



Mapeamento da Sustentabilidade 4.0: A Identificação das Contribuições e dos Limites entre a Tecnologia e o Desenvolvimento Sustentável

José Salvador da Motta Reis (UNESP)
jmottareis@gmail.com

Maximilian Espuny (UNESP)
maximilian.espuny@unesp.br

Nilo Antonio de Souza Sampaio (UERJ)
niloSamp@terra.com.br

José Glenio Medeiros de Barros (UERJ)
glenio.barros@gmail.com

Otávio José de Oliveira (UNESP)
otavio.oliveira@unesp.br

A história da indústria é marcada por quatro revoluções industriais, na qual a sociedade encontra-se na consolidação de sua quarta, que proporciona oportunidades para sustentabilidade, como redução no impacto ambiental e inclusão social. Esse artigo tem por objetivo identificar os principais autores, países, artigos e lacunas de pesquisa sobre a temática “Indústria 4.0 e Sustentabilidade Corporativa”; e elaborar um mapa mental com as tendências de pesquisa, por meio da análise dos documentos que estão indexados na base de dados Scopus. Entre as principais tendências que foram indetificadas neste artigo, encontram-se: Indústria 4.0 como ferramenta de apoio à sustentabilidade; Intersecção e limites entre a sustentabilidade e a indústria 4.0; Desenvolvimento da indústria 4.0 nos moldes da sustentabilidade; Gestão aplicada na indústria sustentável 4.0. A principal contribuição aplicada foi a exposição das possibilidades que as empresas podem implementar, tanto em relação da sustentabilidade no desenvolvimento de tecnologias inovadoras, como a utilização de tecnologias para reforçar os pilares da sustentabilidade.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Sustentabilidade Corporativa, Tecnologia, Indústria sustentável, Análise de conteúdo.

1. Introdução

A Quarta Revolução Industrial (QRI) ou Indústria 4.0 (I4.0), começou na Alemanha em organizações como Volkswagen, BMW e recentemente entrou no foco do governo chinês com a implementação do “Made in China 2025” (LI, 2018). A I4.0 é fundamentada na produção inteligente e autônoma por meio de digitalização avançada e sistemas ciber-físicos (LASI et al., 2014), proporcionando grandes mudanças na maneira de produzir e gerenciar os recursos, possibilitando elevar a sustentabilidade da produção (MENG et al., 2018).

Abordando o conceito de sustentabilidade identifica-se a Sustentabilidade Corporativa (SC) que proporciona oportunidades as organizações, tais como: proteção dos recursos naturais, sociais e econômicos (LOZANO, 2015). Elkington em 1998 propôs um modelo de equilíbrio denominado Triple Bottom Line que adequa parâmetros do meio ambiental, meio social e meio econômico para alcançar a sustentabilidade (AMINI; BIENSTOCK, 2014).

A implementação das tecnologias advindas da QRI proporcionará oportunidades para sustentabilidade, reduzindo o impacto ambiental por meio de maior eficiência energética e produtiva, inclusão social com a interação de dispositivos eletrônicos inteligentes (KAMBLE; GUNASEKARAN; GAWANKAR, 2018), elevando a precisão das métricas ambientais e aprimora a obtenção de dados em tempo real com a utilização de Big Data, promovendo melhorias diretas nos aspectos ambientais, sociais e econômicos (BONILLA et al., 2018). Destacam-se as oportunidades que surgem com a QRI no contexto da SC como: benefícios, necessidades, custos e dificuldades na implementação da I4.0 voltada a SC (MÜLLER; KIEL; VOIGT, 2018).

Nesse contexto, a questão norteadora que conduzirá este trabalho é: quais são as referências e as principais tendências dos estudos que associam a Quarta Revolução Industrial e a Sustentabilidade? Com o propósito de solucioná-la, esse artigo tem por objetivo identificar os principais autores, países, artigos e lacunas de pesquisa sobre a temática “Indústria 4.0 e Sustentabilidade Corporativa”; e elaborar um mapa mental com os agrupamentos das mesmas lacunas, por meio da análise dos documentos que estão indexados na base de dados Scopus.

2. Referencial teórico

A QRI teve seu início na Alemanha em 2011, com características de digitalização, otimização, automação, interação homem-máquina e troca automática de dados (LU, 2017). O termo Indústria 4.0 foi explanado para o mundo durante a Feira de Hannover, seguido pela formação

de um grupo de pesquisa presidido por Siegfried Dais e Henning Kagermann (SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016).

