

**CONTRIBUIÇÕES DA LOGÍSTICA 4.0 PARA A SUSTENTABILIDADE CORPORATIVA:
REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

NAYRA VASIULIS FERREIRA RODRIGUES
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCAR)

PAULA DE CAMARGO FIORINI
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCAR)

CONTRIBUIÇÕES DA LOGÍSTICA 4.0 PARA A SUSTENTABILIDADE CORPORATIVA: REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a complexidade, o dinamismo e os requisitos do mercado têm aumentado constantemente. Para atender as necessidades futuras da economia e da sociedade, a evolução da tecnologia tem impulsionado o desenvolvimento de novos paradigmas, ferramentas e modelos de negócios que impactam diretamente na produção, armazenamento e distribuição dos produtos (BARRETO; AMARAL; PEREIRA, 2017; HOFMANN; RÜSCH, 2017; STRANDHAGEN et al., 2017).

A logística diz respeito à gestão de materiais e do fluxo de informações nas empresas, e engloba as atividades de distribuição, gestão de armazém, gestão de inventário e logística reversa (AGUEZZOUL, 2014). Para Novack, Rinehart e Wells (1992) a logística visa contribuir na criação de valor para o cliente, a partir do gerenciamento de instalações, transporte, estoque, materiais, atendimento de pedidos, comunicações, provedores de terceiros e informações dentro das organizações.

O aumento da complexidade das Cadeias de Suprimentos e a terceirização de várias atividades, ampliam os esforços necessários para a gestão e coordenação das operações logísticas (STRANDHAGEN et al., 2017). Além disso, a recente digitalização dos processos e a expansão da integração de sistemas ciber-físicos (CPS), Internet das Coisas (IoT), tem provocado mudanças profundas na logística (HOFMANN; RÜSCH, 2017; BARRETO; AMARAL; PEREIRA, 2017).

O surgimento do fenômeno da Indústria 4.0 (ou quarta revolução industrial), culminou na recente introdução do termo “Logística 4.0” ou “*Smart Logistics*” (HOFMANN; RÜSCH, 2017; BARRETO; AMARAL; PEREIRA, 2017). Winkelhaus e Grosse (2020) consideram que a Logística 4.0 consiste em um sistema logístico que permite o atendimento sustentável das demandas individualizadas dos clientes e no desenvolvimento da indústria, por meio do uso de tecnologias digitais. Para Barreto, Amaral e Pereira (2017), o uso dos sistemas inteligentes permite a otimização dos processos logísticos e pode aprimorar as capacidades de comunicação, análise, operação, monitoramento e adequação dos processos organizacionais.

A ampliação da conscientização e do nível de exigência das partes interessadas (clientes, acionistas, órgãos reguladores, organizações não governamentais e funcionários) exerce pressão para que as organizações estejam atentas, não apenas ao tempo, custo e eficiência de suas operações, mas também busquem minimizar ou eliminar eventuais impactos negativos (CARTER, 2011; VIVALDINI, 2012; STRANDHAGEN et al., 2017, GRUŽAUSKAS; BASKUTIS; NAVICKAS, 2018, TRAN, et al., 2019;). Diante desta perspectiva, a Sustentabilidade Corporativa surge com o propósito de possibilitar o desenvolvimento das atividades organizacionais, respeitando as dimensões econômica, social e ambiental, proposta por Elkington (1997). Além disso, a Logística 4.0 pode ser uma grande aliada na implementação de ações que visem o Desenvolvimento Sustentável, pois ela pode aprimorar as capacidades analíticas, operacionais e fornecer soluções que podem viabilizar a construção de cadeias de suprimentos sustentáveis (HOFMANN; RÜSCH, 2017).

Ejsmont, Gladysz e Kluczek (2020) ressaltam que há poucos estudos que exploram as questões de sustentabilidade na implementação de tecnologias disruptivas. Os autores afirmam que estudos sobre esta temática são relevantes, pois as iniciativas da Indústria 4.0 proporcionaram muitos benefícios para as organizações, mas também geram várias preocupações, dentre elas os altos custos para investimento nas tecnologias, o aumento do consumo de energia, o desemprego e as questões de privacidade. Ainda, Strandhagen et al.

(2017) destacam que a digitalização dos processos logísticos influencia as operações de negócios e sustentabilidade corporativa, evidenciando a importância de estudos que analisem a correlação dos temas e suas implicações práticas.

Diante disso, o objetivo deste artigo é fornecer uma visão geral dos artigos existentes na literatura que abordam concomitantemente a adoção de Logística 4.0 e a Sustentabilidade Corporativa, buscando compreender os benefícios dessa relação e lacunas de pesquisa. Para isso, este artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 consiste numa fundamentação teórica que contempla os conceitos de sustentabilidade corporativa e Logística 4.0; a Seção 3 descreve a metodologia utilizada na pesquisa; na Seção 4 estão descritos os resultados e discussão da pesquisa, e, por fim, a Seção 5 apresenta as considerações finais, contribuições, limitações do estudo e sugestões de pesquisa futura.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sustentabilidade Corporativa

Segundo Dyllick e Hockerts (2002) e Veleva e Ellenbecker (2001), a sustentabilidade corporativa pode ser definida como a obtenção da prosperidade econômica através do desenvolvimento de produtos e serviços lucrativos, sem que estes gerem impactos negativos ao meio ambiente e à sociedade. Van Marrewijk (2003) considera que a Sustentabilidade Corporativa diz respeito a integração e incorporação da responsabilidade econômica, ambiental e social na organização, uma vez que estas possuem uma responsabilidade universal de garantia da vida humana. Complementarmente, Bansal (2005) considera a Sustentabilidade Corporativa como o resultado da integração da responsabilidade social, ambiental e econômica.

Existem diversas definições e correntes de pensamento quanto as perspectivas da Sustentabilidade Corporativa, porém, de maneira geral, as definições estão ancoradas no chamado *triple bottom line*, cujos pilares correspondem as dimensões econômico-financeira, ambiental e social (ELKINGTON, 1998).

A dimensão social engloba a preocupação com os impactos das atividades produtivas para as pessoas de dentro e fora das organizações (ELKINGTON, 1998). Uma organização socialmente responsável, é aquela que agrega valor ao capital humano das comunidades dentro das quais atuam, e de seus parceiros, a partir de desenvolvimento de práticas que alavanquem o capital social destas comunidades (DYLLICK; HOCKERTS, 2002).

Bansal (2005) define a dimensão econômico-financeira como a prosperidade econômica atingida por meio da criação de valor, através da produção de bens e fornecimento de serviços. Segundo Dyllick e Hockerts (2002), uma empresa é economicamente sustentável, quando esta garante em qualquer período, fluxo de caixa suficiente para assegurar uma liquidez necessária, enquanto que participa de um processo de produção, que proporciona uma taxa de retorno diferenciada aos investidores da empresa.

A dimensão ambiental se refere ao consumo racional de recursos e pela redução e compensação da poluição gerada por emissões de efluentes e geração de resíduos (ELKINGTON, 1998). Uma empresa ecologicamente sustentável usa apenas recursos naturais que são consumidos em uma taxa abaixo da reprodução natural, ou a uma taxa abaixo do desenvolvimento de substitutos, não causam emissões além da capacidade de processamento e absorção natural, e não se envolvem em atividades econômicas que degradam o meio ambiente (DYLLICK; HOCKERTS, 2002).

