Blockchain e Suas Aplicações: Uma Revisão Sistemática e Análise Bibliométrica

Autoria

André Augusto Santos - andreaugusto@estudante.ufscar.br
Administração / Universidade Federal de São Carlos

Paula De Camargo Fiorini - paula.fiorini@unesp.br
Programa de Pós-Graduação em Administração - PPGA / Universidade Federal de São Carlos - UFSCar Sorocaba

Resumo

Atualmente, a tecnologia blockchain tem atraído a atenção nos âmbitos acadêmico, empresarial e governamental por ser considerada uma tecnologia disruptiva com extenso potencial de aplicação. Nesse contexto, esta pesquisa tem como objetivo analisar a evolução dos estudos sobre blockchain e identificar suas principais áreas de aplicação. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, englobando uma análise bibliométrica e também análise de conteúdo. Com a condução deste estudo, foi possível sistematizar os estudos que abordam a tecnologia blockchain e suas aplicações, além de mapear a área de pesquisa por meio da identificação dos trabalhos mais relevantes, autores em destaque, bem como as áreas de aplicação e tendências de temas de pesquisa. Dessa forma, o estudo apresenta contribuições teóricas e práticas. Para a teoria, este trabalho fornece um panorama sobre a área de blockchain, bem como suas diferentes aplicações e linhas de pesquisas, contribuindo para o desenvolvimento científico. Em termos gerenciais, ao identificar as áreas de aplicação e práticas de uso da blockchain, este estudo pode fomentar iniciativas nas organizações de adoção da blockchain em seus negócios.

Blockchain e Suas Aplicações: Uma Revisão Sistemática e Análise Bibliométrica

Resumo: Atualmente, a tecnologia blockchain tem atraído a atenção nos âmbitos acadêmico, empresarial e governamental por ser considerada uma tecnologia disruptiva com extenso potencial de aplicação. Nesse contexto, esta pesquisa tem como objetivo analisar a evolução dos estudos sobre blockchain e identificar suas principais áreas de aplicação. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, englobando uma análise bibliométrica e também análise de conteúdo. Com a condução deste estudo, foi possível sistematizar os estudos que abordam a tecnologia blockchain e suas aplicações, além de mapear a área de pesquisa por meio da identificação dos trabalhos mais relevantes, autores em destaque, bem como as áreas de aplicação e tendências de temas de pesquisa. Dessa forma, o estudo apresenta contribuições teóricas e práticas. Para a teoria, este trabalho fornece um panorama sobre a área de blockchain, bem como suas diferentes aplicações e linhas de pesquisas, contribuindo para o desenvolvimento científico. Em termos gerenciais, ao identificar as áreas de aplicação e práticas de uso da blockchain, este estudo pode fomentar iniciativas nas organizações de adoção da blockchain em seus negócios.

Palavras-chave: Tecnologia blockchain. Criptomoedas. Bitcoin. Revisão da literatura. Análise bibliométrica.

1. Introdução

A tecnologia blockchain (TB) tem atraído a atenção das áreas acadêmica, empresarial e governamental nos últimos anos, devido ao seu grande potencial de aplicação em diversos campos, e por ser considerada a tecnologia mais disruptivas desde a invenção da internet (MOUGAYAR, 2016; SUND et al., 2020).

A blockchain é uma espécie de livro-razão contínuo, isto é, um banco de dados distribuído e crescente de registros, chamados blocos, que estão conectados e seguros usando criptografia. Essa tecnologia é a união de três campos do conhecimento: a engenharia de software, a teoria dos jogos, e a ciência da criptografia (MOUGAYAR, 2016). Além disso, a blockchain caracteriza-se como imutável, online e pública. Nesse sentido, há diversos atributos que tornam a TB tão interessante, entre eles estão: a segurança, a transparência, o anonimato, e principalmente, a não-necessidade de agentes intermediários.

Desde sua definição conceitual e primeira aplicação prática como plataforma para gerenciamento da criptomoeda bitcoin, realizada por Nakamoto (2008), a blockchain começou a ganhar visibilidade e gerar interesse, principalmente por parte da indústria de serviços financeiros, a qual viu uma oportunidade de otimização ao usar a nova tecnologia, além de novas opções de negócios (FERREIRA; PINTO; DOS SANTOS; 2017). Atualmente, as aplicações de blockchain vão muito além dos serviços financeiros e bancários, como é o caso das áreas de saúde, direito, seguros, entretenimento, indústria 4.0, varejo, etc. Sem contar atividades específicas, como nome de domínio, identidade digital, cidades inteligentes, *eGovernment*, *crowdfunding*, voto online eletrônico, entre outros (DOGO, 2018). Como exemplo, o Fórum Econômico Mundial prevê que até 2027 cerca de 10% do Produto Interno Bruto (PIB) global será armazenado na tecnologia blockchain (FEM, 2015).

Apesar da relevância da tecnologia blockchain e dos grandes benefícios que ela pode trazer para as instituições, Mougayar (2016) esclarece que é difícil entendê-la, sendo necessário compreender sua essência antes de entender o seu potencial e capacidade. Além disso, Pan et al. (2020) mencionam que há poucos estudos que abordam o valor da blockchain, seus custos e benefícios gerais. Dessa forma, este trabalho visa esclarecer a evolução das pesquisas sobre

blockchain na literatura, abordando sua definição, as características do campo de estudo, seus benefícios e aplicações.

A partir da contextualização apresentada, definem-se as seguintes questões de pesquisa, norteadoras deste trabalho: (a) Como tem se dado a evolução dos estudos científicos sobre blockchain? (b) Quais as principais áreas de aplicação de blockchain segundo a literatura? Logo, o objetivo geral desta pesquisa é analisar a evolução dos estudos sobre blockchain e identificar suas principais áreas de aplicação.

Este trabalho está estruturado conforme a seguir. A próxima seção apresenta uma fundamentação conceitual sobre blockchain. Em seguida, apresenta-se cada etapa do método de pesquisa. Logo após, os resultados são analisados e as discussões apresentadas. Por fim, a seção de considerações finais finaliza este estudo.

2. Fundamentação conceitual

2.1. Blockchain: definições e aplicações

Com o avanço exponencial das tecnologias e da digitalização, a blockchain é considerada uma das tecnologias mais promissoras da quarta revolução industrial, denominada como Indústria 4.0. A blockchain é entendida como um novo tipo de tecnologia disruptiva da Internet (PAN et al., 2020).

A tecnologia blockchain (TB), por definição, é uma *distributed ledger technology* (DLT), ou seja, uma tecnologia de contabilidade distribuída. De forma simplificada, trata-se de uma tecnologia de gerenciamento de banco de dados, que é distribuída, online e pública, onde os dados são mantidos de forma compartilhada e segura em uma rede *peer-to-peer* (ponto a ponto) (FERREIRA, 2019). Esse banco de dados, por assim dizer, consiste em uma cadeia de blocos que funciona em ordem cronológica, amarrando os blocos anteriores aos atuais por meio de um *hash*. Os blocos são protegidos pela criptografia da resolução de uma prova chamada *proof-of-work*, que valida os blocos e faz com que não consigam alterar um bloco anterior, sem provocar alterações em todos os blocos seguintes e da maioria da rede, trazendo assim, segurança para a operação (NAKAMOTO, 2008). Dessa forma, uma vez que um bloco de informação ou transação é adicionado na blockchain, é extremamente difícil alterá-lo ou removê-lo, ainda mais considerando que o nível da dificuldade aumenta conforme o tamanho da rede cresce (FERREIRA; PINTO; DOS SANTOS, 2017).

