

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA
TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN* NA CADEIA DE SUPRIMENTOS**

BRUNO SALES SALVADOR

ORIENTADOR: PROF. DR. ALEXANDRE TADEU SIMON

PIRACICABA

2021

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA IMPLEMENTAÇÃO
DA TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN* NA CADEIA DE
SUPRIMENTOS**

BRUNO SALES SALVADOR

ORIENTADOR: PROF. DR. ALEXANDRE TADEU SIMON

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

PIRACICABA

2021

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP
Bibliotecário: Fábio Henrique dos Santos Corrêa – CRB: 8/10150

S182p Salvador, Bruno Sales
Proposta de um método para implementação da tecnologia
blockchain na cadeia de suprimentos / Bruno Sales Salvador. –
2021.
134 fls.; il.; 30 cm.

Orientador (a): Prof. Dr. Alexandre Tadeu Simon.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Metodista de
Piracicaba, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção, Piracicaba, 2021.

1. Blockchain. 2. Cadeia de Suprimentos. 3. Método de
implementação. I. Simon, Alexandre Tadeu. II. Título.

CDD – 658.78

PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN* NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

BRUNO SALES SALVADOR

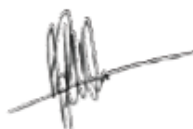
Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 29 de outubro de 2021,
pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:



Prof. Dr. Alexandre Tadeu Simon - PPGE/UNIMEP
Orientador e Presidente



Prof. Dr. Remo Augusto Padovezi Filleti - PPGE/UNIMEP



Prof. Dr. Antônio Carlos Pacagnella Júnior - UNICAMP

A todos aqueles curiosos, que dedicam seu curto tempo de vida terrestre na busca por conhecimento e sabedoria.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Andressa e ao meu filho Luca, pelo amor irrestrito e incondicional.

Ao meu pai José Carlos (*in memoriam*), por ser meu espelho de vida.

À minha mãe Mari e meus irmãos Filipe e Rodrigo, pelas conversas, ensinamentos e experiências de vida.

Ao professor Alexandre Tadeu Simon pela amizade e sabedoria em todas as vezes que me orientou.

Aos bons professores da UNIMEP, pelo auxílio e incentivo na minha jornada de busca por conhecimento.

Aos funcionários da FEAU, em especial à Marta Helena T. Braglaglia, sem auxílio dos quais não seria possível o progresso da instituição.

À empresa pesquisada no estudo, que se dispôs, de bom grado, a colaborar em sua realização.

A todos os amigos, que proporcionaram momentos especiais ao longo de minha jornada de aprendizado e estudos.

À UNIMEP, pela bolsa de estudos concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Brasil, pelo apoio realizado neste trabalho.

Agir, eis a inteligência verdadeira. Serei o que quiser. Mas tenho que querer o que for. O êxito está em ter êxito, e não em ter condições de êxito. Condições de palácio tem qualquer terra larga, mas onde estará o palácio se não o fizerem ali?

Fernando Pessoa

SALVADOR, Bruno Sales. ***Proposta de um método para Implementação da Tecnologia Blockchain na Cadeia de Suprimentos. 2021.*** 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, SP.

RESUMO

A cadeia de suprimentos tem se consolidado como área de grande importância em relação à coordenação e integração das atividades entre empresa, clientes e fornecedores. Essa integração apoia-se em um fluxo intenso de informações e depende do seu compartilhamento, confiabilidade e rastreabilidade de forma segura, permitindo que seja possível verificar sua autenticidade e integridade a qualquer momento. A tecnologia Blockchain é uma solução adequada para esse desafio, pois oferece um único e imutável registro de dados que pode ser acessado somente por quem tenha permissão. Isto torna-se possível porque a tecnologia provê uma forma de armazenamento e distribuição de dados segura e descentralizada. Apesar das vantagens para a cadeia de suprimentos, poucas organizações a implementaram, pois por se tratar de tema recente, estas hesitam em comprometer recursos na investigação de aplicações potenciais. Isso decorre, principalmente, da falta de ferramentas ou métodos estruturados para sua implementação. A literatura apresenta propostas de métodos para implementação da Blockchain na cadeia de suprimentos, no entanto, cada uma contempla etapas diferentes e elementos específicos, sem convergência. O objetivo deste trabalho é propor um método sistematizado para implementação da Blockchain na cadeia de suprimentos que contemple todas as etapas e elementos apresentados nos métodos existentes. Foram identificadas e analisadas as propostas existentes, e detalhados e agrupados os elementos e etapas que as compõem. Foi conduzido um estudo de caso em uma empresa multinacional fornecedora de tecnologia e serviços e os resultados mostraram que a empresa poderia ter encurtado o caminho na implementação caso utilizasse o método aqui proposto. Esta pesquisa contribui para o desenvolvimento da teoria sobre Blockchain pois identifica e analisa de

forma detalhada os métodos de implantação atualmente disponíveis na literatura. A contribuição para a prática está na proposta de um método sistematizado que contempla elementos relevantes para a implantação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos.

PALAVRAS-CHAVE: *Blockchain*, Cadeia de Suprimentos, Método de implementação.

SALVADOR, Bruno Sales. **Proposal of a method for *Implementing Blockchain Technology in the Supply Chain***. 2021. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, SP.

ABSTRACT

The supply chain has been consolidated as an area of great importance regarding the coordination and integration of activities between the company, customers and suppliers. This integration is supported by an intense flow of information and depends on its sharing, reliability and secure traceability, allowing it to be possible to verify its authenticity and integrity anytime. Blockchain technology is an adequate solution to this challenge, as it offers a single and unchanging data record that can only be accessed by those who have permission. This is made possible because this technology provides a secure and decentralized way of storing and distributing data. Despite the advantages of Blockchain technology in the supply chain, few organizations have implemented it. As it is a recent topic, organizations are hesitant to commit resources to the investigation of potential practical applications. Research indicates that this is mainly due to the lack of tools or structured methods for its implementation. The literature presents proposals for methods to implement the Blockchain technology in the supply chain, however, each one contemplates different stages and specific elements, without convergence. The objective of this work is to propose a systematized method for implementing the Blockchain technology in the supply chain that includes all the necessary steps and elements presented in the existing methods. Proposals of existing methods were identified, analyzed, detailed and grouped together with all the elements and steps that compose them. A case study was conducted in a multinational technology and services provider company and the results showed that the company could have shortened the path in the implementation if it had used the method proposed here. This research contributes to the development of Blockchain theory as it identifies and analyzes in detail the implementation

methods currently available in the literature. The contribution to the practice is the proposal of a systematized method that includes relevant elements for the implementation of Blockchain technology in the supply chain.

KEYWORDS: *Blockchain, Supply Chain, Implementation, Method.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CS – Cadeia de Suprimentos

DLT – *Distributed Ledger Technology* (“Tecnologia de Registro Distribuído”, em português)

EDI – *Electronic Data Interchange* (“Intercâmbio Eletrônico de dados”, em português)

IoT – *Internet of Things* (“Internet das coisas”, em português)

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

PoA – *Proof-of-Authority* (“Prova de autoridade”, em português)

PoS – *Proof-of-Stake* (“Prova de participação”, em português)

PoW – *Proof-of-Work* (“Prova de trabalho”, em português)

RFID – *Radio Frequency Identification* (“Identificação por radiofrequência”, em português)

RSL – Revisão Sistemática da Literatura

TI – Tecnologia da Informação

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Representação de uma rede <i>peer-to-peer</i> | 8 |
| Figura 2: Cadeia cronológica de blocos identificados e vinculados | 9 |
| Figura 3: Modelos de privacidade (tradicional e novo)..... | 11 |
| Figura 4: Processos da cadeia de suprimentos | 14 |
| Figura 5: Cadeia de Suprimentos interna e externa..... | 15 |
| Figura 6: Estrutura da Cadeia de Suprimentos Externa..... | 17 |
| Figura 7: Classificação da Pesquisa | 32 |
| Figura 8: Fases da abordagem metodológica..... | 33 |
| Figura 9: Estágios da Revisão Sistemática da Literatura (RSL)..... | 34 |
| Figura 10: Processo de RSL para busca de métodos de implementação..... | 35 |
| Figura 11: Etapas para condução do estudo de caso | 43 |
| Figura 12: Representação esquemática do método sistematizado de implementação da tecnologia <i>Blockchain</i> na cadeia de suprimentos | 48 |
| Figura 13: Categorias e tipos de informações capturadas em diferentes partes da cadeia | 61 |
| Figura 14: Estrutura de dados de contas | 67 |
| Figura 15: Estrutura de dados de transações | 68 |
| Figura 16: Estrutura de dados logísticos..... | 69 |
| Figura 17: Nível de aderência das características intrínsecas de acordo com o respondente | 76 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Trabalhos publicados por ano que apresentam ou contribuem na formulação de um método de implementação de <i>Blockchain</i> | 45 |
|--|----|

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1: Trabalhos selecionados quanto a implementação da Blockchain . | 36 |
| Quadro 2: Trabalhos que contribuem para a idealização de um método de implementação da Blockchain na cadeia de suprimentos..... | 40 |
| Quadro 3: Tecnologias complementares e respectivas referências..... | 41 |
| Quadro 4: Elementos identificados nos métodos de implementação da <i>Blockchain</i> encontrados na literatura | 46 |
| Quadro 5: Matriz de escolha de sistemas de Blockchain por atributos | 55 |
| Quadro 6: Fatores de risco, suas causas e estratégias de mitigação em relação a terceiros, fornecedores e integração do sistema escolhido..... | 57 |
| Quadro 7: Fatores de risco, suas causas e estratégias de mitigação em relação à conformidade da solução/sistema escolhida em relação a padrões e regulamentação do sistema de informações | 57 |
| Quadro 8: Fatores de risco, suas causas e estratégias de mitigação para questões cibernéticas e de informação..... | 58 |
| Quadro 9: Fatores de risco, suas causas e estratégias de mitigação para arquitetura e design de dados..... | 58 |
| Quadro 10: Fatores utilizados no cálculo de custos, por categoria | 63 |
| Quadro 11: Desvantagens evitáveis baseado no método proposto | 95 |

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|------------|
| 1. | INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. | CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA..... | 1 |
| 1.2. | OBJETIVOS | 4 |
| 1.3. | ABORDAGEM METODOLÓGICA | 5 |
| 1.4. | DELIMITAÇÃO | 6 |
| 1.5. | ESTRUTURA DO TRABALHO..... | 6 |
| 2. | REVISÃO DA LITERATURA | 7 |
| 2.1. | TECNOLOGIA <i>BLOCKCHAIN</i> | 7 |
| 2.2. | CADEIA DE SUPRIMENTOS..... | 12 |
| 2.3. | TECNOLOGIA <i>BLOCKCHAIN</i> APLICADA NA CADEIA DE SUPRIMENTOS | 19 |
| 2.3.1. | APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA..... | 19 |
| 2.3.2. | TECNOLOGIAS COMPLEMENTARES..... | 21 |
| 2.3.3. | VANTAGENS E DESAFIOS DA APLICAÇÃO DA <i>BLOCKCHAIN</i> | 25 |
| 2.3.4. | PERSPECTIVAS FUTURAS..... | 29 |
| 3. | METODOLOGIA | 31 |
| 3.1. | CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA..... | 31 |
| 3.2. | ABORDAGEM METODOLÓGICA | 32 |
| 3.2.1. | FASE 1 – REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL) | 33 |
| 3.2.2. | FASE 3 – ESTUDO DE CASO | 42 |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 45 |
| 4.1. | MÉTODOS EXISTENTES E ELEMENTOS IDENTIFICADOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA <i>BLOCKCHAIN</i> | 45 |
| 4.2. | MÉTODO SISTEMATIZADO DE IMPLEMENTAÇÃO DA <i>BLOCKCHAIN</i> NA CADEIA DE SUPRIMENTOS | 46 |
| 4.2.1. | LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES E DECISÃO DE ADOÇÃO PELA ORGANIZAÇÃO. 48 | |
| 4.2.2. | SELEÇÃO DE PLATAFORMA APROPRIADA À ORGANIZAÇÃO | 53 |
| 4.2.3. | AVALIAÇÃO E MITIGAÇÃO DE RISCOS INERENTES À ADOÇÃO..... | 56 |
| 4.2.4. | SELEÇÃO DE ÁREAS DE APLICAÇÃO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS | 59 |
| 4.2.5. | CUSTOS CORRELACIONADOS À <i>BLOCKCHAIN</i> NA CADEIA DE SUPRIMENTOS | 61 |
| 4.2.6. | ESTRUTURAÇÃO DE REGISTRO DE DADOS..... | 64 |
| 4.3. | ROTEIRO DE CONDUÇÃO DO MÉTODO | 70 |
| 4.4. | ESTUDO DE CASO APLICADO..... | 73 |
| 4.4.1. | ASPECTOS MACRO DA EMPRESA E DO RESPONDENTE | 73 |
| 4.4.2. | ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MÉTODO PROPOSTO E O MÉTODO UTILIZADO PELA EMPRESA | 74 |
| 4.4.2.1. | FATORES INTRÍNSECOS..... | 74 |
| 4.4.2.2. | FATORES EXTRÍNSECOS..... | 82 |
| 4.4.2.3. | FATORES BASE..... | 90 |
| 4.4.2.4. | SÍNTESE DOS ACHADOS NO ESTUDO DE CASO | 94 |
| 5. | CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 96 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 99 |
| | APÊNDICE I – ROTEIRO DA ENTREVISTA CONDUZIDA NO ESTUDO DE CASO | 111 |

APÊNDICE II – MATRIZ DE CATEGORIZAÇÃO DAS REFERÊNCIAS POR PERÍODO .. 119

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a contextualização do trabalho, a justificativa, o problema de pesquisa, o objetivo, as delimitações e a estrutura geral da dissertação.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

A colaboração entre empresas tem assumido um nível de relevância cada vez maior. As organizações têm vivenciado um ambiente de negócios altamente competitivo e dinâmico, tornando-se cada vez mais difícil atender às exigências competitivas isoladamente (PRAHALAD E KRISHNAN, 2008). Este cenário exige que as empresas adquiram habilidades na tomada de decisões no que tange à integração e sinergia de fornecedores e clientes, possibilitando garantir a manutenção de sua vantagem competitiva ao longo do tempo (MELLAT-PARAST e SPILLAN, 2014).

Lambert *et al.* (1998) destacam que a visão de competição de mercado “entre diferentes empresas” deve ser substituída pela visão da competição “entre diferentes cadeias de suprimentos”. Esta afirmação é endossada pelo fato de que crescem os relatos de aumento das vantagens competitivas para empresas que realizam o gerenciamento sistêmico da rede de relacionamentos (BEAMON, 1998).

Segundo Lummus *et al.* (2001), a cadeia de suprimentos contempla todo esforço envolvido na produção e entrega de um produto, desde o fornecedor do fornecedor até o cliente do cliente incluindo o gerenciamento da oferta e da demanda, o fornecimento de matérias-primas e peças, a fabricação e montagem, o armazenamento e rastreamento de estoque, a entrada de pedidos e gerenciamento de pedidos, e a distribuição em todos os canais e entrega ao cliente.

Schrauf e Berttram (2016) afirmam que a cadeia de suprimentos tem se consolidado como uma área de grande importância no que se refere à coordenação das atividades entre a empresa, seus clientes e fornecedores. Bowersox *et al.* (2014) salientam que a maior integração da cadeia de suprimentos consolida-se cada vez mais como elemento chave de inúmeras empresas, pois permite que os produtos fabricados atendam a diferentes especificações e sejam entregues a consumidores espalhados por todo o mundo.

Dado o fluxo intenso de informações, um fator essencial na cadeia de suprimentos é a habilidade das empresas em compartilhar conhecimento e informações de forma eficaz, eficiente e segura, sobre um produto ou processo entre os membros da cadeia (YU *et al.*, 2018). A possibilidade de rastreamento do histórico da transação entre um remetente e um consumidor em toda a cadeia de suprimentos é um ponto chave (ZAGURSKIY e TITOVA, 2019). Kshetri (2017) explica que um dos desafios presentes na cadeia de suprimentos é a falta de visibilidade das informações entre seus membros. Outro é a falta de confiança e segurança entre estes, gerando um fluxo inapropriado de informações e um gerenciamento de riscos inadequado. Assim, para que haja um bom nível de integração da cadeia de suprimentos é necessário encontrar uma maneira de compartilhar informação de forma segura e que possibilite a qualquer momento checar sua autenticidade e integridade.

Para Longo *et al.* (2019), a tecnologia Blockchain é uma solução adequada para esses desafios, pois ela oferece um único e imutável registro de dados que pode ser acessado por quem tenha permissão. Isto é possível uma vez que esta tecnologia provê uma forma de armazenamento e distribuição de dados de maneira segura e descentralizada (GROMOV e LAMMI, 2017).

O desenvolvimento da tecnologia Blockchain ocorreu para assegurar a validade e a segurança da criptomoeda bitcoin (NAKAMOTO, 2008). Esta tecnologia pode ser definida como um livro razão que grava transações entre partes de forma verificável e permanente (PERBOLI *et al.*, 2018). Contudo, seu

uso transpôs sua aplicação para além da tarefa para a qual foi criada e, além da cadeia de suprimentos, tem atraindo diferentes áreas, com possíveis aplicações no setor de finanças, saúde, manufatura e logística (AL-JAROODI e MOHAMED, 2019).

Na cadeia de suprimentos, Azzi *et al.* (2019) afirmam que a tecnologia Blockchain reduz fraudes, erros e demoras. Isso é possível porque esta tecnologia tem a capacidade de proporcionar dados imutáveis com acessibilidade pública, e ainda possibilitar o incremento de eficiência, confiabilidade e transparência por toda a cadeia (PERBOLI *et al.*, 2018; FIGORILLI *et al.*, 2018). Além disso, essa tecnologia tem potencial de estabelecer colaboração e confiança na cadeia de suprimentos, bem como aumentar seu desempenho por meio da minimização de consequências negativas geradas por assimetria de informação, pela baixa acuracidade de dados ou mesmo por má conduta, evitando manipulação de dados (LONGO *et al.*, 2019).

Se bem implementada, a tecnologia Blockchain melhora a quantidade, qualidade e acesso à informação, e ainda assegura a rastreabilidade ao longo de toda a cadeia de suprimentos com transparência de informações. Todas essas vantagens ajudam na redução de fraudes e erros, mitigando riscos, além de trazer transparência e privacidade de dados (VINAY REDDY, 2019). Integrar processos e tornar as informações transparentes ao longo da cadeia de suprimentos possibilita às empresas empregarem ações de maneira colaborativa, propiciando melhor atendimento às necessidades dos clientes (SCHRAUF e BERTTRAM, 2016), além de viabilizar a troca de informações com maior velocidade e qualidade (WU *et al.*, 2016).

Apesar das vantagens explicitadas quanto ao uso da tecnologia Blockchain na cadeia de suprimentos, poucas organizações a implementaram. Petersen *et al.* (2017) explicam que embora a tecnologia seja atrativa, por se tratar de um tema recente, as organizações hesitam em comprometer recursos para a investigação de aplicações potenciais. Frigorilli *et al.* (2018), por sua vez, afirmam que a tecnologia sofre com a falta de aplicações práticas,

enquanto Saberi *et al.* (2019) alertam para a falta de ferramentas ou métodos estruturados para implementação desta tecnologia.

Na literatura encontram-se propostas de métodos para implementação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos, no entanto, cada uma delas contempla etapas diferentes e elementos específicos, sem apresentar um senso comum. Determinados métodos focam em levantar necessidades e tomar a decisão de adoção (AR *et al.*, 2020; GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2019; MONTECCHI *et al.*, 2019; UPADHYAY, 2020; VAN HOEK, 2020; WANG *et al.*, 2021) ou mitigar riscos de implementação (GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2019; MONTECCHI *et al.*, 2019), outros buscam orientar quanto à estruturação de registro de dados (LIU e LI, 2020; TSOLAKIS *et al.*, 2021) ou quanto a escolha da plataforma *Blockchain* (AGRAWAL *et al.*, 2021; TSOLAKIS *et al.*, 2021), enquanto alguns focam nos custos inerentes (GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2019) e nas áreas de aplicação para a cadeia de suprimentos (HELO e HAO, 2019).

Portanto, parece não haver consenso de um método que contemple o conjunto de todas as etapas e elementos relatados nas propostas já existentes, que forneça uma solução sistematizada e que facilite a implementação da tecnologia. Considerando a relevância do tema e a possibilidade de trazer vantagens competitivas para as empresas, esta pesquisa busca responder o seguinte questionamento: Como implementar a tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos de forma sistematizada, integrando todos os elementos necessários?

1.2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é propor um método para implementação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos de forma sistematizada e que contemple todos os elementos necessários apresentados pelos métodos existentes. Esta proposta também tem a intenção de fornecer uma ferramenta de auxílio às organizações que almejam implementar a tecnologia *Blockchain*

na cadeia de suprimentos nas quais estão inseridas. A partir deste objetivo geral, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e analisar os conceitos relativos tanto da *Blockchain* quanto da cadeia de suprimentos, bem como as possibilidades de integração entre elas;
- Identificar, analisar e compreender os métodos existentes na literatura;
- Conduzir um estudo de caso em uma empresa que implantou ou está implantando a tecnologia *Blockchain* com o objetivo de comparar o procedimento adotado com o método proposto nesta pesquisa.

1.3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Em linhas gerais, a abordagem metodológica utilizada neste trabalho foi estruturada em três fases. Na Fase 1, com base em uma Revisão Sistemática da Literatura, foram identificados os trabalhos que contém métodos de implementação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos, tendo como fontes artigos nacionais e internacionais, livros, trabalhos acadêmicos e relatórios científicos. A Fase 2 trata do desenvolvimento do método sistematizado para implementação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos com base nos achados da fase anterior. Na Fase 3 foi conduzido um estudo de caso, com o objetivo de analisar o processo utilizado para implementação da tecnologia *Blockchain* em uma multinacional que utiliza esta tecnologia em suas operações e comparar com o método proposto.

1.4. DELIMITAÇÃO

Este trabalho concentra-se, inicialmente, na identificação e análise do processo de implementação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos com base na literatura. A partir desse levantamento, o estudo propõe um método que possibilitará que as empresas que buscam implementar *Blockchain* na cadeia de suprimentos o façam de forma sistematizada. Adicionalmente, esta pesquisa busca, por meio de um estudo de caso, analisar e comparar o método utilizado nas operações de uma empresa multinacional de engenharia e tecnologia, com o método de implementação proposto nesta pesquisa.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em cinco capítulos, incluindo este introdutório que tem como objetivo contextualizar o tema e apresentar sua justificativa, expor o objetivo geral e os específicos, bem como apresentar uma síntese da abordagem metodológica e as delimitações referentes ao escopo do trabalho. O Capítulo 2 aborda, sob o ponto de vista da literatura, os conceitos e fundamentos da tecnologia *Blockchain*; Cadeia de suprimentos; Integração da *Blockchain* na cadeia de suprimentos. Já o Capítulo 3 apresenta a classificação da pesquisa e o detalhamento da abordagem metodológica. O Capítulo 4 apresenta as propostas de métodos de implementação encontradas na literatura com suas etapas e elementos contemplados, e a proposta de um método sistematizado de implementação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos. Este capítulo também contém os achados do estudo de caso. O Capítulo 5 apresenta as principais conclusões do trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A seguir são apresentados conceitos relevantes acerca do tema proposto, em especial: a) Tecnologia *Blockchain*; b) Cadeia de suprimentos; c) Integração da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos.

2.1. TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN*

A criação da tecnologia *Blockchain* é inerente à criação do Bitcoin. A primeira referência a esta tecnologia como uma estrutura de dados constituída de uma cadeia de blocos apareceu em 2008 na publicação “*Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system*” (NAKAMOTO, 2008; COLLOMB e SOCK, 2016). Esta tecnologia surgiu para oferecer suporte à criptomoeda baseada na ideia de um livro-razão digital distribuído, replicado e imutável que permite às partes realizar negócios de maneira confiável e transparente (KUMAR *et al.*, 2020).

A ideia central é replicar e compartilhar dados entre redes *peer-to-peer* - P2P ("redes ponto-a-ponto", em português), o que possibilita a transferência de moedas digitais diretamente, sem a necessidade de um terceiro (NAKAMOTO, 2008). De maneira simplificada, Namasudra *et al.* (2021) explicam a *Blockchain* como uma tecnologia de registro distribuído (Distributed Ledger Technology – DLT), que protege e registra transações em uma rede P2P ao invés de usar um ou vários servidores. A Figura 1 ilustra um diagrama de blocos de uma rede P2P:

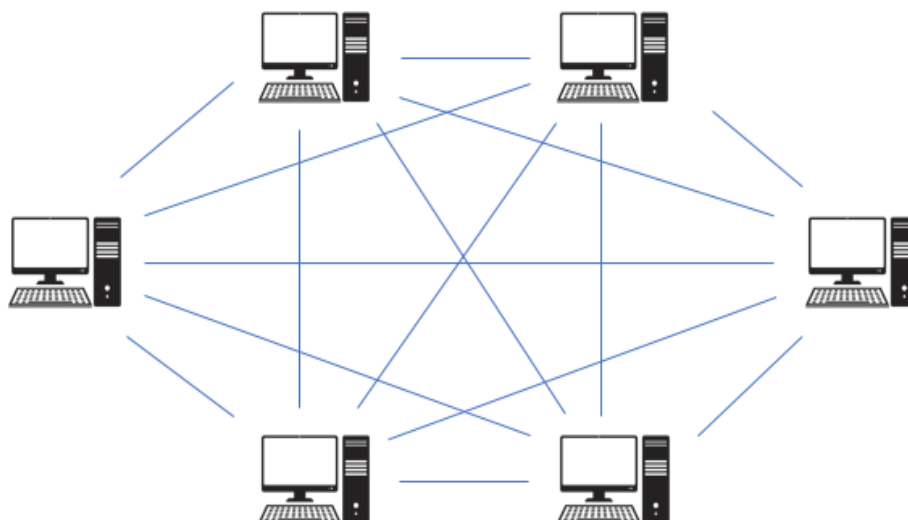


Figura 1: Representação de uma rede *peer-to-peer*

Fonte: Adaptado de NAMASUDRA *et al.* (2021)

Para ajudar na compreensão, basta imaginar a tecnologia *Blockchain* como um sistema contábil no qual há o registro de transações em um livro-caixa, com a grande vantagem, de que uma vez gravada, a informação não pode ser alterada posteriormente. Este sistema é público, sendo seu alicerce o registro temporal, no qual os documentos são registrados, encadeados e correlacionados, uma vez que o documento subsequente detém a informação e a assinatura digital do anterior, formando uma série conectada. Este sistema é conhecido como sistema de marca temporal (NAKAMOTO, 2008).