O desenvolvimento da sustentabilidade pode ser considerado uma capacidade transversal para organizações, uma vez que exige que toda a empresa mude a forma de pensar (STRANDHAGEN et al., 2017). Para que uma estratégia de sustentabilidade seja bem-sucedida, ela precisa ser incorporada e integrada tanto no modelo de negócios, quanto no

desenvolvimento de ações, internas e externas às organizações, buscando a integração com os parceiros das cadeias de suprimentos (VIVALDINI, 2012, STRANDHAGEN et al., 2017). A construção de cadeias de suprimentos sustentáveis, pode ocasionar um aumento dos custos logísticos em uma empresa, porém reduzir os custos totais da cadeia de suprimentos (STRANDHAGEN et al., 2017). Estudos demonstram que as empresas podem não enxergar o benefício de se tornarem sustentáveis, pois existe a necessidade de realizar altos níveis de investimento, alto esforço para mudança e falta de retorno imediato (STRANDHAGEN et al., 2017, GRUŽAUSKAS; BASKUTIS; NAVICKAS, 2018).

2.2 Logística 4.0

Para Lasi et al. (2014), a Indústria 4.0 diz respeito a uma ampla gama de conceitos atuais que é impulsionada pelas inovações tecnológicas e por gatilhos sociais, econômicos e políticos. Esses gatilhos podem se configurar como a necessidade de redução do tempo para o desenvolvimento de inovações, customização da demanda, necessidade de produtos e processos flexíveis, otimização dos recursos e rápida tomada de decisão (LASI et al., 2014). Para Hofmann e Rüsçh (2017), a Indústria 4.0 pode trazer diversos benefícios e oportunidades e a aplicação deste conceito em outras áreas, como a logística, é oportuna. Neste cenário, Strandhagen et al. (2017) e Barreto, Amaral e Pereira (2017) ressaltam a importância da concepção de novas soluções logísticas baseadas em tecnologias disruptivas, sendo estas, um pré-requisito para a existência da Indústria 4.0.

O conjunto destas soluções logísticas é chamado de Logística 4.0 e afetam atividades-chave de logística, como transporte, gestão de estoque, manuseio de materiais, estrutura da cadeia de suprimentos e gestão do fluxo de informações (STRANDHAGEN et al., 2017). Barreto, Amaral e Pereira (2017) consideram que o termo Logística 4.0 refere-se à combinação de tecnologias disruptivas aplicadas nos processos logísticos. Já Timm e Lorig (2015) descreveram a Logística 4.0 como a transformação da logística orientada ao hardware para a logística orientada ao software.

A literatura aponta que o conceito de Logística 4.0 engloba o uso de diferentes tecnologias e ferramentas aplicadas aos processos logísticos e cadeia de suprimentos, dentre elas: Sistemas Ciber Físicos (CPS), Internet das Coisas (IoT), *Big Data Analytics* (BDA), Computação em Nuvem, *Blockchain*, Sistemas baseados em dispositivos móveis, Impressão 3D, *Crowdsourcing*, Drones, Sistemas de identificação por radiofrequência (RFID), Sistemas de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP), Sistemas de gerenciamento de armazém (WMS), Sistemas de gerenciamento de transporte (TMS), Sistemas de gestão de pedidos (OMS), Sistemas de transporte inteligentes, Gestão da Segurança da Informação e Processos Inteligentes (CORRÊA; SAMPAIO; BARROS, 2020; STRANDHAGEN et al., 2017; BARRETO; AMARAL; PEREIRA, 2017; HOFMANN; RÜSCH, 2017).

Dentre os benefícios da adoção da Logística 4.0 destacam-se a possibilidade de concentrar os esforços dos funcionários em tarefas estratégicas, rastreamento em tempo real de fluxos de materiais e informações, integração da cadeia de suprimentos, aumento significativo da qualidade da tomada de decisão, aumento da flexibilidade e eficiência e a criação de redes dinâmicas ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos (STRANDHAGEN et al., 2017; BARRETO; AMARAL; PEREIRA, 2017; HOFMANN; RÜSCH, 2017; LASI, 2014).

Strandhagen et al. (2017) sugerem que a Sustentabilidade afeta diretamente a Logística 4.0, uma vez que as mudanças de necessidades ou requisitos de sustentabilidade podem motivar o desenvolvimento de novas soluções logísticas. Para os autores, a pressão para que indústria se adeque às práticas de Sustentabilidade Corporativa; a criação de novos requisitos relacionados à logística dos clientes finais, novas diretrizes e acordos governamentais; e a competitividade, podem impulsionar o desenvolvimento de novas tecnologias ou modelos de

negócios. Logo, as novas tendências em Logística 4.0 e a Sustentabilidade Corporativa afetam um ao outro, provocando mudanças constantes nessa relação.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Considerando que aplicações da Indústria 4.0 são tendências com potencial em tornar a sociedade mais sustentável e que, segundo Dubey et al. (2017), a logística representa uma das áreas mais críticas para a Indústria 4.0, em razão da necessidade de atingir um alto nível de integração com a cadeia de suprimentos (KAFGERMANN et al., 2013), realizou-se uma revisão sistemática de literatura, a fim de analisar a produção científica sobre a sinergia dos temas. Diferentemente das revisões conduzidas por Winkelhaus e Grosse (2020) e Ejsmont et al. (2020), este estudo visa compreender como a Logística 4.0 torna os processos logísticos mais sustentáveis.

A revisão sistemática de literatura é uma metodologia que busca criar um conjunto de dados de artigos e analisá-los (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003). Para Denyer e Tranfield (2009), a revisão sistemática de literatura consiste em abordagens utilizadas para revisar diferentes estudos sobre um tema ou questão de pesquisa. Para desenvolvimento deste estudo, foi adotada a abordagem sistemática proposta por Thomé et al. (2016), que envolve as etapas de planejamento e formulação do problema, pesquisa na literatura, coleta de dados, avaliação da qualidade, análise e síntese dos dados, interpretação e apresentação dos resultados.

Inicialmente, foi elaborado um protocolo de pesquisa, com o intuito de minimizar as chances de resultados enviesados. Ele traduz o planejamento do estudo, destacando a abordagem adotada e as condições para garantir a qualidade da pesquisa (Quadro 1). A busca dos estudos foi realizada em dois bancos de dados acadêmicos de grande prestígio na área de Administração, o Web of Science (WoS) e o Scopus, no mês de maio de 2021. As bases foram selecionadas para realização da pesquisa, pois consolidam periódicos de alto nível e impacto para a área (EJSMONT et al., 2020). Para realizar as buscas, foram estabelecidas combinações de palavras relacionadas à Logística 4.0 para retornar estudos que abordam o uso de logística com as tecnologias emergentes (BARRETO; AMARAL; PEREIRA, 2017, CORRÊA, 2020), em conjunto com termos associados à Sustentabilidade Corporativa (ELKINGTON, 1997, NANTEE; SUREEYATANAPAS, 2021), conforme Quadro 2.

A partir da análise das opções de pesquisa disponíveis nos bancos de dados, optou-se por realizar as buscas por “tópicos”, que contempla a busca dos termos de pesquisa previamente estabelecidos nos títulos, palavras-chave e resumo dos estudos. A pesquisa retornou um total de 627 estudos. Após remover artigos não aplicáveis aos critérios estabelecidos no protocolo de pesquisa e remover artigos duplicados, a amostra foi reduzida para 220 estudos. Posteriormente, foi realizada uma triagem adicional para análise da aderência dos estudos ao objetivo desta pesquisa, através da leitura dos títulos, palavras-chaves e resumos, ou seja, realização do confronto “título/palavras-chave/resumo” x “tópico de estudo” em uma planilha do Excel, resultando em uma amostra de 61 artigos. Por fim, foi realizada a última etapa de filtragem dos estudos. A partir da leitura na íntegra dos artigos, foram excluídos estudos que não atendiam um ou mais critérios, conforme descritos abaixo:

- a) Evidenciar um ou mais processos logísticos: transporte, distribuição, gestão de armazém, gestão de inventário e logística reversa (AGUEZZOUL, 2014);
- b) Abordar uma ou mais perspectiva de Sustentabilidade Corporativa: econômica, social e ambiental (ELKINGTON, 1997);
- c) Explorar tecnologias emergentes aplicadas à logística (BARRETO; AMARAL; PEREIRA, 2017, CORRÊA, 2020);
- d) Analisar a Sustentabilidade e a Logística 4.0 sobre a perspectiva organizacional.