A blockchain tem potencial para ser aplicada em diversos setores, trazendo variados benefícios por meio de suas quatro características principais: descentralização, persistência, anonimato e auditabilidade (ZHENG et al., 2018). A descentralização se refere ao fato de a TB ser uma rede de transação distribuída que mantém a consistência dos dados por meio de algoritmos, dispensando o uso de um agente central para a validação das operações. A persistência diz respeito à impossibilidade de excluir ou reverter transações que já foram incluídas na blockchain. O anonimato, por sua vez, caracteriza-se por não ser necessário revelar a identidade real do usuário durante a interação com a blockchain. Por fim, a auditabilidade consiste na facilidade de verificação e rastreamento de todas as transações registradas na blockchain (ZHENG et al., 2018).

Dessa forma, a TB tem sido implementada em várias organizações e tem transformado diferentes negócios. Pode-se mencionar, por exemplo, sua aplicação no setor financeiro (ZHENG et al., 2018), na área de manufatura (XU; XU; LI, 2018), o uso em cadeias de suprimentos (SABERI et al., 2019), no setor público, entre outros.

2.2. Importância e benefícios da blockchain

No início, a tecnologia blockchain foi desenvolvida para solucionar o problema do double-spending (gasto duplo) da criptomoeda bitcoin no contexto de pagamentos (FERREIRA; PINTO; DOS SANTOS, 2017). Posteriormente, essa tecnologia chamou a atenção das organizações, tornando-se uma resposta potencial para um dos maiores problemas da atual geração: o tráfego de dados em grande volume, feito de maneira rápida e segura. Dessa forma, a blockchain tem beneficiado as organizações e indivíduos ao proporcionar mais rapidez, cortando intermediários, e consequentemente, custos, tempo e burocracia. Além disso, permite uma maior privacidade, conectividade e segurança (MOUGAYAR, 2016).

Mougayar (2016) esclarece que ainda estamos lidando com a forma inicial e mais abstrata da tecnologia blockchain. Adicionalmente, o autor argumenta que ela servirá de base para a criação de softwares, plataformas, aplicações, e áreas ainda inimagináveis nos dias de hoje, mas que podem revolucionar tudo que se conhece na forma atual, como aconteceu com a internet e as redes sociais, ou mesmo o comércio eletrônico (MOUGAYAR, 2016). Portanto, a blockchain é uma tecnologia capaz de mudar paradigmas. Assim como a máquina a vapor revolucionou o século XVIII, e a internet fez isso no final do século passado, a blockchain tem potencial para transformar os dias atuais (MOUGAYAR, 2016; FERREIRA; PINTO; DOS SANTOS, 2017).

3. Método de pesquisa

3.1. Abordagem da pesquisa

Considerando que a blockchain é uma tecnologia emergente nos últimos anos, a qual tem ganhado destaque tanto por parte da indústria quanto dos pesquisadores, a abordagem metodológica deste projeto engloba aspectos quantitativos e qualitativos, por meio de uma revisão sistemática da literatura. Inicialmente, foi realizada uma análise bibliométrica, que objetivou identificar as tendências de pesquisa na área, os trabalhos mais citados, e autores que mais contribuem para o tema. Em seguida, uma análise de conteúdo foi aplicada aos principais estudos identificados, de forma a entender em profundidade a tecnologia, identificar suas aplicações nos diferentes setores e possibilidades de pesquisas futuras. Este estudo seguiu os procedimentos de revisão sistemática adotados por estudos recentes, tais como Lu et al. (2018) e Jugend et al. (2020).

3.2. Análise bibliométrica

A primeira fase desta pesquisa consistiu na realização de uma análise bibliométrica. A bibliometria caracteriza-se como um método de estudo de natureza quantitativa e estatística, que permite medir índices de produção de conteúdo e apresentar didaticamente os caminhos que o assunto em questão poderá seguir (YANAI, 2017). A análise bibliométrica baseia-se em técnicas estatísticas e matemáticas para analisar e construir indicadores sobre a dinâmica e evolução da literatura científica, sendo aplicada hoje em diversas áreas do conhecimento. Ela surgiu no início do século passado, com base em três leis empíricas sobre o comportamento da literatura e com a necessidade já existente naquele período de se acompanhar e avaliar a produção e atividades científicas existentes (ARAÚJO, 2006).

3.2.1. Base de dados e parâmetros da busca

Neste trabalho, optou-se por utilizar a base de dados Scopus como fonte de informação e coleta dos estudos. O Scopus abrange cerca de vinte mil títulos e mais de cinco mil editoras internacionais, contando com periódicos, revistas científicas e diversos outros materiais acadêmicos. Os parâmetros utilizados na busca de artigos na base de dados foram resumidos

no Quadro 1. Após a filtragem dos resultados, a amostra final do estudo totalizou 1.552 artigos. Em seguida, os indicadores bibliométricos foram analisados e compilados por meio do Microsoft Excel. Além disso, uma análise de redes foi conduzida no software VOSViewer.

Quadro 1 – Parâmetros e resultados da busca na base de dados

Banco de dados utilizado: Scopus	Data da pesquisa: 23/09/2020		Resultados encontrados (nº de documentos)
	Campos de busca	*Article title, Abstract, Keywords*	-
	Palavra-chave	"blockchain"	13.918
	Filtro 1	Tipo de documento: *Articles, Editorial and Review*	4.950
	Filtro 2	Áreas de pesquisa: *Business, Social Science, Economics, Decision science*	1.658
	Filtro 3	Idioma: *English*	1.574
	Filtro 4	Tipo de fonte: *Journal*	1.552
	Total de artigos da amostra		1.552
Query	TITLE-ABS-KEY ("blockchain") AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ed")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "SOCI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ECON") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "DECI")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE , "j"))		

3.3. Análise de conteúdo

A segunda fase deste estudo envolveu uma análise de conteúdo, que consistiu na leitura aprofundada dos principais artigos identificados na análise de redes da fase anterior. Por meio da leitura dos estudos, foi possível entender o funcionamento e as principais características da tecnologia blockchain, identificar suas aplicações nos diferentes setores, bem como exemplos reais. Além disso, a análise de conteúdo possibilitou estabelecer uma agenda de pesquisas futuras.