Com a implementação das tecnologias da I4.0 foram criadas as Fábricas Inteligentes que otimizam o planejamento da produção e promovem a navegação autônoma da linha de produção, possibilitando um novo horizonte de modelos de negócios, serviços e produtos individualizados, por meio da infraestrutura de comunicação, armazenamento e interpretação dos dados de sistemas de produção (DRATH; HORCH, 2014).

Objetiva-se na I4.0 integrar processos com tecnologias de informação proporcionando flexibilidade, adaptabilidade, aumentando a comunicação entre produtores (LI et al., 2017) e produzindo com eficiência operacional, elevada qualidade, baixo custo e sustentável (WANG et al., 2016) utilizando tecnologias como o: Cyber-physical Systems (CPS), Internet of Things (IoT), Big Data e Cloud. Essas tecnologias permitem a comunicação contínua via internet integrando e trocando informações entre humanos e máquinas (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016).

A temática de SC caracteriza-se por um conceito de escala global, que apresenta novos desafios para as organizações e seus tomadores de decisão. Os sistemas tradicionais de relatórios, prestação de contas e controle, colocam em seu centro a organização ou entidade e são conceitos que divergem da nova visão de ecossistema sustentável, que visa proteger recursos ambientais, sociais e econômicos (MILNE; GRAY, 2013).

Define-se a sustentabilidade como a manutenção progressiva das capacidades de sustentação dos ecossistemas como um todo do planeta, necessitam de critérios baseados em valores sociais, ecológicos e econômicos (WOLF, 2014), interdependentes tematicamente, devendo ser abordados em diferentes níveis simultaneamente (HAHN et al., 2015). Justiça, equidade e ética são pontos centrais na interpretação normativa do desenvolvimento sustentável, de forma que as necessidades das gerações atuais e futuras devem ser satisfeitas e protegidas (BAUMGARTNER, 2014).

Existem várias distinções entre a I4.0 e a fabricação tradicional advinda da terceira revolução, como exemplo os recursos inteligentes, aprimoram a flexibilidade, automação, alta integração e conseqüentemente a sustentabilidade (MENG et al., 2018), adequando diferentes critérios como grandes volumes, velocidades diferentes de produção e variedade de dados, elevando as organizações a um alto nível de manufatura sustentável, facilitando métricas ambientais na precisão, qualidade e obtendo dados em tempo real (BONILLA et al., 2018).

A I4.0 afeta particularmente os postos de trabalhos, funções que podem ser automatizadas, o planejamento e até a tomada de decisões também podem se tornar automatizados, o que significa que pessoal altamente qualificado também pode estar em risco de perda de emprego. Atividades dentro do alcance da tecnologia de informação e comunicação. Essa mudança pode levar a perdas de emprego se os funcionários não forem capazes de se adaptar com rapidez suficiente e atender aos novos requisitos (BIRKEL et al., 2019), como a segurança, devido ao sistema de controle industrial está em contínuo contato com dispositivos inteligentes e interativos que armazenam informações importantes e estratégicas (BAG et al., 2018).

3. Método

Este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa aplicada, de natureza exploratória (KOTHARI; GARG, 2019). Para os procedimentos técnicos adotou-se o método de pesquisa bibliográfica e a revisão da literatura.

A coleta de dados foi realizada na base de dados Scopus no mês de dezembro de 2019. Foram utilizados dois grupos de palavras-chaves na busca:

- 1) "Industry 4.0" ou "Industrial 4.0" ou "Industrie 4.0" ou "Manufacturing 4.0" ou "The Fourth Industrial Revolution" ou "4.0" ou "Smart Factory" ou "Smart Manufacturing" ou "Smart Factories" e;
- 2) "Sustainability" ou "Sustainable" ou "Corporate Sustainability" ou "Enterprise Sustainability" ou "Sustainable Companies".

Foram identificados na pesquisa 65 estudos indexados. Para a identificação de lacunas científicas relacionadas a pesquisa foram utilizados os trinta artigos mais citados na base, considerando o recorte temporal de 2015 a 2019. Os dados foram tratados por meio dos softwares Microsoft Excel e VOS Viewer.