Quadro 1. Protocolo de Pesquisa – Revisão Sistmática de Literatura

<i>Temática</i>	Impactos da Logística 4.0 na Sustentabilidade Corporativa
<i>Questão de pesquisa</i>	Como a Logística 4.0 pode tornar os processos logísticos mais sustentáveis?
<i>Objetivo Geral</i>	Fornecer uma visão geral dos artigos que abordam concomitantemente a adoção de Logística 4.0 e a Sustentabilidade Corporativa, buscando compreender os benefícios dessa relação e lacunas de pesquisa.
<i>Base de Dados</i>	Scopus e Web Of Science
<i>Estratégias de pesquisa</i>	Combinações de palavras-chave específicas
<i>Campo de pesquisa</i>	Título do artigo, resumo, palavras-chave
<i>Critérios de Inclusão</i>	Artigos, Review, Editorial escritos em inglês, publicados em Journals que foram extraídos após a aplicação dos termos e estratégias de pesquisa predefinidas pertencentes as áreas de Administração, Ciências Sociais, Engenharia, Ciências da Computação, Ciências Ambientais, Ciências das decisões.
<i>Critérios de Exclusão</i>	Estudos em discordância com a questão de pesquisa, ou seja, estudos que não evidenciam um ou mais processos logísticos, não abordam uma ou mais perspectiva da sustentabilidade corporativa, não exploram tecnologias emergentes aplicadas à Logística e/ou não analisam a Sustentabilidade e a Logística 4.0 sobre a perspectiva organizacional.
<i>Critérios de Qualidade</i>	Apenas Journals

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 2. Palavras-chave utilizadas nas buscas

Palavras-chave (1)	Operador Lógico	Palavras-chave (2)	Operador Lógico	Palavras-chave (3)
"Logistic* 4.0" OR "smart transportation" OR "smart logistic*"	OR	("blockchain" OR "internet of things" OR "big data" OR "cloud" OR "digital innovation" OR "digital transformation" OR "industry 4.0" OR "fourth industrial revolution") AND "logistic*"	AND	"sustainab*" OR "green" OR "social" OR "circular economy" OR "environmental"

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a aplicação desses critérios, 39 artigos foram excluídos, resultando em uma amostra final de 22 artigos. A fase subsequente do estudo consistiu em analisar os artigos por meio da condução de análise bibliométrica e análise de conteúdo.

A análise bibliométrica foi realizada no software Excel e teve como objetivo apresentar a evolução cronológica, origem e fonte das publicações (elaborada no software Power Point) e os estudos mais citados. Subsequentemente, as análises de rede foram realizadas para explorar a coocorrência de palavras-chave e a análise de citações. Para a análise bibliométrica, foi utilizado o software VosViewer, extraíndo-se metadados dos estudos no formato .CSV, do banco de dados Wos, que concentra 95,5% da amostra final. A escolha do VosViewer ocorreu por ser um software de acesso livre e pela facilidade para a construção e visualização de redes bibliométricas (ECK; WALTMAN, 2010).

Por fim, a partir da análise de conteúdo dos artigos da amostra, foi possível identificar os principais impactos da Logística 4.0 para a Sustentabilidade Corporativa, bem como desafios e lacunas de pesquisa. A análise de conteúdo auxilia na exploração do material, a fim de se encontrar divergências e convergências entre os estudos (BARDIN, 2011). Para extrair informações dos artigos selecionados, buscou-se verificar o objetivo da pesquisa, o tipo de abordagem e instrumento de coleta de dados, o grupo de tarefas logística analisado, a dimensão da sustentabilidade estudada e lacunas de pesquisa apontadas no trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados da análise bibliométrica e análise de conteúdo. Primeiramente, são analisados os gráficos de distribuição cronológica, origem e fonte das publicações, bem como os resultados da análise de redes. Em seguida, são discutidos os achados sobre a relação entre a Logística 4.0 e Sustentabilidade Corporativa e indicadas direções para pesquisas futuras. decorrentes da análise de conteúdo.

4.1 Análise Bibliométrica

4.1.1. Evolução das Publicações, Origem e Principais Revistas

Conforme apresentado na Figura 1, a primeira publicação que aborda aspectos correlacionados da Logística 4.0 e Sustentabilidade Corporativa foi em 2013, o que evidencia que o estudo destes fenômenos está no estágio nascente (EDMONDSON; MCMANUS, 2007). Verificou-se também que a maioria dos estudos (63%) da amostra possui caráter qualitativo. Nesse sentido, cabe destacar que o tema Indústria 4.0 foi introduzido em 2011 (DRATH; HORCH, 2014). Contudo, é possível observar uma taxa de crescimento dos trabalhos que abordam essa temática a cada ano, com um pico em 2020 com 10 estudos publicados.

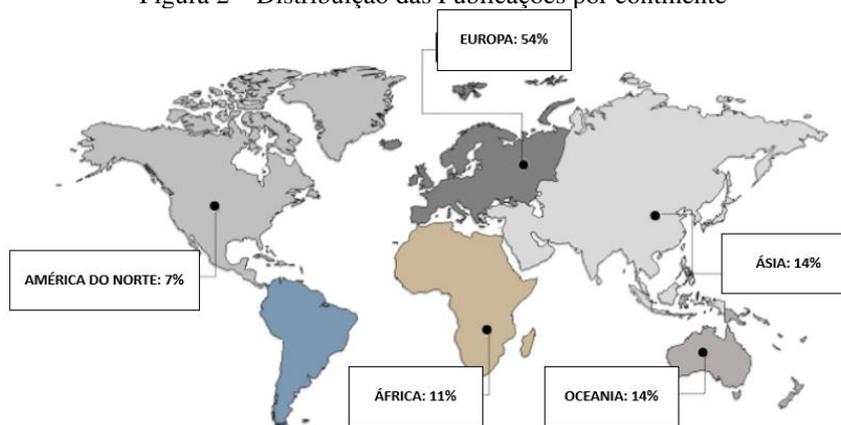
Figura 1 – Distribuição Cronológica das Publicações



Fonte: Elaborada pelos autores.

Em relação à distribuição das publicações continentes (Figura 2) e países, a Alemanha, Índia e África do Sul concentram a maioria dos estudos que exploram a temática analisada (10% cada) seguida da Austrália (7%), Inglaterra (7%), França (7%) e Estados Unidos (7%). Com exceção da China, nota-se que grande parte dos estudos foi publicada por nações desenvolvidas, fato este acentuado pela necessidade de altos níveis de investimento inicial para implantação das tecnologias disruptivas (HOFMANN; RÜSCH, 2017).

Figura 2 – Distribuição das Publicações por continente



Fonte: Elaborada pelos autores no Power Point com os dados analisados no Excel.

Os resultados da análise documental por área temática demonstram uma distribuição diversificada. A área de Engenharia concentrou o maior número de estudos (23,1%), seguida pela área de Negócios (17,3%), Ciência da Computação (9,6%), Ciências da Decisão (9,6%), Meio Ambiente (7,7%), Ciências Sociais (7,7%), Energia (5,8%), Ciências dos Materiais (3,8%) e Matemática (3,8%).

Observa-se que as publicações dos estudos estão pulverizadas em periódicos de vários segmentos, uma vez que as revistas *International Journal Of Production Research e Resources Conservation and Recycling* reúnem 2 estudos da amostra e os demais estudos estão distribuídos em revistas científicas de diferentes áreas. O quadro 3 apresenta o número de publicações por periódico e JCR – *Journal Citation Report*, que representa o Fator de Impacto, uma métrica utilizada para qualificar os periódicos com base nas citações que ele recebe (BEZERRA; GOHR; MARIOKA, 2020).

