



RAM. Revista de Administração Mackenzie

ISSN: 1518-6776

ISSN: 1678-6971

Editora Mackenzie; Universidade Presbiteriana Mackenzie

Rocha, Isabela F.; Kissimoto, Kumiko O.
Artificial intelligence and internet of things adoption in operations management: Barriers and benefits
RAM. Revista de Administração Mackenzie, vol. 23, núm. 4, eRAMR220119, 2022
Editora Mackenzie; Universidade Presbiteriana Mackenzie

DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-6971/eRAMR220119.en>

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195473057005>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais informações do artigo
- Site da revista em redalyc.org

UABM redalyc.org

Sistema de Informação Científica Redalyc
Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe, Espanha e Portugal
Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no âmbito da iniciativa
acesso aberto

Barreiras e benefícios na adoção de inteligência artificial e IoT na gestão da operação

Artificial intelligence and internet of things adoption in operations management: Barriers and benefits

Isabela F. Rocha^{1D} e Kumiko O. Kissimoto^{1D}

Escola Paulista de Política, Economia e Negócios (Eppen),
Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Osasco, SP, Brasil

Notas das autoras

Isabela F. Rocha é agora discente da Escola Paulista de Política, Economia e Negócios (Eppen) da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp); Kumiko O. Kissimoto é agora professora adjunta da Eppen da Unifesp.

Correspondências sobre este artigo devem ser enviadas para Kumiko O. Kissimoto, Rua Oleska Winogradow, 100, Jardim das Flores, Osasco, São Paulo, Brasil, CEP 06120-042. *E-mail:* kissimoto.kumiko@unifesp.br



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.

This paper may be copied, distributed, displayed, transmitted or adapted for any purpose, even commercially, if provided, in a clear and explicit way, the name of the journal, the edition, the year and the pages on which the paper was originally published, but not suggesting that RAM endorses paper reuse. This licensing term should be made explicit in cases of reuse or distribution to third parties.

Este artigo pode ser copiado, distribuído, exibido, transmitido ou adaptado para qualquer fim, mesmo que comercial, desde que citados, de forma clara e explícita, o nome da revista, a edição, o ano e as páginas nas quais o artigo foi publicado originalmente, mas sem sugerir que a RAM endosse a reutilização do artigo. Esse termo de licenciamento deve ser explicitado para os casos de reutilização ou distribuição para terceiros.

Resumo

Objetivo: Tomando como base o contexto de transformação digital e a evolução das tecnologias digitais, esta pesquisa buscou compreender como a inteligência artificial (IA) e a internet das coisas (*internet of things* – IoT) colaboram para melhorar a eficiência da gestão da operação (GO).

Originalidade/valor: A transformação digital e o uso de novas tecnologias, como a IA e a IoT, têm impactado a gestão da operação das empresas. Um levantamento feito na base de dados Web of Science (WoS) e a análise deles, realizadas pelo *software* bibliométrico VOSviewer, identificaram uma importante relação entre IA, IoT e GO por meio da indústria 4.0 (i4.0), que tem como um de seus principais objetivos a melhora na gestão da operação. Os resultados da presente pesquisa trazem uma contribuição prática aos gestores de negócios, como a identificação das principais barreiras e benefícios esperados ao adotarem a IA e a IoT em suas operações. Para os pesquisadores, este estudo difere de pesquisas já publicadas ao realizar uma revisão sistemática da literatura que investiga a relação da GO com as ferramentas tecnológicas IA e IoT.

Design/metodologia/abordagem: Foi realizada uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de analisar todos os artigos que trouxessem alguma contribuição no sentido de fornecer uma melhor compreensão de como a IA e a IoT colaboram para melhorar a eficiência das operações.

Resultados: Os resultados demonstraram de que forma a IA e a IoT foram sendo incorporadas na gestão da operação, com destaque às barreiras e aos benefícios de seu uso. Verificaram-se ainda as indicações de lacunas de pesquisa que podem levar a novas investigações para avançar no tema.

Palavras-chave: tecnologias digitais, transformação digital, gestão da operação, inteligência artificial, internet das coisas

Abstract

Purpose: Based on the context of digital transformation and the evolution of digital technologies, this research sought to understand how artificial intelligence (AI) and internet of things (IoT) collaborate to improve the efficiency of operations management (OM).

Originality/value: Digital transformation and the use of new technologies, such as AI and IoT, have impacted the management of the companies' operation. A preliminary survey carried out in the Web of Science (WoS) database, analyzing data through the VOSviewer bibliometric software, identified an important relationship between AI, IoT, and OM through industry 4.0 (i4.0), which has as one of its main objectives the improvement in OM. The results of this research bring a practical contribution to business managers, such as the identification of the main barriers and expected benefits when adopting AI and IoT in their operations. For researchers, this study differs from studies already published by conducting a systematic review of the literature that investigates the relationship of OM with technological tools, such as AI and IoT.

Design/methodology/approach: A systematic review of the literature was carried out with the objective of analyzing all articles that brought some contribution to a better understanding of how AI and IoT collaborate to improve the efficiency of operations.

Findings: The results demonstrated how AI and IoT were being incorporated into OM, identifying the main barriers of its use, as well as indications of research gaps that may lead to further investigations to advance on this topic.

Keywords: digital technologies, digital transformation, operations management, artificial intelligence, internet of things

INTRODUÇÃO

No atual período, em que muitas das operações estão sendo digitalizadas, há uma maior exigência por tempos de respostas mais curtos e maior atenção ao atual cenário competitivo (Venkatraman, 2017). Para que possam melhorar a competitividade, as empresas têm buscado novas tecnologias digitais (Afuah, 2002; Ross et al., 2016; Ross et al., 2019a, 2019b), e isso exige atenção por parte dos executivos sobre como utilizar essas tecnologias para melhorar as estratégias organizacionais (Heavin & Power, 2018; Mithas et al., 2013; Razavi et al., 2016).

Entre as chamadas tecnologias digitais, a inteligência artificial (IA) e a internet das coisas (*internet of things* – IoT) têm se destacado (Brock & Wangenheimz, 2019; Özdemir & Hekim, 2018; Saarikko et al., 2020; Sestino et al., 2020). Embora muitos citem os benefícios dessas tecnologias digitais (Balakrishnan & Das, 2020; Ross et al., 2019b), ainda faltam estudos que demonstrem como os benefícios da IA e IoT podem ser obtidos na gestão de operação (GO). Em março de 2021, foi realizado um levantamento preliminar na base Web of Science (WoS) com as palavras-chave “artificial intelligence” e “IoT”. Os resultados dessa busca demonstraram que, das 627 publicações extraídas, somente 1% referia-se à área de GO (Dhamija & Bag, 2020). Quando se analisaram os resultados por meio do *software* VOSviewer, percebeu-se que a conexão entre IA e IoT e a área de GO se dava pela indústria 4.0 (i4.0) (Ahuett-Garza & Kurfess, 2018; Fettermann et al., 2018). O fortalecimento da i4.0 e o rápido desenvolvimento da tecnologia nos setores de administração como forma de geração de novos valores (Albertin & Moura Albertin, 2021) destacam a importância da transformação digital, em que o uso das novas tecnologias é significativo (Lohmer & Lasch, 2020; Schiavone & Sprenger, 2017).

Nesse contexto, a IoT surge como um novo paradigma que permite a integração do mundo cibernético com o mundo físico (Čolaković & Hadžialić, 2018). Por sua vez, a IA desponta como uma importante aliada na tomada de decisões devido à sua capacidade de aprendizado das máquinas, já que possibilita o surgimento de novos modelos de negócios (Li et al., 2017; Yang et al., 2017). Entre as diferentes motivações para a adoção de novas tecnologias, estão o atual cenário competitivo, a geração de imensos volumes de dados, a escassez de recursos e a maior velocidade necessária nas tomadas de decisões a partir dos dados gerados (Borges et al., 2020; Venkatraman, 2017).

Com base no exposto, esta pesquisa teve como objetivo geral analisar como as empresas estão utilizando a IoT e a IA para melhorar a flexibilidade

e a confiabilidade da operação, modificar a sua forma de atuação e aperfeiçoar sua competitividade pela diferenciação no mercado (Castagna et al., 2020; Matt et al., 2015; Renzi et al., 2014). As questões de pesquisa foram elaboradas para dar respostas às lacunas existentes na literatura e para auxiliar nas análises e na consolidação dos resultados obtidos. Eis as questões de pesquisa:

- Q1: Quais são as principais barreiras encontradas na literatura para a adoção de novas tecnologias, como a IA e a IoT, na GO?
- Q2: Que capacidades operacionais poderiam ter sido (ou foram) impactadas e melhoradas pela adoção de novas tecnologias como a IA e a IoT?