4. Resultado e discussões

Segue nessa seção, os resultados que foram apurados mediante as análises de autores, das nações, das lacunas de pesquisa e de seus respectivos agrupamentos, acompanhadas sempre das discussões pertinentes.

Inicialmente, identificou-se os 10 autores mais citados sobre o tema “Sustentabilidade associado com a Indústria 4.0” que estivessem entre os mais citados na literatura, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Autores mais citados no período de 2015 e 2019

#	Autor, Índice H	Instituições, País	Total de citações - documentos	Citações					Publicações				
				2015	2016	2017	2018	2019	2015	2016	2017	2018	2019
1	Müller, J. M., 4	Facchochshule Salzburg, Áustria	160 - 4	0	0	0	48	112	0	0	1	2	1
2	Voigt, K.I., 4	Universität Erlangen, Alemanha	160 - 4	0	0	0	48	112	0	0	1	2	1
3	Kiel, D., 2	Universität Erlangen, Alemanha	126 - 2	0	0	0	48	78	0	0	0	1	1
4	Jabbour, C. J. C., 2	Montpellier Business School, França	103 - 2	0	0	0	23	80	0	0	0	2	0
5	Prause, G. K., 2	Tallinna Tehnikaülikool, Estônia	70 - 2	0	3	12	31	24	1	0	1	0	0
6	Haseeb, M., 1	Taylor's University Malaysia, Malásia	109 - 1	0	0	0	0	109	0	0	0	0	1
7	Hussain, H. I., 1	Taylor's University Malaysia, Malásia	109 - 1	0	0	0	0	109	0	0	0	0	1
8	Jermstipparsert, K., 1	Chulalongkorn University, Tailândia	109 - 1	0	0	0	0	109	0	0	0	0	1
9	Ślusarczyk, B., 1	Częstochowa University of Technology, Polónia	109 - 1	0	0	0	0	109	0	0	0	0	1
10	Arnold, cC, 1	Universität Erlangen, Alemanha	43 - 1	0	0	0	23	25	0	0	1	0	0

Fonte: Próprios autores (2020).

Verifica-se nessa análise, que os autores Müller, Voigt, e Kiel, realizaram parcerias em pesquisas e publicações, promovendo a internacionalização do tema entre a Alemanha e Áustria. O autor Müller não só se destaca na área de pesquisa por ser um dos que apresenta o maior H-Index (4) e também o maior número de citações, mas segundo a Elsevier (2020), ele tem uma vasta experiência das implicações da Indústria 4.0 (160) e suas implicações na Sustentabilidade Mundial, podendo ser encontrada em nas quatro publicações relacionadas a I4.0 e Sustentabilidade mas também em publicações voltadas a alternativas melhorias da sustentabilidade. Dentre as 18 publicações que o autor tem em seu portfólio acadêmico cinco

estão publicadas no periódico Sustainability. Verifica-se também, que os autores Haseeb, Hussain, Jermstittiparsert e Ślusarczyk publicaram em parceria.

Segue agora, a análise realizada entre os principais países da área, conforme a Tabela 2. A Alemanha foi o país que obteve o maior número de citações e o maior índice h no tema, tendo como maior justificativa o fato de ser o berço da Indústria 4.0, em organizações como Volkswagen, BMW.

Tabela 2 - Países mais citados no período de 2015 a 2019

#	Autor, Índice H	Total de citações - documentos	Citações					Publicações				
			2015	2016	2017	2018	2019	2015	2016	2017	2018	2019
1	Alemanha, 6	220 - 6	0	0	4	70	146	0	0	2	3	1
2	Índia, 5	109 - 9	0	0	0	11	98	0	0	0	4	5
3	Brasil, 4	151 - 6	0	0	0	25	126	0	0	0	3	3
4	Estados Unidos, 4	86 - 13	0	0	0	5	81	0	0	0	2	11
5	França, 3	110 - 3	0	0	0	23	87	0	0	0	3	0
6	China, 3	47 - 3	0	0	0	9	38	0	0	1	0	2
7	Reino unido, 3	46 - 6	0	0	0	7	39	0	0	0	2	4
8	Malásia, 2	111 - 3	0	0	0	0	111	0	0	0	0	3
9	Estônia, 2	70 - 2	0	3	12	31	24	1	0	1	0	0
10	Suécia, 2	54 - 3	0	1	9	7	37	1	0	0	0	2

Fonte: Próprios autores (2020).