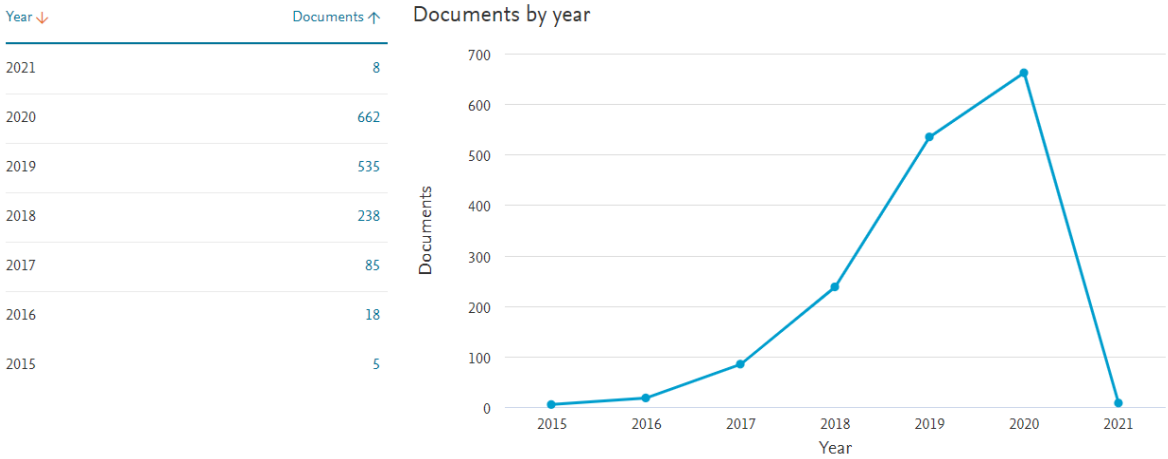
4. Análise e discussão dos resultados

4.1. Análise geral da área de blockchain

4.1.1. Evolução das publicações

Na Figura 1 apresenta-se a evolução dos artigos científicos relacionados à área da tecnologia blockchain publicados no decorrer dos últimos anos. O primeiro estudo encontrado na amostra é do ano de 2015. A partir de então, nota-se uma clara tendência de aumento no número de pesquisas realizadas na área, atingindo o pico de 662 trabalhos em 2020. Ressalta-se que a pesquisa foi conduzida em Setembro de 2020 e, ainda assim, já haviam estudos *in press* do ano de 2021.

Figura 1 – Quantidade de publicações relacionadas à área publicadas anualmente



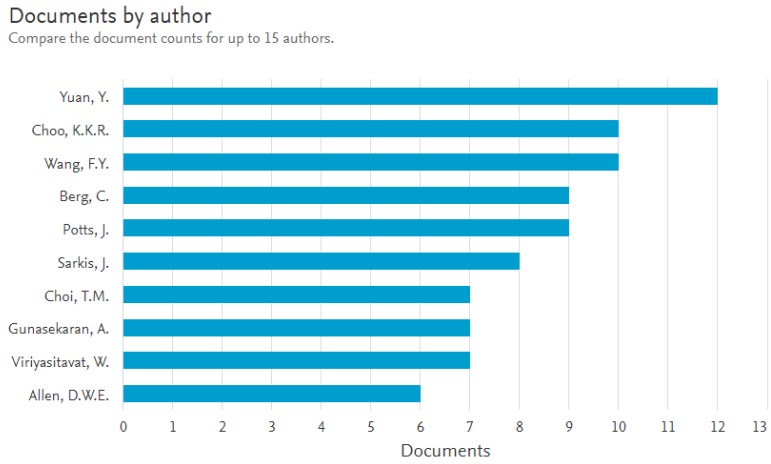
Year	Documents
2021	8
2020	662
2019	535
2018	238
2017	85
2016	18
2015	5

Fonte: Scopus (2020) – Busca realizada em 23/09/2020.

4.1.2. Principais autores, instituições e países

Nas figuras abaixo, observam-se os autores com mais artigos publicados dentro da amostra, as instituições e também os países com mais trabalhos na temática estudada. Conforme a Figura 2, o pesquisador Yong Yuan da *Renmin University of China* lidera a lista de autores com mais publicações relacionadas à blockchain, somando 12 até o momento. Na sequência, encontra-se Kim-Kwang Raymond Choo e Fei-Yue Wang, ambos com 10 publicações cada.

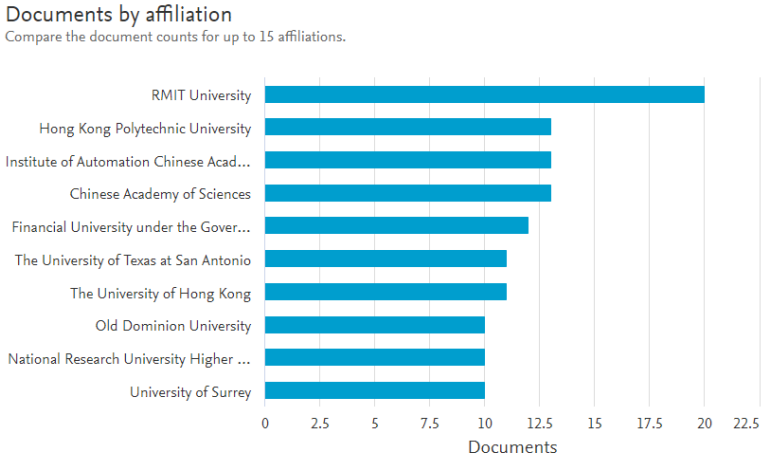
Figura 2 – Autores com mais artigos publicados relacionados à tecnologia blockchain



Fonte: Scopus (2020) – Busca realizada em 23/09/2020.

Quanto às instituições com mais publicações no campo de estudo (Figura 3), a *RMIT University* lidera o ranking, totalizando 20 contribuições. E em segundo, encontram-se a *Hong Kong Polytechnic University*, *Institute of Automation Chinese Academy of Sciences* e a *Chinese Academy of Science*, cada uma somando 13 publicações.

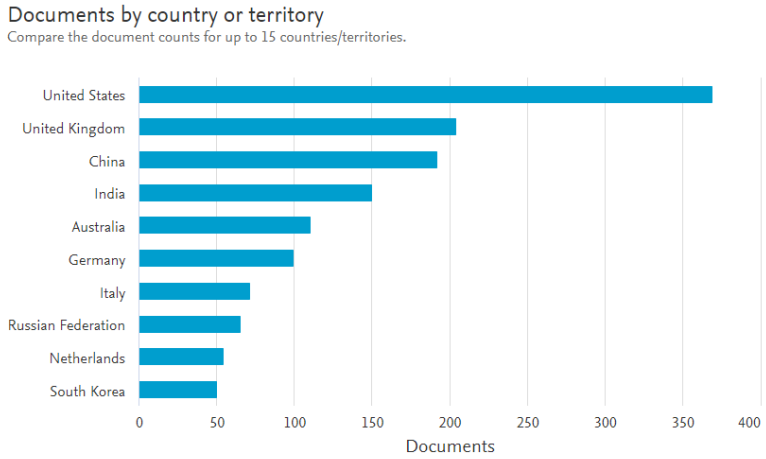
Figura 3 – Universidades e centros de pesquisa que mais publicaram artigos relacionados à blockchain



Fonte: Scopus (2020) – Busca realizada em 23/09/2020.