Os estudos da amostra pertencem a revistas das áreas de engenharia e negócios, assim como de áreas multidisciplinares, que abordam os temas de sustentabilidade, operações mais limpas, tecnologias disruptivas, entre outros. Um dos principais motivos da difusão das publicações em periódicos de diferentes segmentos é que a adoção de práticas de Sustentabilidade Corporativa e Logística 4.0 permeia decisões altamente estratégicas, que envolvem a participação da alta administração, funcionários e parceiros logísticos, mudança da cultura, processos e estrutura organizacional (BAG et al., 2020, GRUŽAUSKAS; BASKUTIS; NAVICKAS, 2018, KODYM; KUBÁČ; KAVKA, 2020, BUNTAK; KOVAČIĆ; MUTAVDŽIJA, 2019, CIMINI et al., 2021).

Quadro 3. Número de Publicações por Revista Científica

Revista Científica	Publicações	JCR
International Journal Of Production Research	2	4.577
Resources Conservation And Recycling	2	8.086
Tehnicki Glasnik : Technical Journal.	1	0.388
Journal Of Cleaner Production	1	7.246
International Journal Of Production Economics	1	5.134
Business & Information Systems Engineering	1	5.837
Brazilian Journal Of Operations & Production Management	1	-
Concurrent Engineering-Research And Applications	1	0.849
International Journal Of Logistics-Research And Applications	1	2.152
Energies	1	2.702
Benchmarking- An International Journal	1	3.93
Human Factors And Ergonomics In Manufacturing & Service Industries	1	1.271
Open Engineering	1	0.243
Production Planning & Control	1	3.605
Resources Policy	1	3.986
International Journal Of Business Analytics	1	0.51
Sustainability	1	2.576
International Journal Of Innovative Technology And Exploring Engineering	1	-
Advances In Manufacturing	1	2.568
International Journal Of Logistics Management	1	3.325

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1.2. Análise de Redes

Atualmente, as citações são uma das principais formas de mensurar o impacto de um trabalho acadêmico. O Quadro 4 expõe o número de citações de cada artigo da amostra estudada. A Figura 3, por sua vez, apresenta a rede de citação por visualização de densidade, criada com o apoio do software VosViewer. Na análise da rede, o estudo de Winkelhaus e Grosse (2020) aparece próximo ao trabalho de Strandhagen et al. (2017), que foi um dos primeiros artigos a fazer referência ao termo Logística 4.0. Os dois aparecem próximos, pois Winkelhaus e Grosse (2020) utilizam o artigo de Strandhagen et al. (2017) para exemplificar cinco características da Logística 4.0: possibilidade de análise em tempo real a partir do fenômeno Big Data, estoques otimizados devido a novas técnicas de fabricação, uso de robôs autônomos com sistemas de rastreamento e decisão, troca de informações em tempo real e informações contínuas devido à produtos inteligentes.

Quadro 4. Número de citações (WoS), Método de Pesquisa e Objetivo dos Estudos

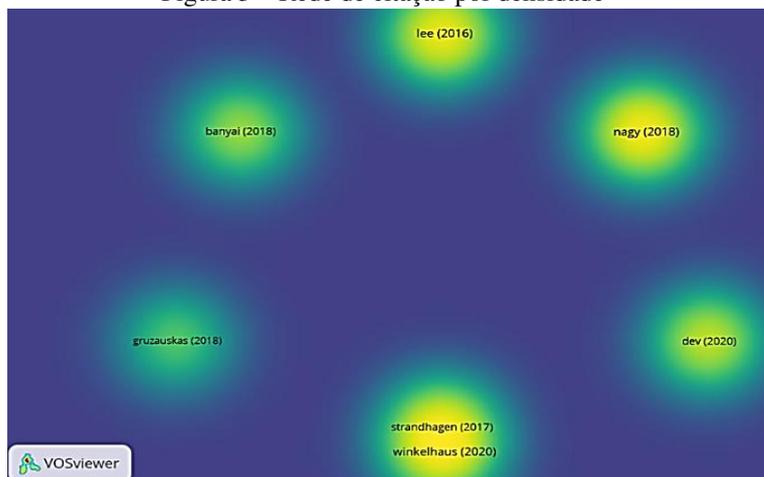
Autores	Citações (WoS)	Métodos de Pesquisa	Objetivo
Nagy et al. (2018)	75	Múltiplos	Avaliar a prevalência, uso de dispositivos IoT e eventuais incerteza em relação a eles.
Lee, Kang e Prabhu (2016)	67	Simulação/ Modelagem	Desenvolver uma estrutura de tomada de decisão integrada para serviços de entrega de encomendas sob demanda, que considera: a entrega Just-In-Time, o consumo de combustível e as emissões de carbono.
Grosse e Winkelhaus (2020)	58	Revisão de Literatura	Unificar rigorosamente diversas abordagens para desenvolver uma visão holística do conceito de Logística 4.0, a fim de gerar uma nova imagem do estado da pesquisa científica de Logística.
Dev, Kaiser e Shankar (2020)	47	Simulação/ Modelagem	Construir uma simulação de um sistema ERP habilitado para RFID e baseado em nuvem, que permite computar a logística reversa de produtos.
Strandhagen et al. (2017)	46	Teórico/ Conceitual	Analisar como a digitalização de logística influencia as operações de negócios e sustentabilidade e estimula a construção de novos modelos de negócios.
Bányai (2018)	36	Simulação/ Modelagem	Descrever um modelo para otimização da programação em tempo real das entregas, com foco na eficiência energética da operação.
Baskutis, Gružasuskas e Navickas (2018)	22	Survey	Desenvolver uma estratégia de cadeia de abastecimento com base no uso de tecnologias inovadoras, a fim de minimizar o trade-off entre desempenho econômico e sustentabilidade.
Esmailian et al. (2020)	15	Revisão de Literatura	Compreender o progresso da pesquisa sobre a sustentabilidade da Indústria 4.0 e Blockchain, apresentar estratégias para tornar as cadeias de suprimentos mais sustentáveis.
Dev, Shankar e Swami (2020)	15	Simulação/ Modelagem	Propor um framework que considera como a Indústria 4.0 auxilia no gerenciamento de uma cadeia de suprimentos reversa, dentro de um contexto dinâmico de difusão de produtos verdes.
Trab et al. (2017)	13	Teórico/ Conceitual	Fornecer uma solução inovadora de smart logística com foco nas questões de segurança no WMS.
Hilpert, Kranz e Schumann (2013)	12	Teórico/ Conceitual	Desenvolver uma ferramenta Green IS que usa tecnologias onipresentes para rastrear dados do impacto ambiental em processos de transporte rodoviário, permitindo processos de transporte rodoviário mais sustentáveis.
Bag et al. (2020)	10	Survey	Propor um roteiro para a excelência das operações a fim de construir uma cadeia de suprimentos / logística reversa sustentável, pela implementação conjunta dos princípios da Indústria 4.0 e do modelo ReSOLVE de abordagens de economia circular(CE).
Buntak, Kovačić e Mutavdžija (2019)	9	Teórico/ Conceitual	Apresentar as tendências no desenvolvimento de inovações tecnológicas da indústria 4.0 em logística, que podem determinar o desenvolvimento sustentável do sistema de logística organizacional.
Bag, Gupta e Luo (2020)	4	Survey	Investigar o efeito das capacidades tecnológicas, organizacionais e ambientais nas capacidades de Logística 4.0 e também examinar o efeito das capacidades da Logística 4.0 no desempenho da empresa
De Vass, Shee e Miah (2020)	4	Estudo de Caso	Explorar os impactos práticos da IoT para a integração e desempenho da cadeia de suprimentos.
Junge (2019)	4	Revisão de Literatura	Apresentar uma revisão da literatura para identificar tecnologias de transformação digital (TDT) para manufatura e apontar suas capacidades e aplicações.
Kucukaltan et al. (2020)	1	Múltiplos	Investigar os desenvolvimentos da Indústria 4.0 de forma abrangente no setor de logística.
Kodym, Kubáč e Kavka (2020)	1	Teórico/ Conceitual	Mapear os riscos associados a implantação da Logística 4.0
Munsamy, Telukdarie e Dhamija (2020)	1	Simulação/ Modelagem	Propor um modelo logístico centrado em processos de negócios baseado na Indústria 4.0.
Nantee, Sureeyatanapas (2021)	0	Estudo de Caso	Os objetivos deste estudo são: desenvolver uma estrutura para avaliação de sustentabilidade, que incorpore características de operações de armazém automatizadas; e investigar os impactos das iniciativas 4.0 no desempenho de sustentabilidade das empresas
Cimini et al. (2021)	0	Estudo de Caso	Identificar as relações e impactos entre a implementação das tecnologias 4.0 e o Fato Humano.
Samir, et al. (2019)	0	Revisão de Literatura	Fornecer uma visão geral das tecnologias BDA e da IoT aplicadas à Logística.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme o Quadro 4, Nagy et al. (2018), Lee, Kang e Prabhu (2016) e Winkelhaus e Grosse (2020) receberam o maior número de citações no WoS. Nagy et al. (2018) é um dos primeiros estudos empíricos que investigou o uso de tecnologias da Indústria 4.0 como estas ferramentas afetam os processos de negócio, dentre eles, os processos e parceiros logísticos.