Entre os países melhores ranqueados, apenas a França e a Estônia não publicaram trabalhos em 2019. Identificou-se que apenas a Estônia, entre os dez principais países, obtivera um número de citações que fosse inferior ao penúltimo ano de análise. Todos os demais tiveram no mínimo o dobro de citações em relação ao período anterior.

Conforme a Tabela 3, segue a identificação das lacunas científicas dos 30 artigos que apresentaram o maior número de citações, envolvendo os temas Sustentabilidade e Indústria

4.0. Entre as publicações que estão relacionadas nessa tabela, verifica-se que há a preponderância de artigos publicados no periódico Sustainability.

Tabela 3 - Lacunas científicas da temática I4.0 relacionado com a SC

#	Título	Autores	Periódico (ISSN)	Lacunas Científicas
1	<i>Industry 4.0: A solution towards technology challenges of sustainable business performance</i>	Haseeb et al. (2019)	<i>Social Sciences</i> (2076-0760)	Mapear como a indústria 4.0 está beneficiando o desempenho sustentável em multinacionais
2	<i>What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability</i>	Müller, Kiel e Voigt (2018)	<i>Sustainability</i> (2071-1050)	Analisar os benefícios da indústria 4.0 dentro do campo da sustentabilidade
3	<i>When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors</i>	Jabbour et al. (2018)	<i>Technological Forecasting and Social Change</i> (0040-1625)	Identificar as sinergias e dissonâncias entre a indústria 4.0 e a sustentabilidade corporativa
4	<i>Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations</i>	Jabbour et al. (2018)	<i>Annals of Operations Research</i> (0254-5330)	Propor boas práticas com as tecnologias (cyber-physical systems etc) da indústria 4.0 que aprimorem a economia circular nas organizações
5	<i>Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0</i>	Kiel et al. (2017)	<i>International Journal of Innovation Management</i> (1363-9196)	Mensurar o custo benefício da integrar indústria 4.0 e sustentabilidade corporativa
6	<i>Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives</i>	Kamble, Gunasekaran e Gawankar (2018)	<i>Process Safety and Environmental Protection</i> (0957-5820)	Identificar as tendências na pesquisa científicas da indústria sustentável 4.0
7	<i>Sustainable business models and structures for industry 4.0</i>	Prause (2015)	<i>Journal of Security and Sustainability Issues</i> (2029-7017)	Identificar oportunidades para os novos modelos de negócios sustentáveis na era da indústria 4.0
8	<i>Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies</i>	Luthra e Mangla (2018)	<i>Process Safety and Environmental Protection</i> (0957-5820)	Investigar os impactos na sustentabilidade de economias países emergentes implementando a indústria 4.0 em cadeias de suprimentos
9	<i>On sustainable production networks for industry 4.0</i>	Prause e Atari (2017)	<i>Entrepreneurship and Sustainability Issues</i> (2345-0282)	Avaliar os benefícios para a sustentabilidade corporativa na implementação de tecnologias (cyber-physical systems etc) da indústria 4.0
10	<i>From automated home to sustainable, healthy and manufacturing home: a new story enabled by the Internet-of-Things and Industry 4.0</i>	Branger e Pang (2015)	<i>Journal of Management Analytics</i> (2327-0012)	Identificar oportunidades de tornar o cotidiano das pessoas mais sustentável por meio da indústria 4.0
11	<i>Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential</i>	Stock et al. (2018)	<i>Process Safety and Environmental Protection</i> (0957-5820)	Avaliar o potencial sustentável da indústria 4.0 dentro de organizações