Quanto aos documentos publicados por países, os Estados Unidos da América estão no topo a lista, com 369 contribuições na amostra estudada (Figura 4). Na sequência, estão o Reino Unido e a China, com 204 e 192 contribuições, respectivamente.

Figura 4 – Países que mais publicaram artigos relacionados à blockchain na amostra



Fonte: Scopus (2020) – Busca realizada em 23/09/2020.

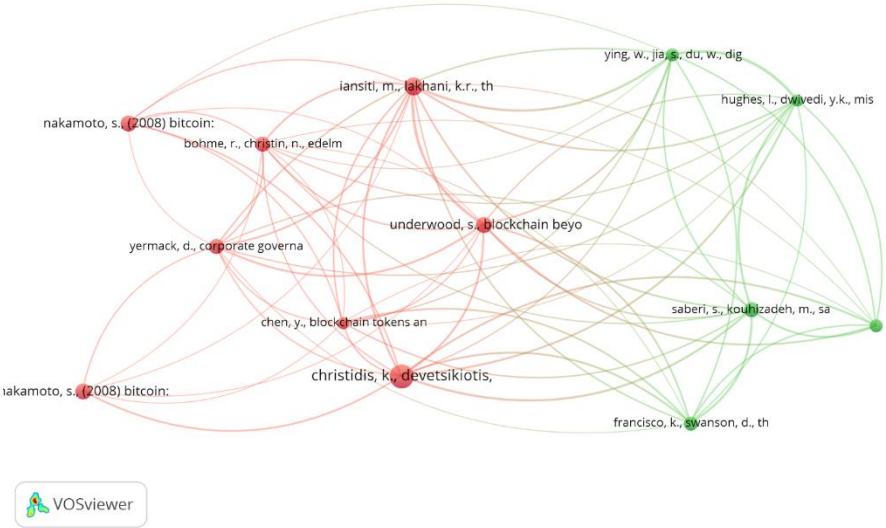
4.2. Análise de redes e áreas de aplicação da blockchain

4.2.1. Rede de co-citação

A Figura 5 apresenta a rede de co-citação elaborada no software VOSViewer, a partir da amostra de estudos encontrados na base de dados. A rede de co-citação mostra a co-ocorrência de artigos na lista de referências de documentos da amostra (IKEZIRI et al., 2018), apontando aqueles estudos que consistem em pilares teóricos da temática. Na elaboração dessa rede, o parâmetro utilizado como número mínimo de ocorrências foi de 20 co-citações, além de ser realizada a exclusão dos itens desconexos. A partir da rede gerada, pode-se observar dois clusters agrupados: o vermelho e o verde. O cluster vermelho compreende artigos como o original de Nakamoto (2008), que deu vida à blockchain, o artigo de governanças corporativas de Yermack (2017) e "a verdade sobre a blockchain" de Lakhani e Iansiti (2017), sendo estes artigos e todos os outros do cluster, artigos que abordam a tecnologia blockchain em si, o seu funcionamento e sua dinâmica nas mais diferentes esferas existentes, além de tentarem prever

seu desenvolvimento e importância futura. Nesse cluster em específico, o trabalho de Nakamoto (2008), pai da tecnologia blockchain e da bitcoin, é reconhecido e gerado pelo software duas vezes, apesar de sua contribuição ter sido apenas em um whitepaper. Contudo, isso confirma que este trabalho é um estudo chave para todos que abordam a temática de blockchain. Já o cluster verde, está claramente voltado para aplicações práticas da tecnologia blockchain envolvendo as mais diversas áreas, mas que abrangem, principalmente, o cenário de pesquisa e aplicação na área de cadeia de suprimento. Dessa maneira, nota-se que as possibilidades de aplicação da tecnologia na referida área, com artigos que trabalham desde a transparência e sustentabilidade dessas cadeias de suprimentos, até os benefícios e limitações da aplicação da mesma.

Figura 5 – Rede de co-citação

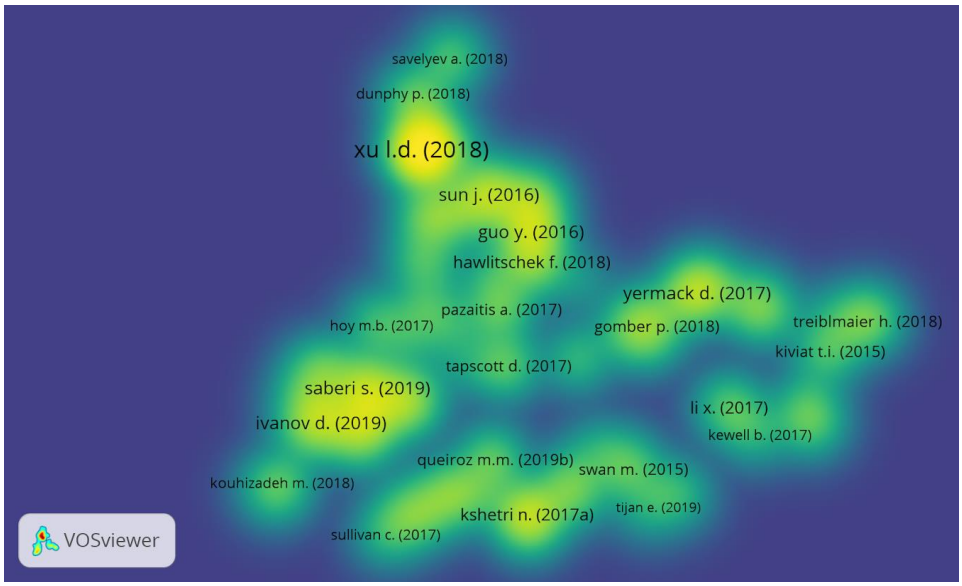


Fonte: Elaborada no VOSViewer.

4.2.2. Rede de citação

A análise de citações fornece uma visão geral dos artigos mais citados da amostra estudada e demonstra que os artigos localizados próximos uns dos outros tendem a ser relacionados, pois são citados ou citam diretamente os artigos em conexão (IKEZIRI et al., 2018). Para a elaboração da rede de citação, o parâmetro utilizado como número mínimo de ocorrências foi de 25 citações por documento. Além disso, não foram incluídos na rede os itens desconexos. A Figura 6 apresenta a rede de citação por densidade, isto é, ela mostra por meio da densidade a quantidade de citações que cada trabalho possui, destacando em amarelo, de maneira clara, os principais estudos citados sobre a tecnologia blockchain no meio acadêmico. Entre eles, destaca-se Xu, Xu e Li (2018) com 473 citações até o momento da extração na base Scopus. Por meio da análise de conteúdo dos 10 artigos mais citados da amostra estudada, as contribuições de cada artigo foram sistematizadas no Quadro 2.

Figura 6 – Rede de citação



Fonte: Elaborada no VOSViewer.

