

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

RENATO FERREIRA MACHADO

ESTRUTURA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO BLOCKCHAIN EM CADEIAS DE
SUPRIMENTOS: PROPOSTA A PARTIR DE UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA
LITERATURA

Joinville

2023

RENATO FERREIRA MACHADO

ESTRUTURA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO BLOCKCHAIN EM CADEIA DE
SUPRIMENTOS: PROPOSTA A PARTIR DE UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA
LITERATURA

Trabalho apresentado como requisito para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia de Transportes e Logística, no
Centro Tecnológico de Joinville, da
Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Dra. Francielly Hedler Staudt

Joinville

2023

RENATO FERREIRA MACHADO

ESTRUTURA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO BLOCKCHAIN EM CADEIAS DE
SUPRIMENTOS: PROPOSTA A PARTIR DE UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA
LITERATURA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística, no Centro Tecnológico de Joinville, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Joinville (SC), 06 de dezembro de 2023.

Banca Examinadora:

Dra. Francielly Hedler Staudt
Orientadora/Presidente

Dra. Elisete Santos da Silva Zagheni
Universidade Federal de Santa Catarina

Dra. Janaina Renata Garcia
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho a minha Mãe e Madrinha, que até o final me apoiaram e me incentivaram a continuar na trajetória, independente das pedras no caminho. Elas foram e são minha fortaleza.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me fazer mais forte que minhas fraquezas e me dar sabedoria para trilhar o caminho. Em segundo, minha mãe e família, que não pensaram duas vezes em proporcionar um futuro melhor para minha vida, e este apoio foi crucial para o êxito da minha graduação. Este apoio foi e sempre será minha referência para minha vida. Em terceiro, minha namorada que me apoiou durante a graduação por muitos anos. E por último, mas não menos importante, os meus amigos e colegas da UFSC-JLLE que estiveram juntos nesta trajetória e nos momentos difíceis se fizeram presente. Principalmente à minha querida Fraternidade Kuase Rep e minha eterna Atlético Camaleão, que me proporcionaram momentos inesquecíveis e me geraram um network abrangente para trilhar minha vida profissional.

RESUMO

A integração da tecnologia Blockchain nas cadeias de suprimentos tem emergido como um campo de pesquisa promissor, para enfrentar os desafios inerentes à complexidade e fragmentação dessas operações. O crescente interesse na aplicação da Tecnologia Blockchain é reflexo da busca por soluções inovadoras que possam aprimorar a eficiência, transparência e segurança nas cadeias de suprimentos. Portanto, dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo contribuir para o entendimento consolidado desse cenário, com contribuições para profissionais, pesquisadores e empresas que buscam explorar o potencial da tecnologia Blockchain. Realiza-se uma análise do estado da arte da aplicação da Tecnologia Blockchain nas cadeias de suprimentos e destaca-se contribuições de diversos autores que abordaram essa temática. Utilizou-se como metodologia de pesquisa a revisão sistemática da literatura, através do método PRISMA para definição do portfólio de artigos oriundos da base de dados Scopus. O PRISMA é reconhecido por sua eficácia em revisões sistemáticas, na qual proporciona uma abordagem estruturada para a busca, seleção e análise de artigos relevantes. Ferramentas como VOSviewer e Nvivo complementam esse processo, com a categorização e análise dos dados obtidos. O escopo da pesquisa abrange a formulação de quadros de implementações de Blockchain nas cadeias de suprimentos, identificação das principais barreiras relatadas pelos autores e, por fim, a proposição de uma estrutura de apoio para futuras implementações de projetos piloto. É identificado pelo trabalho que os modelos de Blockchain privado e híbrido são mais recomendados para as cadeias de suprimentos, devido sua integridade segura e velocidade de processamento. Através das análises de conteúdo, é identificadas tecnologias associadas com o uso da Blockchain como a IOT, IA e embalagens inteligentes para rastreamento. As principais implementações identificadas estão na maioria dos casos relacionados ao rastreamento de produtos na cadeia de suprimentos e, casos de utilização dos smart contracts para potencializar a tecnologia Blockchain.

Palavras-chave: blockchain; cadeia de suprimentos; estrutura; barreiras; implementações.

ABSTRACT

The integration of Blockchain technology into supply chains has emerged as a promising field of research to address the challenges inherent in the complexity and fragmentation of these operations. The growing interest in the application of Blockchain Technology is a reflection of the search for innovative solutions that can improve efficiency, transparency and security in supply chains. Therefore, within this context, this work aims to contribute to a consolidated understanding of this scenario, with contributions for professionals, researchers and companies seeking to exploit the potential of Blockchain technology. A state-of-the-art analysis of the application of Blockchain technology in supply chains is carried out, highlighting the contributions of various authors who have addressed this issue. The research methodology used was a systematic literature review, using the PRISMA method to define the portfolio of articles from the Scopus database. PRISMA is recognized for its effectiveness in systematic reviews, as it provides a structured approach to the search, selection and analysis of relevant articles. Tools such as VOSviewer and Nvivo complement this process by categorizing and analyzing the data obtained. The scope of the research includes formulating frameworks for Blockchain implementations in supply chains, identifying the main barriers reported by the authors and, finally, proposing a support structure for future pilot project implementations. The paper identifies that private and hybrid Blockchain models are most recommended for supply chains, due to their secure integrity and processing speed. Through content analysis, technologies associated with the use of Blockchain are identified, such as IoT, AI and smart packaging for tracking. The main implementations identified are mostly related to tracking products in the supply chain and using smart contracts to leverage Blockchain technology.

Keywords: blockchain; supply chain; framework; barriers; implementations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de abordagem do trabalho	3
Figura 2 – Fluxograma do método PRISMA	6
Figura 3 – Ilustração dos países de origem dos artigos do portfólio.....	9
Figura 4 – Nuvem de palavras dos artigos contidos no Portfólio	12
Figura 5 – Estrutura proposta para implementação da BCT para um projeto piloto.....	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tecnologias associadas para o funcionamento da BCT	17
Quadro 2 – Outros softwares/tecnologias associadas à expansão da BCT .	20
Quadro 3 – Implementações de Smart Contracts	22
Quadro 4 – Implementações de Rastreabilidade.....	23
Quadro 5 – Dificuldades relatadas pelos autores nos processos de implementação	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BCT – Blockchain Technology (Tecnologia Blockchain)

B2B – Business to Business (Empresa para Empresa)

CS – Cadeia de Suprimentos

IOT - Internet Of Things (Internet das Coisas)

IA – Inteligência Artificial

SC – Smart Contracts (Contratos Inteligentes)

TI – Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	1
1.1. MOTIVAÇÃO	3
1.2. OBJETIVOS	4
1.1.1.Objetivo Geral	4
1.2.2.Objetivos Específicos	4
2.METODOLOGIA	5
2.1.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS (PRISMA).....	5
2.2.ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....	8
3.RESULTADOS DA ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA	13
3.1.PROBLEMÁTICAS ATUAIS RELACIONADAS A GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	13
3.1.1 Modelos de Blockchain	15
3.2.DEFINIÇÃO DE BLOCKCHAIN.....	16
3.3.TECNOLOGIAS ASSOCIADAS AO BLOCKCHAIN	17
3.3.1 Smart Contracts	20
3.4.ANÁLISES RELACIONADAS À IMPLANTAÇÃO DA BCT	21
3.4.1 Principais implementações do Blockchain em Cadeias de Suprimentos .	22
3.4.3 Dificuldades na implementação da BCT	24
4.PROPOSTA DE FRAMEWORK PARA IMPLEMENTAÇÃO DA BCT.	28
4.1.PRÉ-ADOÇÃO	28
4.2.PROJETO – EMPRESA FOCAL	29
4.3.FORMAÇÃO DA REDE	31
4.4.PROJETO 32	
4.5.EXECUÇÃO	33
4.6.AMADURECIMENTO	34
5.DISSCUSSÃO DOS RESULTADOS	35
6.CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da complexidade e fragmentação das cadeias de suprimentos, a necessidade de acompanhar o fluxo de produtos, se tornou uma das grandes dificuldades das empresas que dependem de diversos fornecedores e transportadoras para informar a localização exata do produto (Helo e Shamsuzzoha, 2020). De fato, as cadeias de suprimentos são muito prejudicadas por esta fragmentação e algumas delas é um requisito primordial identificar a origem, qualidade dos produtos e aspectos exigidos pelos órgãos reguladores (Rogerson e Parry, 2020).

As cadeias de suprimentos de alimentos é uma destas, onde os casos de ingestão de alimentos contaminados é uma complicação ainda presente em muitos países, causando milhares de mortes todo ano e conseqüentemente a diminuição da confiança dos clientes nas empresas (Casino et al., 2021). O aspecto da confiança também é um dos problemas comuns de serem relatados nas cadeias de suprimentos. Esta situação pode ser tanto na forma de interação da empresa com os clientes, quanto na forma Business to Business (B2B), ou seja, entre empresas (Brookbanks e Parry, 2022).

A diferença de culturas, políticas governamentais e pontos geograficamente dispersos, potencializam ainda mais as dificuldades de comunicação e confiabilidade das informações das cadeias de suprimentos globalizadas (Sivula; Shamsuzzoha e Helo, 2021). Além do acompanhamento das informações ser importante, há o fator de risco de vazamento dos dados para partes mal intencionadas, levando às empresas a buscarem meios de se proteger desta exposição e assegurar principalmente seus dados de vantagem competitiva (Jum'A, 2023).

Tanto acadêmicos quanto empresários estão mostrando interesse pela evolução do estudo da tecnologia Blockchain, devido ao seu potencial para transformar a logística e as redes de cadeias de suprimentos em quase todos os setores de negócios (Wamba, et al., 2020). Esta busca por aprimorar a eficiência nos processos, melhorar a comunicação entre os envolvidos e, sobretudo, reduzir custos ou elementos não essenciais na cadeia de suprimentos, se tornou uma demanda cada vez mais urgente (Esmailian et al., 2020).

A pandemia de COVID-19 expressou a carência de muitas empresas na gestão de suas cadeias de suprimentos, evidenciando a real necessidade de aperfeiçoar suas tecnologias, revisar suas estruturas, principalmente em termos de exatidão da gestão de seus dados e seu real controle sobre o manejo de seus produtos e serviços (Rogerson e Parry, 2020). Mas estas evidências propiciaram um entendimento claro para os gerentes, a falta de ferramentas que auxiliem nas tomadas de decisões (Sivula et al., 2021)

A tecnologia Blockchain viabiliza a transparência e integridade das atividades de qualquer empresa ou indivíduo que faça parte da rede. Isso inclui a capacidade de verificar se as contribuições foram de fato realizadas, quando ocorreram e até mesmo se não foram efetuadas (Menon e Jain, 2021). Essencialmente, ela funciona como um livro-razão que registra de maneira confiável e eficiente as ações de todos os participantes na cadeia, eliminando a necessidade de uma entidade central para regular todas as operações, seguindo um modelo descentralizado (Koetsier, 2017).

As oportunidades de aplicação da tecnologia estão em crescimento significativo na cadeia de suprimentos, dada a emergente busca das empresas por acompanhamento das operações em tempo real, sendo evidenciado também o aumento no número de publicações acadêmicas (Veja Gráfico 1). Mas apesar do movimento crescente de artigos publicados nesse âmbito, a literatura ainda está em processo de consolidação para compreender o futuro da tecnologia Blockchain (Pournader, *et al.*, 2020).

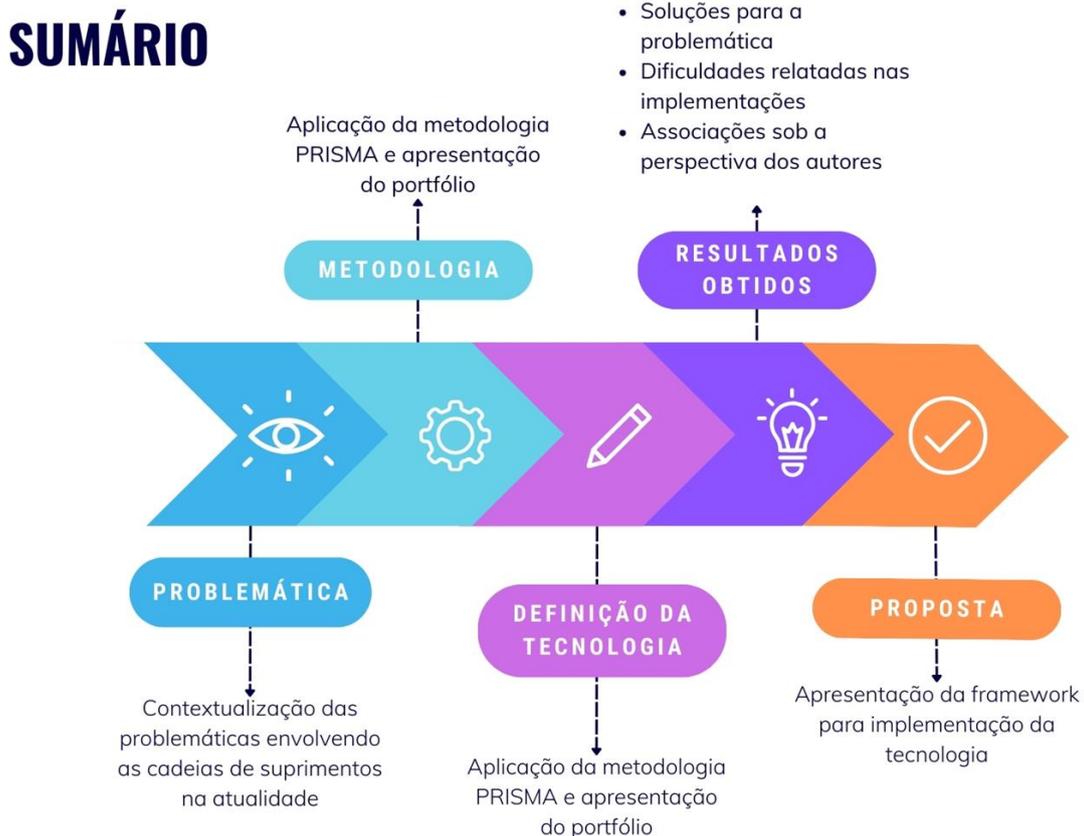
Por esse motivo, este estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura para identificar as barreiras e benefícios nas aplicações da tecnologia Blockchain, com objetivo de construir uma estrutura de implementação de projeto piloto. A revisão sistemática é apoiada pelo método PRISMA Statement (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) Page *et al.* (2021).