12	<i>A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: A framework, challenges and future research directions</i>	Ren et al. (2019)	<i>Journal of Cleaner Production</i> (0959-6526)	Mensurar o impacto das tecnologias (cyber-physical systems etc) da indústria 4.0 na sustentabilidade corporativa
13	<i>Sustainable Industrial Value Creation in SMEs: A Comparison between Industry 4.0 and Made in China 2025</i>	Müller e Voigt (2018)	<i>International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology</i> (2288-6206)	Identificar quais postos de trabalho surgiram e quais serão descontinuados com a indústria 4.0
14	<i>Industry 4.0 and Sustainability Implications: A Scenario-Based Analysis of the Impacts and Challenges</i>	Bonilla et al. (2018)	<i>Sustainability</i> (2071-1050)	Identificar oportunidades de contribuição da indústria 4.0 na sustentabilidade ambiental
15	<i>A Cross-Strait Comparison of Innovation Policy under Industry 4.0 and Sustainability Development Transition</i>	Lin, Shyu e Ding (2017)	<i>Sustainability</i> (2071-1050)	Propor novas interações estratégicas entre a indústria 4.0 e a sustentabilidade corporativa
16	<i>Development of a Risk Framework for Industry 4.0 in the Context of Sustainability for Established Manufacturers</i>	Birkel et al. (2019)	<i>Sustainability</i> (2071-1050)	Investigar oportunidades nos riscos da gestão na indústria 4.0 voltada a sustentabilidade
17	<i>IoT Heterogeneous Mesh Network Deployment for Human-in-the-Loop Challenges Towards a Social and Sustainable Industry 4.0</i>	Garrido-Hidalgo et al. (2018)	<i>IEEE Access</i> (2169-3536)	Avaliar o impacto da internet of things no aumento da produtividade sustentável
18	<i>Industry 4.0 and supply chain sustainability: framework and future research directions</i>	Bag et al. (2018)	<i>Benchmarking</i> (1463-5771)	Identificar oportunidades de contribuição da indústria 4.0 na sustentabilidade da cadeia de suprimentos
19	<i>Pharma Industry 4.0: Literature review and research opportunities in sustainable pharmaceutical supply chains</i>	Ding (2018)	<i>Process Safety and Environmental Protection</i> (0957-5820)	Avaliar os resultados sustentáveis implementando conceitos da quarta revolução industrial em indústrias químicas
20	<i>Sustainable development of industry 4.0: The case of high-tech products system design</i>	Batkovskiy et al. (2019)	<i>Entrepreneurship and Sustainability Issues</i> (2345-0282)	Propor boas práticas para integrar a indústria 4.0 no desenvolvimento de produtos sustentáveis
21	<i>Maintenance for Sustainability in the Industry 4.0 context: a Scoping Literature Review</i>	Franciosi et al. (2018)	<i>IFAC-PapersOnLine</i> (2405-8963)	Analisar os conceitos da indústria 4.0 que aprimoram a manufatura sustentável
22	<i>Sustainable robust layout using Big Data approach: A key towards industry 4.0</i>	Kumar, Singh e lamba (2018)	<i>Journal of Cleaner Production</i> (0959-6526)	Avaliar o impacto do layout de fábricas inteligentes na sustentabilidade corporativa em organizações
23	<i>Optimization of Municipal Waste Collection Routing: Impact of Industry 4.0 Technologies on Environmental Awareness and Sustainability</i>	Bányai et al. (2016)	<i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i> (1661-7827)	Propor a integração da indústria 4.0 no tratamento de água e resíduos sólidos em organizações
24	<i>Sustainable and flexible industrial human machine interfaces to support adaptable applications in the Industry 4.0 paradigm</i>	Ardanza et al. (2019)	<i>International Journal of Production Research</i> (0020-7543)	Implementar o modelo de human machine interfaces visando solucionar problemas de sustentabilidade nas customizações em massa da produção

25	<i>Enhancing sustainability and energy efficiency in smart factories: A review</i>	Meng et al. (2018)	<i>Sustainability</i> (2071-1050)	Mapear os conceitos da indústria 4.0 que contribuem para a sustentabilidade corporativa
26	<i>Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies</i>	Kamble, Gunasekaran e Dhone (2019)	<i>International Journal of Production Research</i> (0020-7543)	Identificar as sinergias e dissonâncias entre a indústria 4.0 e a manufatura enxuta no contexto da sustentabilidade corporativa
27	<i>A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements</i>	Manavalan e Jayakrishna (2019)	<i>Computers and Industrial Engineering</i> (0360-8352)	Identificar sinergias e dissonâncias ao implementar a internet of things no supply chain management
28	<i>Sustainable production scheduling in open innovation perspective under the fourth industrial revolution</i>	Shim, Park e Choi (2018)	<i>Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity</i> (2199-8531)	Avaliar o impacto na sustentabilidade corporativa implementando conceitos da indústria 4.0 na programação da produção
29	<i>An Empirical Investigation of the Relationship between Overall Equipment Efficiency (OEE) and Manufacturing Sustainability in Industry 4.0 with Time Study Approach</i>	Yazdi, Azizi e Hashemipour (2018)	<i>Sustainability</i> (2071-1050)	Identificar oportunidades de integração entre tecnologias (cyber-physical systems etc) da indústria 4.0 e o supply chain management
30	<i>Intelligent sustainable supplier selection using multi-agent technology: Theory and application for Industry 4.0 supply chains</i>	Ghadimi et al. (2019)	<i>Computers and Industrial Engineering</i> (0360-8352)	Avaliar os riscos na transição de uma fábrica comum para uma fábrica inteligente

Fonte: Próprios autores (2020).