Para atender ao objetivo e responder às questões de pesquisa, este trabalho adotou o método da revisão sistemática da literatura por fornecer, por meio da análise de publicações passadas, melhor entendimento dos fenômenos contemporâneos e fazer inferências para o futuro. Ao final, espera-se ter melhor compreensão quanto à integração dessas ferramentas na GO e apresentar uma discussão sobre direções futuras de pesquisa ao trazer à discussão: 1. os impactos gerais na GO; 2. as potenciais barreiras na adoção das tecnologias; e 3. quais benefícios são gerados na GO.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Transformação digital

Um dos primeiros conceitos sobre transformação digital foi citado no livro de Patel et al. (2000), que fizeram uma introdução importante sobre a expressão, mas sem uma definição padronizada. Desde então, diferentes definições sobre a expressão foram surgindo na literatura. Albertin e Moura Albertin (2021) mencionam que a transformação digital é a geração de valor por meio da aplicação de inovações digitais tanto para a sociedade como para as empresas. Lankshear e Knobel (2008) afirmam que as tecnologias digitais facilitam a inovação e a criatividade e incentivam mudanças significativas nos campos profissional e de conhecimento. Bharadwaj et al. (2013) e Westerman et al. (2019) citam que a transformação digital reflete a necessidade de as organizações repensarem o papel que a tecnologia da informação (TI) tem nas estratégias organizacionais. De acordo com Zheng et al. (2019), a transformação digital tem a ver com a digitalização de processos, e, para Balakrishnan e Das (2020), ela representa uma profunda mudança nos modelos de negócios, na criação de valor e em todos os aspectos relacio-

nados a eles, desde a produção até a distribuição de produtos e serviços. González-Varona et al. (2021) mencionam que a transformação digital traz profundas mudanças aos modelos de negócios e apresentam o desenvolvimento de novas competências necessárias para se adequar e promover as mudanças necessárias nas operações da organização. O presente estudo adota a definição dada por Vial (2019), segundo a qual a transformação digital é um processo de mudança que objetiva promover melhoramentos nas organizações e sociedades ao combinar informação, sistemas de computação, infraestrutura de comunicação e tecnologias que permitem a conectividade de todos esses recursos.

As definições apresentadas relatam que, independentemente do tamanho ou do nível de adoção das tecnologias, as empresas têm os seus negócios transformados ao adotarem as novas tecnologias (Fitzgerald et al., 2014; Morakanyane et al., 2017). No entanto, muitas delas não têm clareza quanto aos benefícios ou ao processo de adoção dessas tecnologias. Entre os desafios citados, estão os seguintes: como lidar com a dificuldade de coordenar a cultura, as competências e a tecnologia (Ross et al., 2019b); como alinhar, de maneira eficaz, as estratégias de negócios e a tecnologia, levando em consideração aspectos culturais, organizacionais e tecnológicos (Heavin & Power, 2018); como desenvolver as capacidades dinâmicas necessárias para transformar a organização e os processos de tal forma que elas consigam detectar, modelar e captar oportunidades no novo ambiente digital (Katkalo et al., 2010); e como adotar, de forma eficaz, as novas tecnologias e, ao mesmo tempo, entender quais aspectos de sua cultura e processos deve manter ou modificar (Westerman et al., 2019).

Inteligência artificial

A expressão inteligência artificial (IA) foi citada e introduzida pela primeira vez na década de 1950 por McCarthy (1960) como sinônimo de máquinas inteligentes e, durante os seus primeiros estágios, esteve muito mais relacionada a algoritmos que ajudavam na tomada de decisão (Buchanan & O'Connell, 2006). Brynjolfsson e McAfee (2017) referem-se à IA como uma ferramenta de tecnologia que foi introduzida como um meio de concorrer com o desempenho humano e com o potencial de tirar suas próprias conclusões por meio do aprendizado, podendo até substituir o humano em tarefas que requeiram conhecimentos. Para Russell e Norvig (2016), a IA é uma área da ciência que visa desenvolver *software* e *hardware* que sejam capazes de simular o comportamento humano. No presente trabalho, a IA é considerada

um campo de teoria que tem como objetivo o desenvolvimento de *software* e *hardware* capazes de desempenhar ações que podem ser executadas somente com o uso de algum nível de cognição (Russell & Norvig, 2016).

A evolução da história da IA desenvolveu-se em duas dimensões: centrada no ser humano – focada em abordagens empíricas que envolvem validação de hipóteses e experimentações – e racionalista – que combina abordagens matemáticas e de engenharia (Borges et al., 2020). Pesquisas iniciais sobre IA foram baseadas na capacidade de aprendizado e indicavam avanços promissores em tarefas que envolviam tomadas de decisões e resolução de problemas. Embora a ascensão da IA tenha sido mais lenta do que o esperado, a partir da década de 1990, governos e empresas retomaram, com grande esforço, investimentos e pesquisas no seu desenvolvimento. O desenvolvimento de métodos e tecnologias, o aumento da eficiência da TI em capturar e armazenar dados relacionados a tarefas ao longo das organizações, a grande facilidade em adquirir ferramentas tecnológicas e a ampliação de ofertas de serviços na nuvem têm sido alguns dos motivos da ampla adoção da IA nas organizações (Russell & Norvig, 2016; Von Krogh, 2018).

Nas indústrias de manufatura, os avanços da IA estão relacionados com o fortalecimento da i4.0, que, por meio da adoção de diferentes tecnologias, como IoT, *big data*, computação em nuvem e adoção de sensores (*cyber-physical systems* – CPS), entre outros, confere aos sistemas a habilidade de tomar decisões dentro de um ambiente altamente volátil e dinâmico de uma forma mais eficaz (Ahuet-Garza & Kurfess, 2018), indo além da simples automação dos processos. Com a capacidade de aprendizado das máquinas, estas se tornaram importantes aliadas nas tomadas de decisão (Yang et al., 2017) e no surgimento de novos modelos de manufatura, inclusive em rede (Li et al., 2017). A adoção da IA nas áreas de negócios tem prioritariamente focado a gestão da TI (Pandl et al., 2020; Zhu et al., 2019), a tomada de decisão (Ding et al., 2020), a avaliação do desempenho sustentável (Souza et al., 2019) e o futuro do trabalho (Wang & Siau, 2019).

De acordo com Brynjolfsson e McAfee (2017), dois fatores figuram entre os principais motivadores para a adoção de novas tecnologias: 1. a capacidade de aprendizagem que as máquinas têm hoje; e 2. a possibilidade de obter desempenhos superiores aos alcançados atualmente pelos humanos. No entanto, segundo Davenport (2018), uma vez que a adoção da IA pode representar uma ruptura dos modelos e processos atuais, é preciso que os gestores reorganizem seus planos estratégicos, escolham o tipo de tecnologia que utilizarão e determinem a sua velocidade de implantação.

Internet das coisas

A expressão internet das coisas (IoT) foi primeiramente mencionada por Ashton (2009), para quem a IoT não é decorrente de uma nova tecnologia singular, mas de várias tecnologias que se complementam, reduzindo a distância que separa o mundo físico do virtual. Trata-se de um resultado do progresso tecnológico em campos paralelos e frequentemente sobrepostos. A IoT integra coisas distintas para pessoas diferentes e tem potencial para mudar totalmente os aspectos da economia, da sociedade, das políticas e do meio ambiente.

Diferentes definições têm surgido na literatura. Por exemplo, Atzori et al. (2010) e Chen et al. (2013) definem a IoT como a existência de diferentes objetos e tecnologias que, por meio de uma arquitetura em comum, podem interagir e colaborar entre si para atingir objetivos semelhantes. Para Miorandi et al. (2012), a IoT pode ser entendida como um meio em que dispositivos físicos e digitais podem ser interconectados por meio de uma adequada infraestrutura de comunicação que viabilize todo um conjunto de novas aplicações e serviços. Kortuem et al. (2009) e Miorandi et al. (2012) referem-se à IoT como o desenvolvimento de tecnologias e soluções que possibilitam a identificação, a comunicação e a interação de vários dispositivos. Para Mishra et al. (2016), a IoT é uma rede que interliga inúmeros dispositivos inteligentes que constantemente produzem e consomem informações. Lopes e Moori (2021) definem a IoT como a combinação de sensor, conectividade e mobilidade para permitir a digitalização nas operações industriais. Neste estudo, a IoT é considerada um sistema de redes tecnológicas com o principal objetivo de simplificar processos em diversas áreas para garantir melhor eficiência dos sistemas, de modo a permitir a identificação, comunicação e a interação de vários dispositivos (Miorandi et al., 2012).