Quadro 2 – Sistematização das contribuições dos artigos mais citados da amostra

Autor(es) e ano de publicação	**Título do artigo**	**Nº citações (Scopus)**	**Objetivo da obra**	**Contribuições**
Xu, Xu e Li (2018)	*Industry 4.0: state of the art and future trends*	473	Fazer um breve levantamento do estado da arte e tendências futuras da indústria 4.0.	Este artigo analisa as pesquisas recentes sobre a Indústria 4.0 do ponto de vista industrial. Apresenta o histórico da Indústria 4.0 e, em seguida, discute as tecnologias fundamentais que podem ser usadas. Também mencionam as potenciais tecnologias que podem ser adotadas, aplicações da indústria, oportunidades e perspectivas futuras.
Saberi et al. (2019)	*Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management,*	207	Examinar criticamente a tecnologia blockchain e os contratos inteligentes, aplicando esse potencial ao gerenciamento da cadeia de suprimentos.	Neste artigo, o autor propôs e discutiu a adoção da tecnologia blockchain em redes de cadeia de suprimentos. A evolução da gestão da cadeia de suprimentos baseada em blockchain é apresentada, o que permite a criação de registros compartilhados, seguros e descentralizados, contratos digitais autônomos (contratos inteligentes) e redes confiáveis e seguras.
Guo e Liang (2016)	*Blockchain application and outlook in the banking industry*	173	Constatar o potencial de aplicação da tecnologia blockchain no setor bancário.	O autor mostra a ampla gama de utilização que a tecnologia blockchain virá a ter no setor bancário, sendo utilizado desde no setor de informação e crédito, até no aumento de segurança, eficiência e transparência por parte do banco. Também comenta que é uma realidade próxima, e que acontecerá nos próximos anos.
Sun, Yan e Zhang (2016)	*Blockchain-based sharing services: What blockchain technology can contribute to smart cities*	164	Exemplificar por meio de um framework, a contribuição da tecnologia blockchain para uma cidade inteligente.	Este estudo discute como os serviços de compartilhamento baseados em blockchain podem contribuir para cidades inteligentes com base em uma estrutura conceitual (framework). Os

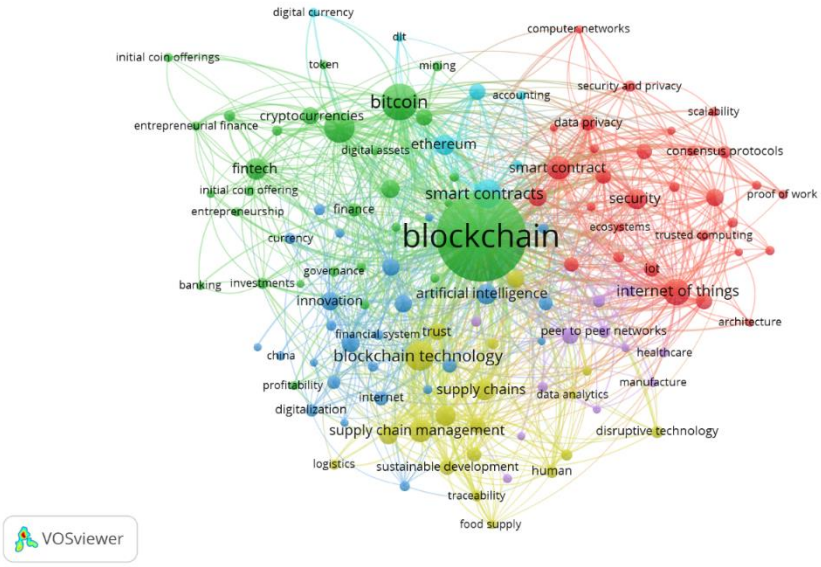
				autores esperam que possam estimular o interesse pela teoria e prática para fomentar discussões nesta área.
Ivanov, Dolgui e Sokolov (2019)	*The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics*	162	Exemplificar por meio de um framework, o impacto disruptivo de novas tecnologias e da indústria 4.0 na análise de riscos da cadeia de suprimentos.	Os autores realizaram o primeiro estudo que conecta perspectivas de negócios, informação, engenharia e análise quantitativa sobre digitalização em termos de seus impactos na gestão de risco de risco de cadeias de suprimentos, mostrando a importância da blockchain nesse processo.
Mendling et al. (2018)	*Blockchains for Business Process Management - Challenges and Opportunities*	158	Descrever os principais novos desafios e oportunidades da tecnologia blockchain para o BPM (Gestão de processos de negócios) .	Os autores discutem os desafios e perspectivas em relação ao ciclo de vida da BPM das empresas, além de apontarem sete grandes direções futuras de pesquisa, todas usando a tecnologia blockchain.
Yermack (2017)	*Corporate Governance and Blockchains*	151	Este artigo avalia as implicações potenciais com o uso da blockchain para os administradores, investidores institucionais, pequenos acionistas, auditores e outras partes envolvidas na governança corporativa.	O autor mostra que a governança corporativa pode mudar de várias maneiras sob o regime de blockchain. Todos poderiam se beneficiar de poder comprar ações a um custo mais baixo e vendê-las em um mercado com maior liquidez, além de ser mais transparente e seguro para todos. Essas e outras mudanças podem alterar profundamente o poder relativo dos gerentes, acionistas, credores, reguladores e especialistas terceirizados que interagem na área de governança corporativa.
Ølnes, Ubacht e Janssen (2017)	*Blockchain in government: Benefits and implications of distributed ledger technology for information sharing*	148	A questão central abordada neste artigo é se a tecnologia blockchain levará a inovação e transformação nos processos governamentais.	Os autores realizam uma análise ampla dos benefícios e desafios da adoção da tecnologia blockchain nos processos governamentais, mostrando que a blockchain tem muito a oferecer e que pode realizar mudanças profundas, porém precisa ser estudada e testada antes, por ser uma tecnologia que ainda está em fase de desenvolvimento e nunca foi implementada em tão grande escala, a não ser com a própria bitcoin.
Kshetri (2017)	*Blockchain's roles in strengthening cybersecurity and protecting privacy*	145	Este artigo avalia as funções do blockchain no fortalecimento da segurança cibernética e na proteção da privacidade.	O autor contribui com argumentos e perspectivas sólidas, mostrando que o futuro da segurança e privacidade cibernética está, de certa forma, relacionado com a blockchain, principalmente por esta ser descentralizada e inviolável.
Kim e Laskowski (2018)	*Toward an ontology-driven blockchain design for supply-chain provenance*	138	Os autores desejam avaliar a ontologia e rastreabilidade da tecnologia blockchain e contratos inteligentes, ambos aplicados à cadeia de suprimentos.	Os autores contribuem mostrando diretamente a importância da procedência e conhecimento das etapas da cadeia de suprimentos, e relacionam estes à tecnologia blockchain e seu imenso potencial de contribuir com a rastreabilidade desse processo.