A partir de um experimento computacional, Lee, Kang e Prabhu (2016) propõem um modelo integrado para tomada de decisão aplicado em um serviço de entrega sob demanda, que promove um aumento da receita das operações, bem como redução nos custos com combustíveis e emissão de gás carbônico. Grosse e Winkelhaus (2020) apresentam uma Revisão Sistemática de Literatura que explora como as tecnologias emergentes podem ser aplicadas aos processos logísticos e quais são os principais desafios decorrentes desta implantação.

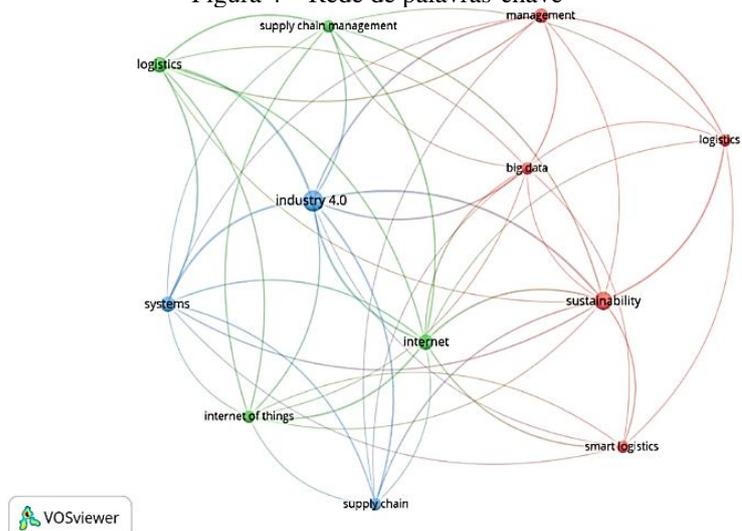
Figura 3 – Rede de citação por densidade



Fonte: Elaborada pelos autores no VOSviewer.

A análise de redes também permitiu identificar as palavras-chave mais citadas pelos autores. A rede de palavras-chave é embasada no número de publicações nas quais os dois termos aparecem juntos, isto é, no número de co-ocorrências de duas palavras-chave (ECK; WALTMAN, 2013). A Figura 4 expressa as palavras-chave definidas pelos autores, que foram citadas em pelo menos 4 estudos, separadas em 3 clusters. Os termos mais comuns são “*industry 4.0*”, “*sustainability*”, “*internet*” e “*logistics*” e as duas tecnologias mais citadas são a Internet das Coisas e Big Data.

Figura 4 – Rede de palavras-chave

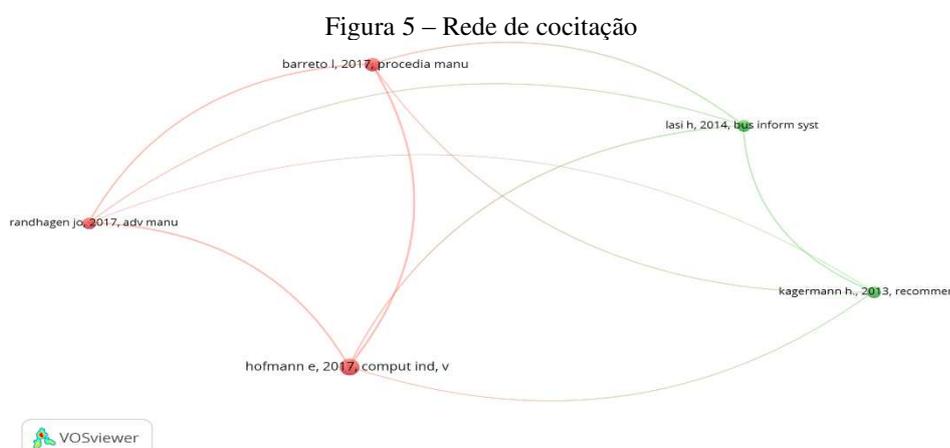


Fonte: Elaborada pelos autores no VOSviewer.

A análise de redes também permitiu identificar as palavras-chave mais citadas pelos autores. A rede de palavras-chave é embasada no número de publicações nas quais os dois

termos aparecem juntos, isto é, no número de co-ocorrências de duas palavras-chave (ECK; WALTMAN, 2013). A Figura 4 expressa as palavras-chave definidas pelos autores, que foram citadas em pelo menos 4 estudos, separadas em 3 clusters. Os termos mais comuns são “*industry 4.0*”, “*sustainability*”, “*internet*” e “*logistics*” e as duas tecnologias mais citadas são a Internet das Coisas e Big Data.

O cluster azul concentra estudos que abordam o impacto da aplicação da Logística 4.0 para as Cadeias de Suprimentos, e nestas pesquisas a sustentabilidade é explorada apenas em seus resultados. O cluster vermelho engloba estudos cujo ponto central é a Sustentabilidade aplicada no contexto das cadeias de suprimentos e processos logísticos, bem como ela pode ser impactada pela Indústria 4.0, com destaque para a tecnologia de Big Data. Por fim, o cluster verde reúne trabalhos que enfocam como o gerenciamento dos processos logísticos, apoiado pelo uso das tecnologias disruptivas, pode trazer vários benefícios e desafios para as organizações, incluindo os aspectos econômico, social e/ou ambiental.



Fonte: Elaborada pelos autores no VOSviewer.

A rede de cocitação (Figura 5) apresenta os artigos que foram cocitados por estudos posteriores. É possível observar a existência de dois clusters: o cluster verde concentra estudos relevantes para a definição dos conceitos de Indústria 4.0 e analisam alguns dos impactos que as tecnologias emergentes trazem para as três dimensões da sustentabilidade, e o cluster vermelho agrupa estudos fundamentais, que apresentam o conceito de Logística 4.0.