Além da marca temporal, o *bitcoin* possui um detalhe a mais, que aprimorou a dinâmica: ao invés de estabelecer uma ligação simples entre documentos de forma individual, a evolução se fez na junção dos registros para ser formar um bloco, ligando-os a outros blocos, originando uma rede de blocos, conhecida como *Blockchain*. Desta forma, as transações em *bitcoin* podem ser registradas e sua validade é inerente ao registro e aprovação do sistema, nascendo uma sequência de ações (NAKAMOTO, 2008).

A Figura 2 ilustra a ideia da *Blockchain* como uma cadeia cronológica de blocos, na qual cada bloco é identificado por seu valor de *hash* (função que atende às demandas criptografadas necessárias para resolver um cálculo de

Blockchain) e se vincula ao bloco anterior referenciando o *hash* do bloco anterior (ROUHANI e DETERS, 2019).

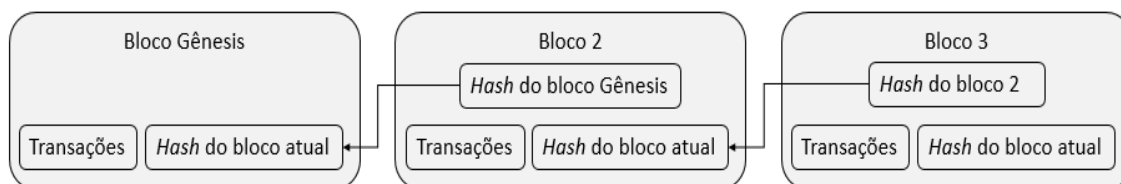


Figura 2: Cadeia cronológica de blocos identificados e vinculados

Fonte: Adaptado de ROUHANI e DETERS (2019)

Diferentemente das bases de dados tradicionais, a *Blockchain* é uma base de dados distribuída e compartilhada, um repositório de informações reconciliado continuamente. Numa frequência de tempo curta, todos os usuários que acessam a base de dados são solicitados a aprovar os blocos novos, carimbar criptograficamente e registrá-los numa ordem cronológica, surgindo assim a *Blockchain* (NAKAMOTO, 2008).

Esses usuários, habitualmente conhecidos como mineradores, operam de computadores os “nós” da *network*. De acordo com Nakamoto (2008), estes “nós” só aceitam o bloco se todas as transações registradas nele forem válidas, e aí se cria o bloco seguinte. A mineração de um bloco é o processo para resolver a prova de trabalho (*Proof-of-work – PoW*). Uma prova de trabalho é um teste de esforço computacional fácil de verificar e foi originalmente planejada para desencorajar o spam de e-mails (DWORK e NAOR, 1992). Na criptomoeda, o PoW é concebido na forma de enigma matemático, em um mecanismo de consenso para aprovar transações válidas. Quando um minerador eventualmente encontra uma solução válida, as transações em um determinado bloco são permanentemente registradas na *Blockchain*, e o minerador é recompensado com uma quantidade da criptomoeda (NAKAMOTO, 2008).

Levando em conta uma perspectiva resumida, pode-se afirmar que o criador da *bitcoin* uniu as ideias de protocolo dos enigmas computacionais com o aperfeiçoamento do sistema de marca temporal, promovendo a segurança do

sistema. Além disso, tornou pública cada transação contida no livro-razão, sem necessidade de validação por uma terceira parte (CARVALHO *et al.*, 2017).

A principal alternativa ao PoW é a Prova de Participação, tradução direta do termo em inglês *Proof-of-Stake* (PoS), na qual os mineradores são substituídos por validadores e os usuários têm a chance de validar o próximo bloco com base em uma probabilidade proporcional à sua aposta (GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2019). Há ainda uma outra possibilidade que tem sido utilizada, chamada prova de autoridade, em livre tradução do inglês *Proof-of-Authority* (PoA). Este é um mecanismo de consenso para *Blockchain*, baseado na identidade como aposta, ou seja, o algoritmo de consenso executado por um conjunto de usuários confiáveis, chamados de autoridades. Um esquema de rotação de mineração é usado no PoA para distribuir de forma justa a responsabilidade de criar blocos entre as autoridades. A autoridade eleita para o processo de mineração é chamada de líder de mineração. O PoA é mais eficiente em termos de número de transações por segundo. É útil em uma *Blockchain* privada, pois fornece uma solução mais prática e eficiente, além de que semelhante ao PoS, em vez de uma aposta com valor monetário, a identidade de um validador desempenha o papel de aposta.

De acordo com Aquino (2019), partindo da lógica simplificada de que a *Blockchain* é um repositório de informações, conciliadas continuamente, que constituem um livro-razão público, surge a questão da privacidade das informações geradas, especialmente quando se considera que não há a participação de um terceiro para garantir a confidencialidade de dados. Neste sentido, Nakamoto (2008) sugere uma mudança no modelo de privacidade tradicional, para um novo modelo, conforme apresentado pela Figura 3:

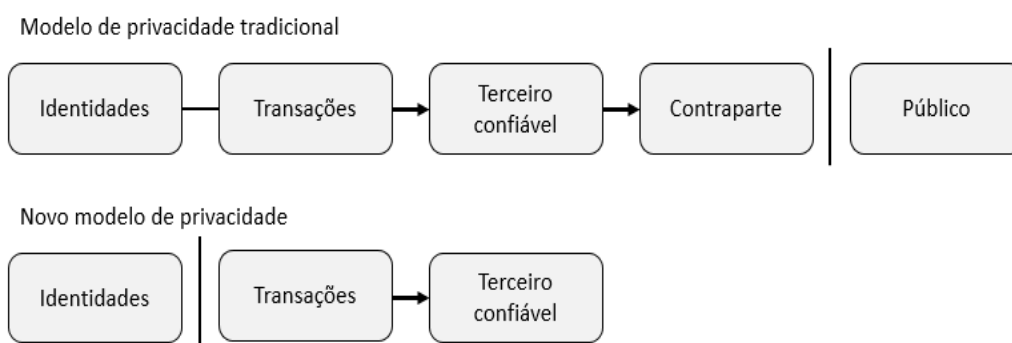


Figura 3: Modelos de privacidade (tradicional e novo)

Fonte: Adaptado de NAKAMOTO (2008)

No modelo de privacidade tradicional os bancos intermedeiam como terceiros confiáveis quando duas partes realizam uma transação. Já no novo modelo proposto, as transações não são vinculadas com as identidades dos participantes, ao invés disso, elas viram chaves públicas anônimas, eliminando o terceiro confiável (NAKAMOTO, 2008).

A tecnologia apareceu como uma forma promissora de garantir a confiança entre as diferentes partes. Com isso, é possível estabelecer um paradigma de comunicação segura, no qual a integridade e imutabilidade dos dados podem ser garantidas (JUMA *et al.*, 2019). A característica de ser uma contabilidade distribuída descentralizada e uma tecnologia de armazenamento segura de dados, permite resolver, dentre outras coisas, o problema de fraude empresarial e também fornece uma base de informação de decisão mais precisa para cada segmento de um negócio (GROMOVVS e LAMMI, 2017).

A adoção da tecnologia *Blockchain* pode ser uma excelente solução para garantir confiabilidade, transparência e segurança em várias aplicações, não se limitando à contabilidade. De acordo com Juma *et al.* (2019), a *Blockchain* pode ser usada para otimizar o modelo de processamento adotado em vários domínios, como saúde, cadeia de suprimentos de comércio e segurança alimentar. Esta tecnologia possibilita o rastreamento, a verificação da autenticidade e de outras informações de produto em tempo real e pelas diferentes partes envolvidas na cadeia de suprimentos (HARSHAVARDHAN REDDY *et al.*, 2019).

A tecnologia representa uma grande mudança de paradigma em termos de como as transações de negócios são conduzidas e, portanto, tem implicações de longo alcance (KUMAR *et al.*, 2020). Mesmo que a *Blockchain* pareça sofrer de limitações técnicas e uma falta de aplicações práticas até agora, as possibilidades oferecidas pelos sistemas de *Blockchain* são certamente uma área de pesquisa interessante e potencial. Embora alguns especialistas considerem que há uma expectativa inflacionada sobre a

aplicação de *Blockchain* na indústria, a tecnologia ainda está nos estágios iniciais de comercialização e muitos outros especialistas acreditam que há um futuro promissor para a aplicação desta tecnologia em toda a indústria (POURNADER *et al.*, 2019).

2.2. CADEIA DE SUPRIMENTOS

As primeiras ideias acerca do que é tratado hoje como cadeia de suprimentos remonta ao desenvolvimento da logística na década de 1950, quando surge uma abordagem mais orientada para a administração integrada da logística. De acordo com Ballou (1993), as décadas seguintes, por conta de diversas mudanças econômicas e tecnológicas, tais como alterações nos padrões de consumo, pressão por custos nas indústrias, avanços na tecnologia computacional e a experiência militar, ajudam a impulsionar o desenvolvimento do tema.

Para Ashayeri *et al.* (2012), o desenvolvimento do conceito de cadeia de suprimentos acontece na década de 1990, graças à crescente preocupação global com a expansão industrial. Contudo, devido à sua abrangência, o conceito de cadeia de suprimentos não é um consenso, e, portanto, há diferentes definições de diferentes autores. New (1997), em seu trabalho que defende um escopo expandido para a pesquisa da cadeia de suprimentos, apresenta tal dificuldade de conceituação e acrescenta que esse fato pode vir a atrapalhar o entendimento do assunto tratado.

De acordo com a definição do *Council of Supply Chain Management Professionals* – CSCMP (2013), a cadeia de suprimentos conecta muitas empresas, englobando todos os fornecedores, prestadores de serviços e clientes por meio do intercâmbio de materiais e informação no processo logístico, que se inicia na aquisição de matérias-primas, finalizando na entrega dos produtos acabados ao cliente final. Chopra e Meindl (2003) afirmam que a cadeia de suprimentos engloba não só fabricantes e fornecedores, mas

também transportadoras, depósitos, varejistas e os próprios clientes, ou seja, engloba todos os envolvidos direta ou indiretamente no atendimento do pedido de um cliente.

Lummus *et al.* (2001), com base na definição desenvolvida pelo *Supply-Chain Council*, explica que todo o esforço envolvido na produção e entrega de um produto final, desde o fornecedor do fornecedor até o cliente do cliente, é contemplado na cadeia de suprimentos. Para isto, existem quatro processos básicos que definem de forma geral estes esforços: planejar, adquirir, fazer e entregar, que incluem gerenciamento de oferta e demanda, fornecimento de matérias-primas e peças, fabricação e montagem, armazenamento e rastreamento de estoque, entrada de pedidos e gerenciamento de pedidos, distribuição em todos os canais e entrega ao cliente.

A cadeia de suprimentos pode ser definida como uma rede constituída de várias empresas que atuam desde o fornecimento das matérias-primas até a entrega do produto para o cliente final (BEAMON, 1998). De forma similar, Lambert *et al.* (1998) descrevem a cadeia de suprimentos como uma rede de diversas organizações e seus relacionamentos de negócio, enquanto Christopher (2009) expande essa definição, afirmando que é uma rede de organizações conectadas e interdependentes, trabalhando conjuntamente, em regime de cooperação mútua, para controlar, gerenciar e aperfeiçoar o fluxo de matérias-primas e informações provenientes dos fornecedores para os clientes finais.

A cadeia de suprimentos é composta por dois processos básicos, conforme ilustra a Figura 4:

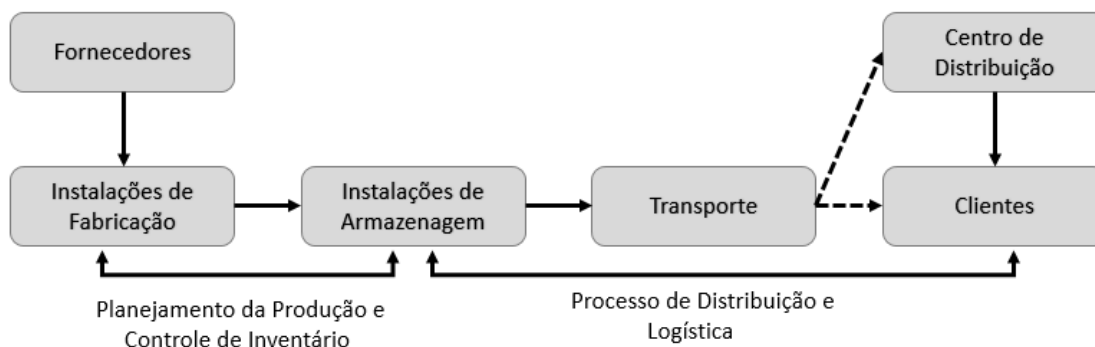


Figura 4: Processos da cadeia de suprimentos

Fonte: Adaptado de Beamon (1998)

De acordo com Beamon (1998), esse processo é descrito como:

- Planejamento de produção e controle de inventário, que contempla os subprocessos de fabricação e armazenamento, bem como suas interfaces. Neste processo, encontram-se todas as etapas do planejamento e gerenciamento do processo de fabricação, tais como: aquisição de matérias-primas, produção e manuseio de materiais, bem como as políticas e procedimentos de armazenamento para matérias-primas, estoques de produtos em processo e acabados;
- Distribuição e logística, que abrange as etapas de gerenciamento de estoque, transporte e entrega do produto final aos clientes.

Para que os processos da cadeia de suprimentos sejam integrados e seus objetivos atingidos, toda a cadeia deve estar devidamente coordenada e sincronizada. Para este fim, se faz necessário um esforço em torno do alinhamento dos fluxos ao longo da cadeia, com o intuito de melhorar o processo produtivo como um todo por meio da troca de informações. Variáveis como a execução das ordens dos clientes, a verificação da disponibilidade de materiais, pessoal, máquinas e ferramentas devem ser planejadas em conjunto. Um dos maiores desafios é justamente o alinhamento dessas atividades através de diversos locais e organizações (STADTLER, 2005).

Uma cadeia de suprimentos integrada tem sua sustentação fundamentada por meio da colaboração entre empresas parceiras dentro de uma estrutura de fluxos. Neste contexto, a estrutura e a estratégia da cadeia de suprimentos surgem do esforço para alinhar e sincronizar operacionalmente uma empresa com seus clientes, bem como com a rede de distribuidores e fornecedores, de modo a se obter uma vantagem competitiva (BOWERSOX *et al.*, 2014).

O tema ganha atenção ao se pressupor que a visão de competição entre diferentes cadeias de suprimentos deve substituir a visão de competição de mercado entre empresas (LAMBERT *et al.*, 1998). Neste sentido, a relevância do tema aumenta à medida que crescem os relatos de aumento das vantagens competitivas que empresas alcançam por meio de um gerenciamento sistêmico da rede de relacionamentos (BEAMON, 1998).

De acordo com Frohlich e Westbrook (2001), as empresas de sucesso são aquelas capazes de unir seus processos internos aos de seus fornecedores e clientes externos. Levando em conta este pressuposto, é possível classificar a cadeia de suprimentos em dois níveis integrados: o nível interno e o nível externo. Quang (2016) elucida de forma esquemática estes níveis, conforme mostra a Figura 5.

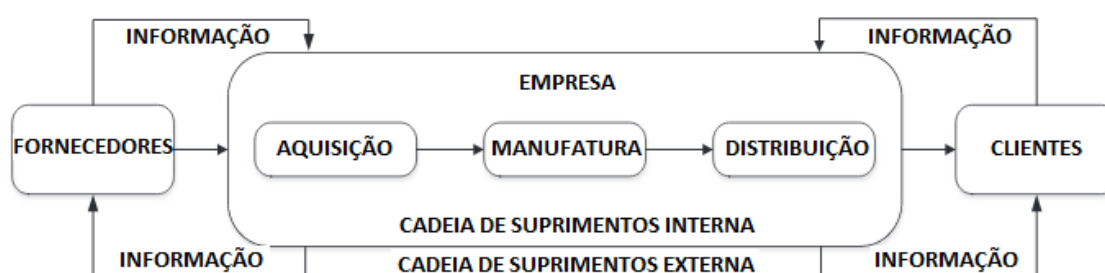


Figura 5: Cadeia de Suprimentos interna e externa

Fonte: Adaptado de Quang *et al.* (2016)

A cadeia de suprimentos interna contempla o fluxo de informações e de materiais entre departamentos ou setores de operações internas à própria empresa. Estes devem ser integrados e, apesar de em muitos casos apresentarem objetivos distintos e conflituosos, devem ser colaborativos e

sincronizadas para assegurar o atendimento às necessidades dos clientes, bem como a interação eficiente com os fornecedores (FLYNN *et al.*, 2010).

Por departamentos integrados, Kahn e Mentzer (1996) compreendem como sendo aqueles que interagem e colaboram entre si, ou seja, setores que se comunicam e trabalham conjuntamente, compartilhando recursos para alcançar metas coletivas.

Para Nakano *et al.* (2013), a integração departamental dentro de uma organização a direciona para obtenção de maior competitividade e melhor desempenho. Para isto, o alinhamento entre setores passa pelo gerenciamento das relações e dos fluxos entre os departamentos da empresa. A integração interna da cadeia de suprimentos é dada como um elemento base para o desenvolvimento da integração externa, isto é, integração entre clientes e fornecedores (FLYNN *et al.*, 2010).

A cadeia de suprimentos externa é composta por um conjunto de diferentes empresas que colaboram entre si, de modo a integrarem e complementarem suas atividades e competências em prol de uma vantagem competitiva (FLYNN *et al.*, 2010).

A Figura 6 exibe uma representação comum de uma estrutura de cadeia de suprimentos externa, contendo fornecedores e clientes em diversos níveis, bem como a empresa foco no centro. De acordo com Lambert *et al.* (1998), a empresa foco localiza-se de maneira intermediária entre consumidores e fornecedores, podendo ser qualquer ponto da rede, mais perto dos fornecedores ou mais perto do cliente, dependendo da configuração do sistema.

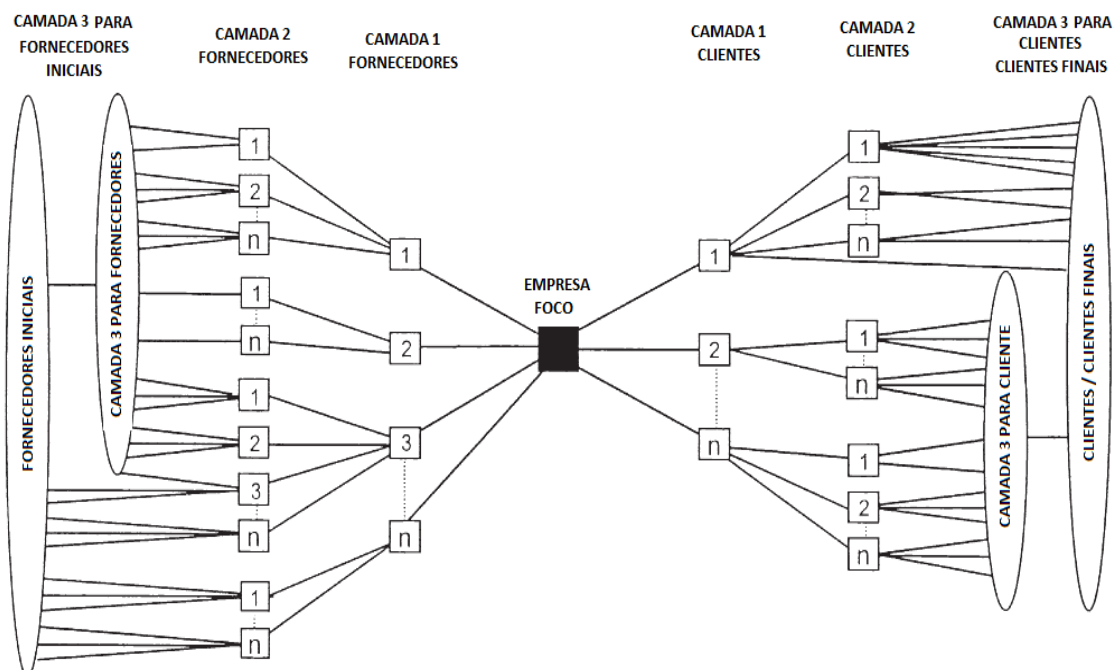


Figura 6: Estrutura da Cadeia de Suprimentos Externa

Fonte: Adaptado de Lambert *et al.* (1998)

Nesta representação, é possível observar um conjunto de três ou mais entidades (organizações ou indivíduos). De acordo com Mentzer *et al.* (2001), na estrutura da cadeia de suprimentos externa, as entidades estão diretamente envolvidas nos fluxos ascendentes e descendentes de produtos, serviços, finanças e/ou informações de uma fonte para um cliente.

As conexões entre as caixas da figura representam os fluxos dentro da cadeia de suprimentos. Contudo, não representam apenas o fluxo do produto físico, mas também de informações e dinheiro (KIEFER e NOVAK, 1999; CHOPRA e MEINDL, 2003). Lambert *et al.* (1998) classificam os fluxos em jusante e montante, ou seja, respectivamente os fluxos que ocorrem no sentido da empresa foco para o cliente final e da empresa foco para seus fornecedores.

De acordo com Mentzer *et al.* (2001), uma organização pode fazer parte de várias cadeias de suprimentos, contudo com interações distintas. Simchi-Levi *et al.* (2010) expõem a complexidade do gerenciamento da cadeia como um todo, apoiados em quatro pontos:

- A cadeia de suprimentos é uma rede de grande amplitude, que envolve várias empresas atuantes;
- Os diversos integrantes da cadeia de suprimentos, em muitos casos, possuem objetivos distintos e conflitantes;
- O sistema é altamente dinâmico;
- Existem diversos parâmetros que são variáveis ao longo do tempo.

A cadeia de suprimentos é permeada por riscos e incertezas que surgem por conta da impossibilidade de garantir a aquisição de toda a informação necessária. Para Yu *et al.* (2001), apesar de contar com um conhecimento abrangente sobre a situação interna, por exemplo, uma organização não tem o mesmo nível de conhecimento em relação aos demais integrantes da cadeia. Administrar esta complexidade exige uma eficaz coordenação das várias organizações atuantes com a empresa focal. Para a montante, a complexidade é influenciada pela quantidade, confiabilidade e *lead time* de entrega dos fornecedores que devem ser gerenciados. Já para a jusante, a complexidade é influenciada pela quantidade e heterogeneidade das necessidades desses clientes, ciclo de vida dos produtos e variabilidade de demanda (BOZARTH *et al.*, 2009).

A operação de uma empresa depende dos *inputs* das inúmeras variáveis da cadeia de suprimentos, sendo necessário um bom gerenciamento interno e externo. É importante existir o interesse na redução dos custos globais da cadeia, e conseqüentemente, uma forma de compartilhar a economia entre os vários membros (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2010). É importante ressaltar que são pessoas que estão presentes no dia-a-dia das organizações, tomando decisões e executando processos, logo uma estratégia que não considera o ser humano certamente não terá sucesso (GATTORNA, 2009).

2.3. TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN* APLICADA NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

2.3.1. APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA

Um dos grandes desafios para assegurar um nível razoável de integração da cadeia de suprimentos é encontrar uma maneira de compartilhar informação de forma segura e que possibilite a qualquer momento checar sua autenticidade e integridade. Gonczol *et al.* (2020) consideram que o desafio mais crucial deste contexto é a ligação entre um produto físico com seu registro digital para que a qualidade e a origem do produto possam ser autenticadas na cadeia.

Neste ponto, a tecnologia *Blockchain* surge como uma solução adequada, pois, de acordo com Longo *et al.* (2019), ela oferece um registro de dados único e imutável, que pode ser acessado por qualquer um que possua uma permissão. Isto é possível pois esta tecnologia provê uma forma de armazenamento e distribuição de dados de maneira segura e descentralizada (GROMOV e LAMMI, 2017).

De acordo com Aich *et al.* (2019), recentemente, esta tecnologia vem recebendo muita atenção em diferentes setores, especialmente no domínio da cadeia de suprimentos, devido à sua natureza simplificada, ao mesmo tempo que mantém a privacidade intacta e é mais eficiente do que o sistema convencional. Perboli *et al.* (2019) afirmam que por meio da tecnologia *Blockchain* é possível obter o registro de dados imutáveis com acessibilidade pública, e ainda possibilitar o incremento de eficiência, confiabilidade e transparência por toda a cadeia de suprimentos. Para Kshetri (2017), as propriedades irrevogáveis e imutáveis da *Blockchain* ajudam a compartilhar as informações entre as partes interessadas para garantir que o produto e as informações sejam rastreáveis sem qualquer risco inerente.