4.2.3. Rede de palavras-chave

As redes de palavras-chave são criadas a partir de termos que se repetem em conjunto dentro das publicações analisadas (IKEZIRI et al., 2018), sendo úteis para indicar sinais de propensão à evolução de uma determinada tecnologia, como é o caso deste presente artigo com a tecnologia blockchain (YOSHIDA, 2010). Na construção dessa rede, o parâmetro utilizado como número mínimo de ocorrências foi o de 10 ocorrências. Além disso, optou-se por

apresentar na rede apenas os itens conectados. A Figura 7 apresenta a rede de palavras-chave da tecnologia blockchain e é possível identificar 6 clusters distintos. Apesar de ser uma área relativamente nova e emergente, verifica-se que a tecnologia vem sendo aplicada em diversos campos, como mostra a figura abaixo.

Figura 7 – Rede de palavras-chave



Fonte: Elaborada no VOSViewer.

Cada um dos seis clusters encontrados na Figura 7 foi analisado em profundidade e foram encontradas diferentes áreas de aplicação da blockchain. Nesse sentido, a partir dos termos mais recorrentes em cada cluster, uma busca foi conduzida dentro da própria amostra (Quadro 3). Os cinco artigos mais citados e os cinco mais recentes de cada grupo foram analisados em profundidade e geraram os *insights* apresentados nos infográficos a seguir (Figuras 8 a 13).

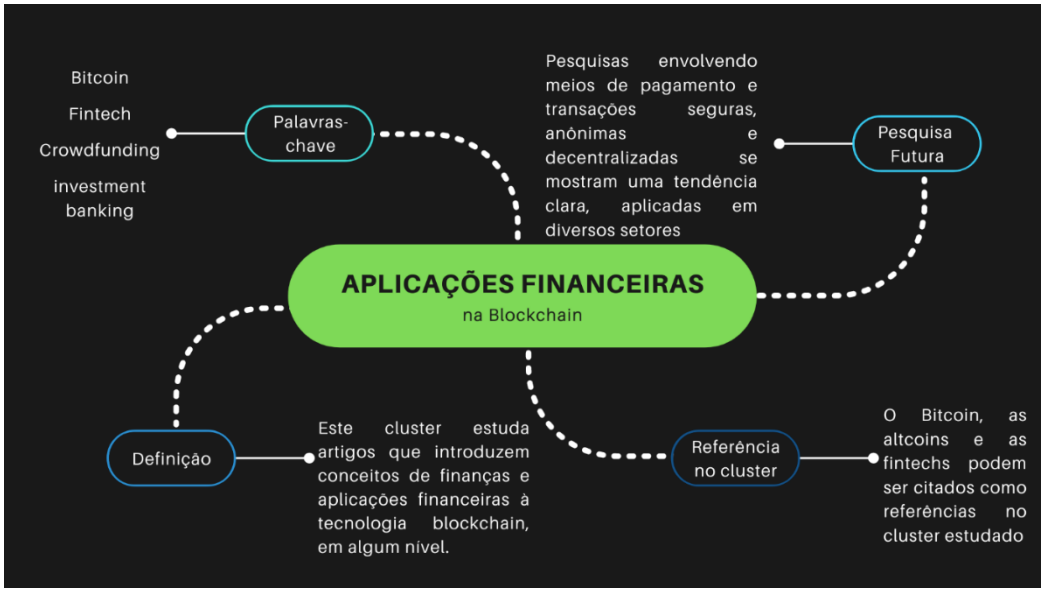
Quadro 3 – Buscas dos estudos relacionados às áreas de aplicações dentro da amostra

Cluster	**Palavras-chave da busca**	**Resultados na amostra (nº de artigos)**
Aplicações financeiras	*blockchain AND finance OR banking OR fintech*	781
Aplicações de logística e cadeia de suprimento	*blockchain AND supply chain OR logistics OR sustainability*	309
Aplicações em segurança e privacidade na transferência de valor	*blockchain AND trusted computing OR smart contracts OR security OR privacy*	199
Aplicações em economia compartilhada	*blockchain AND information management OR peer to peer networks OR sharing economy*	36
Aplicações em tecnologia da informação	*blockchain AND artificial intelligence OR technology adoption OR digital economy*	19
Aplicações e automações em descentralização	*blockchain AND accounting OR digital currency OR distributed ledgers*	15

O primeiro cluster encontrado é o verde, que engloba palavras-chave como *bitcoin*, *fintech*, *crowdfunding* e *investment banking*. Dessa forma, fica evidente que esse cluster está

relacionado com aplicações financeiras, fundamentadas ou envolvidas em algum nível com blockchain (Figura 8).

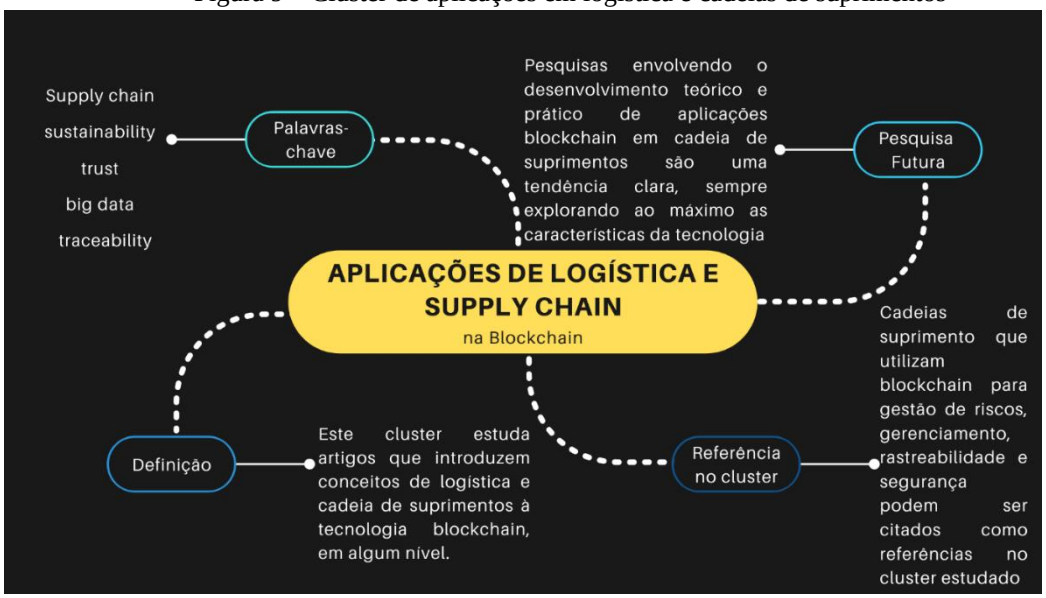
Figura 8 – Cluster de aplicações financeiras



Fonte: Elaborada pelos autores.

O cluster amarelo inclui termos como *supply chain*, *sustainability*, *trust*, *big data*, *logistics* e *traceability*. Logo, nota-se que são assuntos voltados para aplicações blockchain nas áreas de logística e cadeias de suprimentos (Figura 9).

Figura 9 – Cluster de aplicações em logística e cadeias de suprimentos



Fonte: Elaborada pelos autores.