A aplicação da IoT pode ser percebida em diferentes áreas, como: 1. nas construções/casas inteligentes; 2. em cidades inteligentes, para controlar o tráfego, os estacionamentos, a infraestrutura, entre outros; 3. na saúde, de modo a aprimorar a assistência aos pacientes e prover melhores informações tanto a eles como ao médico; e 4. na produção e no controle de estoques (Miorandi et al., 2012).

METODOLOGIA DE PESQUISA

As razões para efetuar uma análise sistemática podem ser: resumir a evidência empírica dos benefícios e das limitações de um determinado

campo; identificar quaisquer lacunas na pesquisa atual, a fim de sugerir áreas para futuras investigações; e fornecer uma estrutura para estabelecer adequadamente novas atividades de pesquisa (Kitchenham, 2004; Tranfield et al., 2003). No presente trabalho, a revisão sistemática da literatura tem como objetivo resumir a evidência empírica dos benefícios e das limitações de um determinado campo de pesquisa.

Em uma revisão sistemática da literatura, os seguintes aspectos são fundamentais: definir como os dados serão extraídos; selecionar as bases de dados; estabelecer os critérios de seleção e exclusão dos dados; elaborar as diretrizes para as análises dos dados; e determinar os procedimentos de análises qualitativas e quantitativas para relatar os resultados (Rethlefsen et al., 2021). Existem diferentes recomendações para conduzir uma revisão sistemática da literatura, como o *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), que é composto de 27 itens de avaliação (*checklist*) e de um fluxograma com os três principais blocos estratégicos, a saber: 1. identificação, 2. seleção e 3. inclusão. Cada uma dessas etapas deve estar devidamente documentada e identificada para possibilitar a replicação posterior. Já Tranfield et al. (2003) recomendam dividir a revisão em três blocos: 1. planejamento da revisão; 2. condução da revisão; e 3. relato e disseminação. Cada um desses blocos tem dez etapas: três para planejamento, cinco para condução e duas para relato e disseminação. Kitchenham et al. (2007) também utilizam os mesmos três blocos de Tranfield et al. (2003), porém detalham os blocos em 13 etapas.

No que concerne ao procedimento metodológico, a presente pesquisa baseou-se no modelo de fluxograma dos blocos recomendado pelo PRISMA e em trabalhos similares, como os de Borges et al. (2020) e Kitchenham et al. (2009), que detalharam as etapas de revisão de acordo com as recomendações feitas por Kitchenham et al. (2007). As principais partes da metodologia estão descritas a seguir, nos itens “Planejamento da revisão” e “Condução da revisão”. A seção “Descrição das análises” apresenta a etapa de relatar e disseminar os resultados da revisão.

Planejamento da revisão

Na orientação de Tranfield et al. (2003) e Kitchenham et al. (2007), a fase de planejamento deve definir as diretrizes da busca e análise, orientadas pelo objetivo da pesquisa. A seguir, apresentam-se os principais pontos desse protocolo.

Processo de busca

Nesta pesquisa, utilizaram-se as bases WoS e Scopus por serem de ampla cobertura e validadas pela comunidade acadêmica (Chadegani et al., 2013). A base de dados Google Scholar também é uma importante fonte de dados; porém, no estudo comparativo desenvolvido por Harzing e Alakangas (2016), algumas restrições são apresentadas em relação a essa base, sendo a principal a falta de um controle de qualidade das publicações, o que leva a incluir algumas publicações não acadêmicas, como *blogs* ou artigos de revistas seculares, nos resultados das buscas. Outras limitações citadas são de ordem operacional, como a duplicação de registros ou a dificuldade em realizar filtros, que, no caso das bases WoS e Scopus, é facilmente realizável, motivos que justificam o uso somente dessas bases para a pesquisa.

A definição dos termos de busca passou por dois estágios. O primeiro estágio teve como objetivo avaliar e validar a relação e a relevância entre os termos IA, IoT e GO. Para tanto, realizou-se uma pré-busca somente na base WoS com a palavra-chave “digital transformation”, que resultou em 3.084 artigos. Para analisar esses artigos, foi utilizado o *software* bibliométrico VOSviewer 1.6.16 (Van Eck & Waltman, 2010, 2011). A identificação das áreas de teorias foi baseada na coocorrência das palavras-chave, filtradas em cinco repetições no mínimo. Com o intuito de melhorar a visualização, eliminaram-se do conjunto de palavras-chave os termos que não pertenciam ao escopo da pesquisa, como “health”, “government”, “Covid-19” etc., além de métodos ou substantivos que fugiam ao escopo, como “methods”, “case study”, “survey”, “culture” etc. Como resultado, selecionaram-se as palavras-chave “industry 4.0”, “internet of things”, “big data”, “digitalization” e “artificial intelligence”, que são os campos mais evidentes e próximos à expressão “digital transformation” (Figura 1a). A relação entre GO e IA/IoT pode ser observada na Figura 1b, que mostra o tema *operations management* como uma área de pesquisa mais consolidada (anterior a 2017), mas que vem evoluindo e formando um agrupamento importante em torno de “industry 4.0”, que, por sua vez, tem respaldo em tecnologias que utilizam a IoT que atrai áreas mais recentes, como “artificial intelligence”, “digital technologies”, “smart manufacturing”, “digital innovation” e “digital twin”.

Figura 1a

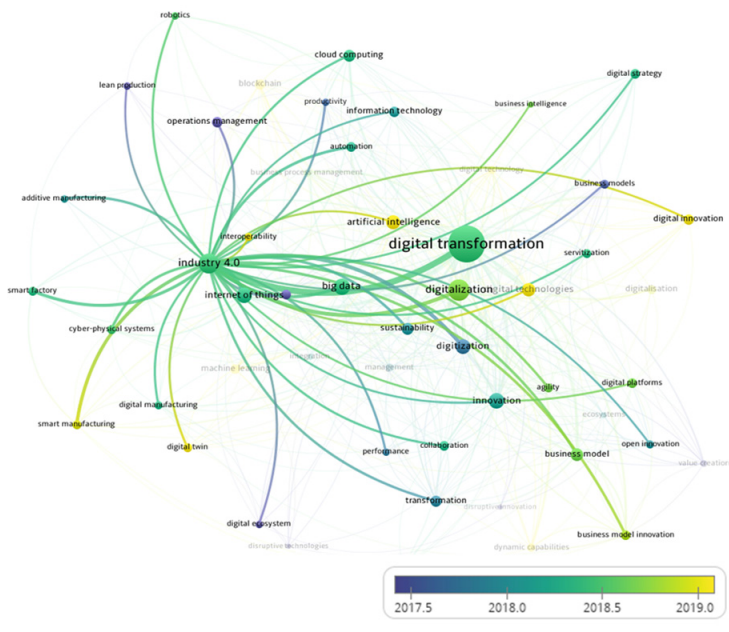
Densidade (importância) dos temas ao redor de “digital transformation”



Fonte: Extraída do VOSviewer em março de 2021.

Figura 1b

Evolução do tema ao longo dos anos



Fonte: Extraída do VOSviewer em março de 2021.

Figura 2

Cluster 1 (11 Items)

- agility
- business intelligence
- business models
- digital platforms
- digitalisation
- digitization
- disruptive innovation
- ecosystems
- innovation
- open innovation
- value creation

Cluster 2 (12 Items)

- artificial intelligence
- automation
- blockchain
- business process management
- cloud computing
- information technology
- lean production
- machine learning
- robotics
- smart manufacturing
- technology adoption
- transformation

Cluster 3 (8 Items)

- collaboration
- digital technologies
- integration
- management
- performance
- servitization
- technology adoption
- transformation

Cluster 4 (7 Items)

- cyber-physical systems
- dynamic capabilities
- industry 4.0
- internet of things
- interoperability
- smart factory
- smart manufacturing

Cluster 5 (7 Items)

- business model
- business model innovation
- digital innovation
- digital strategy
- digital technology
- digital transformation
- digitalization

Cluster 6 (7 Items)

- additive manufacturing
- big data
- digital ecosystem
- digital manufacturing
- digital twin
- disruptive technologies
- machine learning

A definição dos critérios de inclusão e exclusão dos dados é um ponto destacado tanto na metodologia PRISMA como por Kitchenham (2004) e Tranfield et al. (2003). No presente estudo, adotaram-se os seguintes critérios de inclusão:

- Artigos publicados em periódicos de referência e que abordassem o tema de transformação digital dentro do contexto de GO, IoT e IA.
- Artigos que se mantivessem dentro da área de pesquisa de gestão ou GO.
- Artigos escritos em inglês.