O portfólio final resultante dos critérios estabelecidos de acordo com o PRISMA (Page *et al.*, 2021) consiste em um conjunto de 54 artigos. Dentre esses artigos, nenhum é aplicado a mesma metodologia e mesmo objetivo. Portanto, a realização deste estudo se justifica, uma vez que o presente estudo complementa o tema com uma abordagem mais centrada em casos práticos e propõe ao final uma sugestão cronológica detalhada sobre a implementação de um projeto piloto, com

base no portfólio obtido. Isso pode contribuir para uma compreensão mais abrangente e profunda do tópico em questão.

A seguir é apresentado o esquema de abordagem do presente trabalho.

Figura 1 – Esquema de abordagem do trabalho



Fonte: Autor (2023).

1.1. MOTIVAÇÃO

Segundo Ballou (2009), as cadeias de suprimentos são estruturadas para incorporar atividades de transformação das matérias-primas, para que ao final das atividades, tenha-se produtos acabados com agregação de valor ao consumidor.

A gestão da cadeia de suprimentos é realizada entre empresas, em forma de parceria, para alavancar a eficiência das atividades e elevar o posicionamento estratégico dos envolvidos (Bowersox et al., 2013). Contudo, a resolução das

problemáticas geradas ao longo da cadeia de suprimentos é árdua (Lambert e Stock, 1993).

Portanto, a cooperação e troca de informações entre os participantes da cadeia de suprimentos é importante e fundamental para obter soluções frente as dificuldades enfrentadas (Fleury, 1999). Desta forma, todos incluídos na cadeia devem obter acesso a informações descomplicadas, objetivas e privilegiadas para corroborar para a eficiência dos parceiros e potencializar seus poderes de resposta (Porter et al., 1985).

Em suma, as empresas devem procurar meios para se manterem competitivas e prosperarem de forma produtiva no mercado, de modo que as tecnologias se tornam fortes aliadas para esta tarefa (Viotti, 2021).

1.2. OBJETIVOS

Devido as problemáticas enfrentadas nas cadeias de suprimentos, propõe-se neste trabalho os objetivos a seguir.

1.1.1. Objetivo Geral

Este estudo pretende realizar uma revisão sistemática para identificar principais barreiras e benefícios nas aplicações da tecnologia Blockchain, no contexto das cadeias de suprimentos, com o objetivo de construir uma estrutura de implementação piloto.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar aplicações da tecnologia Blockchain, no contexto das cadeias de suprimentos, com ênfase na Logística;
- Entender as principais barreiras e lacunas conhecidas pela literatura no assunto;
- Propor uma estrutura para implementação de um projeto piloto baseado na Tecnologia Blockchain.

2. METODOLOGIA

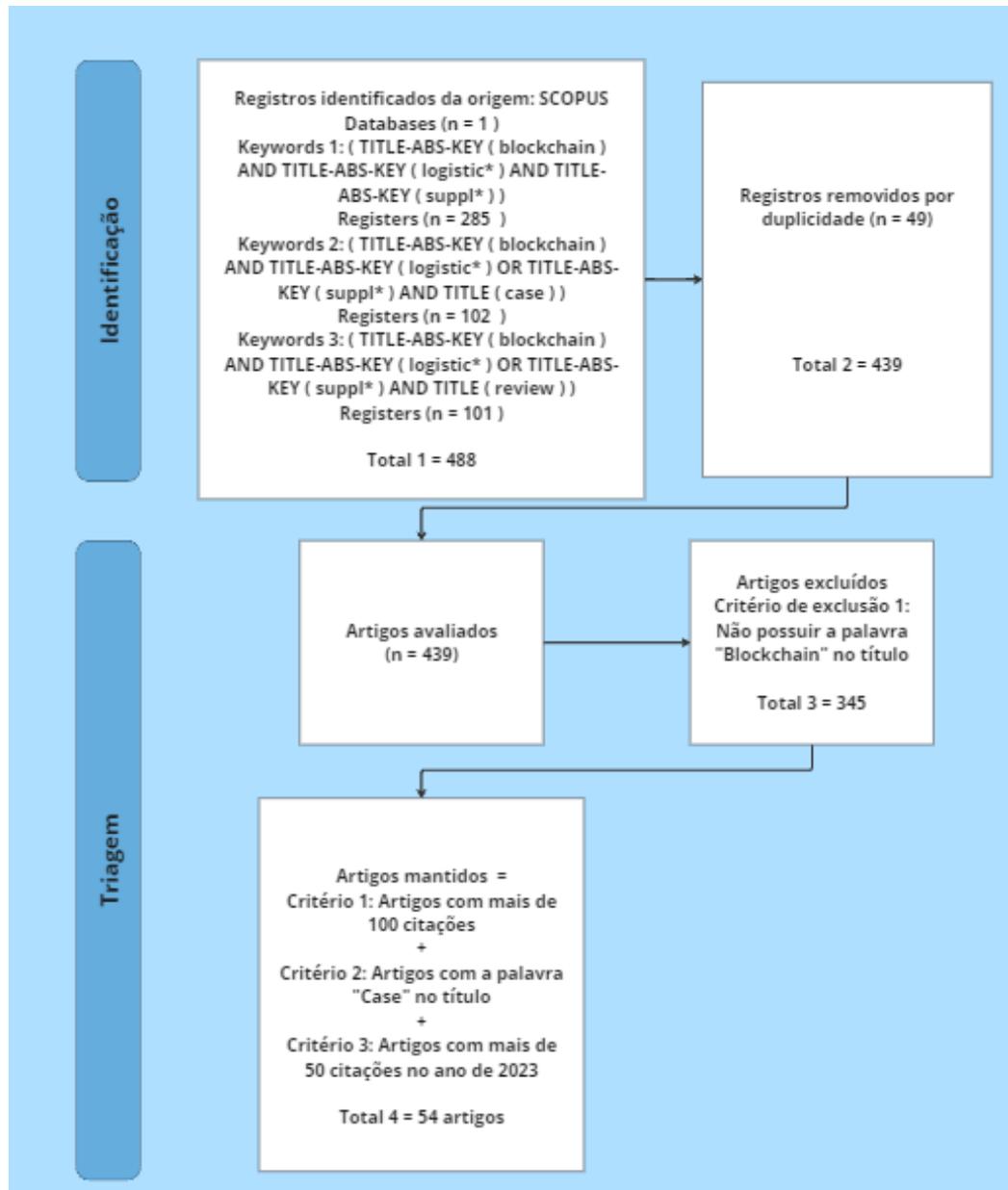
Uma das formas de realizar revisões da literatura é aplicar métodos de revisões sistemáticas, os quais tem por objetivo identificar, selecionar e avaliar criticamente pesquisas relevantes, para a análise e a coleta de dados dos estudos incluídos na revisão (Gonçalo, 2012). Neste trabalho foi realizada uma revisão sistemática da literatura utilizando o Método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) de Page *et al.* (2021) para definir os critérios de seleção dos artigos que integrariam o portfólio final da pesquisa. O papel do PRISMA é servir como um condutor para auxiliar os pesquisadores na elaboração de seus relatórios (Page *et al.*, 2021). Conforme Moher et al. (pg. 336, 2010), “o PRISMA representa uma evolução em relação à terminologia anteriormente conhecida como QUORUM, abrangendo revisões sistemáticas e meta-análises”. Após ser reformulado por especialistas, incluindo autores de revisões, metodologistas e consumidores da área, o PRISMA passou a englobar tanto revisões sistemáticas quanto meta-análises. Enquanto a revisão sistemática trata de avaliar qualitativamente o conteúdo do portfólio, a meta-análise emprega métodos estatísticos para analisar e resumir os resultados dos estudos dentro da revisão (Moher et al., 2010). Na próxima seção são apresentadas as etapas realizadas para a definição do portfólio avaliado nesta pesquisa.

2.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS (PRISMA)

Este trabalho se concentrou em abordar as publicações acadêmicas sobre a aplicação da tecnologia Blockchain na gestão da cadeia de suprimentos, com ênfase na logística. O objetivo foi compreender os benefícios dessas aplicações, identificar os principais obstáculos para sua implementação e avaliar o crescimento desse campo na literatura.

No presente estudo, a busca avançada foi realizada na plataforma Scopus, dado que o trabalho de Vu; Ghadge e Bourlakis (2023) relatou maior cobertura de busca e por conter somente estudos aprovados em revisão por pares (double blind-review). As etapas realizadas para definir o portfólio final são apresentadas na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma do método PRISMA



Fonte: Autor (2023).

A primeira pesquisa seguiu a seguinte estrutura:

(TITLE-ABS-KEY (blockchain) AND TITLE-ABS-KEY (logistic*) AND TITLE-ABS-KEY (suppl*)) AND PUBYEAR > 2015 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "DECI") OR LIMIT-TO (

SUBJAREA , “ECON”) OR LIMIT-TO (SUBJAREA , “SOCI”)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , “English”)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , “ar”))

Em sequência, notou-se que os dados originados da primeira busca eram muito abrangentes devido a pluralidade da aplicação do Blockchain. Portanto, seguindo o conceito de processo interativo apresentado por Moher, *et al.* (2010), foi criada uma query para a busca avançada na plataforma Scopus com o foco agora em CASES no título dos artigos.

Para contemplar o objetivo do trabalho, realizou-se uma terceira busca com foco nos artigos que continham REVIEW em seus títulos, dado que esta palavra-chave poderia resultar em um arcabouço mais robusto do tema.

A partir da aplicação das três pesquisas, identificou-se um total de 488 artigos que inicialmente atendiam aos critérios de pesquisa e passaram para o passo de remoção de artigos da etapa de identificação (Figura 2). Nesta etapa, verificaram-se 49 artigos duplicados, resultando em um portfólio prévio de 439 artigos.

Dado que o objetivo principal do estudo era se concentrar na aplicação da tecnologia Blockchain na gestão da cadeia de suprimentos, com foco na logística, foram realizadas análises adicionais. Dos 439 artigos restantes:

- 345 continham a palavra “Blockchain” no título;
- Dentre os 345, apenas 191 também incluíam a palavra “supply” no título, o que indicava uma associação mais direta com a gestão da cadeia de suprimentos.
- Destes 191, aplicou três critérios finais:
 - Artigos com mais de 100 citações, a fim de criar um portfólio bem referenciado;
 - Artigos com a palavra “case” no título, devido o foco do trabalho é obter casos de implementação do tema;
 - Por fim, foram selecionados os artigos que receberam mais de 50 citações ao longo do ano de 2023. Essa escolha se baseou na observação de que, dentro do portfólio prévio, os trabalhos mais citados em comparação com os demais do mesmo ano apresentavam um índice mínimo de 50 citações.

Realizou-se uma análise de conteúdo dos artigos utilizando o software NVIVO, para categorizar trechos dos autores para separar nos seguintes códigos:

- Benefícios;

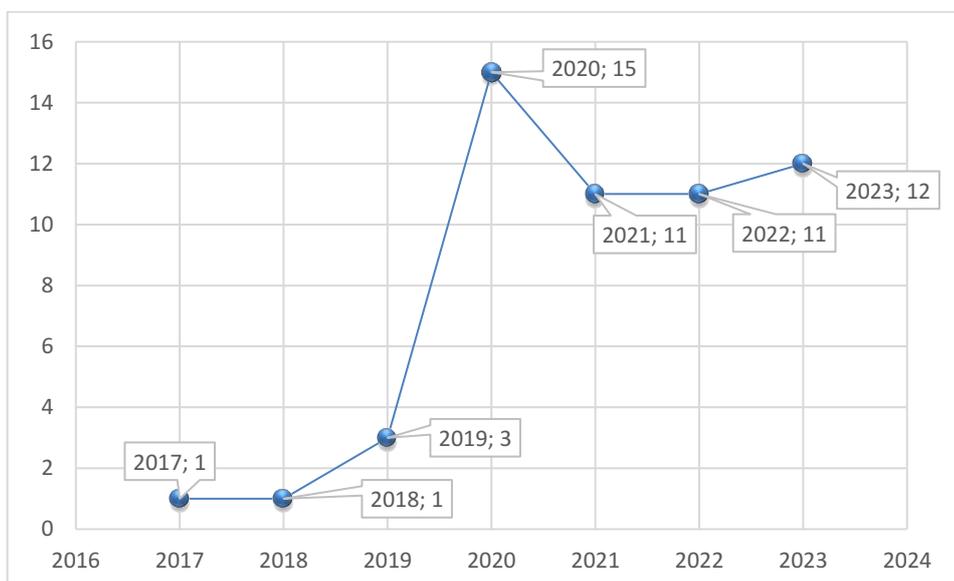
- Curiosidades;
- Definições da tecnologia Blockchain;
- Limitações, barreiras e desafios;
- Modelos de Blockchain;
- Motivadores;
- Requisitos;
- Soluções propostas para as barreiras existentes.
- Tecnologias.