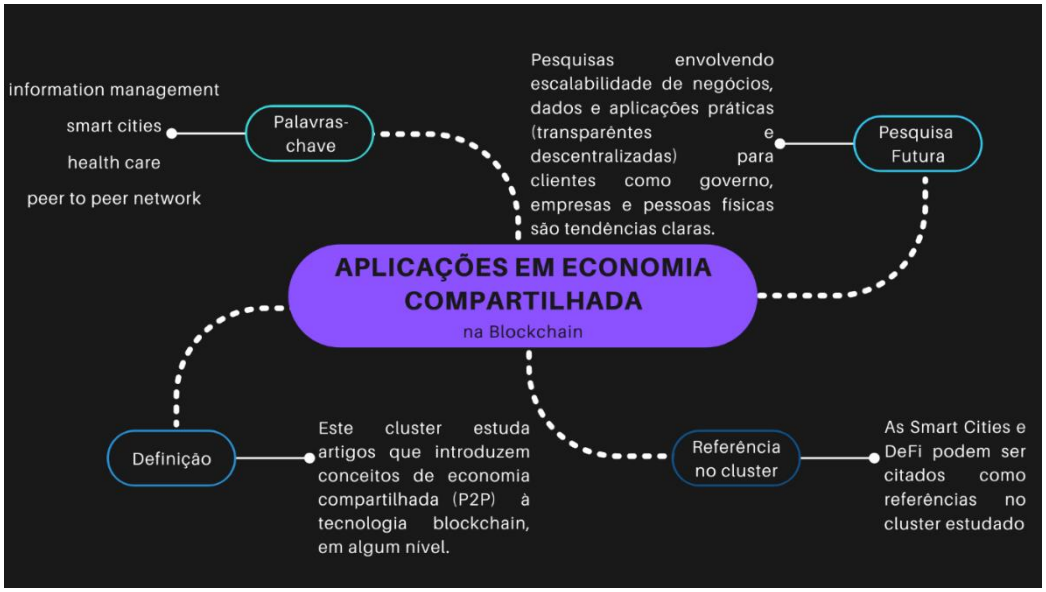
O terceiro cluster encontrado é o vermelho, que engloba termos como *Internet of Things*, *smart contracts*, *security*, *network security* e *trusted computing*, e foi definido como aplicações de blockchain em segurança e privacidade na transferência de valor (Figura 10).

Figura 10 - Cluster de aplicações em segurança e privacidade na transferência de valor

Fonte: Elaborada pelos autores.

O quarto cluster encontrado é o roxo, que conta com palavras como *information management*, *smart cities*, *health care* e *peer to peer network*. Optou-se por definir esse agrupamento como aplicações de blockchain em economia compartilhada (Figura 11).

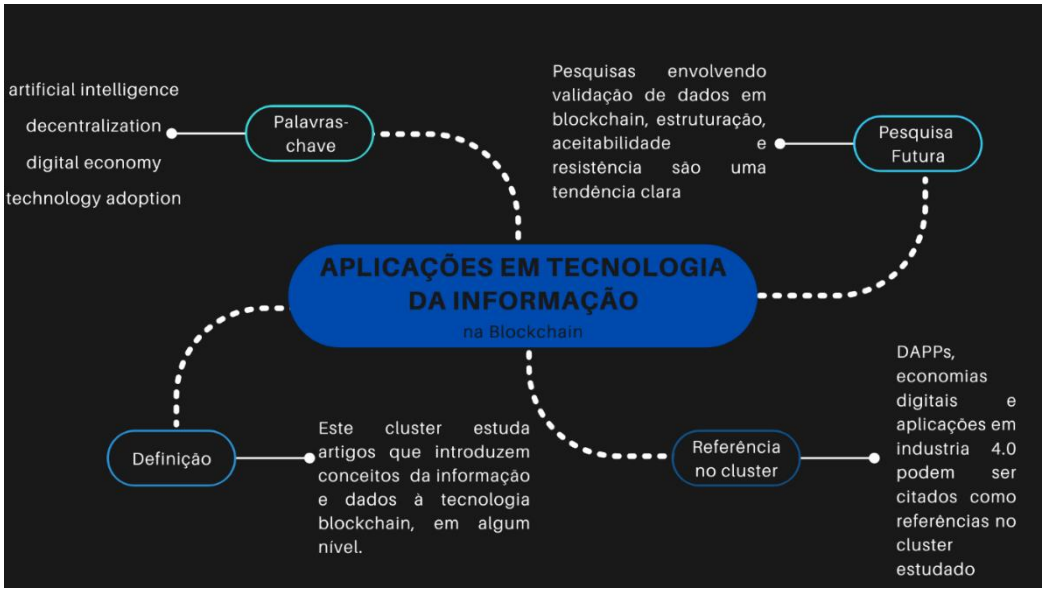
Figura 11 – Cluster de aplicações em economia compartilhada



Fonte: Elaborada pelos autores.

O quinto cluster é o azul, que possui palavras-chave como *artificial intelligence*, *technology adoption*, *digital economy*, *decentralization*, *innovation* e *technological development*, o que levou a classificá-lo como o cluster das aplicações da blockchain em tecnologia de informação (Figura 12).

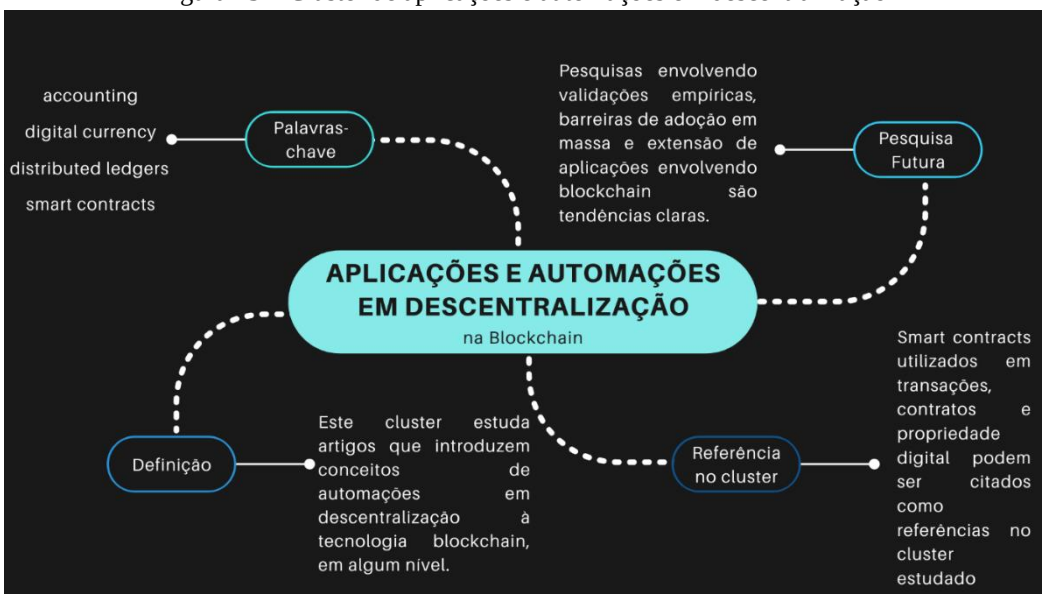
Figura 12 – Cluster de aplicações em tecnologia de informação



Fonte: Elaborada pelos autores.