Os critérios de exclusão foram:

- Artigos publicados em áreas de pesquisa fora do escopo de gestão ou gestão da operação.
- Artigos que contivessem as palavras-chave de busca somente nos títulos ou resumos e que discutiam aspectos muito particulares, sem fornecer uma visão mais ampla do tema.
- Artigos publicados antes de 2007.
- Artigos cujos textos completos não foram identificados.
- Artigos duplicados na mesma base ou entre as bases.

Estratégia de extração e análise dos dados

Para a estratégia de extração dos dados, utilizou-se uma planilha Excel para organizar os dados coletados e permitir uma análise cruzada entre os artigos selecionados. Os dados foram organizados de acordo com as seguintes identificações: título, autores, periódico ou conferência, ano de publicação, metodologia utilizada, relação com as questões de pesquisa, intersecção de temas identificados nos artigos e principais definições.

A análise dos dados foi orientada tanto pelo cruzamento dos dados realizado na tabela Excel como pela busca de respostas aos questionamentos da pesquisa. Uma vez que a análise foi qualitativa, para evitar o risco de viés do pesquisador, desenvolveu-se essa fase da análise em duas etapas: 1. leitura e tabulação dos dados de acordo com as identificações estabelecidas, em que se relacionou cada artigo às questões de pesquisa e se destacaram os principais pontos de cada um deles; e 2. análise em profundidade das definições e da relação com as questões de pesquisa, para identificar possíveis consolidações de tópicos ou definições similares entre os autores.

Condução da revisão

A Tabela 1 apresenta a sequência final de palavras-chave utilizadas em cada uma das bases de dados selecionadas, bem como a quantidade de dados iniciais extraídos de cada uma delas.

Tabela 1**Sequências utilizadas para a extração dos dados**

Base	Sequência utilizada	Artigos ¹
WoS	TS = ("Operation management" OR "operations management" OR "production management" OR "Operation* manager" OR "Production manager") AND TS = ("digital transformation" OR "IoT" OR "AI" OR "Internet of Things" OR "Artificial Intelligence" OR "Industry 4.0" OR "I4.0" OR "Technolog* Trends" OR "Digital Trends" OR "Digital Technolog*" OR "Digitali*")	401
Scopus	TITLE-ABS-KEY ("Operation management" OR "operations management" OR "production management" OR "Operation* manager" OR "Production manager") AND TITLE-ABS-KEY ("digital transformation" OR "IoT" OR "AI" OR "Internet of Things" OR "Artificial Intelligence" OR "Industry 4.0" OR "I4.0" OR "Technolog* Trends" OR "Digital Trends" OR "Digital Technolog*" OR "Digitali*")	1.005

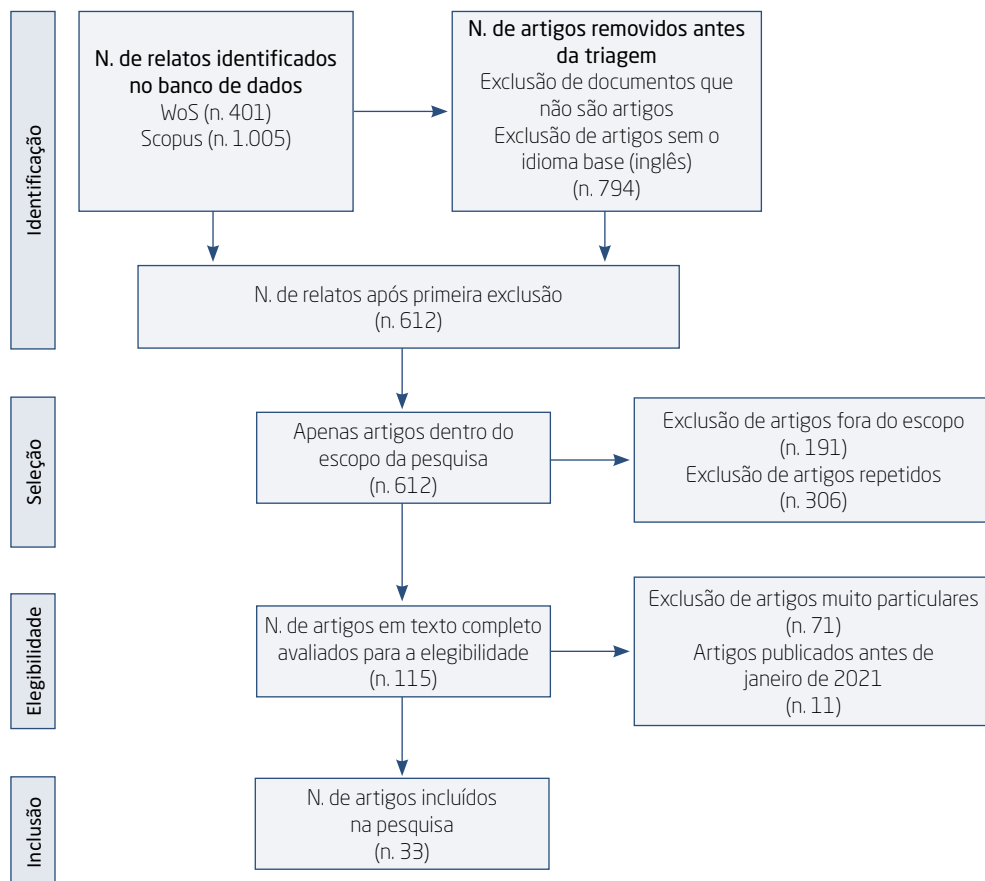
Fonte: Extraída do WoS e Scopus em março de 2021.

¹ Quantidade de artigos antes de aplicar os filtros para exclusão dos dados.

A seleção dos artigos para inclusão final no estudo seguiu os critérios de exclusão definidos anteriormente, restando 72 artigos do WoS e 43 do Scopus. Por fim, fez-se uma leitura em profundidade dos 115 artigos, restando 27 do WoS e 6 do Scopus, que foram incluídos na base de análise da revisão. A Figura 3 ilustra esse processo, baseado no diagrama de fluxo do método PRISMA.

Figura 3

Fluxograma da extração dos dados das bases Scopus e WoS



Fonte: Elaborada pelas autoras com base no diagrama de fluxo PRISMA 2020 para novas revisões sistemáticas.

DESCRIÇÃO DAS ANÁLISES

Do total de 33 trabalhos analisados, 100% referem-se a algum tópico relacionado com a GO. Entre eles, 93% (25 trabalhos) fazem menção à i4.0, 81% (22 trabalhos) mencionam IoT e 70% (19 trabalhos) relacionam GO com IA. A Tabela 2 mostra a distribuição das intersecções entre GO e cada um dos temas ao longo dos anos.

Tabela 2

Distribuição das publicações de acordo com as intersecções ao longo dos anos

	2007	2011	2017	2018	2019	2020	2021
GO ∩ IA	1	1		2	3	9	3
GO ∩ IoT			1	7	2	12	
GO ∩ IA.0			1	6	4	12	2

Fonte: Elaborada pelas autoras.

A seguir são apresentados os resultados qualitativos de acordo com os questionamentos de pesquisa levantados.

Q1: sobre as barreiras para a adoção das ferramentas de IA e IoT

De acordo com Ross et al. (2019b), existem desafios para a adoção de ferramentas tecnológicas, pois diversas empresas encontram dificuldade de adotar, de forma eficaz, as novas ferramentas. Já Westerman et al. (2019) mencionam que entender e adotar as novas tecnologias e, ao mesmo tempo, compreender quais aspectos da cultura e dos processos devem ser mantidos ou modificados é outro desafio enfrentado pelas organizações. A Tabela 3 apresenta a síntese das barreiras encontradas na adoção da IA e da IoT.

