Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0*. Procedia CIRP, v. 40, p. 536-541.
- [5] Müller, J. M. & Kiel, D. & Voigt, K.-I. (2018). *What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability*. Sustainability, v. 10(1), p. 247
- [6] Drath, Rainer and Horch, A., (2014). "Industrie 4.0: Hit or Hype?". IEEE Industrial Electronics Magazine, v. 8(2), p. 56-58.
- [7] Bauer, Wilhelm & Schlund, Sebastian & Marrenbach, Dirk & Ganschar, Oliver. (2014). *Industrie 4.0 - volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland*. Controlling, v. 27, p.515-517.
- [8] Thomé, A. M. T. & Scavarda, L. F. & Scavarda, A. J. (2016). *Conducting systematic literature review in operations management, Production Planning & Control*. Informa UK Limited, v. 27(5), p. 408-420.
- [9] Birkel, Hendrik & Veile, Johannes & Müller, Julian & Hartmann, Evi & Voigt, Kai-Ingo. (2019). *Development of a Risk Framework for Industry 4.0 in the Context of Sustainability for Established Manufacturers*. Sustainability, v. 11, p. 384.
- [10] Luthra, S., & Mangla, S.K. (2018). *Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies*. Process Safety and Environmental Protection, v. 117, p. 168-179.
- [11] Bonilla, S. & Silva, Helton & Silva, Marcia & Gonçalves, Rodrigo & Sacomano, José. (2018). *Industry 4.0 and Sustainability Implications: A Scenario-Based Analysis of the Impacts and Challenges*. Sustainability, v.10, p. 3740.
- [12] Stock, T., Obenaus, M., Kunz, S., & Kohl, H. (2018). *Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential*. Process Safety and Environmental Protection, v. 118, 254-267.
- [13] Haseeb, Muhammad & Iqbal-Hussain, Hafezali & Ślusarczyk, Beata & Jermisittiparsert, Kittisak. (2019). *Industry 4.0: A Solution towards Technology Challenges of Sustainable Business Performance*. Social Sciences, v. 8, p. 154.
- [14] 20. Waibel, M.W. & Steenkamp, L.P. & Moloko, N. & Oosthuizen, G.A.. (2017). *Investigating the Effects of Smart Production Systems on Sustainability Elements*. Procedia Manufacturing, v. 8, p. 731-737.
- [15] 24. Beier, Grischa & Niehoff, Silke & Ziems, Tilla & Xue, Bing. (2017). *Sustainability aspects of a digitalized industry – A comparative study from China and Germany*. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, v. 4, p. 227-234.
- [16] Müller, J.M., Voigt, K. (2018). *Sustainable Industrial Value Creation in SMEs: A Comparison between Industry 4.0 and Made in China 2025*. Int. J. of Precis. Eng. and Manuf.-Green Tech. V. 5, p, 659-670.
- [17] Kamble, Sachin & Gunasekaran, Angappa & Gawankar, Shradha. (2018). *Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives*. Process Safety and Environmental Protection. v. 117, p. 408-425.
- [18] Daniel Kiel & Julian M. Müller & Christian Arnold & Kai-Ingo Voigt. (2017). *Sustainable Industrial Value Creation: Benefits And Challenges Of Industry 4.0*. International Journal of Innovation Management, World Scientific Publishing Co., v. 21(08), p. 1-34.
- [19] Jabbour, Ana Beatriz & Jabbour, Charbel & Foropon, Cyril & Filho, Moacir. (2018). *When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors*. Technological Forecasting and Social Change, v. 132, p. 18-25.