E o sexto e último cluster é o azul claro, que possui palavras-chave como *accounting*, *digital currency*, *distributed ledgers* e *smart contracts*, levando a classificá-lo como o cluster o das aplicações e automações em descentralização ou envolvidas com blockchain (Figura 13).

Figura 13 – Cluster de aplicações e automações em descentralização



Fonte: Elaborada pelos autores.

5. Considerações finais

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a evolução dos estudos sobre blockchain e identificar suas principais áreas de aplicação na literatura. Por meio de uma revisão sistemática da literatura, foi possível alcançar o objetivo estabelecido e responder as questões de pesquisa.

Os resultados encontrados forneceram um panorama geral da área de blockchain, apresentando os principais autores, instituições e países. Destaca-se que os estudos sobre a tecnologia estão em crescimento e que países como Estados Unidos, Reino Unido e China estão

liderando na quantidade de pesquisas. Contudo, a instituição que concentrou mais publicações na amostra é a *RMIT University*, da Austrália. Em relação aos principais autores, destacaram-se Yong Yuan da *Renmin University of China*, Kim-Kwang Raymond Choo e Fei-Yue Wang. Os achados baseados nas análises de redes permitiram sistematizar os principais estudos da amostra analisada e suas contribuições, bem como encontrar diferentes áreas de aplicações da blockchain, a saber: financeiras; logística e cadeia de suprimento; segurança e privacidade na transferência de valor; economia compartilhada; tecnologia da informação; e automações em descentralização.

Dessa forma, este estudo traz contribuições teóricas e práticas. Para a teoria, este trabalho forneceu uma visão holística dos estudos de blockchain para as áreas de gestão, ciências sociais e economia, bem como sistematizou áreas aplicações e pesquisas futuras, contribuindo para o desenvolvimento científico. Em termos gerenciais, ao identificar as áreas de aplicação e práticas de uso da blockchain, bem como criar infográficos de fácil acesso para os interessados nesses assuntos, pode fomentar iniciativas nas organizações de adoção da blockchain em seus negócios. Nesse aspecto, cada destacar que cada infográfico traz as palavras-chave utilizadas para pesquisa, uma breve definição, referência e/ou aplicação de sucesso na área e onde estão alinhadas as pesquisas futuras sugeridas pelos autores dos textos mais relevantes do agrupamento estudado.

Ressalta-se, contudo, que este trabalho apresenta algumas limitações, tais como o uso de uma única base de dados e, consequentemente, nos filtros utilizados e quantidade de artigos da amostra. Além disso, como característica das revisões de literatura, há subjetividade envolvida na análise de conteúdo e definição das áreas de aplicação de cada agrupamento encontrado. Recomenda-se que pesquisas futuras incluam outras bases de dados como a *Web of Science* e também explorem outras áreas além de *Business, Social Science, Economics e Decision Science*.

6. Referências

ARAÚJO, C.A.A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em questão**, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006.

DOGO, E. M. et al. Blockchain 3.0: Towards a Secure Ballotcoin Democracy through a Digitized Public Ledger in Developing Countries. **I-manager's Journal on Digital Signal Processing**, v. 6, n. 2, p. 24-35, 2018.

FEM (Fórum Econômico Mundial). **Deep shift: technology tipping points and societal impact**. 2015.

FERREIRA, E. **Uso do blockchain**. 2019. 19f. Trabalho de Conclusão de Curso – Versão Preliminar (Bacharelado em Ciência da Computação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

FERREIRA, J. E.; PINTO, F. G. C.; DOS SANTOS, S. C. Estudo de mapeamento sistemático sobre as tendências e desafios do Blockchain. **Gestão. Org**, v. 15, n. 6, p. 108-117, 2017.

GUO, Y.; LIANG, C. Blockchain application and outlook in the banking industry. **Financial Innovation**, v. 2, n. 1, p. 24, 2016.

IKEZIRI, L. M. et al. Theory of constraints: review and bibliometric analysis. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 15-16, p. 5068-5102, 2018.

IVANOV, D.; DOLGUI, A.; SOKOLOV, B. The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. **International Journal of Production**

Research, v. 57, n. 3, p. 829-846, 2019.

JUGEND, D. et al. Public support for innovation: A systematic review of the literature and implications for open innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 156, p. 119985, 2020.

KIM, H. M.; LASKOWSKI, M. Toward an ontology-driven blockchain design for supply-chain provenance. **Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management**, v. 25, n. 1, p. 18-27, 2018.

KSHETRI, N. Blockchain's roles in strengthening cybersecurity and protecting privacy. **Telecommunications Policy**, v. 41, n. 10, p. 1027-1038, 2017.

LAKHANI, K. R.; IANSITI, M. The truth about blockchain. **Harvard Business Review**, v. 95, n. 1, p. 119-127, 2017.

LU, Y.; PAPAGIANNIDIS, S.; ALAMANOS, E. Internet of Things: A systematic review of the business literature from the user and organisational perspectives. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 136, p. 285-297, 2018

MENDLING, J. et al. Blockchains for business process management-challenges and opportunities. **ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)**, v. 9, n. 1, p. 1-16, 2018.

MOUGAYAR, W. **The business blockchain: promise, practice, and application of the next Internet technology**. John Wiley & Sons, 2016.

NAKAMOTO, S. **Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.** 2008.

ØLNES, S.; UBACHT, J.; JANSSEN, M. Blockchain in government: Benefits and implications of distributed ledger technology for information sharing. **Government Information Quarterly**, v. 32, n. 3, p. 355-364, 2017.

PAN, X. et al. Blockchain technology and enterprise operational capabilities: An empirical test. **International Journal of Information Management**, 2019.

SABERI, S. et al. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. **International Journal of Production Researc**h, v. 57, n. 7, p. 2117-2135, 2019.

SUN, J.; YAN, J.; ZHANG, K. ZK. Blockchain-based sharing services: What blockchain technology can contribute to smart cities. **Financial Innovation**, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2016.

SUND, T. et al. Blockchain-based event processing in supply chains—A case study at IKEA. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 65, p. 101971, 2020.

XU, L. D.; XU, E. L.; LI, L. Industry 4.0: state of the art and future trends. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2941-2962, 2018.

YANAI, A. E.et al. O Desenvolvimento da Indústria 4.0: um estudo bibliométrico. **Anais do XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Joinville–SC**, 2017.

YERMACK, D. Corporate governance and blockchains. **Review of Finance**, v. 21, n. 1, p. 7-31, 2017.

YOSHIDA, N. D. Análise bibliométrica: um estudo aplicado à previsão tecnológica. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, v. 2, n. 1, p. 52-84, 2010.

ZHENG, Z. et al. Blockchain challenges and opportunities: A survey. **International Journal of Web and Grid Services**, v. 14, n. 4, p. 352-375, 2018.