Um aspecto relevante a ser considerado é que na maioria das empresas envolvidas nos processos da cadeia de suprimentos não há um compartilhamento do mesmo sistema de informações, isso culmina em

replicação de informações ou silos de informações. Isto é, os dados de rastreamento são separados entre as partes e não se pode acessar as informações dos outros diretamente. Segundo Betti *et al.* (2019), por meio da tecnologia *Blockchain* é possível construir um sistema de informação compartilhado, confiável e que não é gerenciado por uma única entidade, assim os dados passam a estar disponíveis para todos em cada etapa da cadeia, trazendo transparência tanto para empresas quanto para consumidores.

Desta forma, a aplicação da *Blockchain* proporciona um meio de armazenamento altamente seguro e que representa um grande avanço tecnológico na manutenção da integridade dos dados. A imutabilidade da *Blockchain* constrói um ambiente frutífero para a criação de conjuntos de dados de alta qualidade, permanentes e crescentes para aprendizado profundo (SGANTZOS e GRIGG, 2019). No geral, a *Blockchain* é uma tecnologia que tem o potencial de mudar a maneira como a rastreabilidade é conduzida em cada setor e sua aplicação proporciona confiabilidade (FIGORILLI *et al.*, 2018; PERBOLI *et al.*, 2018), transparência e segurança (FIGORILLI *et al.*, 2018; GREY *et al.*, 2019; KAYIKCI *et al.*, 2020; FENG *et al.*, 2020). Além disto, devido às características imutáveis e distribuídas inatas da tecnologia, a sua adoção nas cadeias de suprimentos a torna uma das aplicações recentes mais promissoras (GONCZOL *et al.*, 2020).

Ao se considerar a perspectiva dos membros da cadeia de suprimentos, por meio da aplicação da tecnologia *Blockchain* em suas operações, é possível aumentar a visibilidade de todas as entidades conectadas na cadeia de suprimentos. De acordo com Reyes *et al.* (2020), isto favorece o estabelecimento de um maior grau de confiança entre os parceiros comerciais, uma vez que cada membro tem maior percepção dos processos de negócios de vários parceiros. Este novo nível de transparência pode beneficiar todos os membros da cadeia de suprimentos por meio da redução do tempo de entrega e melhor capacidade de resposta. Corroboram com esta colocação Sheel e Nath (2020), ao afirmarem que a cadeia de suprimentos envolve muitas transações entre *stakeholders* e a tecnologia *Blockchain* fará uma mudança

revolucionária na forma como estas transações estão sendo realizadas. A *Blockchain* remove todas as desvantagens relacionadas à confiança entre as partes interessadas e oferece melhor visibilidade e transparência (SHEEL e NATH, 2020).

Ao permitir que registros de dados críticos de colaboração sejam mantidos de maneira confiável entre as partes interessadas sem intermediários, essa solução pode permitir graus sem precedentes de automação através das fronteiras organizacionais, o que pode ter implicações importantes para a integração da cadeia de suprimentos (PALM *et al.*, 2020). Assim, processos, estratégias e práticas de aplicação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos indicam seu vasto potencial, bem como amplas oportunidades de desenvolvimento e aumento da eficiência das organizações (ZAGURSKIY e TITOVA, 2019). Além do mais, Zagurskiy e Titova (2019) indicam que existe um potencial de proporcionar vantagens competitivas às empresas, diminuir riscos e aumentar a confiabilidade da informação entre os membros da cadeia de suprimentos.

2.3.2. TECNOLOGIAS COMPLEMENTARES

A cadeia de suprimentos pode ser largamente simplificada usando um ambiente de infraestrutura digital e com a aplicação da tecnologia *Blockchain*. De acordo com Helo e Hao (2019), todas as partes envolvidas são capazes de compartilhar e acessar informações relacionadas ao produto em tempo real, como por exemplo a fatura, possibilitando a verificação do status mais recente e do pagamento, de forma transparente. Isto permite que os participantes monitorem digitalmente e continuamente mercadorias e transações. Essa infraestrutura inclusiva depende de um livro-razão compartilhado que fornece todas as informações relacionadas à cadeia de suprimentos e garante autenticidade e segurança globais para dados e informações ao mesmo tempo (HELO e HAO, 2019).

Desta forma, acredita-se que a tecnologia *Blockchain*, devido ao seu sistema de rede distribuída, propicia uma cadeia de suprimentos mais transparente, construindo confiança entre os membros (SONG *et al.*, 2020). Esta natureza transparente da *Blockchain* proporciona acessibilidade às informações, ajudando a acessar uma grande quantidade de dados gerados ao longo da cadeia de suprimentos (KSHETRI, 2017).

A *Blockchain*, além de armazenar, também é usada para criptografar todas as informações relevantes de um produto e rastrear a transferência entre os atores do processo de distribuição. Segundo Chiacchio *et al.* (2020), isto simplifica o processo de sincronização, reduz o fenômeno da falsificação e aumenta a confiança dos usuários. Além do mais, os dados de rastreamento não são armazenados com uma entidade central, que poderia manipular os dados. Com a tecnologia *Blockchain*, estes dados são registrados de maneira distribuída, garantindo a confiabilidade da informação.

Gausdal *et al.* (2018) afirmam que a aplicabilidade da *Blockchain* permite que as empresas mantenham um livro de transações criptografado e imutável, que pode ser compartilhado de forma confiável dentro da rede selecionada devido ao conceito de prova de trabalho ponto a ponto, eliminando os terceiros envolvidos. O surgimento de plataformas de tecnologias de razão distribuída, como R3 Corda, Hyperledger Fabric e Ethereum, facilitou a aplicabilidade desta tecnologia e levou a um aumento do interesse na digitalização de diferentes formas de cooperação (PALM *et al.*, 2020).

A alimentação dessas plataformas se dá a partir dos dados coletados ao longo da cadeia de suprimentos. De acordo com Tsolakis *et al.* (2021), do ponto de vista da implementação, em pontos de entrada de dados dependentes de humanos, podem ocorrer erros ou até mesmo incidentes de fraude. Neste sentido, os gerentes têm a oportunidade de usar *feeds* de dados de RFID (*Radio Frequency Identification* – “Identificação por radiofrequência”, em português), códigos de barras e EDI (*Electronic Data Interchange* – “Intercâmbio Eletrônico de dados”, em português) e reduzir a ocorrência desses tipos de problemas nos pontos de entrada de dados (VAN HOEK, 2020).

Lanko *et al.* (2018), em seus estudos sobre a aplicação da *Blockchain* na cadeia de suprimentos da indústria da construção civil, afirmam que a introdução da tecnologia *Blockchain* usando etiquetas RFID terá como efeito principal a criação de um banco de dados unificado, confiável e com informações reais dos diferentes pontos da cadeia de suprimentos.

Um dos tópicos mais discutidos quanto à rastreabilidade das mercadorias é em relação ao uso de etiquetas RFID. Na verdade, o uso destas etiquetas como fonte de informação confiável, nas mais variadas etapas da cadeia de suprimentos, representa um conceito muito mais amplo relacionado à cadeia de suprimentos, o da Internet das Coisas (IoT). Segundo Gausdal *et al.* (2018), a IoT deve conectar dispositivos a fornecedores, antecipando demandas e criando dados úteis.

A associação entre IOT e *Blockchain* cria uma poderosa relação entre fluxo de informações e fluxo de materiais, ajudando a estabelecer um elo entre os diferentes estágios da cadeia de suprimentos. Para Kayikci *et al.* (2020), os dispositivos IoT podem ser implementados em toda a cadeia de suprimentos para capturar dados abrangentes e consistentes entre várias partes e transmitir os dados para a *Blockchain*. Os dispositivos de IoT capturam dados que podem responder as questões de onde, quando e o que aconteceu na cadeia de suprimentos. Para Aich *et al.* (2019), a *Blockchain* integrada ao IoT melhora o fluxo e a eficiência da cadeia de suprimentos, a torna transparente e reduz a chance de violação de códigos de conduta.

Uma outra vantajosa associação a ser considerada é entre a tecnologia *Blockchain* e contratos inteligentes. Para Huang *et al.* (2019), este tipo de contrato pode ser entendido como um pedaço de código executável, e que é executado na *Blockchain* de forma automática, objetivando o cumprimento de um pré-acordo entre as partes envolvidas na transação. Como uma tecnologia inovadora, os contratos inteligentes foram aplicados em várias áreas de negócios, inclusive na cadeia de suprimentos.

Para Chang *et al.* (2019), é evidente que existe uma tendência de usar a tecnologia *Blockchain* associada a contratos inteligentes, e assim, revolucionar

o pensamento tradicional sobre os processos de negócios. Para Ahmadi *et al.* (2020), a rastreabilidade, o registro de propriedade e o incentivo ao uso de contratos inteligentes são potenciais ferramentas para evitar informações falsificadas e produtos não autenticados.

De acordo com Huang *et al.* (2019), a segurança de contratos inteligentes é uma área de pesquisa emergente que lida com questões de segurança decorrentes da execução de contratos inteligentes em um sistema *Blockchain*. A aplicação de contratos inteligentes, dispositivos IoT e tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos corrobora com o aumento da transparência e da confiança entre os participantes. É estabelecido um ecossistema mais transparente e automático, que melhora a eficiência operacional do processo geral em termos de redução de custos, eficiência de tempo e automação do sistema (CHANG *et al.*, 2019).

Diversas publicações científicas buscam trazer as possibilidades de aplicação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos, baseados em diferentes setores de atividades. Por exemplo, os estudos de Lambourdiere e Corbin (2020) apresentam a questão de que as atividades de abastecimento marítimo ainda dependem fortemente de documentos físicos, papéis e selos. Essa cadeia é caracterizada por conter informações e silos de dados inconsistentes, que dificultam os fluxos eficientes de bens físicos. Assim, algumas partes interessadas têm considerado as tecnologias digitais, como a *Blockchain*, como uma solução tecnológica para esses problemas (LAMBOURDIERE e CORBIN, 2020).

Já o estudo de Wang *et al.* (2019) constrói uma nova estrutura de gerenciamento de informações baseada em *Blockchain* para uma cadeia de suprimentos do setor de construção civil, enquanto Zagurskiy e Titova (2019) apresentam a aplicação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos de produtos agrícolas, afirmando que é possível estabelecer uma conexão estreita entre os participantes em termos financeiros, logísticos e comerciais.

Para Ahmadi *et al.* (2020), a implementação desta tecnologia forneceria as ferramentas necessárias para que a indústria farmacêutica melhore a

governança de medicamentos ao longo de sua cadeia, tornando a saúde mais eficiente e confiável. Além disso, com base na transparência, imutabilidade e segurança proporcionada pela tecnologia *Blockchain*, uma variedade de pesquisas sobre medicamentos falsificados, que é um problema recorrente deste setor, está sendo conduzida (PHAM *et al.*, 2019).

2.3.3. VANTAGENS E DESAFIOS DA APLICAÇÃO DA *BLOCKCHAIN*

Em cadeias de suprimentos, os benefícios a serem obtidos com a implementação de tecnologia *Blockchain*, de acordo com Sternberg *et al.* (2021), dependem da utilização da tecnologia por parte dos principais atores da cadeia. Tais benefícios, podem ser operacionalizados por meio do estabelecimento de um sistema de rastreabilidade confiável que permite o compartilhamento de dados críticos entre todos os atores colaboradores (TSOLAKIS *et al.*, 2021).

Ao aplicar esta tecnologia na cadeia de suprimentos, as vantagens potenciais incluem uma melhor eficiência, transparência e rastreabilidade, além de bilhões de dólares em economias financeiras corporativas (KOUHIZADEH *et al.*, 2021). Se bem implementada, a tecnologia *Blockchain* melhora a quantidade, qualidade e acesso à informação, e ainda assegura a rastreabilidade ao longo de toda a cadeia de suprimentos com transparência de informações. Todas essas vantagens ajudam na redução de fraudes e erros, mitigando riscos, além de trazer transparência e privacidade de dados (VINAY REDDY, 2019).

Integrar processos e tornar as informações transparentes ao longo da cadeia de suprimentos possibilita às empresas empregarem ações de maneira colaborativa, propiciando melhor atendimento às necessidades dos clientes (SCHRAUF e BERTTRAM, 2016), além de viabilizar a troca de informações com maior velocidade e qualidade (WU *et al.*, 2016). Além disso, a implementação da tecnologia *Blockchain* pode melhorar substancialmente a comunicação intra e interdepartamental, pois oferece suporte à integração

entre vários departamentos, o que reduzirá significativamente os conflitos organizacionais (VENKATESH *et al.*, 2020).

Os estudos de Chiacchio *et al.* (2020), com foco na cadeia de suprimentos de medicamentos, demonstram que o uso da tecnologia *Blockchain* pode oferecer diversas vantagens a fim de simplificar e fortalecer o processo de rastreabilidade, trazendo transparência ao longo do ciclo de vida de um produto. Já nos trabalhos de Pan *et al.* (2020), os resultados destacam que este uso não é apenas uma forma de alcançar a transparência da cadeia de suprimentos, mas é um meio para alcançar o fortalecimento das relações verticais entre os atores da cadeia de suprimentos.

A adoção desta nova tecnologia oferece a oportunidade de melhorar a qualidade das colaborações e de construir relações de confiança. Dessa forma, essa tecnologia pode ser considerada pelas empresas também como uma ferramenta para melhor gerenciar suas estratégias de longo prazo relacionadas à governança da cadeia de suprimentos (PAN *et al.*, 2020).

O que torna o uso de *Blockchain* ainda mais atrativo é que esta tecnologia pode apoiar as estratégias organizacionais no tocante à redução de impactos sociais e, ao mesmo tempo, proporcionar benefícios econômicos para os integrantes da cadeia de suprimentos. De acordo com Parung (2019), em termos de impacto social, a possibilidade gerada é quanto à segurança do produto, à medida que se pode rastrear o seu fluxo de forma segura e transparente, aumentando a reputação de todos os membros da cadeia de suprimentos. Além disso, os clientes passam a se sentirem seguros e confortáveis com o uso do produto.

Já para Tsolakis *et al.* (2021), com base em seu estudo sobre a indústria pesqueira, o uso da *Blockchain* ajuda a promover 6 dos 17 ODS (objetivos de desenvolvimento sustentável) das Nações Unidas:

- Erradicação da pobreza: Garantindo o potencial de exportação e ajudando a transformar o ecossistema pesqueiro tradicional em cadeias de negócios de alto valor por meio da construção de confiança nos mercados internacionais;

- Saúde e bem-estar: Combatendo a pesca ilegal, não declarada e não regulamentada e limitando o fornecimento de produtos com qualidade incerta, permitindo assim que o ecossistema pesqueiro sustente sua contribuição para a segurança alimentar;
- Igualdade de gênero: Registrando estatísticas desiguais de trabalho e motivar a igualdade de gênero na indústria;
- Trabalho decente e crescimento econômico: Ajudando a garantir visibilidade sobre as condições de trabalho e motivar acordos de comércio justo.
- Consumo e produção responsáveis: Garantindo transparência, rastreabilidade e visibilidade sobre o desempenho sustentável em toda a cadeia de suprimentos;
- Vida na água: ajudando a monitorar as atividades de pesca de superexploração e informando as políticas direcionadas para a conservação do ecossistema marinho.

É fato que o uso da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos está em seu estágio inicial e existem inúmeros desafios técnicos, regulatórios e institucionais que precisam ser superados para se atingir um estágio de maturidade. Os outros desafios incluem investimento em poder de computação e conexão de internet de banda larga, o que requer esforços financeiros de implementação para as organizações (MIN, 2019). As barreiras organizacionais internas incluem restrições financeiras, falta de apoio e comprometimento da gestão, falta de novas políticas organizacionais para o uso de tecnologia e falta de conhecimento e experiência (KOUHIZADEH *et al.*, 2021).

Em relação aos desafios interorganizacionais, o principal limitador é a barreira de relacionamento dos parceiros da cadeia de suprimentos. Segundo Kouhizadeh *et al.* (2021), a falta de conhecimento sobre as tecnologias utilizadas por ambos, problemas de colaboração, comunicação, coordenação da cadeia e a política de não divulgação de informações entre parceiros na cadeia de suprimentos são apenas alguns exemplos.

Embora a tecnologia *Blockchain* possa ajudar os participantes a resolver os problemas de confiança entre eles, a confiança na tecnologia *Blockchain* em si se tornou uma questão importante para implementar o sistema. Construir a confiança de usuários de diferentes países em relação à mesma tecnologia e especialmente à plataforma ainda é um desafio (LIU e LI, 2020).

De acordo com Ghode *et al.* (2020), para se atingir a confiança interorganizacional, a troca de informações e a seleção de tipos de produtos são os desafios ativos que devem ser focados para possibilitar a adoção desta tecnologia na cadeia de suprimentos. Com relação a barreiras externas à organização, existem os desafios decorrentes de governos, indústrias, instituições, comunidades e ONGs, como a falta de políticas governamentais, concorrência e incerteza no mercado e falta de envolvimento de partes interessadas externas (KOUHIZADEH *et al.*, 2021).

Os padrões de troca de dados entre *Blockchain* e diferentes sistemas ainda é um problema aberto. Como uma plataforma de gerenciamento da cadeia de suprimentos, este sistema deve ser conectado e deve interagir com vários sistemas corporativos (LIU e LI, 2020). Adicionar a tecnologia *Blockchain* é possível na prática, mas existem cenários onde existem processos inadequados e tecnologias primitivas entre as partes interessadas. Nesses cenários, é provável que grandes avanços de tecnologia e padronização de processos sejam necessários antes que a implementação da tecnologia *Blockchain* seja possível (BUMBLAUSKAS *et al.*, 2020).

Para Ghode *et al.* (2020), os principais desafios podem ser sintetizados em desenvolver confiança nas partes interessadas, seguir as políticas regulatórias das organizações, manter a clareza das informações, fornecer dados invioláveis para evitar fraudes, melhorar a comunicação e coordenação entre os parceiros. Fato é que os diferentes desafios precisam ser enfrentados para fornecer soluções que tornem a *Blockchain* mais atraente e fácil de incorporar (AL-JAROODI e MOHAMED, 2019).

2.3.4. PERSPECTIVAS FUTURAS

Para Astarita *et al.* (2020), a tecnologia *Blockchain* ainda está em um estágio inicial, mas parece extremamente promissora, dadas suas possíveis aplicações e benefícios. Por outro lado, esta tecnologia tem um histórico de desenvolvimento relativamente curto (MA *et al.*, 2019) e ainda carece de uma avaliação concreta de sua eficácia (HELO e HAO, 2019).

No entanto, os resultados de alguns trabalhos revelam que a tecnologia *Blockchain* impacta positivamente no lucro e no retorno do investimento da cadeia de suprimentos (STRANIERI *et al.*, 2021) e promove uma melhor gestão da informação ao longo da cadeia. Além do mais, para muitas empresas de bens de consumo, a *Blockchain* ajuda a proteger a reputação da empresa e as marcas que vendem (REYES *et al.*, 2020).

Para Bumblauskas *et al.* (2020), apesar de existirem muitos desafios e barreiras a serem superados, os resultados de seu estudo indicam que a demanda do consumidor e a necessidade de rastreabilidade aprimorada pode levar à adoção da *Blockchain* por diferentes organizações. Além disso, seu uso ainda pode promover efetivamente a relação de confiança interna e aprimorar a colaboração entre os membros da cadeia de suprimentos, o que, por sua vez, tem um efeito positivo na melhoria das relações corporativas (PAN *et al.*, 2020).

Segundo Reyes *et al.* (2020), a implementação desta tecnologia também irá fornecer controle distribuído protegido por criptografia que é governado por contratos transparentes e seguros, criando cadeias de suprimentos resilientes. Também será possível o uso combinado com tecnologias como IoT e contratos inteligentes, que podem ser integrados visando melhorar a eficiência de toda a cadeia.

A capacidade de incorporar a tecnologia de *Blockchain* em vários processos de negócios para melhorar o desempenho operacional da cadeia de suprimentos, em diferentes setores e em um futuro próximo, é promissora (CHANG *et al.*, 2019). Portanto, ao se considerar as possibilidades oferecidas pela tecnologia *Blockchain*, esta se torna uma área interessante e real para

pesquisas futuras, mesmo que no momento a *Blockchain* pareça sofrer de limitações técnicas e falta de aplicações práticas (FIGORILLI *et al.*, 2018).

3. METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentadas a classificação da pesquisa e as fases da abordagem metodológica.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Tendo como referência os estudos sobre metodologia da pesquisa científica tanto de Gil (2017) quanto de Cauchick Miguel (2007), esta pesquisa é classificada como:

- Quanto à natureza: é aplicada, por gerar conhecimentos para a aplicação prática, dirigido a encontrar soluções para problemas específicos.
- Quanto à abordagem: é qualitativa, já que não é tabulada em números e sim em uma dinâmica interativa entre sujeito e objeto de pesquisa.
- Quanto ao objetivo: é descritiva, uma vez que visa proporcionar familiaridade com a questão abordada, realizada a partir de levantamentos bibliográficos e entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema visando torná-la mais explícita.
- Quanto aos procedimentos técnicos: é bibliográfica, pois é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído por livros e artigos científicos.

Adicionalmente, quanto aos procedimentos técnicos, também se enquadra como estudo de caso, que de acordo com Cauchick Miguel (2010), é um trabalho de caráter empírico que investiga um dado fenômeno dentro de um contexto real contemporâneo por meio de análise aprofundada de um ou mais objetos de análise.

A Figura 7 ilustra de maneira esquemática esta classificação.

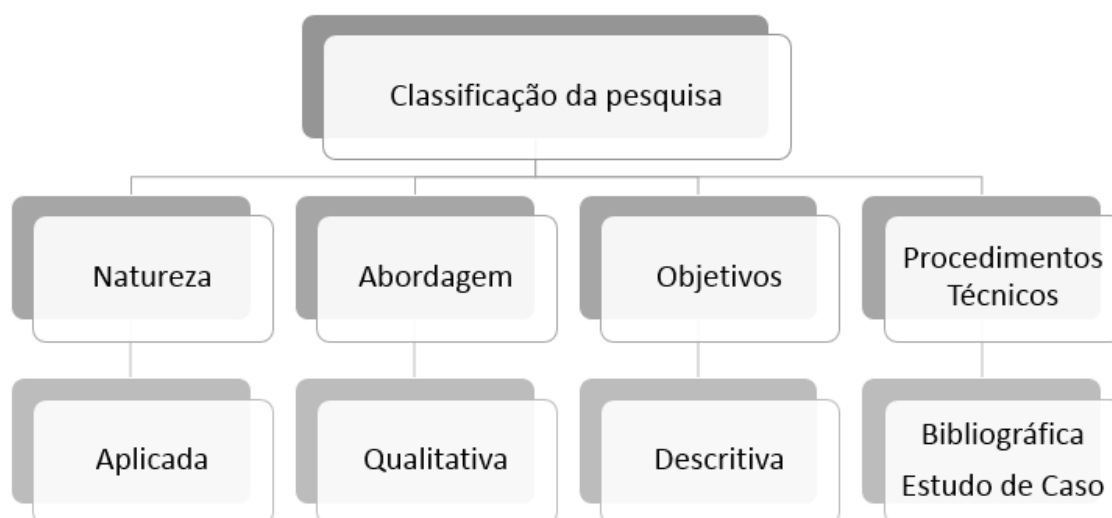


Figura 7: Classificação da Pesquisa

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

3.2. ABORDAGEM METODOLÓGICA

A abordagem metodológica contempla três fases. Na primeira, foi realizada uma revisão sistemática da literatura (RSL), a fim de buscar métodos de implementação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos. A segunda fase propõe um método sistematizado para implementação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos com base nos achados da fase anterior. Por fim, a última fase busca comparar, por meio de um estudo de caso, o método proposto com o método utilizado para implementação da tecnologia *Blockchain* em uma multinacional que utiliza esta tecnologia em suas operações. Portanto, a pesquisa é desenvolvida em três fases, conforme ilustra a Figura 8.

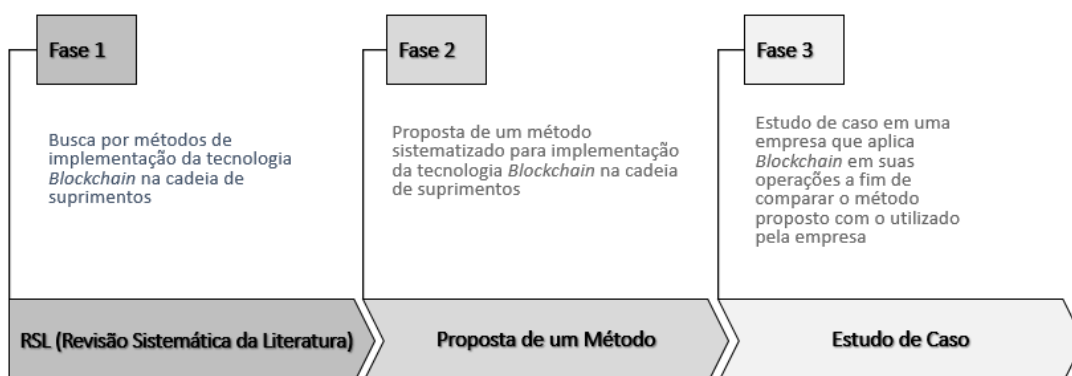


Figura 8: Fases da abordagem metodológica

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

3.2.1. FASE 1 – REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL)

Nesta primeira fase, para a busca de métodos de implementação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos foi adotado o método de revisão sistemática da literatura (RSL), uma maneira segura de identificar questões de pesquisa de determinada área. De acordo com Torres-Carrion *et al.* (2018), por meio de uma RSL é possível, para determinado tema de estudo, averiguar métodos utilizados e resultados obtidos, identificar os principais autores, bem como as bases de dados e os meios de publicação utilizados, possibilitando encontrar informações atualizadas de variados laboratórios, centros de investigação científica ou mesmo instituições de ensino superior.