Com isso, obteve-se trechos dos autores do portfólio final de 54 artigos, prosseguindo para o processo de análise bibliométrica, apresentados na próxima seção.

2.2. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A revisão sistemática realizada nesse trabalho identificou o crescente interesse pela BCT com ênfase nas Cadeias de Suprimentos (CS), fundamentando a importância de realizar esse estudo, com o objetivo de compreender o estado da arte do tema. O Gráfico 1 mostra a crescente quantidade de publicações por ano do portfólio analisado, com base nos critérios realizados da busca avançada na plataforma Scopus.

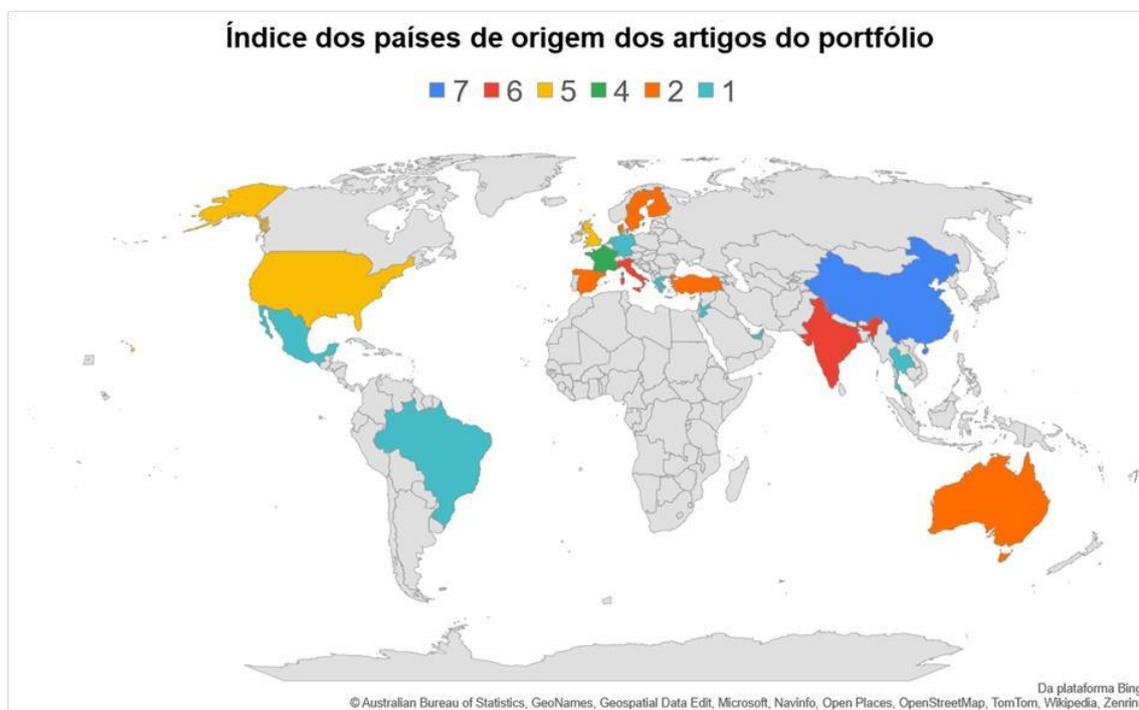
Gráfico 1 – Publicações por ano do portfólio em estudo



Fonte: Autor (2023).

O Gráfico 1 demonstra o movimento de interesse crescente sobre o Blockchain em cadeias de suprimentos, abordando que o tema está em estado emergente e merece atenção de pesquisa.

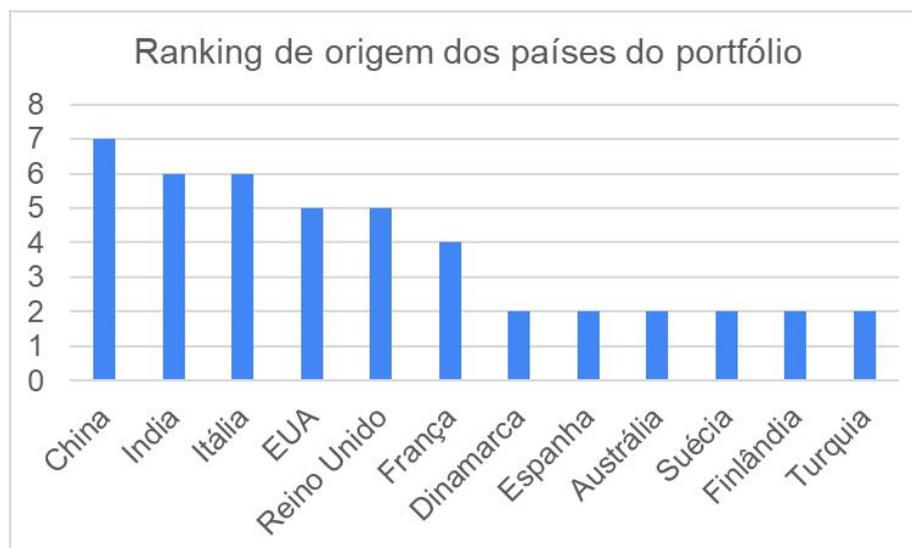
Figura 3 – Ilustração dos países de origem dos artigos do portfólio



Fonte: Autor através da plataforma Bing (2023).

A Figura 3 apresenta os países no mapa mundi representados por cor, sendo sua cor relacionada com sua posição no ranking, como demonstrado pela tabela 1. Desta forma, é possível identificar a necessidade da expansão do tema Blockchain em cadeia de suprimentos para os continentes demonstrando que há ainda uma falta da presença do assunto nos países, principalmente os emergentes.

Gráfico 2 – Ranking de origem dos países do portfólio



Fonte: Autor (2023).

O Gráfico 2 apresenta os países com índice maior ou igual a 2 ocorrências de origem de publicação. Percebe-se que a os países como China, Índia, Itália, Estados Unidos da América (EUA), Reino Unido e França lideram as publicações em comparação aos demais países.

Tabela 1 – Ranking de origem dos países do portfólio

Países	Ranking
China	7
Índia	6
Itália	6
EUA	5
Reino Unido	5
França	4
Dinamarca	2
Espanha	2
Austrália	2
Suécia	2
Finlândia	2
Turquia	2
Jordânia	1
México	1
Tailândia	1
Países Baixos	1
Emirados Árabes Unidos	1
Alemanha	1
Grécia	1
Brasil	1
Hong Kong	1

Fonte: Autor (2023).

Conforme atestado pela Tabela 1, o Brasil encontra-se com apenas 1 publicação de origem, o de Queiroz e Wamba (2019). De acordo com isso, a pesquisa se faz necessária para contribuir com o cenário nacional e para a literatura brasileira.

Tabela 2 – Periódicos dos artigos pertencentes ao portfólio abordado

Periódicos	Ranking
Sustainability (Switzerland) International Journal of Production Research	4
IEEE Access Production Planning and Control	3
Computers and Industrial Engineering IEEE Transactions on Engineering Management International Journal of Information Management International Journal of Production Economics Resources, Conservation and Recycling Robotics and Computer-Integrated Manufacturing Sensors Supply Chain Management Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review	2
Electronic Commerce Research IIM Kozhikode Society and Management Review Information and Management Information Sciences Information Systems Frontiers Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management International Food and Agribusiness Management Review International Journal of Logistics Management International Journal of Logistics Research and Applications International Journal of Operations and Production Management International Transactions in Operational Research Journal of Business Research Journal of Cleaner Production Journal of Engineering and Technology Management - JET-M Journal of Engineering, Design and Technology Journal of Information Technology Case and Application Research Management Research Review Omega (United Kingdom) Operations and Supply Chain Management Operations Management Research Sensors (Basel, Switzerland) Technology Innovation Management Review	1

Fonte: Autor (2023).

A Tabela 2 demonstra uma pluralidade de periódicos interessados no tema, embasando também o interesse do tema sob várias perspectivas.

3. RESULTADOS DA ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

3.1. PROBLEMÁTICAS ATUAIS RELACIONADAS A GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A BCT vem sendo expandida para diversas áreas como sustentabilidade, saúde, energia, comércio e principalmente o segmento agroalimentar (Menon e Jain, 2021). Os sistemas atuais não são capazes de tratar da dinamicidade das CS e principalmente em observar os inúmeros fluxos de informações em tempo real, de forma integrada, segura e sem a necessidade de intermediários no sistema (Kouhizadeh et al, 2021).

Há também os fatores externos que forçam as organizações a buscarem meios mais rigorosos de rastreabilidade para embasar suas procedências e legitimidades. Por exemplo, o caso do setor de gemas e diamantes demonstrado por Gordon et al. (2023), em que os autores por meio de uma proposta de implementação da BCT, expressam os benefícios que poderiam ser proporcionados aos consumidores finais e principalmente aos participantes da cadeia de suprimentos para fornecer provas de que seus diamantes são livres de conflitos.

Os desafios decorrentes das incertezas nas demandas e ofertas nas Cadeias de Suprimentos (CS) também impulsionam a busca por ferramentas que reduzam os riscos para os envolvidos (Choi et al., 2019). A visibilidade nas CS tem o potencial de proporcionar benefícios abrangentes, estimulando o uso eficiente dos recursos, a redução de custos desnecessários, o aumento da produtividade, o aprimoramento do serviço ao cliente e, principalmente, a elevação da responsividade dos parceiros da CS (Rogerson e Parry, 2020).

A orquestração desses processos para alcançar um nível estratégico de competitividade é de suma importância, e a Tecnologia de Blockchain (BCT) possui características fundamentais para superar as ferramentas convencionais de gestão de dados, como embalagens RFID e E-Kanban (Ada et al., 2021). Por exemplo, Gonczol et al. (2020) apresentam um caso de aplicação de Blockchain utilizando plataformas como Ethereum e a InterPlanetary File System (IPFS). Nesse caso apresentado, a organização implementa tokens em cada lote de seus produtos, e esses tokens os acompanham até o consumidor final, gerando informações ao longo

da cadeia e, principalmente, melhorando o nível de serviço ao cliente ao proporcionar transparência sobre seus produtos.

As extensas estruturas nas cadeias de suprimentos (CS) upstream, relacionadas às fases de matéria-prima e produção, frequentemente enfrentam perdas de informações ao longo dos elos. Esses elos da cadeia de suprimentos consistem em dois membros-chave, que vão desde fornecedores até clientes (Aragão et al., 2004).

Essa situação pode ser atribuída tanto à ineficiência na transmissão de informações quanto ao interesse dos participantes da CS em não compartilhar determinadas informações (Sauer et al., 2022). De fato, a visibilidade, confiança e compartilhamento eficaz de informações são deficiências em muitas cadeias de suprimentos, sendo essas deficiências os principais sintomas do surgimento do efeito chicote (Ahmed e MacCarthy, 2021).

Geralmente originado pela busca dos elos em fortalecer suas linhas de produção, o efeito chicote gerado com base em demandas infundadas, acarreta custos significativos para os envolvidos (Esmaeilian et al., 2020). Assim, o intercâmbio diário de informações ao longo da cadeia é crucial (Wamba et al., 2020). Quando essas informações são distorcidas, resultando no efeito chicote, a eficiência da cadeia de suprimentos é drasticamente reduzida, comprometendo também sua capacidade de resposta (Sundarakani et al., 2021).

O rastreamento em tempo real das informações apresenta-se como uma solução para a percepção distorcida da demanda gerada pelo efeito chicote, como discutido por Lim et al. (2021). Os benefícios resultantes da implementação do Blockchain são particularmente desejáveis em casos de assimetria de informações e operações complexas na cadeia de suprimentos (Wamba et al., 2020). Para isso, é de grande importância que as empresas demonstrem seus resultados, a fim de validar as teorias e amadurecer ainda mais a tecnologia.

De fato, a natureza transacional das cadeias de suprimentos as torna uma forte candidata para as soluções oferecidas pela BCT, devido à sua grande necessidade de articular a massa de informações, complexidade dos processos e aos recorrentes problemas gerados no dia a dia de suas atividades (Sauer et al., 2022). Ada et al. (2021) demonstra as diferenças de uma CS sem a BCT e como a BCT poderia ajudar em quesitos problemáticos, como nos casos da dificuldade de rastrear o produto desde sua origem até o consumidor final, a dificuldade de verificar a

conformidade desses produtos e, principalmente, se estão de acordo com os parâmetros desejáveis.