Quadro 5. Artigos mais cocitados

Autores	Título	Principais Contribuições/ Implicações
Lasi et al. (2014)	Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering	Definição e caracterização da Indústria 4.0 e estabelecimento de suas implicações para perspectiva ambiental, social e econômica.
Kagermann, Wahlster e Helbig (2013)	Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry	Definição do conceito e caracterização da indústria 4.0, determinação de 8 áreas chave para o sucesso de suas iniciativas e perspectivas futuras, incluindo pontos que impactam as três dimensões de sustentabilidade corporativa.
Barreto et al. (2017)	Industry 4.0 implications in logistics: na overview	Definição do Conceito Logística 4.0, bem como principais desafios para sua adoção. Apontam cinco tipos de aplicações para as tecnologias disruptivas: Planejamento de Recursos, Sistemas de Gerenciamento de Armazém, Sistemas de Gerenciamento de Transporte, Sistemas Inteligentes de Transporte e Segurança das Informações.
Hofmann e Rüsch (2017)	Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics	Análise dos impactos da Indústria 4.0 no contexto de logística, bem como levantamento de oportunidades oriundas da adoção desta tecnologias disruptivas: descentralização, auto-regulação e eficiência.
Strandhagen et al. (2017)	Logistics 4.0 and emerging sustainable business models.	Avaliação do impacto da digitalização na operações, ressaltando as tendências da logística 4.0 e como essas tecnologias impactam na criação de valor, na estrutura da cadeia de suprimentos, na estratégia, no modelo de negócio e implicações para as três dimensões de sustentabilidade.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os 5 estudos presentes na rede de cocitação foram precursores na análise das implicações da Logística 4.0 para a sustentabilidade corporativa, bem como abordam de forma geral, os desafios, riscos e/ou benefícios da implantação destas ferramentas no contexto analisado. O Quadro 5 expõe as principais contribuições desses trabalhos.

4.2 Contribuições da Logística 4.0 para Sustentabilidade Corporativa

Os achados sobre as contribuições da Logística 4.0 para a sustentabilidade nas organizações, levantados a partir da análise de conteúdo, são apresentados nesta seção. O Quadro 6 mostra os artigos da amostra de acordo com o tipo de enfoque logístico e a dimensão da sustentabilidade analisados. Notou-se que o interesse por ferramentas que possam ampliar a sustentabilidade corporativa vem ganhando cada vez mais espaço, principalmente, no que tange ao uso das tecnologias da Indústria 4.0 (STRANDHAGEN et al., 2017).

Dev, Shankar e Swami (2020) ressaltam que as inovações digitais possuem um importante papel na transparência e no compartilhamento de informações na cadeia de suprimentos, uma das capacidades essenciais na construção das cadeias sustentáveis. A automação logística baseada em recursos da Indústria 4.0, ampara a excelência no gerenciamento de operações, aprimorando a sustentabilidade dos negócios (BAG et al., 2020).

A literatura demonstra que as iniciativas da Logística 4.0 geram benefícios econômicos, principalmente devido à redução de custos internos (operacionais e de mão de obra) e para a cadeia de suprimentos; aumento da produtividade e eficiência; ampliação da transparência e troca de informações entre os membros da cadeia; aumento da satisfação do cliente; diminuição do *lead time*; diminuição do tempo de resposta; aumento da acuracidade das entregas; e ampliação da receita de transporte (NAGY et al., 2018, GROSSE; WINKELHAUS, 2020, LEE; KANG; PRABHU, 2016; ESMAELIAN et al., 2020; BAG et al. 2020).

Buntak, Kovačić e Mutavdžija (2019) afirmam que o uso de IoT e RFID não apenas simplifica a implantação de estoque, mas antecipa pedidos para reposição dos produtos, a partir do rastreamento da durabilidade do produto, temperatura, umidade do ar e outros parâmetros que afetam a integridade dos materiais, resultando na diminuição das perdas de estoques e ampliação da eficiência, precisão e atualização de informações. Já o estudo conduzido por Munsamy, Telukdarie e Dhamija (2020) relatou que a digitalização, com o uso de IoT e dispositivos *mobile*, reduz o tempo necessário para executar tarefas, como a entrada e armazenamento de produtos, diminuindo, consequentemente, as horas trabalhadas e o tempo operacional dos equipamentos que consomem energia.

Um estudo empírico realizado por Nantee, Sureeyatanapas (2021) demonstrou que a produtividade, utilização de recursos, precisão operacional, capacidade de resposta e resultados financeiros, foram impactos positivamente pelo uso de WMS e recuperação automatizados. Além disso, os autores identificaram que houveram melhorias na saúde e segurança dos trabalhadores, e no desenvolvimento de seus conhecimentos e habilidades.

No que diz respeito aos impactos a sustentabilidade social, as principais contribuições da logística 4.0 apontadas pelos autores foram: a otimização das condições de ergonômicas, ampliação da segurança das operações, facilitação ou eliminação da execução de tarefas repetitivas, redução das horas trabalhadas e desenvolvimento de novas habilidades (CIMINI, 2021, GROSSE; WINKELHAUS, 2020; NAGY et al., 2018, TRAB et al., 2017).

O fator humano é um aspecto explorado em alguns dos estudos analisados. Por exemplo, em uma *survey* realizada com 43 empresas pertencentes a associações húngaras de logística, Nagy et al. (2018) identificaram que o uso de tecnologias como CPS, Big Data e IoT trouxe aumento da produtividade e eficiência dos funcionários das organizações. Isso ocorreu, pois os funcionários passaram a ser monitorados em tempo real, sendo possível reconhecer o

desempenho de bons funcionários. Além disso, outra contribuição do estudo é a identificação da possibilidade de aprendizado, e enriquecimento no nível e qualidade do trabalho.

Quadro 6. Artigos x Grupo de Tarefas logísticas estudados x Dimensão da Sustentabilidade Corporativa

Artigos	Dimensão da Sustentabilidade	Grupo de Tarefas Logísticas
Baskutis, Gružasuskas e Navickas (2018)	Ambiental e Econômica	Transporte e Gestão de Transportes
Bag et al. (2020)	Contribuições Gerais	Contribuições Gerais
Bag, Gupta e Luo (2020)	Econômica	Transporte e Gestão de Transportes
Bányai (2018)	Ambiental e Econômica	Transporte e Gestão de Transportes
Buntak, Kovačić e Mutavdžija (2019)	Ambiental e Econômica	Armazenamento, embalagem e Gestão de armazéns
Cimini Et Al (2021)	Social	Manuseio de Materiais
De Vass, Shee e Miah (2020)	Contribuições Gerais	Contribuições Gerais
Dev, Shankar e Swami (2020)	Social	Manuseio de Materiais
Dev, Qaiser e Shankar (2020)	Ambiental e Econômica	Transporte e Gestão de Transportes
Esmacilian et al. (2020)	Contribuições Gerais	Contribuições Gerais
Grosse e Winkelhaus (2020)	Social e Econômica	Contribuições Gerais
Hilpert, Kranz e Schumann (2013)	Ambiental	Transporte e Gestão de Transportes
Junge (2019)	Contribuições Gerais	Contribuições Gerais
Kodym, Kubáč e Kavka (2020)	Contribuições Gerais	Contribuições Gerais
Kucukaltan (2020)	Social e Econômica	Contribuições Gerais
Lee, Kang e Prabhu (2016)	Ambiental e Econômica	Transporte e Gestão de Transportes
Munsamy, Tehkdarie e Dhamija (2020)	Ambiental e Econômica	Armazenamento, embalagem e Gestão de armazéns
Nagy et al. (2018)	Social e Econômica	Gestão da Informação
Nantee, Sureeyatanapas (2021)	Contribuições Gerais	Armazenamento, embalagem e Gestão de armazéns
SAMIR, et al. (2019)	Ambiental	Contribuições Gerais
Strandhagen et al. (2017)	Contribuições Gerais	Contribuições Gerais
Trab et al. (2017)	Social e Ambiental	Manuseio de Materiais

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nagy et al. (2018) evidenciaram que as tecnologias também podem impactar na redução da motivação dos funcionários, uma vez que muitos destes temem perder seus empregos para automatização dos processos e robotização. Contudo, em uma pesquisa longitudinal realizada por Cimini et al. (2021), evidenciou-se que a tecnologia tende a substituir os operadores logísticos na execução de tarefas físicas perigosas e em tarefas cognitivas estressantes e repetitivas. Além disso, os autores ressaltam que algumas tarefas nas quais existem muitos trabalhadores envolvidos, a evolução da Logística 4.0 tende a se concentrar na assistência do operador, ao invés de substituição.