Com base em seus estudos, Levy e Ellis (2006) propõem três estágios para condução de uma RSL:

- Entrada, momento em que se define os critérios de busca de informações, como bases de dados a serem consideradas, palavras-chave, critérios de inclusão e exclusão;
- Processamento, essencialmente diz respeito a como trabalhar com a literatura, passando por conhecer e compreendê-la, em seguida analisar a informação levantada e por fim, sintetizar e avaliar os resultados;

- Saída, apresentação dos resultados obtidos.

A Figura 9 ilustra os estágios da revisão sistemática da literatura.

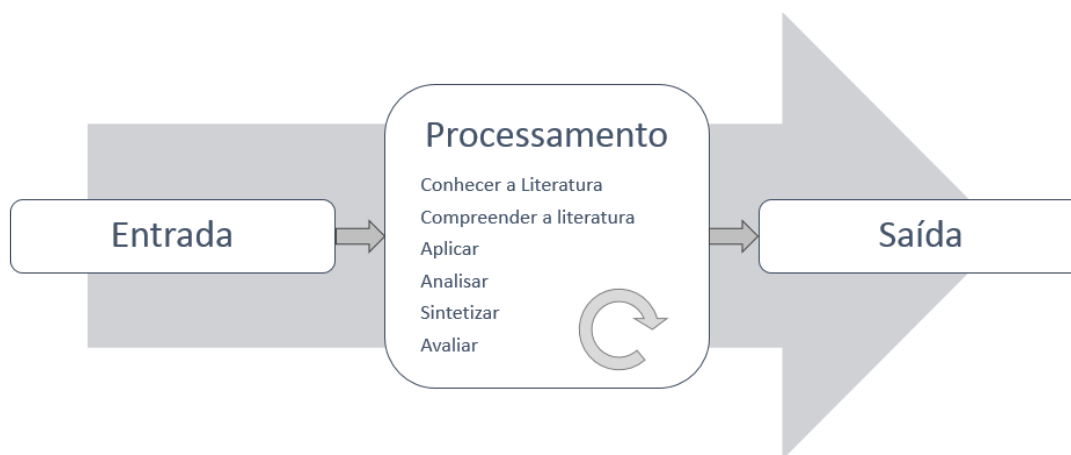


Figura 9: Estágios da Revisão Sistemática da Literatura (RSL)

Fonte: Adaptado de LEVY e ELLIS (2006)

Para o processo de revisão sistemática da Literatura (RSL) foram consideradas as bases mais relevantes para o escopo do tema aqui tratado: Scopus, Web of Science e Science Direct.

Para a busca de métodos de implementação da tecnologia Blockchain na cadeia de suprimentos, o conjunto de palavras-chave selecionado e utilizado foi:

- TITLE-ABS-KEY ("Supply Chain" AND "Blockchain" AND "Implementation") AND ("Method" OR "Model" OR "Framework")

Como critérios de inclusão e exclusão foram considerados trabalhos publicados em língua inglesa, considerando como condição de busca as palavras combinadas contidas no título, nas palavras-chave ou no resumo. Como período de referência não se considerou restrições, entretanto, constatou-se que todas as publicações relevantes e que foram aqui consideradas são de 2018 em diante, isso se deve ao fato de o tema ser extremamente recente. Além do mais, foram considerados apenas trabalhos

completos de cunho acadêmico, como artigos publicados em periódicos e de anais de congressos. A Figura 10 ilustra estas etapas.

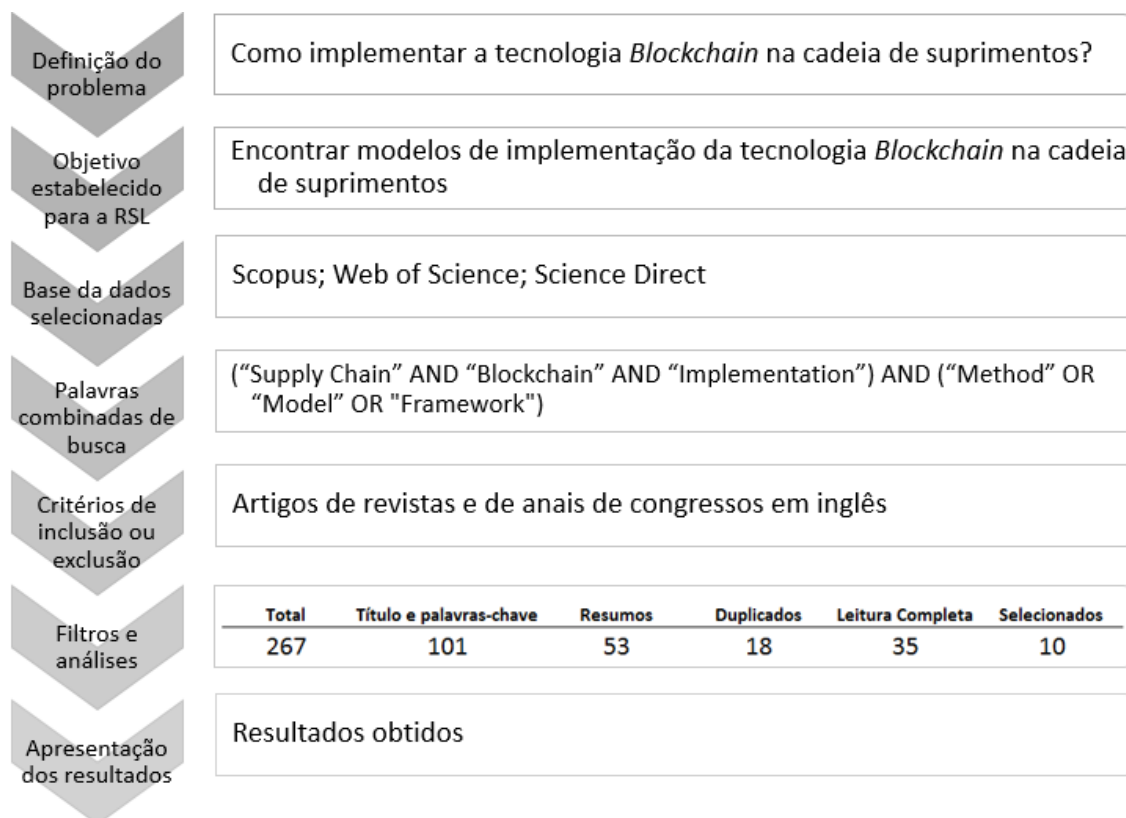


Figura 10: Processo de RSL para busca de métodos de implementação

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

As buscas resultaram em um total de 267 trabalhos que, após a primeira análise de exclusão por título e palavras-chave, caíram para 101, ou seja, foram eliminados 166 trabalhos com foco diferente do tema aqui estudado, como por exemplo, um trabalho que aborda a preparação de profissionais para tecnologias futuras e outro que analisa as promessas e desafios da área da saúde. Nesta exclusão também estão os textos de conferências internacionais, que não identificam os autores. Em seguida, foi realizada a leitura do resumo de cada um dos 101 trabalhos remanescentes, restando 53 documentos, ou seja, não se encontrou a correlação necessária entre o tema aqui estudado e os 48 documentos eliminados. Entre os documentos eliminados, existem, por exemplo, artigos extremamente técnicos que centram o trabalho na exposição

de algoritmos de programação ou mesmo documentos que apresentam métodos que implementam outra tecnologia que não a aqui estudada. Após constatar duplicidade de 14 trabalhos em duas bases de pesquisa e mais 4 nas três bases de pesquisa utilizadas, chegou-se em um total de 35 trabalhos que foram alvo de uma análise detalhada. Por fim, nesta última etapa de filtro, uma análise foi conduzida por meio da leitura completa dos trabalhos e as justificativas pelas quais 25 trabalhos foram excluídos, restando apenas 10, são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Trabalhos selecionados quanto a implementação da *Blockchain*

| Referência | Motivo | Incluído? |
|--------------------------------|--|-----------|
| Agrawal <i>et al.</i> , 2021 | Apresenta uma estrutura de rastreabilidade baseada em <i>Blockchain</i> , com uma aplicação prática apresentada como estudo de caso. | Sim |
| Alkahtani <i>et al.</i> , 2021 | O método proposto é voltado a sustentabilidade da cadeia de suprimentos agrícola, fazendo uma interface singela com a tecnologia <i>Blockchain</i> . | Não |
| Ar <i>et al.</i> , 2020 | É apresentada uma estrutura de decisão para avaliar a viabilidade da tecnologia <i>Blockchain</i> nas operações logísticas. | Sim |
| Aslam <i>et al.</i> , 2021 | A estrutura apresentada mostra os efeitos das práticas de gerenciamento da cadeia de suprimentos no desempenho operacional e explora a relação dos recursos da <i>Blockchain</i> . Contudo não apresenta um método de implementação. | Não |
| Caballero e Rivera, 2019 | A proposta contida no trabalho se limita a apresentar de maneira macro elementos que habilitariam a rastreabilidade de produtos agrícolas. | Não |
| Chang <i>et al.</i> , 2019 | O artigo propõe uma estrutura que contempla a tecnologia <i>Blockchain</i> focado no processo de reengenharia, não especificado um método de implementação. | Não |

| Referência | Motivo | Incluído? |
|-------------------------------------|---|-----------|
| Choi <i>et al.</i> , 2020 | A estrutura contida neste artigo traz uma ideia relacionada às estruturas legais do uso de <i>Blockchain</i> por empresas. | Não |
| Du <i>et al.</i> , 2020 | O artigo apresenta uma estrutura técnica computacional com códigos de programação para a rastreabilidade de alimentos de origem animal. | Não |
| Feng <i>et al.</i> , 2020 | O artigo propõe um método de avaliação de rastreabilidade na cadeia de suprimentos de alimentos e não um método de implementação. | Não |
| Gausdal, 2019 | A estrutura apresentada no trabalho apenas mostra a conceituação de blocos integrados e registrados que alcançariam <i>stakeholders</i> . Portanto, não apresenta um método de implementação. | Não |
| Gopalakrishnan <i>et al.</i> , 2019 | Artigo que mais apresenta elementos essenciais em um método de implementação da <i>Blockchain</i> , levando em conta aspectos relevantes para a decisão de adoção e mitigação de riscos de implementação, além de considerar custos inerentes e seleção de plataforma adequada. | Sim |
| Grest <i>et al.</i> , 2019 | O método proposto foca na coleta de dados e de informações necessárias para registro, objetivando a rastreabilidade de uma cadeia de suprimentos, porém se limita a estas informações. | Não |
| Helo e Hao, 2019 | O artigo identifica etapas e escolhas necessárias para a implementação da <i>Blockchain</i> na cadeia de suprimentos, classificando a sistemática da tecnologia e indicando plataformas de uso. | Sim |
| Hirani <i>et al.</i> , 2019 | O estudo se baseia em segurança de dados para fornecer diretrizes acerca de estruturas, processos e mecanismo de consenso para utilizar <i>Blockchain</i> em Indústrias, não apresentando um método de implementação. | Não |
| Liu e Li, 2020 | Propõe uma estrutura baseada em <i>Blockchain</i> por meio de conjunto de técnicas e métodos correspondentes para obter produtos e transações rastreáveis no gerenciamento da cadeia de suprimentos. | Sim |
| Loklindt, 2018 | O trabalho relata as condições em que a <i>Blockchain</i> é uma solução adotável no tocante a troca de documentação na cadeia marítima, não apresentando de fato um método de implementação. | Não |

| Referência | Motivo | Incluído? |
|--------------------------------|--|-----------|
| Montecchi <i>et al.</i> , 2019 | O trabalho apresenta uma perspectiva de implementação baseada na agregação de valor ao fornecer informação para o cliente, reduzindo riscos. | Sim |
| Mukhtar <i>et al.</i> , 2020 | O artigo busca como trazer visibilidade de informação ao cliente utilizando <i>Blockchain</i> , contudo isto é apresentado de forma técnica e superficial, não apresenta um método de implementação. | Não |
| Nayak <i>et al.</i> , 2019 | O estudo propõe uma estrutura conceitual de cadeia de suprimentos sustentável com o uso de <i>Blockchain</i> , porém é pouco assertivo e não traz elemento de fato relevantes para uma implementação, além de não apresentar um método, de fato. | Não |
| Pooja <i>et al.</i> , 2020 | O trabalho propõe um método de sistema de <i>supply chain</i> no setor agrícola que utiliza a plataforma Ethereum. Isto torna o artigo demasiadamente específico, sem de fato apresentar um método de implementação. | Não |
| Sahai <i>et al.</i> , 2020 | O trabalho apresenta uma proposta técnica, em linguagem computacional, de como rastrear e manter a privacidade na cadeia de suprimentos com o <i>Blockchain</i> . | Não |
| Shoib <i>et al.</i> , 2020 | O estudo busca identificar os fatores que podem influenciar positivamente a implementação de uma cadeia de suprimentos baseada em <i>Blockchain</i> , e não apresenta um método de implementação do <i>Blockchain</i> na cadeia de suprimentos. | Não |
| Sternberg <i>et al.</i> , 2021 | O trabalho apresenta uma perspectiva de falhas do ponto de vista interorganizacional da implementação de <i>Blockchain</i> , e não apresenta de fato um método de implementação. | Não |
| Stranieri <i>et al.</i> , 2021 | O trabalho apresenta uma estrutura conceitual acerca das dimensões de desempenho da <i>Blockchain</i> na cadeia agrícola e não apresenta um método de implementação, de fato. | Não |
| Tan <i>et al.</i> , 2020 | A proposta apresentada de rastreabilidade de Halal sugere de forma estrutural como registrar a informação ao longo da cadeia por meio de QR code, não apresentando um método de implementação. | Não |

| Referência | Motivo | Incluído? |
|---------------------------------|--|-----------|
| Tan <i>et al.</i> , 2020 | É apresentada uma estrutura de informações a serem coletadas em cada etapa da cadeia de suprimentos marítima, contudo não é um método de implementação. | Não |
| Tsiulin <i>et al.</i> , 2020 | O estudo contribui trazendo uma estrutura conceitual para a compreensão das aplicações da <i>Blockchain</i> no ambiente portuário, mas não apresenta um método de implementação desta tecnologia na cadeia de suprimentos. | Não |
| Tsolakis <i>et al.</i> , 2021 | O artigo demonstra uma estrutura integrada de projeto de cadeia de suprimentos centrada na implementação da tecnologia <i>Blockchain</i> . | Sim |
| Upadhyay, N., 2020 | O artigo apresentar preposições e etapas a serem percorridas até o momento de, de fato, implementar o <i>Blockchain</i> , considerando vários ramos, não apenas a cadeia de suprimentos. | Sim |
| Van Hoek, 2019 | O trabalho busca de forma comparativa identificar as diferenças e semelhanças entre a implementação de <i>Blockchain</i> em oposição a implementação de RFID em cadeias logísticas. | Não |
| Van Hoek, 2020 | O artigo propõe uma estrutura aprimorada de um trabalho sobre a implementação da <i>Blockchain</i> na cadeia de suprimentos, levando em conta experiências de pioneiras de aplicação. | Sim |
| Wang <i>et al.</i> , 2020 | O estudo propõe uma estrutura baseada em informação para gerenciamento rastreamento na indústria de construção civil. | Sim |
| Westerkamp <i>et al.</i> , 2020 | A pesquisa desenvolvida recomenda que se tenha um método que permite a rastreabilidade dos produtos manufaturados, incluindo seus componentes, contudo não apresenta este método neste trabalho. | Não |
| Yadav e Singh, 2020 | O artigo busca justificar a implementação do <i>Blockchain</i> sobre o método tradicional implantado na cadeia de suprimentos após o uso da aplicação de processo de rede analítica fuzzy, não apresentando de fato, um método de implementação do <i>Blockchain</i> na cadeia de suprimentos. | Não |
| Zhang <i>et al.</i> , 2020 | O trabalho apresenta uma estrutura de avaliação de ciclo de vida baseada em <i>Blockchain</i> , bem como demonstra a arquitetura sistêmica necessária, contudo, não apresenta um método de implementação. | Não |

Para construção de um método sistematizado, além dos dez trabalhos selecionados e indicados no Quadro 1, foram ainda levantados outros dez trabalhos durante a RSL que não explicitam um método de implementação, mas que buscam, de alguma forma, tratar da implementação da *Blockchain* na cadeia de suprimentos. Estes trabalhos contribuem com informações adicionais que são relevantes em uma implementação de *Blockchain*. O Quadro 2 apresenta estes trabalhos, e suas contribuições para a idealização de um método.

Quadro 2: Trabalhos que contribuem para a idealização de um método de implementação da *Blockchain* na cadeia de suprimentos.

| Referências | Contribuições |
|---------------------------------|--|
| Aich <i>et al.</i> (2019) | Explora os benefícios da integração da <i>Blockchain</i> com IoT em diferentes setores e indústria, além de aplicar um estudo de caso |
| Astarita <i>et al.</i> (2020) | Expõe barreiras que devem ser levadas em conta ao implementar <i>Blockchain</i> , expondo pontos relevantes de lacunas da literatura, tendências sobre o tema e possibilidades futuras |
| Grest <i>et al.</i> (2019) | Apresenta uma forma de seleção de dados relevantes para rastreabilidade da cadeia, apresentando em detalhes os dados registrados e suas correlações a serem considerados |
| Huang <i>et al.</i> (2019) | Traz de forma aprofundada as características de segurança da <i>Blockchain</i> que contribuem no mecanismo de contratos inteligentes na perspectiva do ciclo de vida do <i>software</i> . |
| Kayikci <i>et al.</i> (2020) | Indicações de implementação de IoT e RFID com a <i>Blockchain</i> , argumentando quanto às oportunidades, mas trazendo os impedimentos em diferentes perspectivas: pessoas, processos, performance e tecnologia |
| Kouhizadeh <i>et al.</i> (2021) | Traz, com base na literatura, uma visão abrangente sobre tecnologia, práticas organizacionais e sustentabilidade, em relação às barreiras para a adoção da tecnologia <i>Blockchain</i> no gerenciamento das cadeias de suprimentos sustentáveis |
| Kumar <i>et al.</i> (2020) | Apresenta conceitos técnicos fundamentais, bem como seus desafios, para implementar a <i>Blockchain</i> , trazendo detalhes quanto à Hyperledger Fabric, plataforma aberta de dados para <i>Blockchain</i> |
| Sternberg <i>et al.</i> (2021) | Considera fatores-chave na adoção da <i>Blockchain</i> na cadeia de suprimentos: econômico, organizacional e ambiental |

| | |
|-------------------------------|---|
| Stranier <i>et al.</i> (2021) | Dados coletados através de entrevistas a diferentes atores de diferentes empresas quanto aos impactos de aplicar <i>Blockchain</i> em suas operações |
| Zutshi <i>et al.</i> , 2021 | Características relevantes inerentes a cada tipo de plataforma <i>Blockchain</i> por meio de propostas de valor de integração às plataformas digitais |

Além dos elementos base trazidos pelos trabalhos que apresentam um método de implementação, existem tecnologias complementares à *Blockchain* que, quando implementadas em conjunto, potencializam os benefícios. Os respectivos trabalhos, bem como as tecnologias complementares referenciadas, são apresentados no Quadro 3:

Quadro 3: Tecnologias complementares e respectivas referências

| Tecnologia Complementar | Referências |
|-------------------------|--|
| IoT | Agrawal <i>et al.</i> (2021); Aich <i>et al.</i> (2019); Astarita <i>et al.</i> (2020); Feng <i>et al.</i> (2020); Gopalakrishman <i>et al.</i> (2019); Grest <i>et al.</i> (2019); Helo e Hao (2019); Kayikci <i>et al.</i> (2020); Kouhizadeh <i>et al.</i> (2021); Liu e Li (2020); Wang <i>et al.</i> (2020) |
| Smart Contract | Ar <i>et al.</i> (2020); Astarita <i>et al.</i> (2020); Chang <i>et al.</i> (2019); Feng <i>et al.</i> (2020); Huang <i>et al.</i> (2019); Kayikci <i>et al.</i> (2020); Kouhizadeh <i>et al.</i> (2021); Kumar <i>et al.</i> (2020); Liu e Li (2020); Montecchi <i>et al.</i> (2019); Pan <i>et al.</i> (2020); Sternberg <i>et al.</i> (2020); Tsolakis <i>et al.</i> (2020); Upadhyay <i>et al.</i> (2020); Wang <i>et al.</i> (2020) |
| RFID | Agrawal <i>et al.</i> (2021); Feng <i>et al.</i> (2020); Grest <i>et al.</i> (2019); Kayikci <i>et al.</i> (2020); Kouhizadeh <i>et al.</i> (2021); Sternberg <i>et al.</i> (2020); Tsolakis <i>et al.</i> (2020); Upadhyay <i>et al.</i> (2020); Van hoek (2020); Wang <i>et al.</i> (2020) |
| QR Code | Agrawal <i>et al.</i> (2021); Kayikci <i>et al.</i> (2020); Stranier <i>et al.</i> (2021) |

Com base na pesquisa realizada e nos documentos aqui expostos foi possível construir um método preliminar. Este método foi submetido aos profissionais da indústria e da academia com o intuito de coletar sugestões. Em seguida, estas sugestões foram analisadas e incorporadas ao método quando

pertinentes, gerando um método ajustado. Dentre as indicações dos profissionais da academia, uma das sugestões que foi aceita era a de agregar novos trabalhos indicados por eles, e que eram estreitamente relacionados ao objeto de pesquisa, fortalecendo a proposta do método. Também foi acatada a sugestão de uma melhoria na ilustração dos quadros de representação dos trabalhos considerados na construção do método. Já os respondentes da indústria contribuíram com a sugestão de construção de uma figura esquemática que pudesse trazer todos os elementos de forma visual, facilitando a compreensão da proposta. Também foram pontuadas questões técnicas quanto às tecnologias de coleta de dados, que foram melhoradas no detalhamento do método proposto.

3.2.2. FASE 3 – ESTUDO DE CASO

Nesta terceira fase, um estudo de caso foi conduzido a fim de comparar a método idealizado neste trabalho com o método utilizado na indústria para aplicação da tecnologia *Blockchain*. Segundo Yin (2014), o estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real. De maneira complementar, Gil (2017) descreve o estudo de caso como um estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de forma a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado. Já para Cauchick Miguel (2010), o estudo de caso é um trabalho de caráter empírico que investiga um dado fenômeno dentro de um contexto real contemporâneo por meio de análise aprofundada de um ou mais objetos de análise (casos).

Como referência ao estudo de caso aplicado, considera-se as etapas de condução de estudo de caso na engenharia de produção desenvolvido por Cauchick Miguel (2007), conforme ilustra a Figura 11.

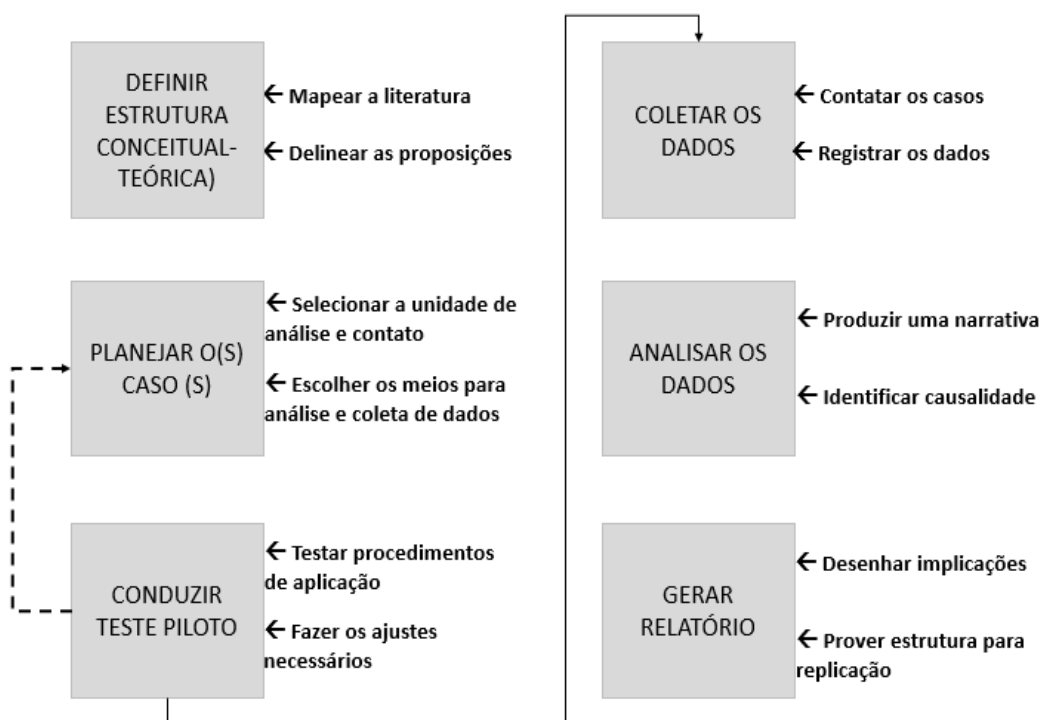


Figura 11: Etapas para condução do estudo de caso

Fonte: Adaptado de Cauchick Miguel (2007)

A primeira etapa foi a definição da estrutura conceitual-teórica, ou seja, definiu-se o referencial teórico para o trabalho, de forma a resultar em um mapeamento da literatura sobre o assunto. A partir da busca bibliográfica e revisão da literatura foi possível identificar lacunas com as quais a pesquisa pôde ser justificada em termos de relevância. Esta etapa é contemplada por todo o referencial teórico apresentado neste trabalho nos capítulos anteriores, e também, pela ausência de um trabalho que apresente de forma sistematizada todos os elementos para implementação da *Blockchain* na cadeia de suprimentos.