3.1.1 Modelos de Blockchain

O estado da arte propõe três modelos de Blockchain: Público, Privado e de Consórcio (Sauer et al., 2022). Cada um possui acessos, validadores e graus de confiança diferentes entre si.

- Público: Qualquer indivíduo pode acessar a rede, sem restrições de visibilidade (Kouhizadeh et al., 2021). As informações inseridas na rede passam pelo método de consenso, o qual é verificado por mineradores na rede, como Proof of Work ou Proof of Stake (Sauer et al., 2022). Por exemplo o Bitcoin (Agrawal et al., 2021);
- Privado: Apenas participantes autorizados podem acessar a rede, publicar e validar informações inseridas no sistema. Neste caso, validadores são escolhidos entre o grupo seletivo para que faça o método de consenso (Ahmed e Maccarthy, 2021);
- Consórcio/híbridas: Possui uma versatilidade em manejar dados privados e dispor de alguns dados públicos para determinados fins (Menon e Jain, 2021).

Existem algumas problemáticas em relação a estes modelos, a primeira é relacionada ao modelo público, que por motivos de seu modelo de consenso ser realizado por todos da rede, a quantidade de validadores é enorme e acaba gerando os problemas de escalabilidade e desempenho do sistema (Gonczol et al., 2020). Já nos modelos privados é necessário um certo grau de confiança entre os membros para fornecerem a chave de acesso para o sistema (Agrawal et al.; 2021).

Há algumas vantagens em relação à cada modelo a ser implementado. Os modelos públicos possuem vantagem em relação à visibilidade, imutabilidade, governança descentralizada e acesso aberto às transações da rede. Todavia, os modelos privados possuem maior velocidade de processamento dos dados, mais segurança para proteção dos dados. (Danese; Mocelling e Romano, 2021)

Em suma, Gordon et al. (2023) sugere dois segmentos de modelo para Blockchains de características Interorganizacionais: Custódia e Consórcio.

- Os modelos de Custódia são referentes aos casos em que uma organização dominante decide investir na sua cadeia de suprimentos já consolidada, projetando e implementando a BCT para obter uma otimização da rede.
- Os casos de Consórcio são gerenciados por um grupo de organizações, na qual definem as regras de acesso dos demais atores da rede que serão convidados. Ambos os modelos podem gerar acessos totalmente privados ou híbridos.

3.2. DEFINIÇÃO DE BLOCKCHAIN

A tecnologia Blockchain (BCT) é explorada dentro do contexto de um portfólio com nuances de definições na literatura. Isso significa que os autores apresentam compilações diversas de definições sobre a tecnologia, as quais foram sendo atualizadas ao longo dos anos à medida que as pesquisas avançam e os pesquisadores descobrem as potencialidades e limitações dessa ferramenta. Desde a introdução da moeda bitcoin em 2009, a BCT passou por um processo de amadurecimento, sendo considerada uma inovação disruptiva com potencial para transformar processos e modelos de negócios (Tönnissen e Teuteberg, 2020).

No entanto, mesmo diante das variações nas definições, os autores compartilham algumas constantes em suas abordagens. Um exemplo é a comparação da BCT a um livro-razão (do inglês distributed-ledger), no qual são registradas todas as transações, sendo estas únicas. Essas transações são validadas por consenso pelos terminais de computadores descentralizados na rede, possibilitando rastreá-las até a fonte que as inseriu no sistema (Sundarakani; Ajaykumar; Gunasekaran, 2021; Khan et al., 2023; Sauer; Orzes; Giovanna, 2022; Kouhizadeh; Saberi; Sarkis, 2021; Yadlapalli; Rahman; Gopal, 2022).

Contudo, os princípios da BCT a torna diferente de um simples banco de dados, elevando a tecnologia para uma das principais tecnologias emergentes (Perboli; Musso; Rosano, 2018). Essas transações são inseridas em uma cadeia de blocos, as quais são vinculados a seus predecessores por um ponteiro criptográfico, chamados de *hashe's* (Kouhizade et al., 2021). Estes *hashe's* proporcionam a imutabilidade do sistema (Agrawal et al., 2021), criando uma cadeia cronológica que é capaz de identificar qualquer tipo de mudança ao longo dos blocos.

Menon e Jain (2021) complementam a definição da BCT com a de rede ponto a ponto (do inglês peer-to-peer), devido seu gerenciamento ser por uma rede global de computadores ou servidores, também chamados de nós. No entanto, Agrawal et al. (2021) afirmam que para compreender de forma clara a estrutura da BCT e seu mecanismo, deve-se primeiro ter a ciência que ela é composta por pilares: Livro-razão, compartilhamento distribuído, contrato inteligente, permissões e consenso.

Segundo Fosso Wamba et al. (2020), existem 13 características intrínsecas nas definições da BCT nos autores em que ele revisou: Seguro, compartilhado, imutável, descentralizado, distribuído, autenticados, criptografados, de código aberto, incorruptíveis, integrados, publicamente visíveis, cronológicos e por agente. Entretanto, a descentralização completa e a característica de publicamente visíveis são questionadas por alguns atores neste portfólio, e esta característica será melhor discutida na seção de limitações barreiras e desafios do Blockchain.

3.3. TECNOLOGIAS ASSOCIADAS AO BLOCKCHAIN

Para obter uma solução ampla da BCT, as empresas devem investir em ferramentas que apoiem a BCT, como sensores e embalagens inteligentes (Vu et al., 2023). Entretanto, Tsolakis et al. (2021) ressalta que é importante analisar as estruturas de dados já existentes nas organizações, para que a implementação seja realizada de forma integrada. A BCT não é uma tecnologia autônoma, mas sim uma ferramenta com o papel de integrar outras tecnologias que são capazes de alimentar a rede Blockchain com dados fidedignos (como uso de IA, etiquetas inteligentes, IOT e canais de comunicações) (Danese et al., 2021). Por esse motivo, realizou-se a construção do Quadro 1.

Quadro 1 – Tecnologias associadas para o funcionamento da BCT

Tecnologias associadas para o funcionamento da BCT	Autor
Application Programming Interface (API)	Ahmed e Maccarthy (2021); Gordon et al. (2023)
Automação	Gordon et al. (2023) ; Tsolakis et al. (2021);

Inteligência Artificial (IA)	Ahmed e Maccarthy (2021) ; Danese et al. (2021) ; Fosso Wamba et al. (2020)
Infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI) de alto nível	Ada et al. (2021) ; Fosso Wamba et al. (2020) ; Kaur et al. (2022) ; Rogerson e Parry (2020) ; Tsolakis et al. (2021)
Internet	Kaur et al. (2022) ; Rogerson e Parry (2020) ; Tsolakis et al. (2021)
IOT	Ada et al. (2021) ; Ahmed e Maccarthy (2021) ; Casino et al. (2021) ; Compagnucci et al. (2022) ; Danese et al. (2021) ; Dutta et al. (2020) ; Esmaelian et al. (2020) ; Fosso Wamba et al. (2020) ; Gordon et al. (2023) ; Kouhizadeh et al. (2021) ; Menon e Jain (2021) ; Gonczol et al., (2020) ; Gordon et al. (2023) ; Hrouga ; Sbihi e Chavallard (2022) ; Perboli et al. (2018) ; Sengupta et al. (2021) ; Tsolakis et al. (2021) ; Yadlapalli et al. (2022) ;
Rastreamento/Sensores (RFID, Qrcodes, NFC, código de barras)	Agrawal et al. (2021) ; Ahmed e Maccarthy (2021) ; Danese et al. (2021) ; Fosso Wamba et al. (2020) ; Gonczol et al. (2020) ; Gordon et al. (2023) ; Menon e Jain (2021) ; Rogerson e Parry (2020) ; Sauer et al. (2022) ; Sengupta et al. (2021) ; Tsolakis et al. (2021) ; Vu et al. (2023) ;
Smart Contracts (SC)	Agrawal et al. (2021) ; Casino et al. (2021) ; Centobelli et al. (2022) ; Dutta et al. (2020) ; Hrouga et al. (2022) ; Lim et al. (2021) ; Menon e Jain (2021) ; Perboli et al. (2018) ; Sundarakani et al. (2021) ; Tönnissen e Teuteberg (2020) ; Yadlapalli et al. (2022)

Fonte: Autor (2023).

Como demonstrado pelo Quadro 1, as tecnologias IOT, Rastreamento/Sensores e os Smart Contracts são as mais relacionadas em termos de associação com a BCT. Desta forma, as ferramentas serão componentes sugeridas na estrutura final de implementação para projetos pilotos, com o intuito de auxiliar a BCT em suas funcionalidades.

A incorporação das ferramentas tecnológicas atuais com o sistema Blockchain pode promover a proteção dos dados, podendo ser geridos de forma segura contra possíveis ataques de violações de privacidade (Sundarakani et al., 2021). Menon e Jain (2021) também apontam casos de combinações das tecnologias Big Data e Blockchain, para lidar com ações fraudulentas no ramo das CS agroalimentares. O problema apontado por Sauer et al. (2022) em suas entrevistas realizadas, é que uma parcela destas tecnologias possui um sistema heterogêneo de Tecnologia da Informação (TI), no qual a BCT deve promover uma solução integrativa destes dados.

Menon e Jain (2021) traz o caso de investimento da rede Walmart em seu projeto piloto com a IBM, onde a empresa está investindo US\$ 25 milhões para rastrear a CS de mangas. Com a ajuda de sensores inteligentes juntamente com a Internet das Coisas (Traduzido do inglês Internet of Things – IOT), é possível identificar vários quesitos dos produtos, como temperatura, umidade do ambiente, qualidade das frutas e como está sendo o manejo destes produtos ao longo de sua trajetória até chegar ao cliente final. A combinação de tecnologias como IOT e Blockchain estão aprimorando o mundo da logística e seu gerenciamento de dados, gerando vantagens significativas para o âmbito da análise de dados (Casino et al., 2021).

A combinação da IOT com a BCT pode facilmente identificar o caminho de transformação de um produto, produzindo informações de origem e conformidade (ADA et al., 2021). Os dados podem ser rastreados ou transmitidos por etiquetas RFID. Entretanto, o mais comum a ser utilizado são os códigos de barras ou códigos QR, pois são mais baratos que o RFID (Rogerson e Parry, 2020). Identificar a origem dos produtos, principalmente nos casos de produtos sensíveis, como alimentos e medicamentos, é fundamental para um gerenciamento de análise de qualidade (Gonczol et al., 2020).

O rastreamento dos produtos auxiliado pelas tecnologias citadas, pode oferecer informações sobre as condições do produto, adicionar informações pertinentes ao item e também validar estas informações antes que sejam inseridas ao livro-razão da BCT (Agrawal et al., 2021). Os autores complementam a importância destas validações não somente na esfera das tecnologias, mas também na esfera global do livro-razão para evitar falhas como entradas erradas no sistema, podendo ter sido feita por engano ou deliberadamente. Portanto, a internet e a infraestrutura de TI são cruciais que estejam em funcionamento adequado e é um requisito primordial para a implementação da BCT (Kouhizadeh et al., 2021).

Por se tratar de uma tecnologia em estado emergente (Tönnissen; Teuteberg, 2020), identificar as principais ferramentas nas quais a BCT está associada pode oferecer uma base para futuros pesquisadores e partes interessadas. Portanto, no intuito de compor a apresentação da BCT, foi realizado também o Quadro 2, no qual é apresentado softwares e/ou tecnologias que os autores do portfólio recomendam como associações importantes para a expansão da tecnologia.

Quadro 2 – Outros softwares/tecnologias associadas à expansão da BCT

Outros softwares/tecnologias associados à expansão da BCT	Autor
Big data	Fosso Wamba et al. (2020) ; Menon e Jain (2021) ; Sundarakani et al. (2021); Tsolakis et al. (2021)
Câmeras de vigilância	Tsolakis et al. (2021);
EDI	Sauer et al. (2022);
ERP	Rogerson e Parry (2020) ; Sauer et al. (2022) ; Vu et al. (2023) ; Yadlapalli et al. (2022) ;
Machine learning	Ahmed e Maccarthy (2021); Khan et al. (2023)

Fonte: Autor (2023).

Sauer et al. (2022) apresenta sobre o sistema ERP (do inglês Enterprise Resource Planning – planejamento de recursos empresariais) do Quadro 2, salientando que não pode ser confundido com as atribuições propostas pela BCT. Pois, os propósitos de integração dos dados são semelhantes, porém as dimensões de abordagem são totalmente discrepantes. O sistema ERP normalmente está relacionado com os dados geridos por uma organização, já a BCT possui uma esfera maior de cobertura, podendo integrar diversos elos. Portanto, o sistema ERP de cada organização provém a simplificação dos processos de entrada de dados para a o sistema Blockchain, promovendo a integração dos elos, a partir de tecnologias já existentes (Compagnucci et al., 2022)

Os quadros 1 e 2 apresentam tecnologias que foram identificadas nas citações de implementações e apontamentos de uso da ferramenta com o objetivo de demonstrar aos leitores uma visão abrangente das ferramentas que a BCT possui relação. Contudo, pode haver ferramentas que não estão contidas nos quadros deste estudo. Portanto, as ferramentas aqui apresentadas servem como base de estudo no intuito de explorar a BCT.

Conforme bem apontado pelos autores no Quadro 1, resolveu-se criar uma seção destinado aos Smart Contracts, apresentado em sequência.