Vários autores exploram a melhoria das tarefas de gerenciamento de estoque e armazém, habilitados pelo uso de RFID, WMS, robôs autônomos, computação em nuvem e IoT. Por exemplo, Trab et al. (2017) propõem um modelo que utiliza a IoT para viabilizar interações controladas e orientadas para a segurança entre todos os objetos em um armazém, desde produtos, prateleiras e empilhadeiras, até funcionários.

O uso de tecnologias como TMS, OMS, CPS, IoT e computação em nuvem podem trazer vários benefícios ambientais, principalmente, em relação aos processos de transporte e distribuição, dentre eles estão: redução do nível de emissão de gases poluentes, melhoria na eficiência energética, difusão de produtos verdes, minimização da produção de resíduos, ampliação do sucesso de iniciativas de logística reversa e ampliação da capacidade das empresas em realizar os 10Rs (recusar, repensar, reduzir, reutilizar, reparar, recondicionar, remanufaturar, reaproveitar, reciclar e recuperar) (NAGY et al., 2018; LEE; KANG; PABHU, 2016; DEV, QAISER; SHANKAR, 2020; BÁNAY, 2018; DE VASS; SHEE; MIAH, 2020; NANTEE; SUREEVATANAPAS, 2021).

A capacidade ambiental, consiste na habilidade das organizações de captar dados de mercado, ambiente de negócios e clientes, que incluem informações sobre as demandas de

sustentabilidade locais e globais (BAG et al. 2020). As ferramentas da Logística 4.0 podem contribuir para o desenvolvimento da capacidade ambiental, pois estas possibilitam uma melhor captura, processamento dos dados e geração de informações mais precisas (BAG et al. 2020; WINKELHAUS; GROSSE, 2020). Simulações realizadas por Lee, Kang e Prabhu (2016) e Gružauska, Baskutis e Navickas (2018) demonstraram que o uso da tecnologia pode reduzir os níveis de emissão de gás carbônico, aumentar a produtividade e diminuir os custos com combustíveis. Já o estudo realizado por Dev, Qaiser e Shankar (2020), sugere que adoção de um sistema ERP habilitado para RFID, amplia o sucesso de iniciativas de logística reversa, por proporcionar a ampliação no compartilhamento das informações em tempo real e difusão de produtos verdes no mercado.

Para o segmento de transporte e distribuição, Samir et al. (2019) apontam que a IoT pode aprimorar o monitoramento, a inviolabilidade e a agilidade do transporte, acelerando a logística de entrada e saída. Para os autores, a IoT e BDA também podem garantir que os produtos sejam armazenados em locais mais próximos dos pontos de consumo, otimizando o tempo e custos com a entrega, bem como a emissão de gases poluentes.

O uso da tecnologia possui vários benefícios, porém existem diversos riscos associados à sua implementação, conforme apontado por o Kodym, Kubáč e Kavka (2020). Segundo um framework desenvolvido pelo autores, os principais riscos são: econômicos (alto investimento, dependência da tecnologia, necessidade de alterar o modelo de negócios e competitividade, etc.), social (perda de empregos, funcionários que não são capazes de se adaptar com rapidez suficiente e atender aos novos requisitos para atividades dentro das tecnologias, etc.), técnicos e tecnológicos (por exemplo, falhas de softwares, segurança dos dados,), riscos legais e políticos (como a posse de dados do ponto de vista jurídico) e ecológicos (por exemplo, se o transporte e armazenamento de energia para a implementação e uso de tecnologias de logística 4.0 consomem mais energia do que os ganhos de eficiência que seriam gerados).

4.3 Direções para Pesquisas Futuras

Algumas lacunas de pesquisa na temática de logística 4.0 e sustentabilidade foram levantadas nos artigos que compõe a amostra analisada, conforme a seguir:

- a) A relação entre a tecnologia *blockchain* e sustentabilidade precisa ser melhor compreendida, a partir de cinco perspectivas: desenvolvimento e análise de indicadores para monitoramento de toda a vida útil dos produtos, bem como seus impactos ambientais; desenvolvimento de novas técnicas de tomada de decisão baseadas em dados; exploração de novos estudos de caso e melhores práticas; exploração do papel da *blockchain* e da sustentabilidade no design de produto; e análise da interação homem-máquina (ESMAEILIAN et al., 2020).
- b) Há a necessidade do desenvolvimento de pesquisas sobre logística 4.0 que tratem de forma abrangente questões multidimensionais, ou seja, que se concentrem não apenas nos aspectos técnicos e tecnológicos dessas iniciativas, mas também que explorem o capital humano, e o papel dos prestadores de serviços logísticos nessas iniciativas (KUCUKALTAN et al., 2020).
- c) A dimensão social da sustentabilidade requer mais investigação sob a perspectiva da logística 4.0, de modo a compreender e desenvolver ferramentas para mensurar os impactos das tecnologias para a sustentabilidade (JUNGE, 2019).
- d) Um mapeamento das habilidades que ganharão importância com o uso das inovações digitais para sustentabilidade é fundamental, bem como compreender como a aprendizagem humana pode ser apoiada nesses sistemas, e como a transformação do trabalho pode ser desenvolvida para adequar as habilidades dos funcionários (WINKELHAUS; GROSSE, 2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da realização de uma revisão sistemática de 22 artigos publicados em periódicos, esta pesquisa apresentou um panorama geral dos estudos que exploram a relação e contribuições da Logística 4.0 para a Sustentabilidade Corporativa. A análise dos resultados demonstrou que as tecnologias disruptivas podem contribuir para a construção de organizações, processos logísticos e cadeias de suprimentos mais sustentáveis.

Como principais resultados, destaca-se que a maioria das publicações na temática se concentra na Europa e está distribuída em periódicos de vários segmentos como áreas multidisciplinares, engenharias e negócios. Além disso, verificou-se que a Internet das Coisas e Big Data e sua combinação com outras ferramentas, são as tecnologias mais estudadas na amostra. Em relação à sustentabilidade, a dimensão econômica é a mais explorada, bem como os impactos das iniciativas de Logística 4.0 para essa dimensão.

Quanto às contribuições das tecnologias 4.0 aplicadas aos processos logísticos para a sustentabilidade, ficou evidente que elas podem trazer vários benefícios econômicos, sociais e ambientais para a organização. Dentre esses benefícios, se destacam a redução de custos; aumento da produtividade e eficiência; ampliação da transparência e troca de informações entre os membros da cadeia; aumento da satisfação do cliente; diminuição do *lead time*, tempo de resposta; ampliação da acuracidade das entregas; ampliação da receita de transporte, otimização das condições de ergonômicas, ampliação da segurança das operações, facilitação ou eliminação da execução de tarefas repetitivas, redução das horas trabalhadas, desenvolvimento de novas habilidades; redução do nível de emissão de gases poluentes, melhora a eficiência energética, facilitação a difusão de produtos verdes, minimização da produção de resíduos, ampliação do sucesso de iniciativas de logística reversa e ampliação da capacidade das empresas em realizar os 10Rs (recusar, repensar, reduzir, reutilizar, reparar, recondicionar, remanufaturar, reaproveitar, reciclar e recuperar).

Este estudo traz contribuições para o corpo do conhecimento científico, a partir da apresentação uma visão holística dos artigos que abordam os impactos da Logística 4.0 para a Sustentabilidade Corporativa. Além disso, os achados desta pesquisa podem ser úteis para fornecer *insights* e *benchmarking* aos gestores que desejam adotar tecnologias disruptivas na construção de processos logísticos sustentáveis. Apesar de suas contribuições, este estudo possui limitações. Apenas artigos em inglês, publicados em *journals* foram considerados para esta pesquisa, omitindo-se por exemplo, artigos de conferências e pesquisas em outros idiomas, que também podem conter informações relevantes. Além disso, o enfoque do estudo limitou-se a análise apenas das tarefas logísticas primárias e não de toda a cadeia de suprimentos.