A segunda etapa foi a de selecionar e planejar o caso, além de escolher os meios para análise e coleta de dados. O estudo de caso foi aplicado por meio de uma amostragem intencional, ou seja, em uma empresa a qual o pesquisador tem acesso. Como meio de coleta de dados, além da análise

documental, foi desenvolvido um instrumento de coleta de dados. Das diferentes técnicas e instrumentos disponíveis, escolheu-se a entrevista semiestruturada e guiada por um questionário, uma vez que esta técnica proporciona uma flexibilidade ao entrevistador, o qual pode explorar uma relação de pontos de interesse ao longo da entrevista (GIL, 2017).

A etapa seguinte, classificada como o teste piloto, visou testar se o questionário está procedente com a função para o qual foi criado. Novamente os profissionais da academia e da indústria foram acionados a fim de receber sugestões de modificações ou melhorias, as quais foram incorporadas quando pertinentes, chegando a um questionário final para entrevista.

Para a etapa de coleta de dados foi programada uma teleconferência, uma vez que não poderia ser presencial, por conta do o entrevistado ser de outro país. Este evento foi realizado com um profissional que tem como escopo de trabalho a aplicação de tecnologia *Blockchain* na organização em que atua. A teleconferência foi registrada e transcrita a fim de se otimizar o tempo e obter o máximo de foco nas questões que eram realizadas. Além do mais, o pesquisador teve acesso à documentação pertinente ao tema disponibilizada pelo respondente, que proporcionou maior riqueza de informação e endossou o estudo de caso.

A partir do conjunto de dados coletados, o pesquisador criou uma narrativa geral do caso, incluindo aquilo que é essencial e que tem estreita ligação com os objetivos e constructos da pesquisa. Além do mais, outras anotações e impressões não diretamente relacionadas ao questionário também foram consideradas. Segundo Cauchick Miguel (2007), esta tarefa é determinada como rede causal, que são os relacionamentos entre as variáveis de pesquisa.

A última etapa gerou o relatório de pesquisa, ou seja, o registro e correlações foram estruturados e agregados ao documento de pesquisa, neste caso a presente dissertação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos são apresentados neste capítulo, juntamente com os respectivos comentários e análises.

4.1. MÉTODOS EXISTENTES E ELEMENTOS IDENTIFICADOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA *BLOCKCHAIN*

Por meio de uma análise dos vinte documentos extraídos de periódicos ou de anais de congressos, foi possível verificar que a temática vem ganhando cada vez mais atenção, com um aumento do número de publicações nos últimos anos, conforme apresenta a Tabela 1.

Tabela 1: Trabalhos publicados por ano que apresentam ou contribuem na formulação de um método de implementação de *Blockchain*

| Ano da Publicação | Total de Trabalhos |
|-------------------|--------------------|
| 2019 | 6 |
| 2020 | 9 |
| 2021 (Até agosto) | 5 |

Em uma análise aprofundada dos dez trabalhos encontrados que se referem a um método de implementação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos, foram identificados seis elementos principais a serem considerados e analisados para que a implementação possa ser realizada com sucesso, conforme apresenta o Quadro 4.

Quadro 4: Elementos identificados nos métodos de implementação da *Blockchain* encontrados na literatura

| Elementos/ Referência | Agrawal et al., 2021 | Ar et al., 2020 | Gopalakrishnan et al., 2019 | Helo e Hao, 2019 | Liu e Li, 2020 | Montecchi et al., 2019 | Tsolakis et al., 2021 | Upadhyay, N., 2020 | Van Hoek, 2020 | Wang et al., 2020 |
|---|----------------------|-----------------|-----------------------------|------------------|----------------|------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|-------------------|
| Levantamento das necessidades e decisão de adoção pela organização | | X | X | | | X | | X | X | X |
| Seleção da plataforma apropriada à organização | X | | X | | | | | | | X |
| Avaliação e mitigação de riscos inerentes à adoção | | | X | | | X | | | | |
| Seleção de áreas de aplicação na cadeia de suprimentos | | | | X | | | | | | |
| Custos correlacionados à <i>Blockchain</i> na cadeia de suprimentos | | | X | | | | | | | |
| Estruturação de registro de dados | | | | | X | | X | | | |

4.2. MÉTODO SISTEMATIZADO DE IMPLEMENTAÇÃO DA *BLOCKCHAIN* NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Para a implementação sistematizada da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos, os seis elementos que estão referenciados no Quadro 4 devem ser considerados, a fim de assegurar uma implementação assertiva. A primeira etapa contempla fatores intrínsecos a serem cuidadosamente ponderados no sentido de optar ou não pela adoção da tecnologia. É preciso levantar as informações sobre a necessidade da empresa em relação à implementação da tecnologia, e com base em critérios organizacionais, como

engajamento dos atores relevantes, recursos disponíveis, benefícios trazidos e grau de conhecimento dos agentes quanto ao tema, tomar a decisão de adoção.

Com relação a fatores extrínsecos, uma tríade de elementos deve ser considerada. Deve-se selecionar minuciosamente as áreas da cadeia de suprimentos a serem contempladas pela tecnologia, por meio de um mapeamento de todo o fluxo de transações existentes, avaliando os ativos tangíveis e intangíveis a serem considerados. Nesta etapa também devem ser consideradas as tecnologias complementares, principalmente os contratos inteligentes e a IoT. As tecnologias asseguram, respectivamente, o cumprimento de acordos entre os membros da cadeia e a coleta precisa e segura das informações.

Com base nestes aspectos levantados, a procura pela correta plataforma *Blockchain* deve ser estabelecida em relação ao mecanismo de consenso que melhor se adeque a realidade da cadeia, atrelando a escolha de ser uma plataforma de acesso público ou privado. Complementarmente, todos os possíveis riscos devem ser identificados, avaliados e um plano de mitigação traçado. A gama de *stakeholders* e parceiros da cadeia, e sua influência, são avaliadas e servem como dispositivo para criação do plano. Os dados gerados e considerados para a tecnologia também possuem papel central, de modo que a segurança cibernética seja tratada com prioridade. Além do mais, o monitoramento contínuo por meio de auditorias e testes extensivos são indispensáveis. Estes pontos compõem o elemento de avaliação e mitigação de riscos, sendo este o terceiro elemento da tríade de fatores extrínsecos.

Para sustentar a implementação com sucesso e assegurar sua continuidade posterior, existem fatores base, notadamente formados por dois elementos principais. O primeiro elemento refere-se aos custos inerentes, que são calculados levando em conta cinco tipos de custos: iniciais, de integração, de armazenamento em nuvem dos dados, de manutenção da tecnologia e de monitoramento das transações e da rede. O segundo elemento leva em conta a

estruturação do registro de dados, com base em quatro características de dados, que são: arquétipos, a captura, a consistência e a interoperabilidade.

A Figura 12 apresenta de forma esquemática o método sistematizado de implementação levando em conta todos os fatores e elementos descritos anteriormente.

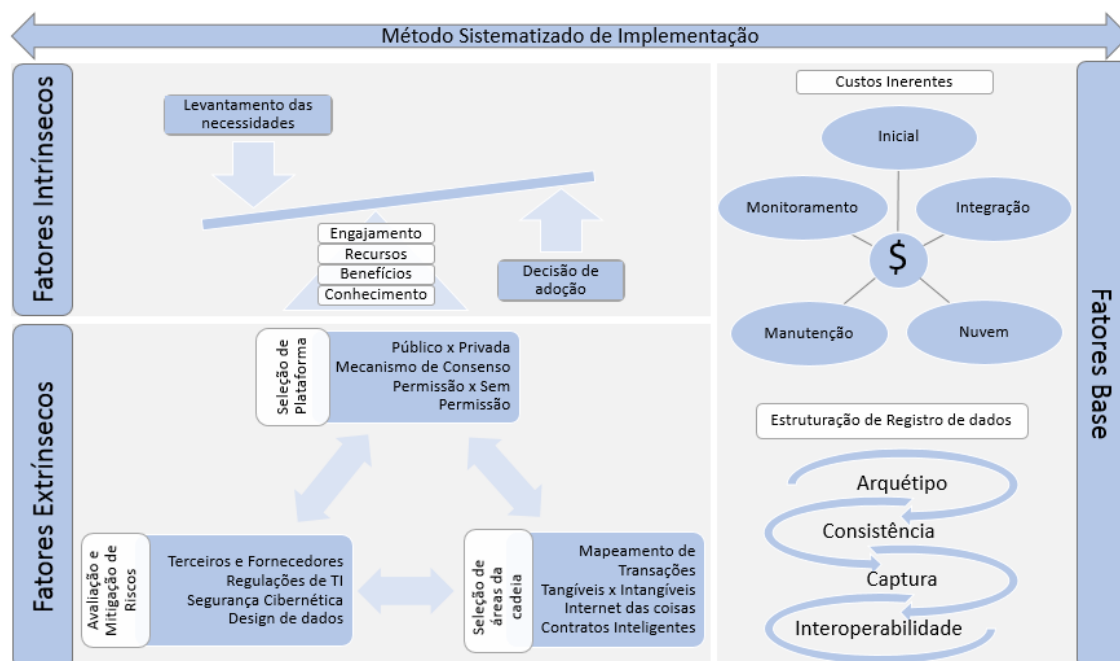


Figura 12: Representação esquemática do método sistematizado de implementação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Os subtópicos a seguir apresentam de maneira detalhada cada um dos elementos que compõem o método.

4.2.1. LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES E DECISÃO DE ADOÇÃO PELA ORGANIZAÇÃO

Este primeiro elemento, classificado como um fator intrínseco, tem por essência levantar as informações de necessidade da empresa em relação à implementação da tecnologia, e com base em critérios organizacionais, tomar a

decisão por adotar ou não. Isto é, deve ser realizado um balanço das reais necessidades com base em quatro categorias: engajamento dos atores relevantes, recursos disponíveis, benefícios trazidos e grau de conhecimento dos agentes quanto ao tema.

Para se dar prosseguimento na análise, uma indagação consciente, ou seja, uma série de dez questões seguida de reflexões deve ser realizada a fim de seguir com a análise pela implementação ou não da tecnologia:

| A organização possui o conhecimento necessário quanto ao uso da tecnologia em sua cadeia de suprimentos? | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Sim, em sua totalidade | Sim, na sua grande maioria | Sim, em alguns casos | Sim, em poucos casos | Não, em nenhum caso |
| | | | | |

| A organização está comprometida com a implementação, ou seja, aberta à adesão desta inovação tecnológica? | | | | |
|---|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Sim, em sua totalidade | Sim, na sua grande maioria | Sim, em alguns casos | Sim, em poucos casos | Não, em nenhum caso |
| | | | | |

| Os tomadores de decisão estão engajados, ou seja, estão de acordo com a implementação? | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Sim, em sua totalidade | Sim, na sua grande maioria | Sim, em alguns casos | Sim, em poucos casos | Não, em nenhum caso |
| | | | | |

| Os <i>stakeholders</i> estão engajados, ou seja, foram envolvidos e concordaram formalmente em participar na implementação? | | | | |
|---|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Sim, em sua totalidade | Sim, na sua grande maioria | Sim, em alguns casos | Sim, em poucos casos | Não, em nenhum caso |
| | | | | |

| Os envolvidos possuem o conhecimento necessário por respectiva área de atuação quanto à tecnologia e implementação? | | | | |
|---|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Sim, em sua totalidade | Sim, na sua grande maioria | Sim, em alguns casos | Sim, em poucos casos | Não, em nenhum caso |
| | | | | |

| Os recursos necessários foram contabilizados e estão disponíveis para a implementação? | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Sim, em sua totalidade | Sim, na sua grande maioria | Sim, em alguns casos | Sim, em poucos casos | Não, em nenhum caso |
| | | | | |

| Os benefícios com a implementação da tecnologia foram computados e estão claros à organização? | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Sim, em sua totalidade | Sim, na sua grande maioria | Sim, em alguns casos | Sim, em poucos casos | Não, em nenhum caso |
| | | | | |

| Rastreabilidade de dados e informações entre os agentes da cadeia é uma característica essencial para a organização? | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Sim, em sua totalidade | Sim, na sua grande maioria | Sim, em alguns casos | Sim, em poucos casos | Não, em nenhum caso |
| | | | | |

| Confiabilidade de dados entre os agentes da cadeia é uma característica essencial para a organização? | | | | |
|---|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Sim, em sua totalidade | Sim, na sua grande maioria | Sim, em alguns casos | Sim, em poucos casos | Não, em nenhum caso |
| | | | | |

| O compartilhamento de informações entre os agentes da cadeia é uma característica essencial para a organização? | | | | |
|---|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Sim, em sua totalidade | Sim, na sua grande maioria | Sim, em alguns casos | Sim, em poucos casos | Não, em nenhum caso |
| | | | | |

| A adoção contribui para os objetivos da cadeia de suprimentos? | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Sim, em sua totalidade | Sim, na sua grande maioria | Sim, em alguns casos | Sim, em poucos casos | Não, em nenhum caso |
| | | | | |

Cada questionamento é relevante pois auxilia a empresa a um entendimento de real necessidade de implementação, baseado em critérios organizacionais. Conforme respostas obtidas, o aprofundamento em cada uma das questões pouco aderentes deve ser realizado. Portanto, de forma geral, este momento inicial passa pelo reconhecimento da necessidade de uso da tecnologia *Blockchain* para a organização.

Uma das necessidades é a aquisição de conhecimento, bem como a conscientização, sobre a tecnologia por parte da empresa. Além do mais, aspectos básicos como entender a utilidade e os benefícios da *Blockchain* são essenciais. Um aspecto relevante que deve ser considerado diz respeito à importância de a empresa possuir tomadores de decisão e *stakeholders* engajados com a implementação da nova tecnologia. Este fato se faz relevante em termos de direcionamento de foco, investimento e recursos. Além do mais, o engajamento das partes externas interessadas e da gestão intermediária também são fundamentais para uma implementação assertiva.

Levando em consideração que a tecnologia *Blockchain* representa uma tecnologia de grande potencial para sistemas de tecnologia da informação, é imperativo que os tomadores de decisão avaliem sua aplicabilidade. Desta forma, uma avaliação de viabilidade estruturada deve ser considerada para a

tomada de decisão, a partir do levantamento da necessidade da empresa, tanto por um problema identificado que será sanado, quanto por um potencial ganho a ser conquistado para a organização.

A identificação dos pontos pouco aderentes do questionário é um aspecto essencial aos tomadores de decisão e o tipo de lacuna de conhecimento ou concordância, de certa forma, estabelece a base para determinar os conjuntos certos de critérios de avaliação. De maneira similar, mas igualmente relevante, quando se identifica ganhos ou melhorias para a organização, critérios bem definidos devem ser considerados a fim de embasar a escolha dos tomadores de decisão.

Esta questão passa por compreender e explorar as ideias potenciais e estratégias de avaliação considerando as perspectivas técnicas, financeiras e estratégicas para a decisão de adoção da *Blockchain*. Assim, se faz imperativo analisar os requisitos para um projeto de implantação, avaliando se faz sentido usar a *Blockchain* ou não para as operações avaliadas, de acordo com os objetivos a serem obtidos. Com base na escolha de autoridades confiáveis da empresa e de uma equipe multifuncional com várias partes envolvidas, e um alto grau de aderência ao questionário, a decisão pelo uso da *Blockchain* é feita.

Para a implementação, há também que se considerar o ganho qualitativo gerado pela percepção do cliente, quando se tem disponível a informação confiável da origem do produto que ele está adquirindo. É possível que o conhecimento de procedência do produto possa aumentar a confiança dos clientes, reduzindo riscos percebidos que podem afetar as decisões de compra. Isto é, a tecnologia *Blockchain* oferece soluções poderosas para aprimorar o conhecimento de procedência de produtos aos clientes, fornecendo um sistema robusto para rastrear a origem, certificando a autenticidade, rastreando a custódia e verificando integridade dos produtos.

Tais questionamentos levam a respostas pertinentes que são decisivas para a tomada de decisão a favor ou contra a implementação. Premissas como

adotar a tecnologia de forma alinhada com o objetivo da cadeia de suprimentos e que esteja condizente com as metas de inovação tecnológica da empresa são essenciais. O engajamento entre os diferentes agentes da organização e a decisão consciente com base no contexto e estratégia da companhia também são primordiais para a implementação da tecnologia de forma assertiva. Além do mais, se faz decisivo ter um conhecimento sólido tanto da *Blockchain* quanto de outras tecnologias aplicáveis com base na estratégia organizacional, possibilitando antever mudanças que impactam diretamente no objetivo traçado.

4.2.2. SELEÇÃO DE PLATAFORMA APROPRIADA À ORGANIZAÇÃO

A seleção da plataforma apropriada à organização é outro elemento a ser considerado e possui extrema importância uma vez que as opções disponíveis apresentam diferentes características e processos de implementação. Desta forma, características de natureza técnica devem ser consideradas a fim de corretamente escolher a empresa externa que fornecerá e manterá a plataforma.

Para a seleção da plataforma apropriada, o primeiro entendimento necessário à empresa é em relação as características inerentes ao funcionamento da tecnologia de registro distribuído, base de como a tecnologia *Blockchain* opera. A primeira caracterização possível é em relação a possibilidade desta tecnologia ser do tipo público ou privado. No caso do livro contábil público, não há um proprietário central e estes registros podem ser acessados e mantidos por qualquer membro do público, sendo que cópias idênticas da informação são distribuídas a todos na rede. Isto é, o acesso é aberto a qualquer pessoa para escrever, ler e participar das transações, uma vez que ninguém em particular tem controle sobre a rede. As plataformas públicas mais conhecidas são as de base das criptomoedas *Bitcoin* e *Ethereum*.

Já o livro contábil privado é aquele com participantes limitados ou pré-selecionados que estão autorizados a realizar transações e interagir, enquanto estão sujeitos a alguma forma de controle externo, ou seja, o controle é feito por um grupo de indivíduos autorizados a participar da rede e validar ou realizar transações. Plataformas privadas incluem Hyperledger Fabric, R3 corda, Quorum, IBM *Blockchain*, entre outras menos conhecidas. Portanto, a escolha entre uma plataforma pública ou privada leva em conta a necessidade de confidencialidade de dados e informações pela organização que está avaliando a adoção da tecnologia.

Outro importante fator a ser levado em consideração pela organização interessada na adoção é quanto ao mecanismo de consenso, ou seja, como cada transação é verificada e validada antes de gravá-la em um bloco. Esta avaliação é relevante pois é este mecanismo que protege o registro de uma entrada errada. Para a *Blockchain* pública, o mecanismo de consenso mais comumente utilizado é o de prova de trabalho (PoW). Embora consuma uma elevada quantidade de energia, eles fornecem a segurança mais comprovada no mercado de criptomoedas até agora. Vários outros algoritmos de consenso foram desenvolvidos por profissionais e pesquisadores para resolver a complexidade computacional do PoW em que apenas um subconjunto de nós da rede atua como verificadores.

Uma segunda opção de mecanismo de consenso é a prova de participação (PoS), na qual os mineradores são substituídos por validadores e os usuários têm a chance de validar o próximo bloco com base em uma probabilidade proporcional à sua aposta/participação. A outra possibilidade que tem sido utilizada, chamada prova de autoridade (PoA), é mais eficiente em termos de número de transações por segundo, pois seu algoritmo de consenso limita o conjunto de validadores a um grupo pequeno de usuários confiáveis, chamados de autoridade.

Considerando estes três diferentes mecanismos de consenso, uma segunda classificação deve ser levada em conta como avaliação, o tipo de permissão. A classificação “sem permissão” considera que nem o acesso nem

a mineração são controlados por entidades que dão permissão. Neste caso, a chave para o funcionamento da *Blockchain* é o mecanismo de consenso, o qual permite que todas as partes concordem sobre a autenticidade de uma cadeia, assim, qualquer pessoa pode aderir e participar como usuário, enquanto também pode participar como minerador. A classificação “com permissão”, por sua vez, possibilita restringir o acesso da *Blockchain*, liberando-o a certos membros confiáveis, cujo os participantes são bem definidos por meio de serviços de identidade de membros e a validação das transações não requer mineração.

Desta forma, como meio de auxiliar a empresa a identificar qual a plataforma mais adequada para suas necessidades, foi construída uma matriz contendo as principais características entre os tipos de *Blockchain* e os seus atributos, incluindo as informações relativas a uma base de dados tradicional centralizada, para efeitos comparativos. A Matriz é ilustrada conforme Quadro 5.

Quadro 5: Matriz de escolha de sistemas de *Blockchain* por atributos

| Classificação | <i>Blockchain</i> "sem permissão" | | <i>Blockchain</i> "com permissão" | Base de dados centralizada |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Mecanismo de consenso | <i>Proof-of-Work (PoW)</i> | <i>Proof-of-stake (PoS)</i> | <i>Proof-of-Authority (PoA)</i> | Não é necessário consenso |
| Plataformas | <i>Bitcoin, Ethereum</i> | <i>Cardano, EOS</i> | <i>Hyperledger, Corda, Quorum</i> | <i>Oracle, MySQL</i> |
| Confiabilidade descentralizada | Alta | Alta | Média | Baixa |
| Imutabilidade | Alta | Alta | Alta | Média |
| Rastreabilidade | Alta | Alta | Alta | Baixa |
| Segurança de dados | Alta | Alta | Alta | Baixa |
| Privacidade | Alta | Alta | Média | Baixa |
| Interoperabilidade | Alta | Alta | Alta | Média |
| Velocidade e escalabilidade | Baixa | Média | Alta | Muito Alta |
| Custos de energia | Alta | Baixa | Baixa | Baixa |

Fonte: Adaptado de Zutshi *et al.* (2021)

Desta forma, com base nos atributos desta tabela, a seleção deve ser realizada em consonância com as necessidades da empresa que pretende adotar a *Blockchain*. Realizada a escolha, a empresa provedora deverá ser acionada para negociação e contratação da plataforma.

4.2.3. AVALIAÇÃO E MITIGAÇÃO DE RISCOS INERENTES À ADOÇÃO

Como qualquer nova tecnologia, a *Blockchain* possui vários riscos associados à sua implementação. Conforme a tecnologia *Blockchain* aumenta a transparência da cadeia de suprimentos, também aumenta a exposição da empresa a outros atores, incluindo concorrentes e outras organizações, arriscando segredos comerciais, propriedade intelectual e detalhes da cadeia de suprimentos.

Desta maneira, a empresa interessada em adotar esta tecnologia deve estar ciente dos riscos associados à sua implantação e, como forma de auxiliar a organização a avaliar e mitigar riscos, o primeiro passo é mapear alguns aspectos relevantes, seguindo quatro tópicos:

- Identificar quais são as partes que serão envolvidas na implementação da *Blockchain*;
- Definir qual a quantidade de dados que precisarão ser gerenciados;
- Considerar as interações entre as partes envolvidas na cadeia de suprimentos;
- Identificar um terceiro confiável que possa fornecer soluções e suporte à *Blockchain*.

Com base nestas informações primárias e pelo fato de envolver manipulação de dados, os riscos associados estão na relação com terceiros, fornecedores e na integração da nova tecnologia, nas conformidades e regulações difundidas na área de tecnologia da informação, nas questões cibernéticas e de informações, e, por fim, na arquitetura e design da solução.

Assim, com base em cada uma destas quatro categoria de riscos, os fatores associados e as causas devem ser conhecidos para se seguir um plano de mitigação. Para o risco associado a terceiros, fornecedores e de integração da tecnologia, o Quadro 6 apresenta os fatores de risco, suas causas e estratégias de mitigação.

Quadro 6: Fatores de risco, suas causas e estratégias de mitigação em relação a terceiros, fornecedores e integração do sistema escolhido.

| Fatores de risco | Causas | Mitigação |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Fornecedor de software <i>Blockchain</i> e parceiros com influência da rede - Interrupção de produção devido a mudanças tecnológicas | <ul style="list-style-type: none"> - Os fornecedores da <i>Blockchain</i> são principalmente <i>startups</i> e podem ter problemas de evolução estratégica, problemas de conformidade regulamentar, condições financeiras instáveis e falta de recursos humanos adequados - A estratégia de renovação pode ser inadequada com os sistemas ou processos de negócios existentes. | <ul style="list-style-type: none"> - Avaliações de conformidade e programas de monitoramento contínuo - Solicitar verificação de auditoria interna e externa sobre o estado atual do terceiro - Concentrar no desenvolvimento de procedimentos de teste repetíveis e planos de teste extensivos |

O Quadro 7, por sua vez, apresenta os fatores de risco, suas causas e estratégias de mitigação em relação aos riscos envolvidos na conformidade da solução/sistema escolhida em relação a padrões e regulamentação do sistema de informações.

Quadro 7: Fatores de risco, suas causas e estratégias de mitigação em relação à conformidade da solução/sistema escolhida em relação a padrões e regulamentação do sistema de informações

| Fatores de risco | Causas | Mitigação |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Conformidade com regulamentos e padrões do ramo de atuação | <ul style="list-style-type: none"> - Os regulamentos de dados ou a falta deles, tornam difícil determinar os procedimentos apropriados | <ul style="list-style-type: none"> - Revisão de requisitos e padrões regulatórios mais amplos, incluindo regras específicas da indústria - Monitorar desenvolvimentos regulatórios e evoluções nos processos de definição de padrões - Envolver-se com os reguladores relevantes, de preferência em um estágio inicial da fase de design, para garantir a aderência aos objetivos da política |

Riscos cibernéticos e de informação são comuns a qualquer sistema de informação e devem ser investigados, uma vez que a gestão eficiente e segura de dados são cada vez mais importantes para o sucesso das organizações. O Quadro 8 apresenta os fatores de risco, suas causas e estratégias de mitigação para esta questão.