3.3.1 Smart Contracts

Segundo Agrawal et al. (2021), um dos pilares essenciais da BCT são os contratos inteligentes (traduzido do inglês Smart Contracts – SC). Os smart contracts são programas de computadores que possuem a característica de se auto executarem quando determinadas condições predeterminadas são atingidas na rede. Os SC

fazem parte do sistema Blockchain e possuem acesso aos dados no sistema (Vu; Ghadge; Bourlakis, 2023). Eles são utilizados para realizar transações de ativos entre diferentes usuários da rede, de forma automática e com o intuito de agilizar os processos (Centobelli et al., 2022).

Ao garantir que todos os participantes estão obedecendo as regras, ou seja, os acordos previamente definidos, os SC verificam os pagamentos ou até mesmo realizam as transações bancárias, dependendo da integração do sistema e, tudo isso sem a necessidade de terceiros (Yadlapalli et al., 2022). Os autores ainda complementam os benefícios da tecnologia, que traz soluções para problemas relacionados a falta de visibilidade nos processos, comumente vistos em países do terceiro mundo, eliminando intermediários e fornecendo transações com alta transparência.

Estas automatizações são particularmente úteis para situações de redes complexas de fornecedores. Pois esses contratos, codificados digitalmente, fixam os termos acordados entre os participantes, como obrigações, benefícios e penalidades. Os smart contracts podem organizar finanças, facilitar transações entre diferentes moedas e prevenir riscos de inadimplência. Eles podem ser aplicados em vários elos da CS, como compra, transporte e armazenamento, proporcionando segurança e controle na execução e prevenindo interrupções ao longo da CS. (Lim et al., 2021).

Basicamente, como apontado por Agrawal et al. (2021), os Smart Contracts definem os funcionamentos do ambiente. Quando uma transação é realizada, por exemplo, o envio de um lote de produtos de um elo para outro, esta transação, se acordada previamente, é liberado pelo SC o pagamento para o remetente. (Ahmed e Maccarthy, 2021).

3.4. ANÁLISES RELACIONADAS À IMPLANTAÇÃO DA BCT

Embora a Blockchain (BCT) esteja ainda ganhando maturidade na literatura e nas empresas, identificar os casos já existentes e buscar padrões emergentes é apontado como um caminho valioso por Sauer et al. (2022). Dada a abrangência de aplicação da tecnologia, analisar os casos de erros e acertos em contextos específicos oferece insights sobre o ambiente empresarial, modelos de configuração ideais para setores específicos, regras de engajamento e pré-requisitos necessários para as implementações bem-sucedidas da BCT.

No entanto, Gonczol et al. (2020) destacam que a falta de relatórios pós-implementação piloto das empresas resulta em um atraso na adoção e compreensão total da ferramenta. Essa lacuna é corroborada por Yadlapalli et al. (2022), que confirmam que a ausência de conhecimento sobre a tecnologia dificulta o processo de adoção. Portanto, o compartilhamento de experiências pós-implementação e a disseminação de conhecimentos são essenciais para impulsionar efetivamente a adoção da Blockchain.

3.4.1 Principais implementações do Blockchain em Cadeias de Suprimentos

Como resultado das pesquisas realizadas para elaboração do Quadro 1, são apresentados em sequência os Quadros 3 e 4 de implementações de Smart Contracts e Rastreamentos, respectivamente.

Quadro 3 – Implementações de Smart Contracts

SMART CONTRACTS			
Atores envolvidos no Projeto	Principais áreas/atividades das empresas envolvidas	Principais objetivos e/ou resultados obtidos com a implementação	Autor
Agridigital (plataforma)	Distribuição e transferência de propriedade	Pagamento automatizado por criptomoedas (Agricoin)	(Tönnissen e Teuteberg, 2020)
Atores majoritários (Sustentabilidade)	Supervisão e gerenciamento da CS	Imposição de práticas sustentáveis e identificação de não conformidades dos envolvidos da CS, com o intuito de incentivar a sustentabilidade	Ahmed et al. (2021)
Caso B (empresa multinacional)	Transporte, armazém e alfândega	Automatização de processos sem a interferência humana (Incoterms, termos de pagamento e carta de crédito), com o objetivo de proporcionar mais confiabilidade e gerar eficiência nas atividades	Sundarakani et al. (2021)
Empresa de Gerenciamento de resíduos perigosos	Supervisão e gerenciamento da CS	Exigir critérios de desempenho relacionado à redução de resíduos dos envolvidos da CS	Hrouga et al. (2022)
Sistema de avaliação de crédito	Supervisão e gerenciamento da CS	Coletam avaliações de crédito dos comerciantes por meio dos SM na BCT	Perboli et al. (2018)

Fonte: Autor (2023).

Alguns relatos dos Quadros 3 e 4 possuem o nome da empresa do caso estudado, porém outras são desprovidas de tais informações. Sendo apenas relatados aspectos superficiais do caso implementado.

O caso de sustentabilidade apresentado no Quadro 3 demonstra uma possível solução para situações em que os atores majoritários da CS possuem o intuito de tornar sua cadeia limpa. Fomentando essa ação por caminhos mais rigorosos, se comparados à um simples incentivo formal.

Quadro 4 – Implementações de Rastreabilidade

RASTREABILIDADE			
Atores envolvidos no Projeto	Principais áreas/atividades logísticas das empresas envolvidas	Principais objetivos e/ou resultados obtidos com a implementação	Autor
Demeter	Colheita, produção e armazenamento.	Jornada do produto (vinho) até o consumidor final, com o intuito de verificar autenticidade do produto, aspectos qualitativos da uva e condições de cultivo.	Rogerson e Parry (2020)
CS do arroz	Colheita, produção e distribuição	Monitorar a segurança, qualidade do arroz e aumentar a eficiência da CS	Menon e Jain (2021)
Downstream Beer	Produção, armazém e vendas	Trazer para o cliente informações de processamento, engarrafamento e condições de armazenamento.	Menon e Jain (2021)
Elos Upstream	Colheita, transformação	Identificar e rastrear a madeira em seus estágios iniciais (corte, geolocalização, classe qualitativa, dimensões do produto e outros aspectos)	Ahmed e Maccarthy (2021)
Everledger	Extração e transporte	Confiabilidade e autenticação para o cliente final na compra de pedras preciosas	Gonczol et al. (2020)
Fundação C&A	Gerenciamento	O sistema Blockchain tinha como objetivo armazenar os dados de forma segura e integradora	Ahmed e Maccarthy (2021)
Gogochicken Company	Produção e Qualidade	Através de monitores de tornozelo, a empresa garante a qualidade e segurança tomada em seus animais,	Menon e Jain (2021)

		armazenando dados de nutrição, vacinas, abate, embalagem e testes de segurança alimentar	
Hugo Boss	Gerenciamento	Rastrear o produto ao longo da cadeia e garantir sua autenticidade	Ahmed e Maccarthy (2021)
N elos (Rastreamento de resíduos perigosos)	Coleta, Transporte e descarte	Geolocalizar, efetuar controle de risco, análise de dados	Hrouga et al. (2022)
Produtor (Techrock's)	Produção	Autenticação do produto pelo cliente e geração de valor da marca	Rogerson e Parry (2020)
Provenance	Gerenciamento	Rastrear um moletom ao longo da CS em seu projeto piloto	Ahmed e Maccarthy (2021)
Transportadora e armazém	Transporte, Armazenamento	Temperatura, conformidade	Gordon et al. (2023)
TraSeable	Colheita, transporte, armazenamento e departamento jurídico.	Detalhes das condições do produto desde sua origem até o consumidor final; Pedidos de licença e auditorias de registro.	Rogerson e Parry (2020)
Walmart	Colheita, transporte. Embalagem, atacado/varejo	Temperatura, níveis de umidade e qualidade da fruta	Menon e Jain (2021)

Fonte: Autor (2023).

As implementações apresentadas nos Quadros 3 e 4 são trazidas para demonstrar a pluralidade de aplicações que a BCT pode ser inserida. Algumas delas com a intenção de gerar valor e transparência para o cliente, como os casos da Downstream Beer e da Demeter, quanto para situações regulamentárias e de controle, exemplificado pelos casos da Gogochicken Company e Walmart.

A BCT se mostra nestas aplicações como uma ferramenta integradora, que otimiza os processos, traz visibilidade e principalmente armazena os dados de forma segura. Entretanto, algumas implementações obtiveram dificuldades em seus projetos, barreiras essas que serão trazidas na próxima seção.

3.4.3 Dificuldades na implementação da BCT

A redução das barreiras enfrentadas pode ser reduzida com o apoio de fontes externas como governo, indústrias, universidades e partes interessadas (Kouhizadeh et al. (2021)). O envolvimento de diversos parceiros da CS é crucial para superar a falta de conhecimento sobre a tecnologia. O projeto Trusty é um dos projetos que foi beneficiado pelo apoio de universidades da região da empresa, no qual forneceram

apoio significativo para as barreiras técnicas, gerenciais e jurídicas enfrentadas pela empresa (Compagnucci et al., 2022).

Através da análise do portfólio obtido, o Quadro 5 agrupa as dificuldades registradas no portfólio.

Quadro 5 – Dificuldades relatadas pelos autores nos processos de implementação

Dificuldade relatada	Qual etapa do Processo de implementação	Autores
Barreira organizacional	Pré-adoção e processo de adoção	Dutta et al. (2020) ; Khan et al. (2023) ; Kouhizadeh et al. (2021) ; Lim et al. (2021) ; Sundarakani et al. (2021) ; Vu et al. (2023) ; Tsolakis et al. (2021) ; Yadlapalli et al. (2022)
Barreira inter organizacional	Pré-adoção	Amiri Ara ; Compagnucci et al. (2022) ; Dutta et al. (2020) ; Gonczol et al. (2020) ; Kaur et al. (2022) ; Khan et al. (2023) ; Kouhizadeh et al. (2021) ; Lim et al. (2021) ; Menon e Jain (2021) ; Perboli et al. (2018) ; Paardenkooper e Van Duin (2022) ; Sauer et al. (2022) ; Sundarakani et al. (2021) ; Vu et al. (2023) ; Yadlapalli et al. (2022)
Barreiras tecnológicas	Processo de adoção e operação	Dutta et al. (2020) ; Gonczol et al. (2020) ; Kaur et al. (2022) ; Khan et al. (2023) ; Kouhizadeh et al. (2021) ; Lim et al. (2021) ; Menon e Jain (2021) ; Rogerson e Parry (2020) ; Sauer et al. (2022) ; Sundarakani et al. (2021) ; Vu et al. (2023) ;
Barreiras externas	Processo de adoção	Amiri Ara et al. (2022) ; Dutta et al. (2020) ; Esmaeilian et al. (2020) ; Fosso Wamba et al. (2020) ; Gonczol et al. (2020) ; Kaur et al. (2022) ; Kouhizadeh et al. (2021) ; Menon e Jain (2021) ; Rogerson e Parry (2020) ; Sauer et al. (2022) ; Vu et al. (2023) ; Yadlapalli et al. (2022)
Barreiras de segurança	Pré-adoção, processo de adoção e execução	Danese et al. (2021) ; Dede ; Köseoglu e Yercan (2021) ; Dutta et al. (2020) ; Esmaeilian et al. (2020) ; Fosso Wamba et al. (2020) ; Kaur et al. (2022) ; Khan et al. (2023) ; Kouhizadeh et al. (2021) ; Menon e Jain (2021) ; Rogerson e Parry (2020) ; Vu et al. (2023)
Compartilhamento dos dados (Colaboração e comprometimento)	Pré-adoção e processo de adoção	Compagnucci et al. (2022) ; Gonczol et al. (2020) ; Kaur et al. (2022) ; Kouhizadeh et al. (2021) ; Menon e Jain (2021) ; Rogerson e Parry (2020) ; Vu et al. (2023)
Complexidade da BCT	Pré-adoção e Processo de adoção	Amiri Ara et al. (2022) ; Danese et al. (2021) ; Dutta et al. (2020) ; Fosso Wamba et al. (2020) ; Gonczol et al. (2020) ; Khan et al. (2023) ; Kouhizadeh et al. (2021) ; Rogerson e Parry (2020) ; Sauer et al. (2022) ; Vu et al. (2023) ; Yadlapalli et al. (2022)