Tabela 3

Barreiras para a adoção das ferramentas IA e IoT e os autores que mencionam os obstáculos

Barreiras para adotar IA e IoT	Autores
Modelo de dados incorreto, incompleto ou inexistente	Venkatesh (2021)
Mudanças de cenário	Venkatesh (2021)
Pode causar incerteza e levar a erros	Lee e Zhang (2016), Venkatesh (2021) e Wang et al. (2021)
Resistência interna e externa	Lohmer e Lasch (2020)
Barreiras tecnológicas	Lohmer e Lasch (2020)
Altos investimentos	Lee e Zhang (2016) e Tortorella et al. (2019)

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Modelo de dados incompletos e mudanças de cenário

Venkatesh (2021) relaciona o uso da IA com o contexto de GO e identifica algumas barreiras na adoção dessa tecnologia. Uma dessas barreiras é a necessidade de lidar com dados e informações de diferentes participantes que devem ser considerados no contexto de GO. A complexidade na gestão desses dados e informações é aumentada quando se consideram a inserção e a combinação de outras tecnologias, como IoT e *blockchain*. Como consequência dessa complexidade, um dos problemas mais citados refere-se à impossibilidade de os dados serem associados a dados incompletos, ausentes e incorretos e a suposições geradas pelos gestores ou pela IoT. Tais suposições e dados incorretos podem provocar problemas na GO – como modelos de programação da produção gerados com base em dados errados, ocasionando erros em outras áreas –, na produção, como estoques de materiais, e na distribuição e entrega de produtos. Outro ponto abordado pelo autor refere-se à mudança de cenários, um problema que pode atrapalhar na hora de adotar modelos de IA. Algumas mudanças de cenário ocorrem de modo imperceptível ou mesmo repentinamente, o que pode afetar os modelos vigentes de IA ou dificultar decisões sobre como um modelo deve ser modificado para se adaptar a essas mudanças.

Causa incerteza e pode levar erros

Outra barreira identificada é a incerteza que as pessoas têm na adoção das ferramentas IA e IoT e os erros que podem causar (Lee & Zhang, 2016; Venkatesh, 2021; Wang et al., 2021). Com a IoT, além de introduzir uma nova ferramenta e forma de coleta de dados, os sistemas internos se tornam altamente dependentes da alimentação desses dados. A ausência ou falha na coleta desses dados pode gerar incertezas nos gestores que tomam suas decisões baseados nesses dados, causando atrasos ou mesmo a não entrega dos resultados esperados e falhas no planejamento das operações da empresa. Existe também uma insegurança relacionado à intenção no uso dessas novas tecnologias por parte de alguns funcionários que, por estarem habituados a outras técnicas e ferramentas, apresentam resistências em adotar essas novas tecnologias.

Resistências internas e externas

Lohmer e Lasch (2020), em uma pesquisa sobre a adoção de *blockchain* na GO, citam como principais barreiras as resistências que podem ser tanto

internas à própria organização como entre as empresas com quem elas trabalham de forma colaborativa. Essas resistências estão em sua maioria relacionadas com a falta de transparência, conhecimento, falta de confiança entre elas, falta de gestão e definições sobre os processos de colaboração, entre outros. As dificuldades em lidar com os riscos de vazamento e manipulação de dados também surgem como barreiras à adoção do *blockchain*, principalmente pela falta de conhecimento e/ou capacitação por parte dos usuários.

Barreiras tecnológicas

O fortalecimento da i4.0 tem demandado cada vez mais a adoção de novas tecnologias, como *blockchain* e IoT. Porém, de acordo com Lohmer e Lasch (2020), existem ainda atrasos na implementação dessas tecnologias devido: 1. a inseguranças e vulnerabilidade tecnológicas; 2. à falta de padronizações que levam a inseguranças sobre a tecnologia a ser adotada (Hackius & Petersen, 2020; Lohmer & Lasch, 2020); 3. à falta de governança, uma vez que isso é essencial para a descentralização da cadeia e a transparência; e 4. ao sentimento de vulnerabilidade, tanto tecnológica como de segurança.

Alto investimento

A adoção das novas tecnologias digitais exige um alto investimento (Lee & Zhang, 2016; Tortorella et al., 2019). A adoção isolada de tecnologias como a IoT antes de realizar uma ampla avaliação das necessidades e práticas pode levar a erros nos investimentos e gerar desperdícios e processos mal planejados. As organizações que querem investir na adoção das novas tecnologias devem também investir em melhorias de infraestrutura, o que acaba encarecendo e dificultando o investimento por parte das empresas.

Q2: sobre as capacidades operacionais que poderiam (ou foram) melhoradas e impactadas pela adoção de novas tecnologias como a IA e a IoT

De acordo com Lankshear e Knobel (2008), adotar as novas tecnologias digitais desencadeia diversas melhorias e estimula as empresas a se transformarem de uma maneira criativa, gerando novos conhecimentos. Já Borges et al. (2020) mencionam que adotar essas novas tecnologias torna possível extrair dados que um ser humano não conseguiria e também apresenta

potencial de melhorar as decisões humanas e criar vantagens e inovações mais profundas nos negócios. Segundo Lohmer e Lasch (2020) e Diwas (2020), o acesso às informações é primordial para entender quais são os impactos efetivos e para obter maior precisão das análises empíricas. A seguir, é exposta uma análise para verificar se essas afirmações também ocorrem no âmbito da GO. A Tabela 4 apresenta a síntese dessa análise, e, em seguida, alguns dos pontos são discutidos.

Tabela 4

Melhorias e impactos nas capacidades operacionais com a adoção das ferramentas IA e IoT

Melhorias e impactos nos recursos operacionais	Autores
Automação	Chauhan et al. (2021), Lohmer e Lasch (2020), Olsen e Tomlin (2020), Wang et al. (2021) e Watanabe et al. (2019)
Melhor tomada de decisão	Diwas (2020), Olsen e Tomlin (2020), Thomas (2019) e Wang et al. (2021)
Coleta ampla de dados em tempo real	Guha Kumar (2018), Hannola et al. (2018), Isaksson et al. (2018) e Li et al. (2020)
Centralização e compartilhamento de informações entre o sistema e as pessoas	Erasmus et al. (2018), Fettermann et al. (2018), Kobbacy et al. (2007), Li, Dai et al. (2020), Lohmer e Lasch (2020) e Zhang et al. (2020)
Gestão de informações mais ágil	Diwas (2020), Fisch e Fleury (2020), Li et al. (2020), Thomas (2019) e Wang et al. (2021)
Aumento da produtividade	Felsberger et al. (2020), Hannola et al. (2018), Isaksson et al. (2018), Shou et al. (2019) e Yunus (2020)
Monitoramento simplificado	Chauhan et al. (2021), Kobbacy e Vadera (2011), Kumar et al. (2018), Lohmer e Lasch (2020) e Wamba e Queiroz (2020)
Redução de despesas desnecessárias; aumentar a satisfação dos funcionários	Bienhaus e Haddud (2018) e Chonsawat e Sopadang (2020)

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Automação

Um dos grandes benefícios do advento da i4.0 na GO é a automação da operação e de processos devido à adoção de ferramentas digitais como a IA



e a IoT (Chauhan et al., 2021; Wang et al., 2021), que permitem automatizar e monitorar processos, trazendo uma ampla oportunidade de crescimento para quem as adota, como o aumento da comunicação em tempo real e a diminuição nos custos e nos recursos utilizados (Lohmer & Lasch, 2020; Olsen & Tomlin, 2020; Watanabe et al., 2019).

Melhoria na tomada de decisão

O potencial para alterar significativamente o projeto e a organização do trabalho é um dos benefícios significativos relacionados à implementação das novas tecnologias (Diwas, 2020; Lohmer & Lasch, 2020). Muitas das tecnologias de IA, como redes neurais de aprendizado profundo, são projetadas para detectar padrões da capacidade dos humanos que ajudam a monitorar e mostrar diversas opções de decisões para auxiliar na tomada de decisões (Diwas, 2020; Thomas, 2019; Wang et al., 2021).

Já a tecnologia IoT gera bastante autonomia nos processos em que máquinas podem interagir de forma autônoma, iniciar etapas de um processo ou solicitar medidas de manutenção com base nos dados coletados do sensor de IoT, o que ajuda na tomada de decisões e facilita a compreensão das necessidades de tomada de decisão sobre manutenção (Lohmer & Lasch, 2020).