Quadro 8: Fatores de risco, suas causas e estratégias de mitigação para questões cibernéticas e de informação

| Fatores de risco | Causas | Mitigação |
|---|---|--|
| - Confidencialidade, integridade e disponibilidade de dados | <ul style="list-style-type: none"> - Problemas de segurança e acesso de dados - Armazenamento de chaves criptográficas (usado como sinais digitais) | <ul style="list-style-type: none"> - Teste de penetração extensivo em um aplicativo <i>Blockchain</i> - Segurança de <i>endpoint</i> adequada - Comunicação adequada e plano de resposta a incidentes dentro da equipe de segurança cibernética |

A última categoria a ser considerada diz respeito a arquitetura e design de dados. Este ponto se faz relevante pelos aspectos técnicos inerentes às estruturas de dados, que se não levados em conta ou mal arquitetados, podem representar o grande risco à implementação. O Quadro 9 apresenta os fatores de risco, suas causas e estratégias de mitigação para essa categoria.

Quadro 9: Fatores de risco, suas causas e estratégias de mitigação para arquitetura e design de dados

| Fatores de risco | Causas | Mitigação |
|---|---|---|
| - Decisões técnicas e organizacionais de design para o desenvolvimento da <i>Blockchain</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Projetos técnicos não alinhados com os requisitos funcionais - Regras incompletas que permitem comportamentos indesejáveis do usuário - Design inadequado que proíbe melhorias tecnológicas | <ul style="list-style-type: none"> - Análise e priorização eficazes do negócio - Adoção da segurança pelo foco do design - Avaliações estritas de código e testes de aceitação para soluções <i>Blockchain</i> |

Independentemente do contexto específico da indústria, as empresas que consideram implementar a tecnologia *Blockchain* devem fazê-la com extremo cuidado e atenção, considerando todos os possíveis riscos e estabelecendo previamente as estratégias de mitigação. Para que a implementação seja realizada com sucesso, certamente todos os envolvidos no projeto devem estar cientes dos riscos e as estratégias de mitigação devem ser difundidas de modo a atingir todos da organização.

4.2.4. SELEÇÃO DE ÁREAS DE APLICAÇÃO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Para que a implementação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos seja bem sucedida, diversas áreas devem ser envolvidas na implementação. Tradicionalmente, as áreas operam de maneira independente e conflitante, com objetivos próprios. Contudo, uma proposta de benefício mútuo para as áreas, por meio da integração de dados e informações, é o principal argumento que traz valor e motiva os diferentes departamentos, e a organização como um todo, quanto a aplicação da *Blockchain*.

As áreas relevantes que devem ser consideradas, além da logística, são: planejamento, produção, *marketing*, compras, vendas, distribuição e serviço de atendimento ao cliente. A necessidade de contar com essas áreas se dá pelo tipo de informação que elas geram e sua estreita relação com as demais. Para definir quais frentes de informação as empresas devem atuar, são indicadas a seguir três opções/categorias:.

- Categoria A: Monitoramento dos ativos
- Categoria B: Identidade digital
- Categoria C: Transações da organização

A categoria A diz respeito ao monitoramento de ativos, na qual a empresa deve mapear e considerar os ativos tangíveis (propriedade física) e intangíveis (documentos), que serão registrados de maneira precisa e confiável para identificar a propriedade e garantir a exatidão e integridade das

informações. Os ativos armazenados no livro-razão são protegidos e precisos, pois são gerenciados criptograficamente por chaves e assinaturas para determinar quem pode realizar transações. Ainda é válido ressaltar que a confiabilidade de informação coletada e a rastreabilidade de ativos pode ser melhor feita por meio do uso de IoT. Assim, a aplicação de tecnologias que auxiliam a coleta de dados deve ser também considerada, como utilizar etiquetas RFID e QR Code.

A categoria B leva em conta a identidade digital, ou seja, diz respeito aos registros privados, que serão armazenados e confirmados por *Blockchain* por meio de documentos legais codificados com segurança. Informações sobre colaboradores e parceiros, dados de manufatura, entre outros, serão rastreados e melhor gerenciados pelo uso da *Blockchain*. Uma poderosa associação de tecnologia se dá neste momento com o uso de contratos inteligentes. Eles devem ser considerados e conjuntamente implementados para trazer ainda mais segurança nas operações. Baseados em códigos, estes contratos são configurados computacionalmente para executar, para as empresas, os acordos e as relações contratuais.

A categoria C é aquela que considera todas as transações da organização. Para a empresa que está seguindo os passos de implementação, este ponto é um dos mais relevantes, pois as transações registradas pela tecnologia *Blockchain* são verificáveis e permanentes, acontecendo entre as diferentes partes, de forma que todas as transações relacionadas à cadeia de suprimentos podem ser registradas e confirmadas, incluindo as informações do pedido, os dados de estoque e de produtos.

Com base nestas categorias, a empresa interessada na adoção da *Blockchain* em sua cadeia de suprimentos deve analisar quais elementos devem ser gerenciados a fim de se obter vantagens para a organização. A associação de outras tecnologias como IoT e contratos inteligentes é positiva, uma vez que podem ser integradas à implementação da *Blockchain* de forma viabilizar melhores resultados. A Figura 13 apresenta as categorias e os respectivos componentes de cada uma delas.

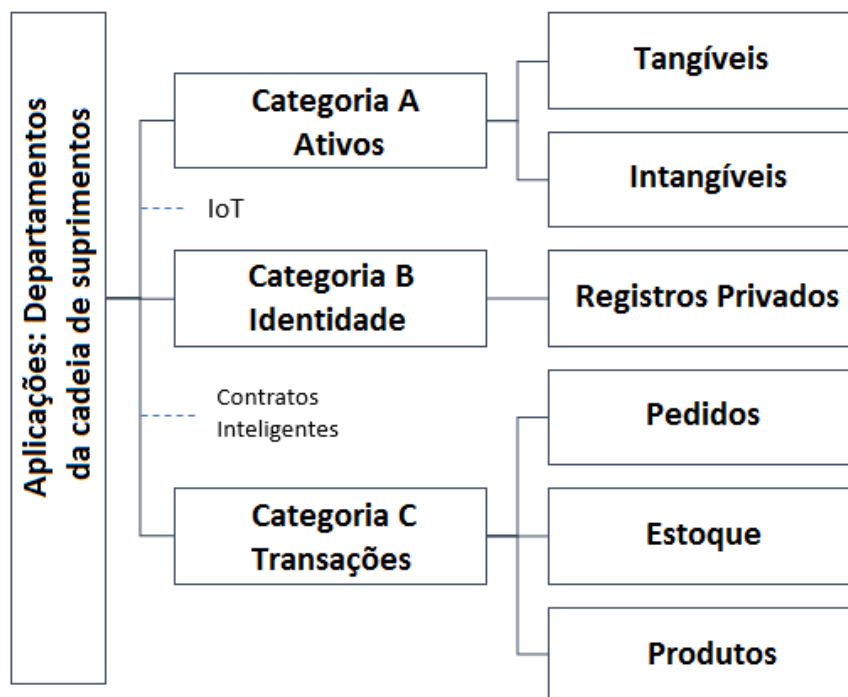


Figura 13: Categorias e tipos de informações capturadas em diferentes partes da cadeia

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Um maior aprofundamento quanto à estruturação dos dados e informações aqui definidos de forma macro, consta no elemento intitulado “estruturação de registro de dados”, na seção 4.2.6.

4.2.5. CUSTOS CORRELACIONADOS À *BLOCKCHAIN* NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Para se chegar ao custo total de implementação, cinco categorias de custos são consideradas e detalhadas nesta seção. Muitas referências sobre custos correlacionados à *Blockchain* focam no desenvolvimento de *software* e nos custos de nuvem, entretanto, se faz necessário considerar os custos totais para uma tomada de decisão assertiva. Para qualquer transação financeira entre várias partes, se faz necessário verificar as características do negócio (por exemplo, atributos das transações, credenciais das entidades envolvidas

no sistema e termos do contrato). Como a *Blockchain* facilita a verificação de atributos, também acaba ajudando na redução de custos. Além disso, esta tecnologia reduz o custo da rede, já que não precisa de nenhum intermediário tradicional. No entanto, a execução de plataformas *Blockchain* atuais requer esforços computacionais significativos e consumo de energia.

A análise de custos aqui proposta serve como meio organizado de auxiliar a empresa nos cálculos de custos primários e fixos associados à implementação corporativa da *Blockchain*. Esta análise auxilia na compreensão dos diferentes tipos de custos e como eles se comportam em certas circunstâncias, bem como nas condições em relação ao tempo, ou seja, anos que se seguem após a implementação. A formulação de custo é proposta tanto para plataformas *Blockchain* privadas quanto públicas, considerando:

- Custos de construção ou implementação de software;
- Os custos de integração e aqueles associados às melhorias na plataforma *Blockchain* corporativa ao longo dos anos;
- Custo da nuvem associado ao armazenamento das informações da transação;
- Custo de manutenção contínua que inclui suporte técnico em tempo integral, custo educacional contínuo por usuário e custos de administração de hardware;
- Custos de monitoramento, referentes à qualidade das transações e os custos anuais de avaliação da rede.

O Quadro 10 apresenta de maneira esquemática os fatores de cálculo por categoria:

Quadro 10: Fatores utilizados no cálculo de custos, por categoria

| Categoria de custo | Definição | Fatores para cálculo de custos |
|--------------------|--|---|
| Inicial | Custos iniciais de construção e implementação | - Tipo de <i>Blockchain</i> - Custo de implementação de software |
| Integração | O custo associado à implementação de nós e configuração dos usuários | - Número de usuários finais - Custos de treinamento para usuário - Número de nós |
| Nuvem | O custo associado ao armazenamento de dados | - Método de hospedagem de nó - Volume de transações por dia |
| Manutenção | Custos de manutenção da tecnologia | - Número de funcionários em tempo integral - Custo de educação contínua por usuário - Rotatividade anual de usuários - Custos de administração de hardware |
| Monitoramento | O custo associado ao monitoramento das transações | - Custo da revisão de qualidade para transações - Avaliação anual da rede |

Fonte: Adaptado de Gopalakrishnan *et al.* (2019)

Ao contratar uma plataforma privada *Blockchain* para transações, tudo o que está associado ao armazenamento e às pessoas que podem acessar as informações é configurado de acordo com a necessidade do cliente e é acessível apenas às pessoas envolvidas. O custo total para a implementação da *Blockchain* deve ser analisado em dois estágios. O primeiro estágio é relativo ao custo inicial associado à construção e implementação da plataforma, bem como a estabilização do sistema. Isso pode variar conforme a empresa, pois depende de quão rápido cada uma se acostuma com a tecnologia e a utilizam de maneira eficiente.

Já o segundo estágio corresponde aos fatores cotidianos relativos à nova tecnologia, tais como: número de transações que ocorrem em um dia, quantidade de usuários na plataforma, colaboradores necessários para manutenção, armazenamento em nuvem, programas de treinamento para usuários, custos de modificação para melhorias e poder de computação. Para a formulação dos custos envolvidos na implementação da *Blockchain*, as seguintes etapas de cálculos devem ser utilizadas:

1) Calcular o custo anual de integração, a partir da Equação 1:

$$CI = CF + (N - 1) * CII \quad (1)$$

onde:

CI = Custo anual de Integração [\$]

CF = Custo Fixo da *Blockchain* [\$]

N = Número de anos

CII = Custo de Integração após Implementação [\$]

2) Calcular o custo total da *Blockchain* no primeiro ano (CT), dado pela Equação 2:

$$CT = CI + CN + CMa + CMo \quad (2)$$

onde:

CN = Custo de armazenamento em nuvem [\$]

CMa = Custo de manutenção [\$]

CMo = Custo de Monitoramento [\$]

4.2.6. ESTRUTURAÇÃO DE REGISTRO DE DADOS

A estrutura de dados é mais um dos elementos base do método para a implementação da tecnologia. Existem quatro classificações relevantes de estruturação de dados, que a empresa deve considerar e que irá auxiliar no correto entendimento e nas ações a serem tomadas:

- Arquétipos de dados;
- Captura de dados;

- Consistência de dados;
- Interoperabilidade de dados.

O Arquétipo de dados diz respeito a necessidade de vinculação de conjuntos de dados disponíveis em vários escalões da cadeia de suprimentos. A empresa deve mapear e considerar os dados a serem capturados de acordo com suas características, levando sempre em conta a interface entre as operações e o fluxo de informações. Caso o mapeamento não seja realizado, um dos efeitos é a falta de padronização em estruturas e registro de dados, resultando no desacoplamento de informações das transações das operações tanto a jusante quanto a montante, o que limita a transparência e a rastreabilidade.

A captura de dados é um fator chave que tem por essência a atenção da empresa quanto aos mecanismos de captura. Estes diferentes mecanismos podem conter limitações técnicas inerentes e desafios funcionais que aumentam as preocupações com a confiabilidade dos dados. Por exemplo, o registro de dados em papel, realidade de muitas empresas, acarreta distorções, possibilita a duplicação e, conseqüentemente, o conflito no registro de dados. Mesmo que a empresa conte com uma solução mais robusta e tecnológica, a interrupção funcional dos mecanismos de registro de dados pode resultar em inconsistências ou lacunas nos dados. Portanto, a captura de dados se faz elemento essencial e sua acuracidade crucial para proporcionar responsabilidade e confiança nos dados.

Com relação à consistência e à interoperabilidade, os dados referentes ao fluxo de materiais e informações ao longo da cadeia de suprimentos não podem apenas ser para a conformidade regulatória. Os dados coletados devem ser aproveitados para apoiar a rastreabilidade ou para informar as operações a jusante. Para o estado futuro esperado, com a implantação de sistemas avançados de rastreabilidade, a responsabilidade da coleta de dados exige que as partes interessadas demonstrem responsabilidade mútua, de modo que todos os membros da cadeia concordem com a coleta consistente de dados.

Os benefícios da *Blockchain* são operacionalizados por meio do estabelecimento de um sistema de rastreabilidade confiável e de dados estruturados de forma a permitir o compartilhamento de dados críticos entre todos os atores da cadeia de suprimentos. Os fornecedores a jusante se beneficiariam dos relacionamentos aprimorados com clientes corporativos para gerar mais oportunidades de negócios, enquanto os clientes a montante obtêm acesso a dados confiáveis que evitam fraudes e garantem a segurança dos produtos adquiridos.

De maneira prática, para a estruturação de registro de dados para a cadeia de suprimentos com base na tecnologia *Blockchain*, três grupos de estrutura de dados devem ser considerados. O primeiro grupo está relacionado às contas, ou seja, as informações armazenadas que levam em consideração cada entidade (como empresas nacionais e estrangeiras, consumidores, alfândega e departamentos de inspeção de qualidade), incluindo informações sobre produtos, transações (*hash ID*), status de financiamento e permissões. As características dos dados na cadeia de contas são de baixa velocidade de atualização e forte conexão entre entidades. Dentro do grupo de contas há três subgrupos:

- Conta corporativa: é criada pelo fornecedor de produtos ou serviços na cadeia de suprimentos. Os dados da conta corporativa incluem: nome da empresa, que se refere ao nome do registro da empresa; informações de certificação, que incluem número de registro, endereço registrado, representante legal, capital registrado, escopo do negócio, status da empresa, tipo de negócio, data de estabelecimento, autoridade de registro, empresa afiliada; número de transações, que se refere ao número total de transações concluídas por esta empresa; a lista de transações, que se refere ao registro de transação correspondente na cadeia de transações; a lista de produtos, que inclui ID do produto, nome do produto, parâmetros de produção (como temperatura, umidade, matérias-primas, origem, etc.) coletados por dispositivos IoT, relatório de inspeção de qualidade; outros documentos relacionados;

- Conta de consumo são criadas pelos consumidores, que registram as informações e o saldo dos clientes. Os dados da conta do consumidor incluem o seguinte conteúdo: nome do usuário; informações do usuário, incluindo endereço de entrega, pontuação de crédito, etc.; número de compras; lista de transações, incluindo TXID (sequência de caracteres únicos concedidos a cada transação que for verificada e adicionada a *Blockchain*).
- Conta do regulador, são criadas pelo regulador (departamentos de supervisão, como departamento de inspeção de qualidade e alfândega), que incluem os conteúdos de instituições relacionadas, que são: informações da instituição; instituições superiores; instituições subordinadas.

Um exemplo deste grupo e seus subgrupos é apresentado na Figura 14:

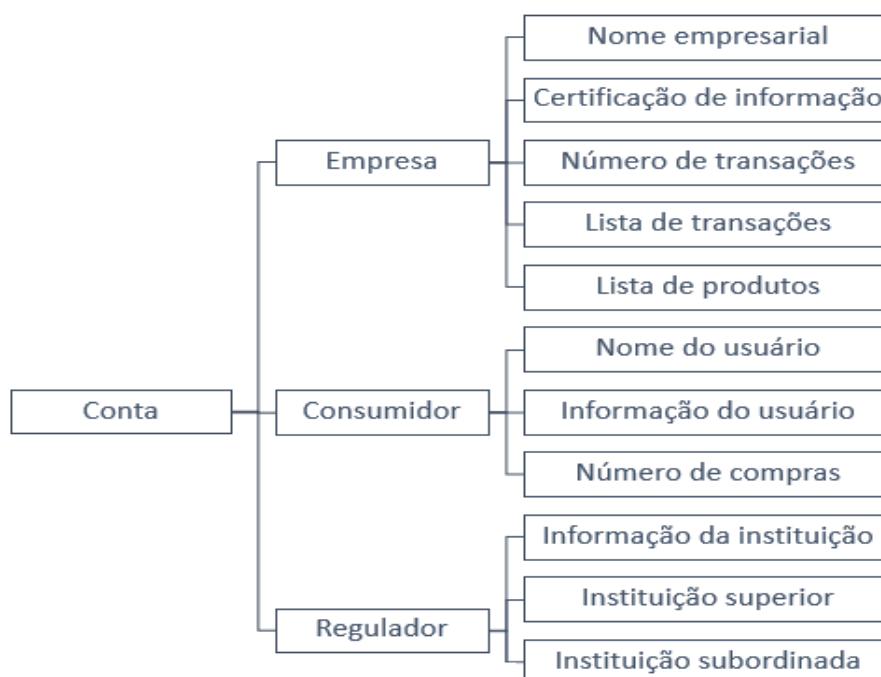


Figura 14: Estrutura de dados de contas

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

O segundo grupo, intitulado como cadeia de transações, armazena informações de transações, registros de transações, registros de execução e outras informações. As informações da transação incluem ID da transação, ID do produto, número de produtos, remetente, destinatário, operadora, certificado digital do contrato (o contrato é um *hash* e o arquivo específico é criptografado e armazenado no servidor em nuvem), e o contrato inteligente. O registro da transação se refere ao status de execução da transação. Para identificar os motivos de possíveis falhas, todas as informações sobre como chamar um contrato inteligente são armazenadas na cadeia. O relatório de desempenho é um relatório de status de amostragem de produtos fornecido regularmente por autoridades regulatórias. A estrutura de dados da cadeia de transação é apresentada na Figura 15:

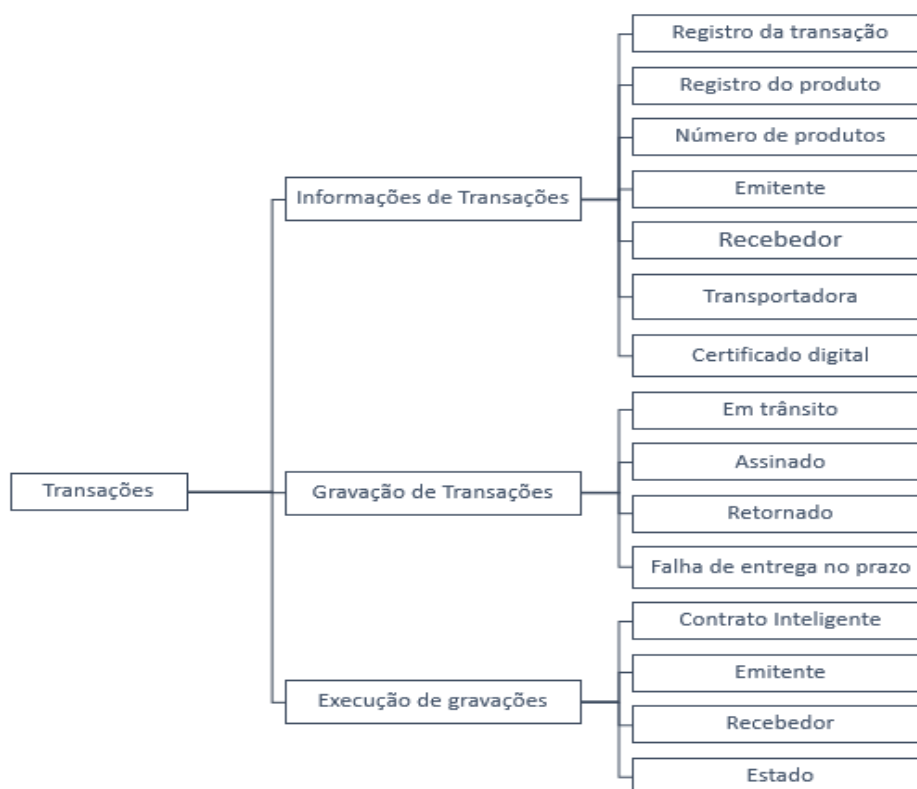


Figura 15: Estrutura de dados de transações

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

O terceiro grupo diz respeito à cadeia IoT, que registra principalmente informações de logística em tempo real do produto, como por exemplo, informações de localização do produto. As informações de entrega do produto incluem dados de sensores e os parâmetros do processo de produção. A estrutura de dados da cadeia IoT é ilustrada na Figura 16.

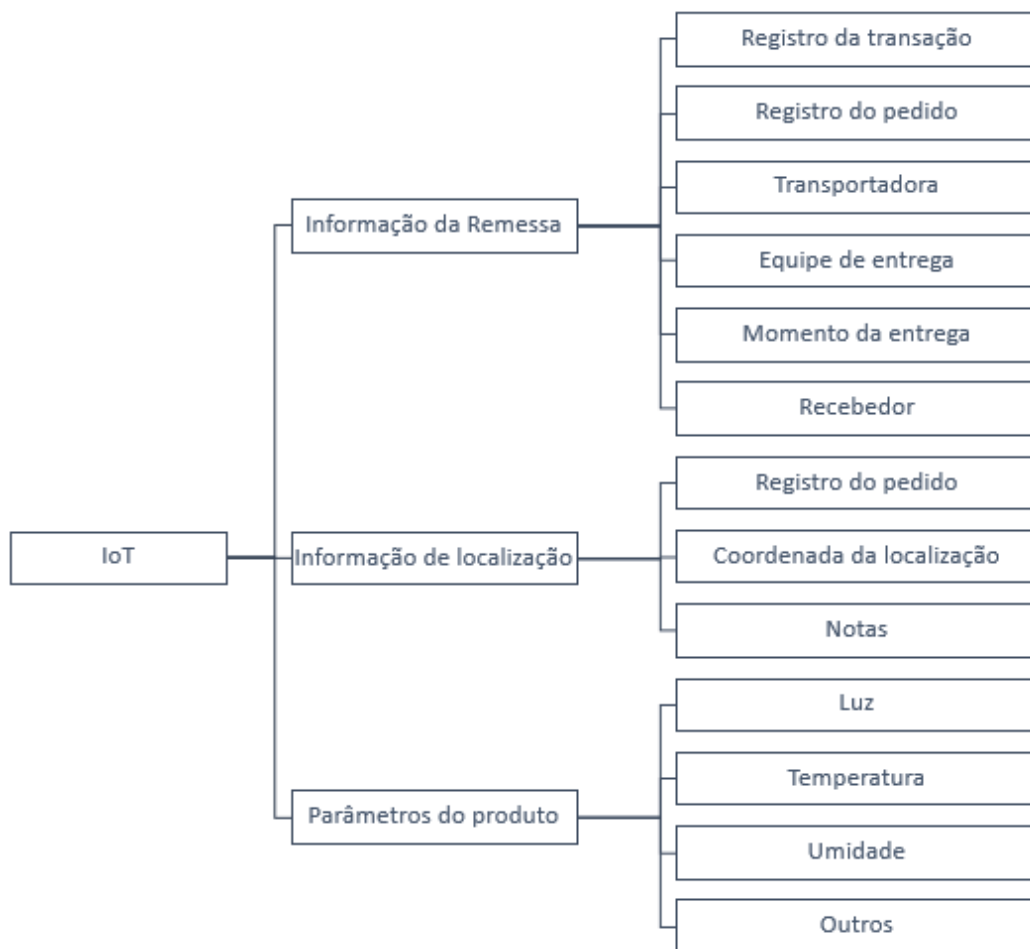


Figura 16: Estrutura de dados logísticos

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Este elemento é base para uma implementação assertiva desde o início da aplicação, uma vez que os dados coletados são a fonte principal de alimentação da *Blockchain*.