Confiabilidade dos dados	Monitoramento	Amiri Ara et al. (2022) ; Compagnucci et al. (2022) ; Danese et al. (2021) ; Esmailian et al. (2020); Gonczol et al. (2020); Rogerson e Parry (2020)
Consumo de energia	Processo de adoção e execução	Esmailian et al. (2020) ; Kouhizadeh et al. (2021); Sauer et al. (2022)
Custos de implementação	Pré-adoção e Processo de adoção	Compagnucii et al. (2022) ; Dutta et al. (2020) ; Kaur et al. (2022) ; Khan et al. (2023) ; Kouhizadeh et al. (2021) ; Menon e Jain et al. (2021) ; Perboli et al. (2018); Rogerson e Parry (2020); Sauer et al. (2022); Vu et al. (2023)
Desempenho do sistema	Execução	Danese et al. (2021) ; Dutta et al. (2020) ; Esmailian et al. (2020) ; Fosso Wamba et al. (2020) ; Gonczol et al. (2020) ; Kouhizadeh et al. (2021) ; Lim et al. (2021) ; Menon e Jain (2021) ; Perboli et al. (2018); Sauer et al. (2022); Sund et al. (2020); Vu et al. (2023)
Estrutura da BCT de forma pública	Processo de adoção e execução	Agrawal et al. (2021) ; Gonczol et al. (2020); Rogerson e Parry (2020); Tönnissen e Teuteberg (2020)
Falta de padronização dos dados e Interoperabilidade	Pré-adoção, Processo de adoção e execução	Compagnucii et al. (2022) ; Danese et al. (2021) ; Dutta et al. (2020) ; Fosso Wamba et al. (2020) ; Gonczol et al. (2020) ; Kaur et al. (2022) ; Kouhizadeh et al. (2021) ; Lim et al. (2021) ; Menon e Jain (2021) ; Rogerson e Parry (2020) ; Sauer et al. (2022) ; Tsolakis et al. (2021); Vu et al. (2023); Yadlapalli et al. (2022)
Falta de incentivo à adoção	Pré-adoção	Fosso Wamba et al. (2020) ; Kaur et al. (2022) ; Kouhizadeh et al. (2021) ; Rogerson e Parry (2020) ; Vu et al. (2023); Yadlapalli et al. (2022)
Futuro da tecnologia	Pré-adoção	Dutta et al. (2020) ; Esmailian et al. (2020) ; Pournader et al. (2020) ; Rogerson e Parry (2020) ; Vu et al. (2023)
Governança	Processo de adoção e execução	Dutta et al. (2020) ; Fosso Wamba et al. (2020) ; Rogerson e Parry (2020) ; Kaur et al. (2022); Menon e Jain (2021); Tsolakis et al. (2021)
Imaturidade da Tecnologia	Pré-adoção	Compagnucci et al. (2022) ; Danese et al. (2021) ; Dutta et al. (2020) ; Esmailian et al. (2020) ; Fosso Wamba et al. (2020) ; Kaur et al. (2022) ; Khan et al. (2023) ; Kouhizadeh et al. (2021) ; Menon e Jain (2021) ; Perboli et al. (2018) ; Rogerson e Parry (2020) ; Sauer et al. (2022); Tsolakis et al. (2021); Yadlapalli et al. (2022)
Relação com as criptomoedas	Pré-adoção	Gonczol et al. (2020)
Smart Contracts	Processo de adoção	Amiri Ara et al. (2022) ; Esmailian et al. (2020) ; Gonczol et al. (2020) ; Menon e Jain (2021) ; Vu et al. (2023)
Trabalhadores especializados	Pré-adoção, Processo de adoção e execução	Gonczol et al. (2020) ; Kaur et al. (2022) ; Khan et al. (2023) ; Vu et al. (2023); Yadlapalli et al. (2022)

Fonte: Autor (2023).

É possível identificar que a fase de Pré-adoção é a que possui mais barreiras relacionadas, seguida das fases de Processo de adoção, Execução e Monitoramento, respectivamente. Estes resultados demonstram a necessidade de atenção para os contatos iniciais com a tecnologia, principalmente a importância da apresentação clara da ferramenta para o público endereçado, de forma que a comunidade interessada saiba realmente quais seus benefícios, como lidar com as dificuldades e quais riscos existem ao implementar a BCT (Khan et al., 2023).

Portanto, a partir das análises até aqui apresentadas, a seção seguinte propõe uma estrutura de apoio às implementações com o objetivo de auxiliar as partes interessadas a obterem sucesso em suas aplicações.

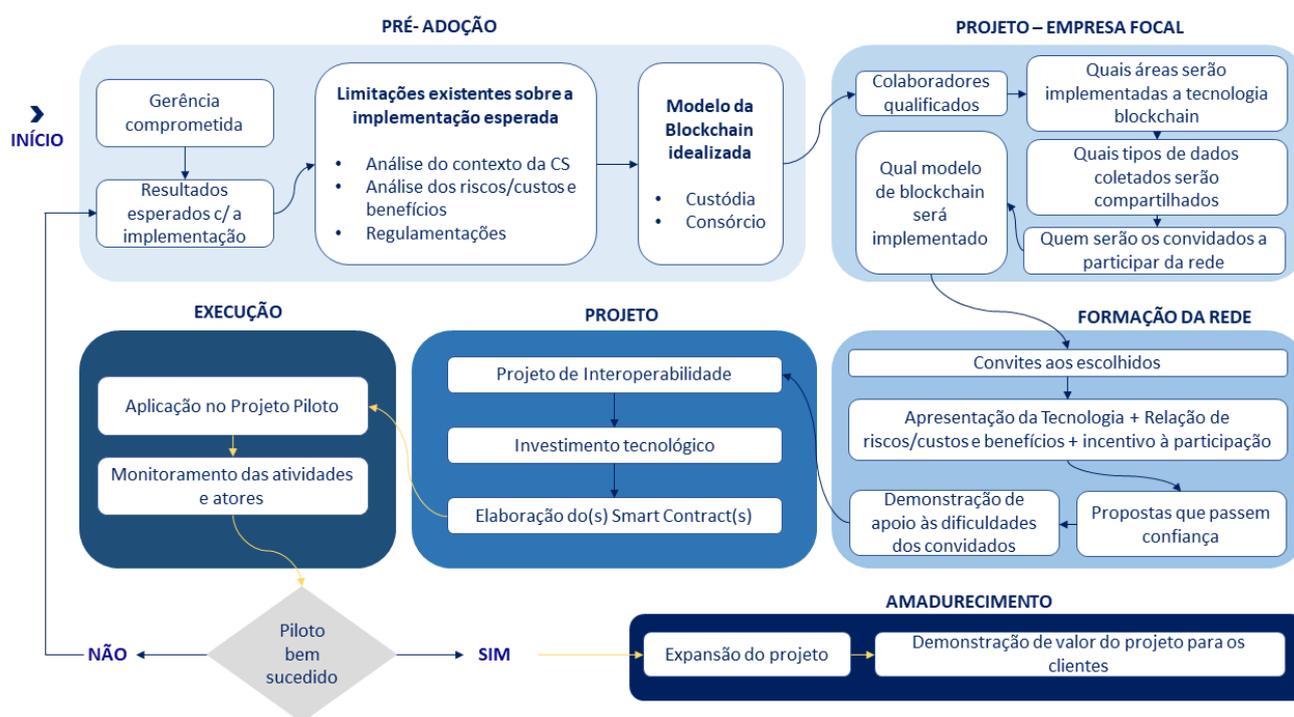
4. PROPOSTA DE FRAMEWORK PARA IMPLEMENTAÇÃO DA BCT.

A partir da análise da literatura sobre as principais implementações e dificuldades encontradas em diversas empresas, propõe-se na Figura 5 uma estrutura para a implementação de um projeto piloto da BCT no âmbito das cadeias de suprimentos.

A definição das fases de aplicação da BCT foram inspiradas com base no artigo de Vu et al. (2023): Pré-adoção, Projeto- Empresa focal, Formação da Rede, Projeto, Execução e Amadurecimento.

A Figura 5 demonstra uma cronologia a ser seguida, embasada pelos autores que compõe o portfólio deste estudo. As seções seguintes são destinadas à explicação das fases da estrutura proposta.

Figura 5 – Estrutura proposta para implementação da BCT para um projeto piloto



Fonte: Autor (2023).

4.1. PRÉ-ADOÇÃO

Nas situações de transformação de uma organização, é de extrema importância que a gerência esteja comprometida para a transição e com experiência

sobre o assunto (Kouhizadeh et al., 2021; Yadlapalli et al., 2022). É válido lembrar que este passo é uma das grandes barreiras mencionadas pelos autores no Quadro 5. Portanto, na estrutura proposta foi inserida como passo 1, devido sua influência nos próximos passos (Khan et al., 2023)

Segundo Tsolakis et al. (2021), as empresas devem em primeiro lugar esquematizar os interesses da implementação da ferramenta, ou seja, quais seus resultados esperados com a BCT.

Em sequência do primeiro passo de esquematização apontado por Tsolakis et al. (2021), Vu et al. (2023) recomenda um passo importante, que é entender o motivo da implementação e quais as limitações, barreiras e desafios presentes sobre o que se espera obter. Por exemplo:

- Quais os riscos, custos e principalmente os benefícios esperados com o projeto;
- De acordo com os resultados esperados, identificar as limitações, lacunas e desafios tecnológicos tanto da parte da BCT quanto às de associação e expansão;
- Barreiras regulamentárias vigentes nos locais de implementação;
- Análise do contexto da Cadeia de Suprimentos alvo do projeto (stakeholders, concorrentes e parceiros).

Ainda na fase de Pré-adoção, seguindo as recomendações de Agrawal et al. (2021) e outras referências (Gonczol et al., 2020; Rogerson e Parry, 2020), a framework proposta possui características híbridas e usa a teoria apresentada por Gordon et al. (2023) para Blockchains de características Interorganizacionais.

A escolha pelos dois modelos de Gordon et al. (2023) é embasada por alguns critérios. Primeiro, os modelos totalmente públicos apresentados na literatura possuem deficiências críticas se relacionado à natureza das Cadeias de Suprimentos. Por exemplo, a exposição de inserção de dados falsos na rede de modelo público da BCT, comprometendo a confiabilidade dos dados (Gonczol et al., 2020), e devido os estudos apresentados por Tönnissen e Teuteberg (2020), no qual demonstram que nove de dez aplicações estudadas por eles foram implementadas de forma privada.

4.2. PROJETO – EMPRESA FOCAL

Na mesma analogia da gerência comprometida em primeiro passo da fase de Pré-adoção, os colaboradores não estão excluídos deste comprometimento e são fatores chave no sucesso da mudança (Vishnubhotla, Pati e Padhi, 2020). Somado a isto, possuir colaboradores altamente qualificados e que possuam conhecimento tecnológico para trabalhar em vários segmentos, fará com que as atividades ocorram com maior eficiência, além de consolidar o projeto para possíveis prestações de apoio a outros atores nas fases seguintes (Kaur et al., 2022; Yadlapalli et al., 2022).

Segundo a esquematização de Agrawal et al. (2021), a próxima etapa é analisar quais as áreas que serão implementadas a BCT; mais adiante, quais os tipos de dados serão coletados e compartilhados; e por último, mas não menos importante, quem serão os participantes que farão parte da rede baseada na BCT (atores). Somente após estas definições, as empresas irão definir o modelo a ser adotado, como serão os acordos para os contratos inteligentes e locais de armazenamento, que serão apresentados nas seções seguintes de Formação da Rede, e Projeto.

Conforme apresentado pelo Quadro 5, as fases iniciais são as que possuem mais dificuldades relatadas. Dado isso, segundo Agrawal et al. (2021) na etapa de Projeto da empresa focal, os autores idealizam um esquema de dados para BCT nas Cadeias de Suprimentos, sugerindo ser dividido em três partes:

- Dados de compartilhamento privado – no qual os principais atores no sistema podem trocar informações de forma segura (dados Business to Business – B2B) e, ao mesmo tempo, promovendo a transparência na rede;
- Dados de compartilhamento público – onde estes dados possuem a intenção de poderem ser acessados por terceiros ou clientes, podendo serem meios de promoção de valor e transparência na rede para um determinado público-alvo;
- Informações de segurança – com o objetivo de proteger dados de vantagem competitiva, assegurando os dados dos envolvidos e potencializando assim a solução para o receio em compartilhamento dos dados competitivos.

Contudo, definir quais dados e os modelos de dados que serão inseridos no sistema não é a única preocupação nesta etapa. É importante estabelecer a frequência de inserção destes dados no sistema (Tsolakis et al. 2021). Pois a exposição dos dados fora do sistema seguro da BCT leva a exposição à possíveis

fraudes e pode gerar sobrecargas no sistema, devido à barreira de desempenho (Danese et al., 2021).

Para fechar a etapa de Projeto da empresa focal, o modelo de Blockchain deve ser escolhido (Privado, público ou híbrido/consórcio), e posteriormente quem serão os usuários que terão acesso e qual será o modelo de governança (Esmaeilian et al., 2020; Tsolakis et al., 2021). Recomenda-se que para a BCT em CS deve haver privacidade e acesso restrito (Agrawal et al. 2021), mas respeitando as regulamentações vigentes (Hrouga et al., 2022; Kaur et al., 2022).

Para concluir a fase de Projeto da empresa focal, o passo de escolha do modelo de blockchain possui o objetivo de fornecer aos leitores a possível abertura de alguns dados de forma pública, caminhando para o cenário de modelo híbrido ou se será totalmente privado. Como salientado anteriormente, Agrawal et al. (2021) recomenda que os dados de vantagem competitiva devem ser armazenados de forma privada para manter a integridade das organizações, porém Rogerson e Parry (2020) trazem os modelos de consórcio como uma solução para compensar os graus hierárquicos das CS, fornecer dados para terceiros e também com o intuito de promover dados de valor para os clientes finais (se este for um dos resultados esperados).

4.3. FORMAÇÃO DA REDE

Nesta seção, há uma barreira fortemente mencionada no Quadro 5 que são as barreiras interorganizacionais, pois um dos motivos das organizações não entrarem na rede baseada na BCT é devido à exposição dos dados de vantagem competitiva (Khan et al. (2023). Por este motivo, o proposto por Rogerson e Parry (2020) na seção anterior, traz uma flexibilidade nas propostas de convites a serem enviadas aos atores alvos.