Coleta de dados ampla em tempo real

A possibilidade de coletar dados de forma ampla e em tempo real pela implementação de ferramentas de IA e IoT na área de operações permitiu um melhor conhecimento dos fatores que interferem na produtividade, o que proporcionou melhorias e abertura de novas oportunidades que elevaram muito a eficiência na produção e promoveu avanços importantes na área (Guha & Kumar, 2018). Segundo Li, Dai et al. (2020), além da coleta de dados em tempo real, as ferramentas digitais oferecem maior capacidade de produção ao fornecerem um suporte de dados para avaliação, planejamento e tomada de decisão na GO, tudo de uma maneira ampla, *on-line* e rápida.

Centralização e compartilhamento de informações entre o sistema e as pessoas

Segundo Zhang et al. (2020), as tecnologias IA e IoT na GO auxiliam a construir e conectar plataformas e centralizar dados. Essas ferramentas



contribuem para a comunicação entre os sistemas e entre as pessoas, pois melhoram os processos, o planejamento e os controles (Fettermann et al., 2018; Kobbacy et al., 2007), e facilitam o comando e as respostas tanto para os dispositivos como para que equipes de pessoas executem as operações (Erasmus et al., 2018). Quando há o compartilhamento completo dos dados e o uso sob demanda das informações geradas, uma alta eficiência operacional e tomadas de decisões mais eficazes são observadas (Li, Dai et al., 2020; Lohmer & Lasch, 2020).

Gerenciamento de informações mais ágeis

A IA e a IoT realizam as tarefas com maior agilidade e menores erros, o que torna o gerenciamento mais fácil e rápido (Wang et al., 2021). Além de analisarem grandes quantidades de dados para aprender, simular e compartilhar, conseguem ser úteis no planejamento, na operação e na tomada de decisões (Diwas, 2020; Fisch & Fleury, 2020). A diferenciação competitiva no mercado é obtida quando esse conjunto de ferramentas é configurado para processar as informações em alta velocidade, a fim de garantir alinhamento mais eficaz e eficiente entre os grupos funcionais, os sistemas e as diferentes funções da GO (Li, Dai et al., 2020; Thomas, 2019).

Aumento na produtividade

Um dos motivos para as empresas adotarem tecnologias digitais em diversas áreas é a possibilidade do aumento da produtividade (Felsberger et al., 2020), por conseguirem reduzir o tempo de inatividade, aumentar a qualidade, minimizar desperdícios (Hannola et al., 2018), aproveitar melhor os dados e elevar a produtividade (Shou et al., 2019). Além do investimento em tecnologias, trabalhar aspectos como treinamentos e o desenvolvimento de diferentes competências que estejam em linha com a transformação digital também ajuda no aumento da produtividade nas operações (Yunus, 2020).

Monitoramento simplificado

Quando se utilizam as tecnologias digitais na GO, uma das melhorias que se destacam é o monitoramento mais ágil e facilitado, de modo a aumentar a confiança entre os parceiros e gestores (Kumar et al., 2018; Wamba & Queiroz, 2020). O monitoramento pode ser simplificado e centralizado na GO ao utilizar a IA em projetos, agendamentos, planejamentos, qualidade e

diagnósticos de falhas (Kobbacy & Vadera, 2011; Lohmer & Lasch, 2020; Isaksson et al., 2018).

Redução de gastos desnecessários e satisfação do empregado

Quando se introduzem as tendências tecnológicas nas operações, é possível observar uma redução nos custos, nas taxas de defeitos, no trabalho pesado e nos incidentes graças ao planejamento mais focado e rápido que os gestores conseguem fazer (Chonsawat & Sopadang, 2020). Outro benefício sentido na operação refere-se à diminuição das operações repetitivas ou, em alguns casos, à substituição de algumas operações simples executadas pelos funcionários, de modo a liberá-los para tarefas mais nobres (Bienhaus & Haddud, 2018).

Síntese das discussões e propostas e oportunidades de pesquisa

Uma revisão sistemática da literatura tem como objetivos melhorar a compreensão de determinados tópicos, tomando como base o que já foi discutido anteriormente, analisar o que está ocorrendo na atualidade e abrir uma discussão sobre avenidas futuras para o tema estudado (Webster & Watson, 2002). Das análises realizadas, surgem alguns questionamentos oriundos de lacunas que ainda necessitam ser investigadas. A Tabela 5 apresenta a consolidação desses questionamentos e as lacunas relacionadas com a GO.

Tabela 5

Síntese das discussões com destaque às lacunas identificadas

Lacunas	Propostas de pesquisa	Autores
Automação de processos e uso da IA e demais tecnologias digitais	Entre os diferentes processos da GO, quais decisões são feitas rotineiramente e podem ser automatizadas?	Lohmer e Lasch (2020)
Interação das ferramentas IA e IoT	Como a interação entre IA e IoT e demais tecnologias, como a <i>blockchain</i> em operações, podem contribuir para a criação de novos valores?	Wamba e Queiroz (2020)
Desafios na implementação das tecnologias IA, IoT, <i>big data</i> , computação em nuvem sob a ótica dos gestores	Como pessoas e empresas percebem a questão de sucesso e insucesso na implementação de novas tecnologias nas operações?	Kumar et al. (2018)

(continua)

Tabela 5 (conclusão)***Síntese das discussões com destaque às lacunas identificadas***

Lacunas	Propostas de pesquisa	Autores
O impacto do contexto socioeconômico sobre a adoção de novas tecnologias	Ampliar as pesquisas sobre i4.0 (e suas ferramentas, como IA e IoT) e GO de maneira regional, para entender se o contexto socioeconômico pode afetar a adoção de novas tecnologias.	Tortorella et. al (2019)
Análise dos impactos da digitalização na GO	Pesquisas globais para identificar semelhanças, diferenças, problemas e consequências.	Bienhaus e Haddud (2018)

Fonte: Elaborada pelas autoras.

CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo geral analisar como as empresas estão utilizando a IoT e a IA para melhorar a flexibilidade e confiabilidade da operação, modificar a sua forma de atuação e aprimorar sua competitividade pela diferenciação no mercado. Para responder a esse questionamento, uma revisão sistemática da literatura foi realizada, analisando artigos publicados nas bases WoS e Scopus entre 2007 e 2021. As questões de pesquisa levantadas foram:

- Q1: Quais são as principais barreiras encontradas na literatura para a adoção de novas tecnologias, como a IA e a IoT, na GO?
- Q2: Que capacidades operacionais poderiam ter sido (ou foram) impactadas e melhoradas pela adoção de novas tecnologias como a IA e IoT?

Respondendo à Q1, entre as barreiras identificadas, algumas se destacam, como a dificuldade de trabalhar com os dados – geração, coleta e análise –, que influencia tanto a implementação e o uso da IoT como a possibilidade de análises mais elaboradas para melhorar a tomada de decisão. Outra barreira tem a ver com a adoção das novas tecnologias por meio dos usuários. Essa barreira se apresenta como inseguranças relativas ao uso das novas tecnologias ou sentimentos de vulnerabilidade e insegurança no uso dessas tecnologias por parte dos usuários.

Como resposta à Q2 em relação às melhorias, alguns grupos de estudos são identificados como estudos que se referem às melhorias operacionais, como a automação dos processos e procedimentos; ao aumento de produti-

vidade; às melhorias na tomada de decisão; às melhorias relacionadas com o controle e monitoramento das informações e operações; à redução dos gastos e melhora na satisfação dos empregados. Como consolidação dessas análises, o presente trabalho apresenta na Tabela 5 um resumo com novos questionamentos oriundos de lacunas que ainda se encontram em aberto quando se analisa o impacto tanto das barreiras como dos benefícios para a GO.

Como contribuição para a prática, os resultados apresentam um panorama do impacto que a IA e a IoT têm na GO. Esse entendimento pode ajudar os gestores na implementação de tecnologias como a IA e/ou a IoT, no sentido de identificar que pontos de melhorias devem ser buscados e quais os cuidados a serem tomados para uma decisão acertada.