Entre os 30 artigos que estão presentes no rol dos mais citados, 24 deles foram publicados nos últimos dois anos (2018 e 2019), indicando que a literatura relevante que se faz presente neste campo de estudo é bastante recente.

Após a identificação das lacunas de pesquisa, organizou-se quatro grupos de tendências mais relevantes a partir da similaridade de cada uma delas contivessem, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Mapa Conceitual

	Haseeb <i>et al.</i> (2019)
	Müller, Kiel e Voigt (2018)
	Jabbour <i>et al.</i> (2018)
	Prause e Atari (2017)
	Branger e Pang (2015)
Indústria 4.0 como ferramenta de apoio à sustentabilidade	Ren <i>et al.</i> (2019)
	Garrido-Hidalgo <i>et al.</i> (2018)
	Ding (2018)
	Franciosi <i>et al.</i> (2018)
	Ardanza <i>et al.</i> (2019)
	Meng <i>et al.</i> (2018)
	Shim, Park e Choi (2018)
	Jabbour <i>et al.</i> (2018)
	Kiel <i>et al.</i> (2017)
Intersecção e limites entre a sustentabilidade e a indústria 4.0	Kamble, Gunasekaran e Gawankar (2018)
	Bonilla <i>et al.</i> (2018)
	Lin, Shyu e Ding (2017)
	Ghadimi <i>et al.</i> (2019)
	Bányai <i>et al.</i> (2016)
	Prause (2015)
	Luthra e Mangla (2018)
Desenvolvimento da indústria 4.0 nos moldes da sustentabilidade	Bag <i>et al.</i> (2018)
	Batkovskiy <i>et al.</i> (2019)
	Manavalan and Jayakrishna (2019)
	Kamble, Gunasekaran e Dhone (2019)
	Yazdi, Azizi e Hashemipour (2018)
	Stock <i>et al.</i> (2018)
Gestão aplicada na indústria sustentável 4.0	Müller e Voigt (2018)
	Birkel <i>et al.</i> (2019)
	Kumar, Singh e Lamba (2018)

Fonte: Próprios autores (2020).

No primeiro grupo, “Indústria 4.0 como ferramenta de apoio à sustentabilidade”, envolve lacunas que discutem sobre como a tecnologia pode apoiar a instrumentalização dos pilares da sustentabilidade. Na sequência, em “Intersecção e limites entre a sustentabilidade e a indústria 4.0”, avalia-se principalmente os procedimentos que podem permitir o desenvolvimento de ambos os temas e a relação de custo-benefício que existe entre a sobreposição entre ambas. Em

“Desenvolvimento da Indústria 4.0 nos moldes da sustentabilidade”, busca-se a identificação das ações e tecnologias que possam vir a contribuir com o aprimoramento da sustentabilidade. Em relação à “Gestão aplicada na Indústria sustentável 4.0”, analisa-se as práticas de gerenciamento que se pode utilizar para integrar os dois temas estudados, explorando as boas características.

5. Conclusão

Os objetivos do trabalho e a questão de pesquisa foram devidamente atendidas, identificando-se os principais autores, países, artigos, lacunas de pesquisa e foi feita a elaboração dos agrupamentos pertinentes, encontrando-se quatro grupos mais relevantes. A principal contribuição acadêmica foi a verificação de que o tema da Indústria 4.0 e da Sustentabilidade apresentam materiais consideráveis, que permitem a expansão do aprofundamento de estudos de ambos os temas associados.

A principal contribuição aplicada foi a exposição das possibilidades que as empresas podem implementar, tanto em relação da sustentabilidade no desenvolvimento de tecnologias inovadoras, como a utilização de tecnologias para reforçar os pilares da sustentabilidade. Como sugestão de pesquisas futuras, recomenda-se a realização de estudos de caso, para apurar as práticas que as organizações que dispõem das tecnologias da Indústria 4.0 realizam em sinergia com a Sustentabilidade Corporativa.