Criar maneiras de atrair a participação de mais atores é de grande importância, pois o Blockchain aumenta seu desempenho conforme mais elos/organizações fazem parte da rede. (Wamba et al., 2020 ; Kaur et al. 2022 ; Kouhizadeh et al., 2021 ; Rogerson e Parry, 2020 ; Vu et al., 2023 ; Yadlapalli et al., 2022). O incentivo à participação pode ocorrer de duas formas principais:

- Apresentação clara da BCT, explicando as potencialidades, benefícios e riscos para os elos alvos. Mas principalmente demonstrar o retorno

de valor para a marca, que será gerado pela adoção bem-sucedida (Wamba et al., 2020);

- Incentivos por meio de recompensas (Compagnucci et al., 2022).

Segundo Compagnucci et al. (2022), o incentivo por recompensas proporciona, principalmente às empresas de pequeno e médio porte, meios de motivar a empresa a realizar os procedimentos corretos requeridos pela BCT. Por exemplo, registrar lotes de mercadorias, atualizar dados diversos no sistema, respeitar as metodologias e entre outras atividades. Compagnucci et al. (2022) complementa, que as recompensas podem também oferecer apoio financeiro para as empresas que possuem a barreira de custo de implementação, apresentada no Quadro 5.

Segundo Gordon et al. (2023), a distribuição justa de riscos, custos e recompensas proporciona o bom andamento de uma cadeia de suprimentos. Portanto, o convite para a participação deve demonstrar apoio aos endereçados, explicando como será o modelo de governança na rede e principalmente mostrando assistência para a resolução das possíveis barreiras que a empresa convidada possa ter (Khan et al. (2023). Pois partilhar confiança é um requisito do mecanismo de consenso (Tönnissen e Teuteberg, 2020).

4.4. PROJETO

A fase de projetos envolve três passos: Projeto de Interoperabilidade, Investimento Tecnológico e a Elaboração do(s) Smart Contract(s). Contudo, o Quadro 5 demonstra o nível de dificuldade de implementar esta fase, portanto, os esforços da gerência e colaboradores são cruciais nesta etapa (Vishnubhotla, Pati e Padhi, 2020).

Os Smart contracts foram inseridos como passo da estrutura proposta pela sua potencialidade em fornecer para a BCT o ganho de eficiência e confiabilidade (Vu et al., 2023), como já explicado no capítulo 3 deste estudo. Entretanto, é válido lembrar que os SC dependem da arquitetura escolhida para a rede BCT (Menon e Jain (2021). Portanto, ela foi inserida nesta etapa, pois como apresentado na Figura 5, nesta fase o modelo da BCT já foi escolhido e agora os colaboradores responsáveis devem apenas promover a programação do sistema.

O Projeto de Interoperabilidade da BCT, estritamente relacionado com a infraestrutura de TI das empresas envolvidas, deve realizar a integração das tecnologias já existentes (por exemplo, os sistemas ERP's), para que estes sistemas

servam com o propósito de proporcionar a rede uma comunicação clara, inclusiva e tenha as plataformas como fonte de alimentação de dados. (Gordon et al., 2023 ; Kaur et al., 2022 ; Menon e Jain, 2021 ; Tsolakis et al. 2021 ; Yadlapalli et al., 2022).

Em suma, o Investimento tecnológico depende do propósito da implementação da BCT (passo 2 desta Framework proposta). Por exemplo, Danese et al. (2021) traz esta situação com os exemplos de níveis de rastreamento desejado pelas organizações. Se o desejo da gerência é proteger seus produtos de falsificações a jusantes na cadeia, o investimento tecnológico deve procurar meios que façam esta proteção desejada, como as embalagens inteligentes NFC, onde oferecem uma segurança maior contra fraudes. Mas Danese et al. (2021) traz um outro caso, se o desejo da gerência é não oferecer nenhuma proteção, apenas rastrear os produtos de forma simples, os códigos QR podem muito bem atender as necessidades.

Portanto, os resultados desejados influenciam diretamente na necessidade de aquisição de sensores habilitados à IOT, embalagens inteligentes, sistemas auxiliares e afins. Mas é importante ressaltar que para obter uma solução ampla de controle da CS, deve-se inserir um gêmeo digital do produto/lotos no sistema, com a finalidade de proporcionar maior visibilidade para o gerenciamento dos elementos ao longo da CS (Gonczol et al., 2020; Rogerson e Parry, 2020; Vu et al., 2023);

4.5. EXECUÇÃO

Após a sequência propostas de passos, a fase de execução tem o papel apenas de identificar os outputs gerados pelo projeto piloto. O Monitoramento das atividades dos atores envolvidos e a certificação de que todos estão fazendo seu papel são cruciais no projeto piloto da BCT (Esmailian et al., 2020; Perboli et al., 2018; Rogerson e Parry, 2020). As inspeções das funcionalidades desempenhadas no sistema servem também para mapear possíveis custos ou ganhos inesperados no sistema (Kouhizadeh et al., 2021).

O grupo responsável por acompanhar se tudo está ocorrendo como combinado, não deve negligenciar nenhum elo, pois o caso de falhas simples deve ser identificado a tempo de não serem inseridas informações erradas no livro-razão (Agrawal et al., 2021). Por este motivo, Ahmed e Maccarthy (2021) recomendam que a inspeção de monitoramento deve ser terceirizada, para que inspecione todos os elos

de forma imparcial e livre de influências da governança (apoiado também por Danese et al., 2021; Amiri Ara et al., 2022).

4.6. AMADURECIMENTO

Após a análise final do projeto piloto, foi inserido um crivo interrogativo para verificar se o piloto obteve sucesso ou se os passos devem ser repensados novamente. No caso de o projeto piloto não ter obtido êxito ou tenha tido distúrbios gerados por barreiras, recomenda-se retomar os passos de pré-adoção e/ou consultar o estudo de Khan et al. (2023), pois o autor traz uma ampla análise de relações de influência entre as barreiras.

Todavia, caso o projeto tenha sido bem-sucedido, o projeto pode ser expandido para mais áreas de interesse e principalmente demonstrar para o cliente final os benefícios sendo gerados pela aplicação da BCT na CS da empresa, com o intuito de incentivar o cliente à estar disposto a pagar o preço premium dos valores investidos (Compagnucci et al., 2022).

Conforme o sucesso do projeto ser ampliado, Wamba et al. (2020) recomenda que crie uma padronização para a absorção de novos atores na rede, com o propósito de otimizar as atividades e principalmente esquematizar o processo nos Smart Contracts.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

À medida que as tecnologias avançam, a digitalização das cadeias de suprimentos (CS) torna-se uma prática cada vez mais frequente, buscando a integração de diversas ferramentas para obter vantagens competitivas (Sauer et al., 2022). Embora os pagamentos com criptomoedas ainda não estejam diretamente associados às cadeias de suprimentos, a transferência de ativos entre os participantes da rede com base na Tecnologia de Contratos Inteligentes (BCT) é uma possibilidade considerada (Sivula et al., 2021).

O estudo de caso do Walmart, apresentado por Menon e Jain (2021) no Quadro 4, destaca os benefícios significativos ao implementar um projeto piloto na CS de mangas. Sem a adoção da BCT, a empresa levaria 6 dias, 18 horas e 26 minutos para rastrear a localização exata da fazenda irregular. Com a BCT, o mesmo processo levaria aproximadamente 2,2 segundos. Essa integração de tecnologias também pode elevar o nível de serviço oferecido aos clientes finais, permitindo-lhes acessar facilmente informações qualitativas sobre seus produtos (Casino et al., 2021).

O incentivo à participação também é um critério amplamente discutido pelos autores (Wamba et al., 2020; Kaur et al. 2022; Kouhizadeh et al., 2021; Rogerson e Parry, 2020; Vu et al., 2023; Yadlapalli et al., 2022), tais argumentações afirmam que as empresas frequentemente hesitam em abandonar seus modelos operacionais padrão, encontrando desafios na transição. Diante disso, as recomendações feitas pelos autores é que os elos que possuem um interesse mais significativo na adoção da tecnologia devem destacar os benefícios para todos os envolvidos e oferecer suporte às empresas que enfrentam dificuldades na adesão. Um exemplo notável apresentado é o do Walmart, que enviou equipes de implementação para as empresas que pertenciam a sua rede de fornecedores, a fim de auxiliar no processo de adoção da Blockchain.

Dado que os benefícios da BCT são proporcionais à quantidade de atores envolvidos na rede, as organizações devem incentivar a participação de todos os parceiros da CS, desde os menores fornecedores até os de grande porte (Vu et al., 2023). No entanto, Gonczol et al. (2020) apresentam duas barreiras relacionadas a este tema. A primeira é o caso de empresas intencionalmente permanecerem agnósticas à adoção para aproveitar o cenário fragmentado de várias CS, e a segunda

é que, dada a complexidade das CS, a inclusão de todos os envolvidos geraria uma maior complexidade para a tecnologia desempenhar.

Sauer et al. (2022) apontam uma consideração importante, a implementação da BCT se encaixa melhor para cadeias de suprimentos que possuem produtos de médio e alto valor agregado, devido aos altos custos de investimento serem difíceis de serem retornados. Os autores complementam a consideração sobre a recomendação. A BCT também não se encaixa em empresas de produção em massa que almejam o rastreamento individual de suas peças, pois essa ação reforçaria ainda mais a problemática de desempenho da BCT. Dutta et al. (2020) confirma essa visão, indicando a incompatibilidade de escalabilidade da BCT também para setores financeiros devido ao alto volume de troca de informações diárias.

A complexidade em equilibrar descentralização, escalabilidade e segurança é um dos critérios destacados por Perboli et al. (2018). A descentralização, ao exigir validadores ao longo da rede, pode criar gargalos no desempenho do sistema (Sund et al., 2020).

De fato, o problema de latência ainda preocupa muitos autores (Danese et al., 2021; Dutta et al., 2020; Esmailian et al., 2020; Wamba et al., 2020; Gonczol et al., 2020; Kouhizadeh et al., 2021; Lim et al., 2021; Menon e Jain, 2021; Perboli et al., 2018; Sauer et al., 2022; Sund et al., 2020; Vu et al., 2023). No entanto, as empresas estão propondo soluções. Por exemplo, Gonczol et al. (2020) apresentam uma empresa que desenvolveu um hardware que capta informações do produto no modo off-line e só as envia para o sistema após o transporte ser concluído. Os autores complementam ainda com o caso da TradeLens, que incorpora transportadoras globais, afirmando gerir cerca de 10 milhões de eventos e aproximadamente 100 mil documentos a cada semana.

Como demonstrado pelo Quadro 5 de dificuldades relatadas, os aspectos técnicos são uma das barreiras aclamadas pelos autores em seus estudos de caso. Todavia, os interessados em criar projetos de rede baseada na BCT devem também se atentar a outras importâncias, que são: definir a governança do sistema, elencar as funções das partes nas redes e deixar esta estrutura bem clara para os envolvidos que serão convidados à rede, a fim de orientar a fase de monitoramento. Dado isso, os modelos de governança são essenciais para manter o pleno funcionamento da CS em meio às dificuldades, diversidade de motivações e comportamentos (Gordon et al., 2023).

Danese et al. (2021) sublinham a necessidade de inclusão de terceiros para validar as informações inseridas no sistema da BCT no processo de monitoramento. No entanto, essa perspectiva contradiz os benefícios anteriormente mencionados, que enfatizam a capacidade da BCT de operar sem a necessidade de intermediários no sistema. Contudo, a problemática da falha bizantina, conforme mencionada anteriormente por Agrawal et al. (2021), destaca a importância de validadores eficazes no momento do registro no livro-razão.

Tönnissen e Teuteberg (2020) confirmam, a desintermediação efetiva não ocorre em suas análises de casos de aplicações da BCT no âmbito da logística. Pelo contrário, há uma substituição por um novo intermediário, como provedores de serviços logísticos.

Há críticas em relação às recomendações de que os modelos da BCT sejam privados, pois isso poderia ocultar uma das vantagens da tecnologia, que é proporcionar visibilidade, transformando-a apenas em um banco de dados compartilhado (Esmailian et al., 2020; Vu et al., 2023). No entanto, especialistas em Blockchain apresentados por Sauer et al. (2022) afirmam preferir a redução da visibilidade na ferramenta, ao mesmo tempo que potencializam a segurança dos dados como uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes.

Esmailian et al. (2020) levantam outra preocupação sobre o sucesso da BCT: a sustentabilidade sendo afetada pelo aumento do nível de desempenho dos processos industriais, especialmente em relação ao aumento da extração de materiais primários. No entanto, os Smart Contracts podem ser expandidos para questões de sustentabilidade, conforme apontado por Hrouga et al. (2022), onde critérios de eliminação de resíduos podem ser inseridos nesses acordos previamente definidos, incentivando os envolvidos a contribuírem para o meio ambiente.

Os Smart Contracts também apresentam algumas dificuldades, conforme relatado por diversos autores. Menon e Jain (2021) apontam os critérios de rigidez da ferramenta para situações exclusivas. No entanto, Kouhizadeh et al. (2021) e Ahmed e Maccarthy (2021) ressaltam a importância de criar métodos para corrigir dados inseridos erroneamente no sistema, permitindo casos isolados para gerar flexibilidade no livro-razão. Em relação à imutabilidade dos dados, esse benefício pode também acarretar erros, sendo necessário criar mecanismos para corrigi-los. O mesmo princípio pode ser aplicado para situações previamente definidas de exclusividade nos Smart Contracts.