4.3. ROTEIRO DE CONDUÇÃO DO MÉTODO

Com o intuito de facilitar o entendimento, a partir dos elementos identificados e propostos no método de implementação, uma sintetização em forma de roteiro estruturado é sugerida nesta seção:

- Fatores Intrínsecos

1. Levantamento das necessidades: Realizar os questionamentos de reflexão pré estabelecidos com base nas quatro categorias:

- 1.1. Engajamento: Tomadores de decisão e *stakeholders*;

- 1.2. Recursos: Financeiros conforme estratégia da empresa e de pessoal conforme necessidades de conhecimentos específicos para a implementação da tecnologia;

- 1.3. Benefícios: Confirmação de todos os benefícios que a empresa e a cadeia de suprimentos conseguirá com a implementação;

- 1.4. Conhecimento: Assegurar a capacitação de todos os envolvidos em relação à função exercida e tipo de acesso/interação com a rede *Blockchain*.

2. Decisão de Adoção: com base nas respostas obtidas, avaliar o grau de aderência atual da empresa para com a implementação:

- 2.1. Seguir com os ajustes necessários para então seguir com os demais elementos ou abortar a ideia caso não se justifique mudanças em prol da implementação futura.

- Fatores Extrínsecos

3. Seleção de Plataforma: Conforme necessidades da empresa na matriz de decisão, de acordo com os critérios:

- 3.1. Classificação de tipo público ou privado: decidir com base na necessidade de confidencialidade de dados e informação;
 - 3.2. Mecanismo de consenso: Optar pelo mecanismo de acordo com a matriz de escolha, considerando as características de cada mecanismo versus necessidade da empresa;
 - 3.3. “Com permissão” ou “Sem permissão”: Optar conforme validação do mecanismo de consenso na matriz de escolha, já que são aspectos associados.
4. Avaliação e mitigação de riscos: Todos os aspectos necessários são mapeados e avaliados conforme dados gerados, *stakeholders* e parceiros envolvidos, monitoramento necessário da cadeia e segurança cibernética. Tal procedimento é realizado a partir das seguintes etapas:
- 4.1. Identificar as partes que serão envolvidas na implementação da *Blockchain*;
 - 4.2. Definir a quantidade de dados que precisarão ser gerenciados;
 - 4.3. Considerar as interações entre as partes envolvidas na cadeia de suprimentos;
 - 4.4. Identificar um terceiro confiável que possa fornecer soluções e suporte à *Blockchain*.
 - 4.5. Registrar os fatores de risco, suas causas e estratégias de mitigação.
5. Seleção de áreas da cadeia: A seleção se deve conforme envolvimento na cadeia e necessidade de captura de informação gerada por uma área:
- 5.1. Categorização dos dados em três frentes;
 - 5.2. Monitoramento de ativos: todos os tangíveis (físicos) e intangíveis (documentos) da cadeia de suprimentos;

- 5.3. Identidade digital: Informações privadas de cunho pessoal ou sigiloso da organização;
 - 5.4. Transações: Mapeamento de todas as transações relevantes que passarão a ser registradas na *Blockchain*.
- Fatores Base
6. Composição dos custos totais: Considerar todos os custos inerentes com base em dois aspectos:
 - 6.1. Classificar os custos conforme cinco categorias: custos iniciais de construção e implementação, custos de integração, custo de armazenagem de dados, custos de manutenção da tecnologia e custos de monitoramento das transações;
 - 6.2. Realizar o cálculo total de acordo com as fórmulas disponibilizadas no método (Equações 1 e 2).
 7. Estruturação de registro de dados: Considerar as quatro classificações para estruturação:
 - 7.1. Arquétipos de dados: vincular os dados de acordo com o tipo nas diversas camadas da cadeia de suprimentos;
 - 7.2. Captura de dados: Definir as formas de captura de dados utilizando dispositivos IoT;
 - 7.3. Consistência de dados: Assegurar a integridade dos dados coletados com base na captura dos dados;
 - 7.4. Interoperabilidade de dados: Dados devem ser compartilhados e devem apoiar as relações entre os agentes de toda a cadeia de suprimentos.

4.4. ESTUDO DE CASO APLICADO

Nesta seção são apresentados os resultados do estudo de caso, ou seja, um estudo aprofundado que analisa o método proposto neste trabalho em relação ao método utilizado em uma organização.

4.4.1. ASPECTOS MACRO DA EMPRESA E DO RESPONDENTE

A primeira parte do questionário intitulado “Aspectos macro da empresa e do respondente” foi realizado logo após a introdução formal da entrevista, e as respostas são expostas ao longo desta seção. A empresa é uma multinacional de engenharia e tecnologia, que fabrica diversos produtos, e também, entrega serviços em diversos ramos, como: mobilidade, bens de consumo, energia, entre outros. A organização é centenária e é reconhecida por seu caráter inovador, se reinventando e atuando em diversas áreas ao longo de sua história.

Para a entrevista foi selecionado um profissional de competência reconhecida na organização, detentor de sólido conhecimento sobre o tema da pesquisa. O profissional está sediado em uma unidade da empresa localizada na Europa. Em seguida, foi feito contato por e-mail, esclarecendo formalmente o propósito da pesquisa e solicitando a participação para uma entrevista por teleconferência.

Após aceite de participação na entrevista, foi enviada previamente a carta de apresentação contendo o objetivo da pesquisa, a contextualização do tema e a garantia de sigilo das informações fornecidas (Apêndice I). Durante a abertura da entrevista, na teleconferência, novamente foi introduzido este conteúdo de forma verbal. A duração foi de aproximadamente 3 horas, seguida do acesso e análise de documentos relacionados ao tema. A análise dos documentos contribuiu para o enriquecimento do estudo de caso, pois forneceu informações importantes. Também foi estabelecido contato posterior com outras pessoas indicadas pelo entrevistado para compreensão e observação

da dinâmica real do funcionamento da tecnologia, proporcionando um aprofundamento do estudo.

O entrevistado trabalha na empresa há cinco anos, exercendo o cargo de especialista em implementação de inovações. É graduado e pós graduado em engenharia e sempre atuou na área de projetos e inovação.

4.4.2. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MÉTODO PROPOSTO E O MÉTODO UTILIZADO PELA EMPRESA

A segunda etapa da entrevista, intitulada “Percepções e características do método utilizado pela empresa”, possibilitou coletar as informações necessárias de como a empresa implementou a tecnologia, expondo as dificuldades que poderiam ser facilitadas por meio da utilização do método aqui proposto.

Durante a entrevista foi possível perceber que a organização apresenta um bom grau de conhecimento quanto à tecnologia. Eles utilizaram um método para implementação da tecnologia, contam com alguns colaboradores com um bom nível de conhecimento do tema e alguns parceiros externos que auxiliam na implementação e uso da tecnologia. Contudo, foi possível identificar pontos que poderiam ser incluídos ou melhorados, conforme é explicado ao longo desta seção.

4.4.2.1. FATORES INTRÍNSECOS

A primeira parte do método a ser considerada trata dos fatores intrínsecos, ou seja, por meio da indagação consciente, com base em características relevantes, balancear as necessidades de implementação para se tomar a decisão de adoção. Desta forma, a entrevista seguiu com a indagação quanto ao método de implementação, por meio da pergunta:

- A empresa seguiu/segue um método de implementação da tecnologia *Blockchain* para a cadeia de suprimentos? Se sim, qual?

O respondente afirmou que sim, o método idealizado pela empresa foi em parceria com outra megacorporação que é reconhecida por ter realizado as primeiras implementações de *Blockchain* na cadeia de suprimentos. O entrevistado relatou que foi realizado um piloto, em um segmento específico, no país sede da organização. De acordo com o respondente, é esperado que a implementação para toda a organização leve muitos anos, ou até décadas, uma vez que o tamanho da corporação, que conta com milhares de clientes e fornecedores, não possibilita que se tenha um horizonte de curto prazo para uma implementação em toda a organização. Contudo, se considerarmos que a empresa possui várias subdivisões e ramos de atuação, é perfeitamente cabível analisar os métodos de implementação com base em uma única unidade de negócio, com fornecedores e clientes específicos, de um ramo específico de atuação, tornando factível a análise do método de implementação.

O primeiro elemento de análise diz respeito ao levantamento das necessidades e a decisão de adoção. As dez questões seguintes levaram em conta a aderência, do ponto de vista do entrevistado, de cada uma das dez características, que são categorizadas dentro de uma das quatro categorias dos fatores intrínsecos, ou seja, conhecimento, engajamento, recursos e benefícios. A Figura 17 apresenta o grau de aderência de cada característica de acordo com o respondente.

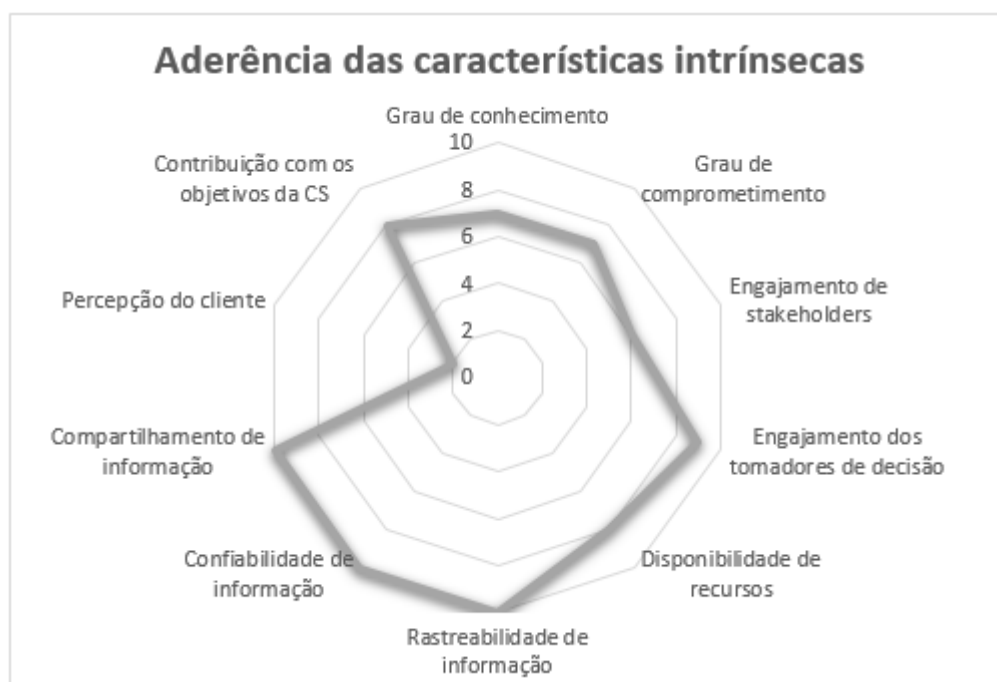


Figura 17: Nível de aderência das características intrínsecas de acordo com o respondente

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Para cada uma das dez questões quanto à aderência, foi solicitada a explicação quanto à escolha da nota entre zero e dez, seguindo o seguinte formato:

- “Explique os motivos para a nota da questão anterior”

Conforme relato de entrevista, a primeira característica analisada diz respeito ao grau de conhecimento necessário da organização quanto à tecnologia. A pergunta foi:

- Em uma escala de aderência de 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de conhecimento e 10 grau altamente apurado de conhecimento, qual o nível de aderência de conhecimento da tecnologia *Blockchain* pela organização?

O respondente retornou nota sete e considera que a empresa possui um bom nível de conhecimento quanto a tecnologia, pois além dele, existem alguns outros colaboradores que atuam no tema, e há, também, iniciativas em diferentes unidades de diferentes países quanto a implementação da tecnologia. Contudo, de forma geral muitos colaboradores aprenderam e adquiriram o conhecimento necessário apenas no momento da prática. Isto pode trazer consequências ruins, como desperdícios de recursos e tempo. O conhecimento mais aprofundado ainda está restrito a poucos profissionais de dentro da empresa, a organização como um todo ainda está muito distante de garantir que o conhecimento esteja difundido em massa para a maioria dos colaboradores. Para o entrevistado, o fato de existir muitas tecnologias emergentes faz com que a atenção esteja dividida e, conseqüentemente, as prioridades também. A decisão por seguir com a adoção de determinada tecnologia em detrimento de outras é tomada no nível estratégico, ou seja, da alta gestão. Não ter o nível de conhecimento necessário difundido prejudica a implementação, assim, antes de dar continuidade a decisão de adoção, atingir um nível de conhecimento elevado é essencial para uma decisão assertiva.

A questão seguinte conduz à reflexão sobre o comprometimento, sendo indagada da seguinte forma:

- “Em uma escala de aderência de 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de comprometimento e 10 nível máximo de comprometimento, qual o nível de aderência em comprometimento da organização com a tecnologia?”

A nota dada foi sete novamente, afirmando que ao analisar o comprometimento da organização e apesar do interesse da corporação na tecnologia, as iniciativas são isoladas. De acordo com o próprio respondente, deveria haver uma atenção maior quanto ao comprometimento necessário, o fato de dividir recursos e prioridades com outras tecnologias emergentes, ou mesmo já consolidadas, faz com o comprometimento necessário não seja alcançado. O método da empresa apenas considera que os principais *stakeholders* devem ser gerenciados, mas não considera que devem estar

comprometidos. Seguir para a decisão de adoção sem o devido comprometimento pode prejudicar e trazer riscos para a implementação.

Quanto ao engajamento necessário de *stakeholders*, a seguinte indagação foi realizada:

- “Em uma escala de aderência de 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de engajamento e 10 nível máximo de engajamento, quão aderente está/estava o engajamento dos *stakeholders* com a tecnologia?”

Ao se solicitar a explicação quanto a nota seis dada, foi identificado que não há uma consideração clara deste ponto no método da empresa. De acordo com o entrevistado, quando se trata de qualquer tipo de projeto de implementação, o engajamento existe de forma pontual. Além disso, os envolvidos na implementação do Blockchain muitas vezes são alocados em outros projetos, relacionados a outros temas, comprometendo parte do conhecimento adquirido. Quando se trata de fornecedores e clientes, o entrevistado alega que não conseguiu estabelecer um engajamento por se tratar de algo muito recente e que as iniciativas foram totalmente internas. Portanto, fica claro que o engajamento é um ponto a ser melhor trabalhado e que não consta no método da empresa, isto é extremamente relevante com vista à implementação de longo prazo.

Na mesma direção, foi indagado especificamente sobre os tomadores de decisão:

- “Em uma escala de aderência 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de engajamento e 10 nível máximo de engajamento, quão aderente está/estava o engajamento dos tomadores de decisão?”

Segundo o entrevistado, a nota nove dada foi justificada com a afirmação de que o engajamento dos tomadores de decisão é algo fundamental e já faz parte do método vigente. Por experiência de outros projetos, sem esse engajamento, não há o apoio e comprometimento necessário para se chegar ao sucesso.

A questão seguinte remetia à disponibilidade de recursos necessários, ou seja, recursos financeiros, de acordo com a estratégia da empresa, e de pessoal, conforme necessidades de pessoas para a implementação da tecnologia. A questão seguiu o formato:

- “Em uma escala de aderência 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de disponibilidade de recursos e 10 nível máximo de disponibilidade, quão aderente está/estava a disponibilidade de recursos”?

A nota dada foi oito, e o entrevistado complementou relatando que não existe menções explícitas no método utilizado pela empresa quanto a este ponto. Contudo, a alocação de recursos segue a lógica dos ciclos de projetos e são alocados de maneira pontual, ou seja, por projeto. Neste ponto, fica claro que caso a organização almeje a implementação da tecnologia em toda a cadeia de suprimentos, este é um item relevante a ser considerado, pois permite o dimensionamento e aplicação correta dos recursos ao longo do tempo, planejados para um longo prazo.

Em relação aos benefícios trazidos pela tecnologia, seguiu-se uma sequência de quatro perguntas. A primeira delas indagava de forma geral sobre os benefícios, a fim de avaliar previamente o grau de conhecimento do respondente. As três questões seguintes exploravam os benefícios potenciais. A primeira questão seguiu da seguinte forma:

- Quais os benefícios que a tecnologia traz/pode trazer para a organização?

O respondente trouxe de forma assertiva os benefícios que eles almejam alcançar com a implementação da tecnologia, tais como: rastreabilidade, transparência e confiabilidade no compartilhamento de informações. Além do mais, citou que é esperada uma redução de custos e de complexidade de processos, além da manutenção de registros de forma confiável. O questionamento seguinte especificava quanto ao benefício da rastreabilidade, conforme indagação:

- Em uma escala de aderência de 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de importância e 10 nível máximo de importância, quão aderente está a importância da rastreabilidade trazida pela tecnologia à cadeia de suprimentos?

A nota dada pelo respondente foi dez e prontamente à nota foi relatado um caso de sucesso que diz respeito a prevenção da falsificação de produtos. Ele afirma que os produtos da empresa são reconhecidos pela excelência, e que eles enfrentam muitos problemas de falsificação. Neste projeto piloto, por meio da tecnologia *Blockchain*, foi registrado inicialmente o número de série de um ativo e a respectiva etiqueta de segurança que foram escaneados ao longo da cadeia, por um aplicativo de *smartphone*, até chegar no cliente final, o qual também pode fazer a verificação da rastreabilidade por meio da etiqueta de segurança. Isto mostra que a empresa está na direção correta, considera e possui uma percepção clara do benefício da rastreabilidade para sua cadeia.

A entrevista seguiu com o questionamento sobre a importância da confiabilidade trazida pela tecnologia, realizada com o seguinte questionamento:

- “Em uma escala de aderência de 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de importância e 10 nível máximo de importância, quão aderente está a importância da confiabilidade trazida pela tecnologia à cadeia de suprimentos?”

Para o respondente, este tópico está atrelado ao tópico anterior e também indicou nota dez como nível de importância. Ele afirmou que não é explícito no método, mas que a percepção do benefício é clara. Ele complementou a resposta corretamente, relatando que a confiabilidade gerada se traduz em informação precisa que assegura a validade dos produtos da empresa, ou seja, garantem sua originalidade, prevenindo a falsificação. Além do mais, dados confiáveis garantem informações corretas para um bom planejamento e gestão de materiais, bem como para a entrega dos produtos,

por toda a cadeia de suprimentos. De fato, é a visibilidade atrelada à confiabilidade da informação que garante estes benefícios.

Já a questão seguinte que aprofundava na questão do compartilhamento das informações, foi realizada da seguinte forma:

- Em uma escala de aderência 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de importância e 10 nível máximo de importância, quão aderente está a importância do compartilhamento de informações trazida pela tecnologia à cadeia de suprimentos?

A nota também foi dez, seguida de uma explicação detalhada sobre este benefício. Ele é importante para que se obtenha a redução de custos esperada pela tecnologia. Uma vez que as informações são compartilhadas entre os membros da cadeia, a precisão da informação proporciona a transparência necessária para melhor se ajustar a demanda e, conseqüentemente, se ter uma maior previsibilidade para o planejamento dessa demanda. Isto proporciona estoques mais adequados, reduzindo as maiores quantidades, normalmente necessárias para se precaver quanto a uma baixa acuracidade de informação da cadeia. Como altos estoques representam alto capital imobilizado, o benefício na redução destes é evidente como ganho em termos financeiros.

Ter a percepção dos benefícios trazidos por parte dos colaboradores ou por outros *stakeholders*, não é suficiente para garantir o sucesso da implementação. Este é um ponto que todos os envolvidos devem ter clareza a fim de assegurar que os esforços e a concordância de todos seja garantida.

A entrevista seguiu com a indagação em relação à percepção dos clientes quanto ao uso desta tecnologia pela empresa, feita da seguinte forma:

- “Em uma escala de aderência de 0 a 10, onde zero representa um nível de percepção ruim e 10 um nível de percepção excelente, quão aderente está a percepção dos clientes da empresa quanto a adoção desta tecnologia pela companhia?”

Para esta questão a nota obtida foi dois e para o respondente não era clara a correlação deste ponto com a tecnologia. Esta percepção dos consumidores quanto ao uso da tecnologia, pela empresa que fabrica os produtos que eles consomem, contribui para elevar a percepção dos clientes da marca quanto à origem idônea do produto. No método da empresa, esta característica não é levada em conta na decisão de adoção, contudo ela se faz relevante à medida que endossa os benefícios trazidos pela tecnologia, contribuindo para a decisão assertiva da adoção.

A última questão em relação aos fatores intrínsecos foi a seguinte:

- “Em uma escala de aderência de 0 a 10, onde zero representa nenhuma contribuição e 10 um nível máximo de contribuição, quão aderente está a contribuição da tecnologia para os objetivos da cadeia de suprimentos?”

O respondente indicou nota oito quanto à implementação da tecnologia estar aderente aos objetivos da cadeia de suprimentos. O entrevistado afirmou que em todas as discussões estratégicas que eles tiveram com o departamento responsável pela cadeia de suprimentos, os objetivos estavam aderentes. Isto é, os objetivos definidos pela divisão da cadeia de suprimentos e os benefícios trazidos com a implementação da tecnologia *Blockchain* possuíam grande aderência. Exemplos assertivos, tais como redução de *lead time*, transparência de informação e redução de estoques, foram citados. Além do mais, ele afirmou que oferecer um bom serviço a todos os clientes, sejam externos ou internos, é o que está posto como um dos pilares para o departamento. Todos estes exemplos podem ser atingidos com a correta implementação da tecnologia.

4.4.2.2. FATORES EXTRÍNSECOS

Para os fatores extrínsecos, o método aqui proposto considera uma tríade, em que o primeiro elemento é a seleção da plataforma adequada. A primeira questão sobre este elemento foi:

- “Na escolha da plataforma, quanto a seu tipo, foi/está sendo levado em conta a do tipo público ou privado? Por qual razão?”

Neste ponto foi relatado que a organização possui iniciativas em diferentes unidades e, por isso, conta com diferentes plataformas, as principais são *Ethereum* e *Hyperledger Fabric*, além de estarem estudando a *Iota*. Segundo o entrevistado, ser do tipo público ou privado não foi a principal motivação pela escolha de uma ou de outra, pois como eram iniciativas pioneiras, o que a empresa parceira oferecia era o principal motivador da escolha da plataforma. Neste ponto, se faz evidente que a empresa negligenciou um aspecto relevante da seleção, à escolha do tipo público ou privado impacta em como os dados são registrados e compartilhados, refletindo em níveis diferentes de privacidade de dados. Isto poderia ser contrabalanceado com os demais atributos de plataforma para a escolha mais assertiva, conforme matriz do método proposto no trabalho.

A questão seguinte remetia à escolha com base no mecanismo de consenso, e foi realizada da seguinte forma:

- “Na escolha da plataforma, foi/está sendo levando em conta qual mecanismo de consenso: *PoW*, *PoS* ou *PoA*? O que levou a essa escolha?”

Nesta questão, o mesmo argumento da resposta anterior foi utilizado, ou seja, a empresa aceitou, sem análises técnicas, o tipo de mecanismo de consenso que era presente na plataforma que as empresas parceiras ofereciam. Portanto, a empresa possui tanto plataforma com mecanismo de consenso *PoW* quanto *PoA*. Ter diferentes plataformas, pode prejudicar as ambições futuras de ter uma cadeia integrada por toda a organização.

O terceiro questionamento, ainda quanto a escolha da plataforma, foi em relação ao ser do tipo “com permissão” ou “sem permissão”, realizado conforme pergunta:

- “Com base no mecanismo de consenso, foi/ está sendo considerada qual opção entre os tipos “com permissão” ou “sem permissão”? O que levou a essa escolha?”

A resposta foi no mesmo sentido das anteriores, a escolha de deu conforme o que o parceiro oferecia, sem levar em consideração esta importante questão. O fato relevante deste ponto é que a empresa não possui em seu método uma orientação de decisão quanto à escolha da plataforma. Este ponto é extremamente relevante para o sucesso da implementação, e uma orientação assertiva dele pode ser feita conforme a matriz estruturada de escolha proposta neste trabalho.

O outro elemento da tríade diz respeito à avaliação e mitigação de riscos com a implementação. As primeiras questões realizadas remetiam aos riscos envolvidos em relação a terceiros e fornecedores, sendo a primeiro questionamento:

- “Houve/está sendo feito o acordo entre todos os envolvidos da cadeia de suprimentos que são/serão afetados pela implementação quanto aos riscos envolvidos?”

O respondente relatou que não foram levantados riscos e por enquanto só existem iniciativas em parcerias com grandes empresas que são clientes da organização. Isso se dá pelo fato delas também possuírem iniciativas semelhantes, mas as discussões ainda estão em seu estágio inicial. Fato exposto é: uma harmonização de plataforma é bem difícil, uma vez que os principais clientes da empresa, com esse tipo de iniciativa, utilizam plataformas diferentes, ou em alguns casos, possuem mais de uma plataforma. O entrevistado citou que entre os clientes, alguns possuem a mesma plataforma de sua empresa, ou seja, *Ethereum* e *Hyperledger Fabric*, além da *Corda* e da *Quorum*. A tendência é que mais empresas irão passar a aderir e participar desta transformação, entretanto, apenas ao longo dos próximos anos.

De forma complementar, a questão seguinte abordou o aspecto da seleção do parceiro apropriado, conforme indagação:

- “Quais critérios foram/estão sendo utilizados na seleção do parceiro apropriado para fornecer suporte à tecnologia?”

Foi relatado que além de uma grande organização parceira, pioneira no assunto, há também parcerias estabelecidas com empresas menores que foram selecionadas via um departamento especializado em encontrar soluções fora da organização, para problemas complexos e que podem ser solucionados por empresas menores. Assim, este departamento seguiu com a busca de empresas que pudessem oferecer soluções *Blockchain*. Em seguida, três potenciais empresas entre as dez que foram inicialmente identificadas, foram selecionadas. Por meio de um *workshop* com cada uma delas, nos quais se expunha o trabalho e as condições de cada uma, a seleção da primeira contratada foi realizada para a implementação piloto.