Para a teoria, a contribuição da presente pesquisa começa com a análise da rede de correlações formadas pelas palavras-chave, em que foi possível observar como a área de GO foi sendo incorporada por temas da transformação digital, como a i4.0. O relacionamento entre IA, IoT e GO, dentro do contexto de transformação digital, é apresentado no presente estudo, porém existem outras tecnologias que vêm se destacando, como *big data* e *blockchain*. Pesquisas futuras que avaliem de que forma essas tecnologias impactam a GO podem ajudar a avançar no conhecimento da área. Outra linha de pesquisas futuras é avaliar se o contexto socioeconômico poderia afetar a adoção de novas tecnologias na GO – aspecto que não foi verificado no presente estudo. Esse ponto e o fato de terem sido observados somente artigos de periódicos, deixando de fora aqueles apresentados em congressos, representam as limitações do presente estudo. Mas as consolidações tanto das barreiras como dos benefícios, a apresentação do quadro consolidando os questionamentos ainda existentes e as sugestões de pesquisas futuras são importantes contribuições deste trabalho para o avanço da área.

REFERÊNCIAS

- Afuah, A. (2002). Mapping technological capabilities into product markets and competitive advantage: The case of cholesterol drugs. *Strategic Management Journal*, 23(2), 171–179.
- Ahuett-Garza, H., & Kurfess, T. (2018). A brief discussion on the trends of habilitating technologies for Industry 4.0 and smart manufacturing. *Manufacturing Letters*, 15, 60–63.

- Albertin, A. L., & Moura Albertin, R. M. de (2021). Transformação digital: Gerando valor para o “novo futuro”. *GV Executivo*, 20(1), 26–29.
- Ashton, K. (2009). That “internet of things” thing. *RFID Journal*, 22(7), 97–114.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805.
- Balakrishnan, R., & Das, S. (2020). How do firms reorganize to implement digital transformation? *Strategic Change*, 29(5), 531–541.
- Bharadwaj, A. S., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. (2013). Digital business strategy: Toward a next generation of insights. *MIS Quarterly*, 37(2), 471–482.
- Bienhaus, F., & Haddud, A. (2018). Procurement 4.0: Factors influencing the digitisation of procurement and supply chains. *Business Process Management Journal*, 24(4), 965–984.
- Borges, A. F., Laurindo, F. J., Spínola, M. M., Gonçalves, R. F., & Mattos, C. A. (2020). The strategic use of artificial intelligence in the digital era: Systematic literature review and future research directions. *International Journal of Information Management*, 57, 102225.
- Brock, J. K. U., & Wangenheimz, F. von (2019). Demystifying AI: What digital transformation leaders can teach you about realistic artificial intelligence. *California Management Review*, 61(4), 110–134.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017). Artificial intelligence, for real. *Harvard Business Review*, 1, 1–31.
- Buchanan, L., & O’Connell, A. (2006). A brief history of decision making. *Harvard Business Review*, 84(1), 32–48.
- Castagna, F., Centobelli, P., Cerchione, R., Esposito, E., Oropallo, E., & Passaro, R. (2020). Customer knowledge management in SMEs facing digital transformation. *Sustainability*, 12(9), 3899.
- Chadegani, A. A., Salehi, H., Yunus, M., Farhadi, H., Fooladi, M., Farhadi, M., & Ale Ebrahim, N. (2013). A comparison between two main academic literature collections: Web of Science and Scopus databases. *Asian Social Science*, 9(5), 18–26.
- Chauhan, C., Singh, A., & Luthra, S. (2021). Barriers to industry 4.0 adoption and its performance implications: An empirical investigation of emerging economy. *Journal of Cleaner Production*, 285, 124809.
- Chen, Z., Xia, F., Huang, T., Bu, F., & Wang, H. (2013). A localization method for the internet of things. *The Journal of Supercomputing*, 63(3), 657–674.

- Chonsawat, N., & Sopadang, A. (2020). Defining SMEs' 4.0 readiness indicators. *Applied Sciences*, 10(24), 8998.
- Čolaković, A., & Hadžialić, M. (2018). Internet of things (IoT): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues. *Computer Networks*, 144, 17–39.
- Davenport, T. H. (2018). *The AI advantage: How to put the artificial intelligence revolution to work*. MIT Press.
- Dhamija, P., & Bag, S. (2020). Role of artificial intelligence in operations environment: A review and bibliometric analysis. *The TQM Journal*, 32(4), 869–896.
- Ding, R.-X., Palomares, I., Wang, X., Yang, G.-R., Liu, B., Dong, Y., ... Herrera, F. (2020). Large-Scale decision-making: Characterization, taxonomy, challenges and future directions from an artificial intelligence and applications perspective. *Information Fusion*, 59, 84–102.
- Diwas, K. (2020). Worker productivity in operations management. *Foundations and Trends® in Technology, Information and Operations Management*, 13(3), 151–249.
- Erasmus, J., Grefen, P., Vanderfeesten, I., & Traganos, K. (2018). Smart hybrid manufacturing control using cloud computing and the internet-of-things. *Machines*, 6(4), 62.
- Felsberger, A., Qaiser, F. H., Choudhary, A., & Reiner, G. (2020). The impact of Industry 4.0 on the reconciliation of dynamic capabilities: Evidence from the European manufacturing industries. *Production Planning & Control*, 33(2–3), 277–300.
- Fettermann, D. C., Cavalcante, C. G. S., Almeida, T. D. de, & Tortorella, G. L. (2018). How does Industry 4.0 contribute to operations management? *Journal of Industrial and Production Engineering*, 35(4), 255–268.
- Fisch, F., & Fleury, A. (2020). Towards the digitally-enabled multinational inner network (DEMIN). *Gestão & Produção*, 27.
- Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D., & Welch, M. (2014). Embracing digital technology: A new strategic imperative. *MIT Sloan Management Review*, 55(2), 1–16.
- González-Varona, J. M., López-Paredes, A., Poza, D., & Acebes, F. (2021). Building and development of an organizational competence for digital transformation in SMEs. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(1), 15–24.

- Guha, S., & Kumar, S. (2018). Emergence of big data research in operations management, information systems, and healthcare: Past contributions and future roadmap. *Production and Operations Management*, 27(9), 1724–1735.
- Hackius, N., & Petersen, M. (2020). Translating high hopes into tangible benefits: How incumbents in supply chain and logistics approach block-chain. *IEEE Access*, 8, 34993–35003.
- Hannola, L., Richter, A., Richter, S., & Stocker, A. (2018). Empowering production workers with digitally facilitated knowledge processes: A conceptual framework. *International Journal of Production Research*, 56(14), 4729–4743.
- Harzing, A.-W., & Alakangas, S. (2016). Google Scholar, Scopus and the Web of Science: A longitudinal and cross-disciplinary comparison. *Scientometrics*, 106(2), 787–804.
- Heavin, C., & Power, D. J. (2018). Challenges for digital transformation – towards a conceptual decision support guide for managers. *Journal of Decision Systems*, 27, 38–45.
- Isaksson, A. J., Harjunkoski, I., & Sand, G. (2018). The impact of digitalization on the future of control and operations. *Computers & Chemical Engineering*, 114, 122–129.
- Katkalo, V. S., Pitelis, C. N., & Teece, D. J. (2010). Introduction: On the nature and scope of dynamic capabilities. *Industrial and Corporate Change*, 19(4), 1175–1186.
- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for undertaking systematic reviews*. Computer Science Department, Keele University (TRISE-0401) and National ICT Australia Ltd (0400011T. 1), Joint Technical Report.
- Kitchenham, B., Charters, S., Budgen, D., Brereton, P., Turner, M., Linkman, S., ... Visaggio, G. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*, Technical report, v. 5. Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE.
- Kitchenham, B., Pearl Brereton, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15.
- Kobbacy, K. A., Vadera, S., & Rasmy, M. H. (2007). AI and OR in management of operations: History and trends. *Journal of the Operational Research Society*, 58(1), 10–28.