6. Agradecimentos

Este trabalho foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001 e pelo CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - (312894 / 2017-1) para apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AMINI, M.; BIENSTOCK, C. C. Corporate sustainability: an integrative definition and framework to evaluate corporate practice and guide academic research. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 76, p. 12–19, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.016>>

BAG, S.; TELUKDARIE, A.; PRETORIUS, J. H. C.; GUPTA, S. Industry 4.0 and supply chain sustainability: framework and future research directions. **Benchmarking: An International Journal**, [s. l.], p. BIJ-03-2018-0056, 2018. Disponível em: <<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/BIJ-03-2018-0056/full/html>>

BAUMGARTNER, R. J. Managing Corporate Sustainability and CSR: A Conceptual Framework Combining

Values, Strategies and Instruments Contributing to Sustainable Development. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, [s. l.], v. 21, n. 5, p. 258–271, 2014. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/csr.1336>>

BIRKEL, H.; VEILE, J.; MÜLLER, J.; HARTMANN, E.; VOIGT, K.-I. Development of a Risk Framework for Industry 4.0 in the Context of Sustainability for Established Manufacturers. **Sustainability**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 384, 2019. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2071-1050/11/2/384>>

BONILLA, S.; SILVA, H.; TERRA DA SILVA, M.; FRANCO GONÇALVES, R.; SACOMANO, J. Industry 4.0 and Sustainability Implications: A Scenario-Based Analysis of the Impacts and Challenges. **Sustainability**, [s. l.], v. 10, n. 10, p. 3740, 2018. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2071-1050/10/10/3740>>

DRATH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: Hit or Hype? [Industry Forum]. **IEEE Industrial Electronics Magazine**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 56–58, 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6839101/>>

HAHN, T.; PINKSE, J.; PREUSS, L.; FIGGE, F. Tensions in Corporate Sustainability: Towards an Integrative Framework. **Journal of Business Ethics**, [s. l.], v. 127, n. 2, p. 297–316, 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10551-014-2047-5>>

KAMBLE, S. S.; GUNASEKARAN, A.; GAWANKAR, S. A. Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. **Process Safety and Environmental Protection**, [s. l.], v. 117, p. 408–425, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>>

KOTHARI, C. R.; GARG, G. **Research methodology methods and techniques**. 4^o ed. Nova Deli: New Age International, 2019.

LASI, H.; FETTKE, P.; KEMPER, H.-G.; FELD, T.; HOFFMANN, M. Industry 4.0. **Business & Information Systems Engineering**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 239–242, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12599-014-0334-4>>

LI, X.; LI, D.; WAN, J.; VASILAKOS, A. V.; LAI, C.-F.; WANG, S. A review of industrial wireless networks in the context of Industry 4.0. **Wireless Networks**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 23–41, 2017. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11276-015-1133-7>>

LOZANO, R. A Holistic Perspective on Corporate Sustainability Drivers. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 32–44, 2015. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/csr.1325>>

MENG, Y.; YANG, Y.; CHUNG, H.; LEE, P.-H.; SHAO, C. Enhancing Sustainability and Energy Efficiency in Smart Factories: A Review. **Sustainability**, [s. l.], v. 10, n. 12, p. 4779, 2018. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2071-1050/10/12/4779>>

MILNE, M. J.; GRAY, R. W(h)ither Ecology? The Triple Bottom Line, the Global Reporting Initiative, and Corporate Sustainability Reporting. **Journal of Business Ethics**, [s. l.], v. 118, n. 1, p. 13–29, 2013. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10551-012-1543-8>>

MÜLLER, J. M.; KIEL, D.; VOIGT, K.-I. What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability. **Sustainability**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 247, 2018. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2071-1050/10/1/247>>

OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 83, p. 121–139, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>>

SANDERS, A.; ELANGESWARAN, C.; WULFSBERG, J. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 811, 2016. Disponível em: <<http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/1940>>

WANG, S.; WAN, J.; LI, D.; ZHANG, C. Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 3159805, 2016. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1155/2016/3159805>>

WOLF, J. The Relationship Between Sustainable Supply Chain Management, Stakeholder Pressure and Corporate Sustainability Performance. **Journal of Business Ethics**, [s. l.], v. 119, n. 3, p. 317–328, 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10551-012-1603-0>>