Como sugestões de pesquisas futuras, além das direções já apresentadas, recomenda-se que sejam desenvolvidos estudos que investiguem como as partes interessadas são afetadas pelas mudanças que as tecnologias disruptivas podem ocasionar, principalmente, considerando o contexto da terceirização dos processos logísticos, uma vez que essa estratégia é amplamente desenvolvida. Sugere-se também, o desenvolvimento de pesquisas empíricas que explorem como ocorre o processo de transição para logística 4.0 nas empresas, ou seja, quais os custos envolvidos, as capacidades dinâmicas necessárias, assim como a adequação para processos mais sustentáveis e mudanças requeridas no modelo de negócios.

REFERÊNCIAS

AGUEZZOUL, Aicha. Third-party logistics selection problem: A literature review on criteria and methods. **Omega**, v. 49, p. 69-78, 2014.

BAG, Surajit et al. Industry 4.0 and the circular economy: resource melioration in logistics. **Resources Policy**, v. 68, p. 101776, 2020.

- BANSAL, Pratima. Evolving sustainably: A longitudinal study of corporate sustainable development. **Strategic management journal**, v. 26, n. 3, p. 197-218, 2005.
- BARRETO, Luis; AMARAL, Antonio; PEREIRA, Teresa. Industry 4.0 implications in logistics: an overview. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1245-1252, 2017.
- BEZERRA, Maria Clara da Cunha; GOHR, Cláudia Fabiana; MORIOKA, Sandra Naomi. Organizational capabilities towards corporate sustainability benefits: A systematic literature review and an integrative framework proposal. **Journal of Cleaner Production**, v. 247, p. 119114, 2020.
- BUNTAK, Krešimir; KOVAČIĆ, Matija; MUTAVDŽIJA, Maja. Internet of things and smart warehouses as the future of logistics. **Tehnički glasnik**, v. 13, n. 3, p. 248-253, 2019.
- CARTER, Craig R.; LIANE EASTON, P. Sustainable supply chain management: evolution and future directions. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 41, n. 1, p. 46-62, 2011.
- CIMINI, Chiara et al. How human factors affect operators' task evolution in Logistics 4.0. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries**, v. 31, n. 1, p. 98-117, 2021.
- CORRÊA, Jobel Santos; SAMPAIO, Mauro; BARROS, Rodrigo de Castro. An exploratory study on emerging technologies applied to logistics 4.0. **Gestão & Produção**, v. 27, n. 3, 2020.
- DE VASS, Tharaka; SHEE, Himanshu; MIAH, Shah J. Iot in supply chain management: a narrative on retail sector sustainability. **International Journal of Logistics Research and Applications**, p. 1-20, 2020.
- DENYER, David; TRANFIELD, David. **Producing a systematic review**. 2009.
- DEV, Navin K.; SHANKAR, Ravi; QAISER, Fahham Hasan. Industry 4.0 and circular economy: Operational excellence for sustainable reverse supply chain performance. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 153, p. 104583, 2020.
- DEV, Navin K.; SHANKAR, Ravi; SWAMI, Sanjeev. Diffusion of green products in industry 4.0: Reverse logistics issues during design of inventory and production planning system. **International Journal of Production Economics**, v. 223, p. 107519, 2020.
- DRATH, Rainer; HORCH, Alexander. Industrie 4.0: Hit or hype?[industry forum]. **IEEE industrial electronics magazine**, v. 8, n. 2, p. 56-58, 2014.
- DUBEY, Rames hwar et al. Sustainable supply chain management: framework and further research directions. **Journ al of cleaner production**, v. 142, p. 1119-1130, 2017.
- DYLLICK, Tho mas; HOCKERTS, Kai. Beyond the business case for corporate sustainability. **Business strategy and the environment**, v. 11, n. 2, p. 130-141, 2002.
- ECK, Nees Jan; WALTMAN, Ludo. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010.
- EDMONDSON, Amy C.; MCMANUS, Stacy E. Methodological fit in management field research. **Academy of management review**, v. 32, n. 4, p. 1246-1264, 2007.
- EJSMONT, Krzysztof; GLADYSZ, Bartłomiej; KLUCZEK, Aldona. Impact of Industry 4.0 on Sustainability—Bibliometric Literature Review. **Sustainability**, v. 12, n. 14, p. 5650, 2020.
- ELKINGTON, John. The triple bottom line. **Environmental management: Readings and cases**, v. 2, 1997.
- ELKINGTON, John. Accounting for the triple bottom line. **Measuring Business Excellence**, 1998.
- ESMAEILIAN, Behzad et al. Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 163, p. 105064, 2020.

- GRUŽAUSKAS, Valentas; BASKUTIS, Saulius; NAVICKAS, Valentinas. Minimizing the trade-off between sustainability and cost effective performance by using autonomous vehicles. **Journal of Cleaner Production**, v. 184, p. 709-717, 2018.
- HOFMAN N, Erik; RÜSCH, Marco. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers in industry**, v. 89, p. 23-34, 2017.
- KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes. Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. **Final report of the Industrie**, v. 4, n. 0, 2013.
- KODYM, Oldřich; KUBÁČ, Lukáš; KAVKA, Libor. Risks associated with Logistics 4.0 and their minimization using Blockchain. **Open Engineering**, v. 10, n. 1, p. 74-85, 2020.
- LASI, Heiner et al. Industry 4.0. **Business & information systems engineering**, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014.
- LEE, Seokgi et al. Predictive analytics for delivering prevention services. **Expert Systems with Applications**, v. 55, p. 469-479, 2016.
- MUNSAMY, Megashnee; TELUKDARIE, Arnesh; DHAMIJA, Pavitra. Logistics 4.0 **Energy Modelling. International Journal of Business Analytics (IJBAN)**, v. 7, n. 1, p. 98-121, 2020.
- NAGY, Judit et al. The role and impact of Industry 4.0 and the internet of things on the business strategy of the value chain—the case of Hungary. **Sustainability**, v. 10, n. 10, p. 3491, 2018.
- NANTEE, Natnaree; SUREEYATANAPAS, Panitas. The impact of Logistics 4.0 on corporate sustainability: a performance assessment of automated warehouse operations. **Benchmarking: An International Journal**, 2021.
- SAMIR, Tetouani et al. Big data research on the green internet of things in new smart-logistics. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering**, v. 8, n. 9, p. 534-537, 2019.
- STRANDHAGEN, Jan Ola et al. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. **Advances in Manufacturing**, v. 5, n. 4, p. 359-369, 2017.
- THOMÉ, Antônio Márcio Tavares; SCAVARDA, Luiz Felipe; SCAVARDA, Annibal José. Conducting systematic literature review in operations management. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 5, p. 408-420, 2016.
- TIMM, Ingo J.; LORIG, Fabian. Logistics 4.0-A challenge for simulation. In: **2015 Winter Simulation Conference (WSC)**. IEEE, 2015. p. 3118-3119.
- TRAB, Sourour et al. A communicating object's approach for smart logistics and safety issues in warehouses. **Concurrent Engineering**, v. 25, n. 1, p. 53-67, 2017.
- TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British Journal of Management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.
- VAN MARREWIJK, Marcel. Concepts and definitions of CSR and corporate sustainability: Between agency and communion. **Journal of Business Ethics**, v. 44, n. 2, p. 95-105, 2003.
- VELEVA, Vesela; ELLENBECKER, Michael. Indicators of sustainable production: framework and methodology. **Journal of Cleaner Production**, v. 9, n. 6, p. 519-549, 2001.
- VIVALDINI, Mauro. O papel de operadores logísticos em ações de sustentabilidade. **Revista de Administração da UNIMEP**, v. 10, n. 1, p. 55-79, 2012.
- WINKELHAUS, Sven; GROSSE, Eric H. Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 1, p. 18-43, 2020.