- Kobbacy, K. A., & Vadera, S. (2011). A survey of AI in operations management from 2005 to 2009. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 22, i.6.
- Kortuem, G., Kawsar, F., Sundramoorthy, V., & Fitton, D. (2009). Smart objects as building blocks for the internet of things. *IEEE Internet Computing*, 14(1), 44–51.
- Kumar, S., Mookerjee, V., & Shubham, A. (2018). Research in operations management and information systems interface. *Production and Operations Management*, 27(11), 1893–1905.
- Lankshear, C., & Knobel, M. (2008). *Digital literacies: Concepts, policies and practices* (Vol. 30). Peter Lang.
- Lee, C., & Zhang, S. (2016). Development of an industrial internet of things suite for smart factory towards re-industrialization in Hong Kong. *6th International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation*.
- Li, B.-h., Hou, B.-c., Yu, W.-t., Lu, X.-b., & Yang, C.-w. (2017). Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: A review. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, 18(1), 86–96.
- Li, Y., Dai, J., & Cui, L. (2020). The impact of digital technologies on economic and environmental performance in the context of industry 4.0: A moderated mediation model. *International Journal of Production Economics*, 229, 107777.
- Li, Z., Guo, H., Barenji, A. V., Wang, W., Guan, Y., & Huang, G. Q. (2020). A sustainable production capability evaluation mechanism based on blockchain, LSTM, analytic hierarchy process for supply chain network. *International Journal of Production Research*, 58(24), 7399–7419.
- Lohmer, J., & Lasch, R. (2020). Blockchain in operations management and manufacturing: Potential and barriers. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 106789.
- Lopes, Y. M., & Moori, R. G. (2021). O papel da IoT na relação entre gestão estratégica da logística e desempenho operacional. *Revista de Administração Mackenzie*, 22(3), 1–27.
- Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57(5), 339–343.
- McCarthy, J. (1960). *Programs with common sense*. RLE and MIT Computation Center.
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497–1516.

- Mishra, D., Gunasekaran, A., Childe, S. J., Papadopoulos, T., Dubey, R., & Wamba, S. (2016). Vision, applications and future challenges of internet of things: A bibliometric study of the recent literature. *Industrial Management & Data Systems*, 116(7), 1331–1355. <https://doi.org/10.1108/imds-11-2015-0478>
- Mithas, S., Tafti, A., & Mitchell, W. (2013). How a firm's competitive environment and digital strategic posture influence digital business strategy. *MIS Quarterly*, 37(2), 511–536.
- Morakanyane, R., Grace, A. A., & O'Reilly, P. (2017). Conceptualizing digital transformation in business organizations: A systematic review of literature. *Bled eConference*.
- Olsen, T. L., & Tomlin, B. (2020). Industry 4.0: Opportunities and challenges for operations management. *Manufacturing & Service Operations Management*, 22(1), 113–122.
- Özdemir, V., & Hekim, N. (2018). Birth of industry 5.0: Making sense of big data with artificial intelligence, “the internet of things” and next-generation technology policy. *Omic: A Journal of Integrative Biology*, 22(1), 65–76.
- Pandl, K. D., Thiebes, S., Schmidt-Kraepelin, M., & Sunyaev, A. (2020). On the convergence of artificial intelligence and distributed ledger technology: A scoping review and future research agenda. *IEEE Access*, 8, 57075–57095.
- Patel, K., McCarthy, M. P., & Chambers, J. (2000). *Digital transformation: The essentials of e-business leadership*. KPMG, McGraw-Hill.
- Razavi, S. M. H., Nargesi, G. R., Hajihoseini, H., & Akbari, M. (2016). The impact of technological innovation capabilities on competitive performance of Iranian ICT firms. *Iranian Journal of Management Studies*, 9(4), 855–882.
- Renzi, C., Leali, F., Cavazzuti, M., & Andrisano, A. O. (2014). A review on artificial intelligence applications to the optimal design of dedicated and reconfigurable manufacturing systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72(1–4), 403–418.
- Rethlefsen, M. L., Kirtley, S., Waffenschmidt, S., Ayala, A. P., Moher, D., Page, M. J., & Koffel, J. B. (2021). PRISMA-S: An extension to the PRISMA statement for reporting literature searches in systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10(1), 1–19.
- Ross, J., Sebastian, I., Beath, C., Scantlebury, S., Mocker, M., Fonstad, N., ... Moloney, K. (2016). Designing digital organizations [Working Paper n° 406]. Center for Information Systems Research.

- Ross, J. W., Beath, C. M., & Mocker, M. (2019a). Creating digital offerings customers will buy. *MIT Sloan Management Review*, 61(1), 64–69.
- Ross, J. W., Beath, C. M., & Mocker, M. (2019b). *Designed for digital: How to architect your business for sustained success*. MIT Press.
- Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: A modern approach*. Pearson.
- Saarikko, T., Westergren, W. H., & Blomquist, T. (2020). Digital transformation: Five recommendations for the digitally conscious firm. *Business Horizons*, 63(6), 825–839.
- Schiavone, F., & Sprenger, S. (2017). Operations management and digital technologies. *Production Planning & Control*, 28(16), 1281–1283.
- Sestino, A., Prete, M. I., Piper, L., & Guido, G. (2020). Internet of things and big data as enablers for business digitalization strategies. *Technovation*, 98.
- Shou, Y., Zhao, X., & Chen, L. (2019). Operations strategy of cloud-based firms: Achieving firm growth in the big data era. *International Journal of Operations & Production Management*, 40(6), 873–896.
- Souza, J. T. de, Francisco, A. C. de, Piekarski, C. M., Prado, G. F. do, & Oliveira, L. G. de (2019). Data mining and machine learning in the context of sustainable evaluation: A literature review. *IEEE Latin America Transactions*, 17(03), 372–382.
- Thomas, A. (2019). Convergence and digital fusion lead to competitive differentiation. *Business Process Management Journal*, 26(3), 707–720.
- Tortorella, G. L., Giglio, R., & Van Dun, D. H. (2019). Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement. *International Journal of Operations & Production Management*, 39(6/7/8), 860–886.
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14(3), 207–222.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2011). Text mining and visualization using VOSviewer. *arXiv preprint arXiv:1109.2058*.
- Venkatesh, V. (2021). Adoption and use of AI tools: A research agenda grounded in UTAUT. *Annals of Operations Research*, 308, 641–652.
- Venkatraman, V. (2017). *The digital matrix: New rules for business transformation through technology*. LifeTree Media.

- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144.
- Von Krogh, G. (2018). Artificial intelligence in organizations: New opportunities for phenomenon-based theorizing. *Academy of Management Discoveries*, 4(i.4), 404–409.
- Wamba, S. F., & Queiroz, M. M. (2020). *Blockchain in the operations and supply chain management: Benefits, challenges and future research opportunities*. Elsevier.
- Wang, W., & Siau, K. (2019). Artificial intelligence, machine learning, automation, robotics, future of work and future of humanity: A review and research agenda. *Journal of Database Management*, 30(1), 61–79.
- Wang, Y., Skeete, J.-P., & Owusu, G. (2021). Understanding the implications of artificial intelligence on field service operations: A case study of BT. *Production Planning & Control*, 1–17.
- Watanabe, I., Yoshiyoshi, T., & Imaoka, T. (2019). AI-based demand forecasting for both reliable forecasting and efficient operation: Dynamic ensemble forecasting. *Fujitsu Scientific & Technical Journal*, 55(2), 14–22.
- Webster, J., & Watson, R. T. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS Quarterly*, 26(2), XIII–XXIII.
- Westerman, G., Soule, D. L., & Eswaran, A. (2019). Building digital-ready culture in traditional organizations. *MIT Sloan Management Review*, 60(4), 59.
- Yang, J., Chen, Y., Huang, W., & Li, Y. (2017). Survey on artificial intelligence for additive manufacturing. *Paper presented at the 2017 23rd International Conference on Automation and Computing (ICAC)*.
- Yunus, E. N. (2020). The mark of industry 4.0: how managers respond to key revolutionary changes. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(5), 1213–1231.
- Zhang, F., Wu, X., Tang, C. S., Feng, T., & Dai, Y. (2020). Evolution of operations management research: From managing flows to building capabilities. *Production and Operations Management*, 29(10), 2219–2229.
- Zheng, P., Wang, Z., Chen, C. H., & Pheng Khoo, L. (2019). A survey of smart product-service systems: Key aspects, challenges and future perspectives. *Advanced Engineering Informatics*, 42. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.100973>
- Zhu, X., Zhang, G., & Sun, B. (2019). A comprehensive literature review of the demand forecasting methods of emergency resources from the perspective of artificial intelligence. *Natural Hazards*, 97(1), 65–82.



CORPO EDITORIAL

Editor-chefe

Gilberto Perez

Editor associado

Rodrigo Baroni de Carvalho

Suporte técnico

Vitória Batista Santos Silva

PRODUÇÃO EDITORIAL

Coordenação editorial

Jéssica Dametta

Preparação de originais

Carlos Villarruel

Revisão

Rhamyra Toledo

Diagramação

Emap

Projeto gráfico

Libro