Contudo, Sund et al. (2020) destacam a relação de que o aumento de dados armazenados nos Smart Contracts pode diminuir o desempenho da ferramenta. Isso indica que as ferramentas ainda estão passando por ajustes, e os pesquisadores estão trabalhando para elencar possíveis soluções para a tecnologia, que ainda enfrenta algumas limitações.

6. CONCLUSÃO

A complexidade das cadeias de suprimentos cada dia mais se torna uma árdua tarefa para os analistas promoverem soluções para os problemas gerados pela fragmentação dos elos, ineficiência da comunicação, exposição de dados à ataques cibernéticos, falta de visibilidade e a ausência de integração das ferramentas tecnológicas existentes.

Por essa natureza emaranhada das cadeias de suprimentos, pesquisadores e partes interessadas vem procurando ferramentas e meios de promover soluções para tais problemas. De fato, uma solução bastante discutida e pesquisada nos últimos anos leva a BCT como uma forte candidata de fonte soluções para os mencionados problemas.

Contudo, a ferramenta está em processo de consolidação e está sendo amadurecida pelos acadêmicos, empresários e entusiastas. Neste amadurecimento, as universidades possuem um papel importante nas frentes de tecnologias inovadoras, pois conseguem captar diversas partes interessadas, tanto do lado público quanto do lado privado, oferecendo soluções importantes para as barreiras enfrentadas e principalmente disseminando informações para a comunidade em geral.

A metodologia empregada neste estudo foi realizar uma busca avançada na plataforma Scopus, seguindo a metodologia PRISMA, no qual forneceu um portfólio final de 54 artigos. Todos eles gerados pelos filtros escolhidos pelo autor para que corroborasse para a ênfase da BCT em cadeia de suprimentos.

Desse modo, o presente trabalho identificou as principais implementações apresentadas pelos artigos do portfólio, fornecendo as principais dificuldades relatadas pelos pesquisadores. Como apresentado na seção 3 as principais ferramentas associadas a BCT são as tecnologias IOT, rastreabilidade (embalagens inteligentes e sensores) e os Smart Contracts, ferramentas que prometem principalmente agilizar as transações de ativos entre as partes e promover ganho de eficiência na rede.

Deste modo, é possível identificar que a BCT não é autônoma, mas sim é uma solução integradora para a cadeia de suprimentos, na qual oferece segurança para os dados, promove ganho de visibilidade e com potencial de transformar muitos relacionamentos e processos das cadeias de suprimentos.

Portanto, o presente trabalho apresentou também das dificuldades e desafios das implementações dos autores. Identificando problemas principalmente nas fases iniciais dos projetos piloto. Com isso, criou-se uma fundamentação para estruturar uma proposta de framework, de certo modo detalhada, para apoiar futuras implementações da BCT em cadeia de suprimentos. E sugestões dos autores para promover um estado da arte sobre o tema

Em suma, o sucesso em larga escala da implementação da rede baseada na BCT depende fortemente da digitalização da cadeia de suprimentos, sendo a digitalização a espinha dorsal da ferramenta. Por fim, outros benefícios são agregados ao longo da entrada de novos participantes à rede.

É importante também salientar as possíveis limitações desta pesquisa. Inicialmente, as restrições relacionadas ao portfólio selecionado para o estudo demonstram que o portfólio de artigos que demonstram cases não é exaustivo. Assim, a primeira limitação importante é que a estrutura proposta no trabalho é baseada somente no portfólio estudado. Também, como apresentado por Miguel (2010), um dos problemas da abordagem qualitativa é a interpretação dos dados coletados e analisados, sendo papel do autor do estudo assegurar que estes dados estão corretamente interpretados. Apesar das limitações nas interpretações realizadas pelo autor, passíveis de influências do contexto do pesquisador, o autor deste estudo acredita que as interpretações do assunto se autoajustam no confronto de artigos realizado ao longo da pesquisa, diminuindo possíveis interpretações equivocadas. Portanto, para fins de validação dos entendimentos, o autor sugere o acesso às referências para embasar as interpretações aqui realizadas.

Como futuras pesquisas, espera-se também que outros pesquisadores procurem abordar a estrutura proposta e contribuam com análises empíricas sobre, a fim de validar as informações sugeridas e cooperar para o tema de Blockchain nas cadeias de suprimentos e colaborar para o enriquecimento da literatura nacional e internacional

REFERÊNCIAS

ADA, Nesrin et al. Blockchain technology for enhancing traceability and efficiency in automobile supply chain—a case study. **Sustainability**, v. 13, n. 24, p. 13667, 2021.

AGRAWAL, Tarun Kumar et al. Blockchain-based framework for supply chain traceability: A case example of textile and clothing industry. **Computers & industrial engineering**, v. 154, p. 107130, 2021.

AHMED, Wafaa AH; MACCARTHY, Bart L. Blockchain-enabled supply chain traceability in the textile and apparel supply chain: A case study of the fiber producer, Lenzing. **Sustainability**, v. 13, n. 19, p. 10496, 2021.

AMIRI ARA, Rashid; PAARDENKOOOPER, Klara; VAN DUIN, Ron. A new blockchain system design to improve the supply chain of engineering, procurement and construction (EPC) companies—a case study in the oil and gas sector. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 20, n. 4, p. 887-913, 2022.

ARAGÃO, Andréa Barcellos de et al. Modelo de análise de cadeias de suprimentos: fundamentos e aplicação às cadeias de cilindros de GNV. **Gestão & Produção**, v. 11, p. 299-311, 2004.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos-: Logística Empresarial**. Bookman editora, 2009.

BEKRAR, Abdelghani et al. Digitalizing the closing-of-the-loop for supply chains: A transportation and blockchain perspective. **Sustainability**, v. 13, n. 5, p. 2895, 2021.

BOWERSOX, Donald J. et al. **Gestão logística da cadeia de suprimentos**. AMGH Editora, 2013.

CASINO, Fran et al. Blockchain-based food supply chain traceability: a case study in the dairy sector. **International journal of production research**, v. 59, n. 19, p. 5758-5770, 2021.

CENTOBELLI, Piera et al. Blockchain technology for bridging trust, traceability and transparency in circular supply chain. **Information & Management**, v. 59, n. 7, p. 103508, 2022.

CHOI, Tsan-Ming et al. The mean-variance approach for global supply chain risk analysis with air logistics in the blockchain technology era. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 127, p. 178-191, 2019.

COMPAGNUCCI, Lorenzo et al. Uncovering the potential of blockchain in the agri-food supply chain: An interdisciplinary case study. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 65, p. 101700, 2022.

DANESE, Pamela; MOCELLIN, Riccardo; ROMANO, Pietro. Designing blockchain systems to prevent counterfeiting in wine supply chains: a multiple-case study. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 41, n. 13, p. 1-33, 2021.

DEDE, Sevda; KÖSEOĞLU, Mesut Can; YERCAN, H. Funda. Learning from early adopters of blockchain technology: A systematic review of supply chain case studies. **Technology Innovation Management Review**, 2021.

DUTTA, Pankaj et al. Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. **Transportation research part e: Logistics and transportation review**, v. 142, p. 102067, 2020.

ESMAEILIAN, Behzad et al. Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 163, p. 105064, 2020.

FLEURY, Paulo Fernando. Supply Chain Management: conceitos, oportunidades e desafios da implementação. **Revista Tecnológica**, v. 4, n. 30, p. 25-32, 1999.

GONCZOL, Peter et al. Blockchain implementations and use cases for supply chains-a survey. **Ieee Access**, v. 8, p. 11856-11871, 2020.

GONÇALO, Camila et al. Planejamento e execução de revisões sistemáticas da literatura. **Brasília Med**, v. 49, n. 2, p. 104-110, 2012.

GORDON, Steven R. et al. Blockchain adoption in the supply chain—a game theoretic perspective: the case of the diamond industry. **Journal of Information Technology Case and Application Research**, v. 25, n. 3, p. 241-276, 2023.

HROUGA, Mustapha; SBIHI, Abdelkader; CHAVALLARD, Marc. The potentials of combining Blockchain technology and Internet of Things for digital reverse supply chain: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 337, p. 130609, 2022.

JUM'A, Luay. The role of blockchain-enabled supply chain applications in improving supply chain performance: the case of Jordanian manufacturing sector. **Management Research Review**, 2023.

KAUR, Jaspreet et al. Barriers to blockchain adoption for supply chain finance: the case of Indian SMEs. **Electronic Commerce Research**, p. 1-38, 2022.

KHAN, Shahbaz et al. Barriers to blockchain technology adoption in supply chains: the case of India. **Operations Management Research**, p. 1-16, 2023.

KOETSIER, J. Blockchain beyond bitcoin: How Blockchain will transform business in 3–5 years. **Mobile economist**, v. 14, 2017. Disponível em: <https://www.inc.com/john-koetsier/how-blockchain-will-transform-business-in-3-to-5-years.html>. Acesso em: 20/10/2023.

KOUHIZADEH, Mahtab; SABERI, Sara; SARKIS, Joseph. Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers. **International journal of production economics**, v. 231, p. 107831, 2021.

LAMBERT, Douglas M.; STOCK, James R. **Strategic logistics management**. Homewood, IL: Irwin, 1993.

LIM, Ming K. et al. A literature review of blockchain technology applications in supply chains: A comprehensive analysis of themes, methodologies and industries. **Computers & industrial engineering**, v. 154, p. 107133, 2021.

MENON, Sheetal; JAIN, Karuna. Blockchain technology for transparency in agri-food supply chain: Use cases, limitations, and future directions. **IEEE Transactions on Engineering Management**, 2021.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick et al. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. 2010.

MOHER, David et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **International journal of surgery**, v. 8, n. 5, p. 336-341, 2010.

PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **International journal of surgery**, v. 88, p. 105906, 2021.

PERBOLI, Guido; MUSSO, Stefano; ROSANO, Mariangela. Blockchain in logistics and supply chain: A lean approach for designing real-world use cases. **IEEE Access**, v. 6, p. 62018-62028, 2018.

PORTER, Michael E. et al. How information gives you competitive advantage. 1985.

POURNADER, Mehrdokht et al. Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 7, p. 2063-2081, 2020.

QUEIROZ, Maciel M.; WAMBA, Samuel Fosso. Blockchain adoption challenges in supply chain: An empirical investigation of the main drivers in India and the USA. **International Journal of Information Management**, v. 46, p. 70-82, 2019.

ROGERSON, Michael; PARRY, Glenn C. Blockchain: case studies in food supply chain visibility. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 25, n. 5, p. 601-614, 2020.

SAUER, Philipp C.; ORZES, Guido; CULOT, Giovanna. Blockchain in supply chain management: a multiple case study analysis on setups, contingent factors, and evolutionary patterns. **Production Planning & Control**, p. 1-16, 2022.

SAHOO, Saumyaranjan et al. Strengthening Supply Chain Visibility With Blockchain: A PRISMA-Based Review. **IEEE Transactions on Engineering Management**, 2022.

SENGUPTA, Tuhin et al. Disruptive technologies for achieving supply chain resilience in COVID-19 era: An implementation case study of satellite imagery and blockchain technologies in fish supply chain. **Information Systems Frontiers**, p. 1-17, 2021.

SIVULA, Ari; SHAMSUZZOHA, Ahm; HELO, Petri. Requirements for blockchain technology in supply chain management: An exploratory case study. 2021.

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

SUNDARAKANI, Balan; AJAYKUMAR, Aneesh; GUNASEKARAN, Angappa. Big data driven supply chain design and applications for blockchain: An action research using case study approach. **Omega**, v. 102, p. 102452, 2021.

TÖNNISSEN, Stefan; TEUTEBERG, Frank. Analysing the impact of blockchain-technology for operations and supply chain management: An explanatory model drawn from multiple case studies. *International Journal of Information Management*, v. 52, p. 101953, 2020.

VIOTTI, Bruna Mariani. Tecnologia blockchain no rastreamento de cargas na cadeia de suprimentos. 2021.

VISHNUBHOTLA, Anil Kumar; PATI, Rupesh Kumar; PADHI, Sidhartha S. Can projects on blockchain reduce risks in supply chain management?: An oil company case study. **IIM Kozhikode Society & Management Review**, v. 9, n. 2, p. 189-201, 2020.

VU, Nam; GHADGE, Abhijeet; BOURLAKIS, Michael. Blockchain adoption in food supply chains: A review and implementation framework. **Production Planning & Control**, v. 34, n. 6, p. 506-523, 2023.

WAMBA, Samuel Fosso; QUEIROZ, Maciel M.; TRINCHERA, Laura. Dynamics between blockchain adoption determinants and supply chain performance: An empirical investigation. **International Journal of Production Economics**, v. 229, p. 107791, 2020.

YADLAPALLI, Aswini; RAHMAN, Shams; GOPAL, Pinapala. Blockchain technology implementation challenges in supply chains—evidence from the case studies of multi-stakeholders. **The International Journal of Logistics Management**, v. 33, n. 5, p. 278-305, 2022.