Nesta resposta é possível identificar que o caminho não foi assertivo, pois deixou de fora critérios importantes e técnicos, inclusive o levantamento dos riscos associados. O método proposto neste trabalho apresenta, a partir dos fatores de risco, as causas e mitigações possíveis.

A entrevista seguiu com uma resposta negativa, sem complementos possíveis para o questionamento:

- “Foi/está sendo estabelecido um programa de monitoramento contínuo dos parceiros que concordaram e estão também implementando a tecnologia?”

Isto reforça como os fatores mitigadores de riscos não são estabelecidos, reforçando a falta de consideração quanto aos riscos associados a terceiros e fornecedores. Nesta mesma linha, foi feita a indagação sobre auditorias:

- “Foi/está sendo considerado estabelecer um acordo de auditorias internas e externas com os parceiros quanto as práticas de implementação e manutenção da tecnologia?”

A resposta foi de que não foi planejado nenhum tipo de auditoria em relação ao uso da tecnologia em si. A empresa já estabelece padrões de auditorias de parceiros, mas o respondente acredita que apenas no futuro devem entrar questões relacionadas a *Blockchain*. Isto mostra mais um mitigador de risco que não é considerado e seria importante, conforme é proposto no método deste trabalho.

Em seguida, foi indagado quanto aos riscos associados a regulamentações do ramo de atuação da empresa e de TI, da seguinte forma:

- “Foram/ estão sendo consideradas as conformidades e regulamentações da indústria que a empresa atua, bem como as regulamentações de TI (tecnologia da Informação) e os riscos associados?”

A resposta obtida foi que a empresa, por cultura, é bem rígida quanto às regulamentações, independente do setor em questão, contudo é fato que ainda não há regulamentação clara quanto ao tema. De fato, poucos países já avançaram nas discussões. Contudo, este fator pode ser conduzido, conforme o método proposto, revisando os requisitos e padrões regulatórios mais amplos, incluindo regras específicas da indústria, monitorando o desenvolvimento regulatório e a evoluções nos processos de definição de padrões. Por fim, o envolvimento com os reguladores relevantes se mostra importante, de preferência em um estágio inicial da fase de design, para garantir a aderência aos objetivos da política regulatória.

A questão seguinte considerou a segurança cibernética:

- “Foram/ estão sendo estabelecidos com frequência testes de segurança cibernética?”

Como resposta foi informado que o assunto segurança cibernética é muito difundido pela organização, e que não haveria possibilidade de implementação sem estar dentro dos protocolos de segurança cibernética estabelecido pelo departamento responsável. No entanto, o respondente não soube dar detalhes de como a tratativa de riscos associados especificamente à tecnologia *Blockchain* seria tratada pelo outro departamento. A tratativa esperada, conforme o método proposto, seria realizar testes extensivos de penetração em um aplicativo *Blockchain*, testes de segurança de *endpoint*, bem como estabelecer um plano de comunicação adequado como resposta a incidentes dentro da equipe de segurança cibernética.

A tratativa seguinte foi relacionada a arquitetura e *design* de dados, por meio da seguinte pergunta:

- “Quanto a estruturação de dados, foi/foram levantados os tipos e as quantidades que precisam/precisariam ser gerenciados, bem como os riscos envolvidos?”

Segundo o entrevistado, houve um mapeamento das informações necessárias para se gerenciar todo o caminho e interfaces do produto. No método de implementação da empresa é previsto um levantamento de dados, em relação ao tipo e as quantidades. Foi com base nesta estimativa inicial que foi possível estimar a quantidade futura a ser gerenciada pela tecnologia *Blockchain*. Novamente, não houve estruturação dos riscos relacionados. A importância neste ponto, conforme método proposto, seria em relação a mapear e mitigar projetos técnicos não alinhados com os requisitos funcionais, regras incompletas que permitem comportamentos indesejáveis do usuário e design inadequado que proíbe melhorias tecnológicas.

O último elemento da tríade diz respeito à seleção das áreas da cadeia de suprimentos. Nesse aspecto, perguntou-se inicialmente::

- “Foram/estão sendo discutidos e mapeados todos os departamentos pertinentes para implementação?”

De acordo com o entrevistado, como o compartilhamento de informações é algo relevante para a organização, selecionar as áreas e as informações corretas é essencial, e, conforme o método da empresa, isto é realizado em alinhamento com o alto nível gerencial. Para o piloto realizado pela empresa, as áreas diretamente ligadas ao movimento do produto ao longo da cadeia foram consideradas, como logística, planejamento, produção, compras, vendas e distribuição. Neste ponto, a empresa errou em não contemplar os departamentos de marketing e atendimento ao cliente, uma vez que as informações geradas por estes também são pertinentes à cadeia.

A questão seguinte especificava quanto aos ativos, realizada da seguinte maneira:

- “Foi/está sendo considerado o monitoramento de ativos tanto tangíveis (propriedade física) quanto intangíveis (documentos)?”

A resposta obtida foi que sim, além do monitoramento de todas as etapas de movimentação dos produtos, também são consideradas as documentações associadas, ou seja, os ativos tangíveis e intangíveis. Neste ponto o método da empresa está completamente aderente ao método proposto.

A questão seguinte remetia à coleta de dados, realizada da seguinte maneira:

- “Foi/está sendo considerada, de forma complementar a *Blockchain*, a utilização de *IoT*, por meio da captura de dados por *RFID* ou meios semelhantes?”

O respondente afirmou que sim, afirmando que existem várias tecnologias complementares à *Blockchain* já em uso pela companhia, como o *IoT*, contudo ainda não em todas as áreas. Como exemplo, foi relatado que é uma realidade para a empresa o uso de dispositivos, máquinas, produtos e portais integrados à internet das coisas. O uso, por exemplo, de etiquetas *RFID* é uma realidade em algumas fábricas. Contudo, não está difundida em toda a

organização e, ainda, falta a implementação também para fora da empresa, ou seja, em seus parceiros.

A questão seguinte levou em conta as identidades digitais:

- “Foram/estão sendo consideradas as identidades digitais, ou seja, informações de colaboradores e terceiros?”

Para a empresa, no caso das identidades digitais, devido às diferentes leis dos diferentes países que ela atua, uma atenção especial é dada pela organização. As novas regulamentações de uso e proteção de dados, as informações relacionadas ao usuário, como código interno de acesso às redes e aos sistemas, número de identificação e crachá de identificação são considerados para a captura com a implementação da tecnologia. Já correlações diretas que podem ser expostas como nomes, imagens, fotos, entre outros, estão determinantemente fora da possibilidade de captura. Neste ponto, a empresa é assertiva, ao considerar dados de identidade digital que contribuem de forma a somar com todas as informações registradas na *Blockchain* e desconsiderar dados privados que não são pertinentes para a cadeia.

Em seguida, foi indagado quanto às transações existentes, por meio do seguinte questionamento:

- “Foram/estão sendo mapeadas e são consideradas todas as transações existentes no fluxo da cadeia?”

De acordo com o entrevistado, a cadeia de suprimentos da organização é muito grande e complexa para uma implementação única, sendo necessária uma implementação por unidade de negócio. Assim, as transações de interesse estão cobertas de acordo com a unidade de negócio a ser definida para a implementação. É fato que este ponto consta no método de implementação da empresa. Contudo, não são exatamente todas as transações, uma vez que a implementação futura está planejada em ser

realizada por partes, de acordo com as unidades de negócio da organização e das diferentes regiões.

A próxima pergunta considerava a utilização de contratos inteligentes, e foi feita da seguinte forma:

- “Foi/está sendo considerada, de forma complementar à *Blockchain*, a utilização de contratos inteligentes?”

Este foi mais um tópico coberto pela empresa. Para eles, o uso de contratos inteligentes é algo que é trabalhado fortemente para integração. O entrevistado afirma, de maneira assertiva, que a associação desta tecnologia com a *Blockchain* é uma poderosa ferramenta. O objetivo é que, a partir do registro das transações operacionais na *Blockchain*, de forma autônoma e inteligente, o sistema verifique as cláusulas contratuais e dispare o cumprimento das obrigações financeiras. Portanto, a organização considera correto o uso e a associação desta tecnologia à *Blockchain*.

4.4.2.3. FATORES BASE

Com relação aos fatores base, ou seja, quanto aos custos inerentes e à estruturação de registro de dados, a empresa apresenta falhas em seu método. De acordo com o entrevista, apenas parte dos custos são considerados pela organização, dentre eles os custos do projeto (que equivale aproximadamente aos custos de integração), os custos de armazenamento de dados em nuvem e os custos com a empresa parceira fornecedora da plataforma (que contempla os custos de melhorias futuras).

A primeira questão relacionada aos custos foi feita com relação aos custos iniciais, da seguinte forma:

- Quanto aos custos, foram/estão sendo considerados os custos iniciais de construção e implementação?

A resposta obtida foi a de que os custos são levantados com base nos critérios de implementação (custos únicos) do projeto, somados posteriormente aos custos de armazenamento de dados e aos custos com a empresa parceira fornecedora da plataforma, chegando assim ao custo total. Conforme o método proposto, para melhor visualização e assertividade nos valores, estes custos devem ser divididos em cinco, sendo o primeiro o custo inicial, ou seja, os custos iniciais de construção e implementação da tecnologia, levando em consideração o tipo de plataforma e suas características inerentes, bem como o custo de implementação de *software*.

O entrevistado foi indagado também em relação aos custos de armazenamento:

- Foram/estão sendo considerados os custos de integração que se referem ao custo de nós e configuração dos usuários?

A resposta obtida foi reforçando a resposta anterior, ou seja, de que os custos de integração são únicos e o custo de configurações está inserido no valor acordado em contrato com os fornecedores da plataforma. Conforme método proposto, neste ponto é esperado o cálculo de custo associado à implementação de nós e configuração dos usuários, levando em conta para o cálculo o número de usuários finais, os custos de treinamento por usuário e o número de nós.

A questão seguinte perguntava sobre os custos de armazenamento, no seguinte formato:

- Foram/estão sendo considerados os custos da nuvem associados ao armazenamento das informações de transação?

O relato foi de que estes custos foram contabilizados desde o início do projeto. Este custo leva em conta o armazenamento em nuvem e deve levar em conta a hospedagem em nós e o volume de transações diárias.

O quarto custo considerado pelo método e indagado na entrevista foi em relação aos custos de manutenção, realizado da seguinte forma:

- “Foram/estão sendo considerados os custos de manutenção contínua que inclui elementos como: suporte técnico em tempo integral, custo educacional contínuo por usuário e custos de administração de hardware?”

Estes custos de manutenção contínua não são considerados no cálculo da empresa, uma vez que o respondente afirma que eles são contabilizados na conta de outros setores da organização, pois são categorizados como de responsabilidade destes outros setores.

A última questão relacionada a custos foi em relação ao monitoramento:

- “Foram considerados os custos de monitoramento, ou seja, em relação à qualidade das transações e os custos anuais de avaliação da rede?”

Na resposta foi identificado também que não são considerados os custos de monitoramento, ou seja, em relação à qualidade das transações e os custos anuais de avaliação da rede. Ao menos não de forma explícita, pois a resposta foi a de que estes custos estão contidos nos custos pagos à provedora da plataforma. Este é um ponto sensível, pois não considerar tais custos ocasiona impactos diretos no sucesso da implementação, uma vez que tais valores, muitas vezes significativos, podem ficar de fora na hora da tomada de decisão.

Os custos representam um dos principais fatores de atenção para qualquer projeto de implementação. Para a implementação da *Blockchain*, não é diferente. Levar em conta todas as variáveis, e realizar os cálculos numéricos, como é proposto no método deste trabalho, são essenciais para o sucesso da implementação.

O último elemento discutido foi em relação à estruturação de registro de dados. A primeira questão sobre isto foi realizada da seguinte forma:

- “Foram/estão sendo analisados e consideradas os arquétipos de dados, ou seja, foi vinculado dados de acordo com o seu tipo, considerando as diversas camadas da cadeia de suprimentos?”

O entrevistado respondeu que houve o mapeamento de todo tipo de dados gerados ao longo da cadeia e que eles foram considerados no projeto piloto, porém tais procedimentos não foram realizados de maneira estruturada. Esse é um ponto de atenção, pois uma incorreta estruturação dos arquétipos de dados pode gerar erros ou obstáculos para a implementação, uma vez que a intenção desta categoria de estruturação de dados é vincular dados existentes de acordo com o comportamento deles.

A pergunta seguinte levou em conta tanto a consistência quanto a interoperabilidade de dados:

- “Foi/ está sendo analisada e considerada a consistência e interoperabilidade de dados, para então se implementar a tecnologia *Blockchain*?”

Foi relatado que não foram estruturadas ações detalhadas para se trabalhar a consistência ou a interoperabilidade de dados. O levantamento dos dados a serem considerados de acordo com os departamentos envolvidos, foi realizado levando em conta o que existia para o fluxo da cadeia de suprimentos, e, então, projetados os dados futuros a serem capturados. Este ponto é relevante à medida que existem muitos membros na cadeia, gerando uma grande complexidade de gerenciamento de informação.

A questão seguinte levou em conta a captura de dados, com o seguinte questionamento:

- “Foram/estão sendo analisados e consideradas as características e possíveis melhorias nos mecanismos de captura de dados, para então se implementar a tecnologia *Blockchain*?”

A resposta obtida foi a de que existem projetos distintos na organização quanto a outras tecnologias, tanto para implementação quanto para melhoria. Apesar de existir algumas tentativas de alinhamento de perspectivas futuras, não há iniciativas concretas em parceria para este tipo de melhoria. Foi dado um exemplo de que para aumentar a captura de dados por RFID ou mesmo para instalar sensores em máquinas para capturas de dados, há iniciativas separadas.

Por fim, fica claro que não há ações estruturadas quanto ao registro de dados. Isto é, a empresa apresenta em seu método apenas uma orientação em alguns aspectos, como a captura de dados e a tentativa de assegurar a consistência destes. Ou seja, apenas duas das características entre as quatro propostas para este elemento. Isto é incompleto e pode gerar perdas de cunho qualitativo de informação, uma vez que os arquétipos e a interoperabilidade não são considerados.

4.4.2.4. SÍNTESE DOS ACHADOS NO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso viabilizou uma comparação entre o procedimento adotado para implementação da tecnologia *Blockchain* na empresa estudada com o método desenvolvido nesta pesquisa. Por meio da análise comparativa, foi possível observar que apesar da empresa ter considerado alguns elementos importantes em seu método, este se mostrou incompleto. A organização poderia encurtar o caminho de implementação, uma vez que ficou evidente a falta, ou a consideração parcial, de alguns elementos que são extremamente relevantes para uma implementação assertiva.

O Quadro 10 apresenta os pontos que poderiam ser melhorados pela empresa, em seu processo de implementação da tecnologia, com relação às desvantagens que seriam evitadas se tivessem considerado o método proposto neste trabalho.

Quadro 11: Desvantagens evitáveis baseado no método proposto

| Pontos a melhorar | Desvantagens evitáveis |
|---|---|
| Nível de conhecimento e comprometimento da organização com a tecnologia | <ul style="list-style-type: none"> - Desperdícios de recursos e tempo - Atrasos e imprevistos na implementação |
| Engajamento dos <i>stakeholders</i> e tomadores de decisão | - Esforços desnecessários para o processo de implementação da tecnologia na organização |
| Disponibilidade de recursos financeiros e de pessoal | <ul style="list-style-type: none"> - Perda de conhecimento já adquirido - Perda de agilidade na implementação |
| Percepção dos clientes quanto à tecnologia | - Perda de vendas com base na credibilidade de origem do produto obtida com a tecnologia |
| Seleção da plataforma adequada com base em parâmetros técnicos | <ul style="list-style-type: none"> - Duplicidade de plataformas - Perdas financeiras com base em atributos mal avaliados - Riscos associados a características inadequadas (da plataforma) para a realidade da empresa |
| Planejamento quanto aos possíveis riscos e suas mitigações | <ul style="list-style-type: none"> - Seleção errônea do parceiro que fornece a plataforma - Desacordo com as conformidades e regulações do setor - Perda (ou baixa) confiabilidade, integridade e disponibilidade de dados - Decisões não técnicas de design para o desenvolvimento da <i>Blockchain</i> (impacto nas melhorias tecnológicas) |
| Seleção das áreas da cadeia de suprimentos | <ul style="list-style-type: none"> - Falta de informações pertinentes de departamentos envolvidos na cadeia de suprimentos - Não registro de todas as transações necessárias - Aumento do custo ao final do projeto em relação ao custo planejado |
| Contabilização dos custos totais da tecnologia | <ul style="list-style-type: none"> - Baixa visão da composição dos custos - Grande dependência em termos financeiros da empresa fornecedora da plataforma |
| Estruturação de registro de dados | <ul style="list-style-type: none"> - Erros e obstáculos a serem transpostos para a implementação - Alta complexidade de gerenciamento de informações - Perda em termos qualitativos de informação |

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A cadeia de suprimentos tem se consolidado como área de importância significativa em relação à coordenação e integração das atividades entre empresa, clientes e fornecedores. Essa integração apoia-se em um fluxo intenso de informações e depende do seu compartilhamento, confiabilidade e rastreabilidade de forma segura, permitindo que seja possível verificar sua autenticidade e integridade a qualquer momento. Essas demandas podem ser atendidas por meio da tecnologia Blockchain. Apesar disso, poucas organizações a implementaram, pois, por se tratar de um tema recente, ainda faltam ferramentas ou métodos estruturados para sua implementação. Encontram-se na literatura propostas de métodos para implementação dessa tecnologia na cadeia de suprimentos, no entanto, cada uma delas contempla etapas diferentes e elementos específicos, não havendo convergência entre eles.

O objetivo deste trabalho foi propor um método sistematizado para implementação da tecnologia Blockchain na cadeia de suprimentos, que contemple todos os elementos necessários apresentados pelos métodos encontrados na literatura. Para tanto, foram identificadas e analisadas as propostas dos métodos existentes e, a partir dessa análise, foram estudados, detalhados e agrupados todos os elementos que as compõem. O resultado foi um método sistematizado que contempla desde a etapa de levantamento das necessidades e decisão de adoção pela organização, passando pela seleção da plataforma apropriada à organização, avaliação e mitigação de riscos inerentes à adoção, seleção de áreas de aplicação na cadeia de suprimentos, custos correlacionados à Blockchain na cadeia de suprimentos e estruturação de registro de dados.

O método foi utilizado como referência na condução de um estudo de caso em uma empresa multinacional que fabrica produtos e entrega serviços nas áreas de mobilidade, bens de consumo e energia e que já utiliza a

tecnologia Blockchain em suas operações. O propósito foi analisar o processo de implementação da tecnologia Blockchain utilizado pela empresa e compará-lo com o método desenvolvido nesta pesquisa. Ao realizar tal comparação, foi possível observar que, apesar da empresa ter considerado alguns elementos importantes em seu método, este se mostrou incompleto. Adicionalmente, a condução do estudo de caso permitiu identificar ganhos potenciais que poderiam ser obtidos com o método proposto. Os resultados mostraram que a empresa poderia encurtar o caminho de implementação, uma vez que ficou evidente a falta, ou a consideração parcial, de alguns elementos que são extremamente relevantes para uma implementação assertiva.

Esta pesquisa contribui para o desenvolvimento da teoria sobre Blockchain pois identifica e analisa de forma detalhada os métodos de implantação atualmente disponíveis na literatura. A contribuição para a prática está na proposta de um método sistematizado que contempla elementos relevantes para a implantação da tecnologia Blockchain na cadeia de suprimentos.

Como limitação da pesquisa, destaca-se a falta de aplicações práticas da tecnologia Blockchain, além do que, por ser uma tecnologia em evolução, o método necessita ser constantemente atualizado. Outra limitação está relacionada à falta de referências no mercado e na literatura que permitam elaborar uma análise comparativa mais crítica dos resultados obtidos, e o fato de que uma validação do método só será possível quando for utilizado em um caso real de implementação efetiva.

Em relação a trabalhos futuros, sugere-se:

- Conduzir estudos de caso em diferentes tipos de empresa que já utilizam a tecnologia Blockchain em suas operações para analisar e comparar os resultados para aprimoramento do método proposto;

- Conduzir um estudo de caso sobre a aplicação do método proposto em uma empresa que pretende implantar a tecnologia Blockchain em sua cadeia de suprimentos, do início ao final do processo;
- Incorporar ao método características específicas de diversos segmentos (farmacêutico, agroalimentar etc.), além de atualizá-lo na medida em que a tecnologia evoluir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAWAL, T. K.; KUMAR, V. PAL, R.; WANG, L.; CHEN, Y. Blockchain-based framework for supply chain traceability: A case example of textile and clothing industry. **Computers & Industrial Engineering**, v. 154, p. 107130, 2021.

AHMADI, V.; BENJELLOUN, S.; EL KIK, M.; SHARMA, T. CHI, H.; ZHOU, W. Drug Governance: IoT-based Blockchain Implementation in the Pharmaceutical Supply Chain. **Institute of Electrical and Electronics Engineers**, 2020.

AICH, S.; CHAKRABORTY, S.; SAIN, M.; LEE, H. I.; KIM, H. C. A Review on Benefits of IoT Integrated Blockchain based Supply Chain Management Implementations across Different Sectors with Case Study. *In: 21st International Conference on Advanced Communication Technology*, p. 138-141, 2019.

AL-JAROODI, J.; MOHAMED, N. Blockchain in Industries: A Survey. **IEEE Access**, v. 7, p. 36500-36515, 2019.

AQUINO, M. **Adoção de Blockchain na gestão de cadeias de suprimentos do Brasil**. - Dissertação de Mestrado em Gestão para a Competitividade. Escola de Administração de Empresas de São Paulo na Fundação Getúlio Vargas, 2019.

AR, I. M.; EROL, I.; PEKER, I.; OZDEMIR, A. I.; MEDENI, T. D.; IHSAN, T. Evaluating the feasibility of blockchain in logistics operations: A decision framework. **Expert Systems with Applications**. V. 158, p. 113543, 2020.

ASHAYERI, J.; TUZKAYA, G.; TUZKAYA, U. R. Supply chain partners and configuration selection: An intuitionistic fuzzy choquet integral operator based approach. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 3, 2012.

ASTARITA, V.; GIOFRÈ, V. P.; MIRABELLI, G.; SOLINA, V. A Review of Blockchain-Based Systems in Transportation. **Information (Switzerland)**, v.11, n. 1, 2020.

AZZI, R.; CHAMOUN, R. K.; SOKHN, M. The power of a blockchain-based supply chain. **Computers and Industrial Engineering**, v. 135, p. 582-592, 2019.

BALLOU, R. H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 388 p. 1993.

BEAMON, B. M. Supply chain design and analysis: Models and methods. **International journal of production economics**, v. 55, n. 3, p. 281-294, 1998.

BETTI, Q.; KHOURY, R.; HALLE, S.; MONTREUIL, B. Improving Hyperconnected Logistics with Blockchains and Smart Contracts. **IT Professional**, v. 21, n. 4, p. 25-32, 2019.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B.; BOWERSOX, J. C. **Gestão logística na cadeia de suprimentos**. Porto Alegre: AMGH, 2014.

BOZARTH, C. C.; WARSING, D. P.; FLYNN, B. B.; FLYNN, J. The impact of supply chain complexity on manufacturing plant performance. **Journal of Operations Management**, v. 27, n. 1, p. 78-93, 2009.

BUMBLAUSKAS, D.; MANN, A.; DUGAN, B.; RITTMER, J. A Blockchain use case in food distribution: Do you know where your food has been? **International Journal of Information Management**, n. 52, p. 102008, 2020.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. **A adoção do estudo de caso na engenharia de produção**. In: CAUCHICK MIGUEL, P. A. (Org.). Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. cap. 6, p. 129-143.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. *Production*. v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

CARVALHO, C. E.; PIRES, D. A.; ARTIOLI, M.; CONTENTO, G. Bitcoin, criptomoedas, Blockchain: desafios analíticos, reação dos bancos, implicações regulatórias. *In: I Fórum Liberdade Econômica*, Mackenzie SP, p. 23. 2017.

CHANG, S. E.; CHEN, Y.-C.; LU, M.-F. Supply chain re-engineering using blockchain technology: A case of smart contract based tracking process. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 144, p. 1-11, 2019.

CHIACCHIO, F.; COMPAGNO, L.; D'URSO, D.; VELARDITA, L.; SANDNER, P. A decentralized application for the traceability process in the pharma industry. **Procedia Manufacturing**, v. 42, p. 362-369, 2020.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: criando redes que agregam valor**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

COLLOMB, A.; SOK, K. Blockchain / Distributed Ledger Technology (DLT): what impact on the financial sector? **Digiworld Economic Journal**, v. 103, p. 93-111, 2016.

COOPER, M.; LAMBERT, D. M.; AND PUGH, J. D. Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. **The International Journal of Logistics Management**, v. 8, n. 1, p.1 -14, 1997.

CSCMP, Council of Supply Chain Management Professional. **Supply Chain Management Terms and Glossary**, 2013. Disponível em: <https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx>. Acesso em: 10 de janeiro de 2021.

DWORK, C.; NAOR, M. Pricing via processing or combatting junk mail. *In: Advances in Cryptology — CRYPTO' 92*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, p. 139–147, 1992.

FENG, H.; WANG, X.; DUAN, Y.; ZHANG, J.; ZHANG, X. Applying blockchain technology to improve agri-food traceability: A review of development methods, benefits and challenges. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, p. 121031, 2020.

FIGORILLI, S.; ANTONUCCI, F.; COSTA, C.; PALLOTTINO, F.; RASO, L.; CASTIGLIONE, M.; PINCI, E.; DEL VECCHIO, D.; COLLE, G.; PROTO, A. R.; SPERANDIO, G.; MENESATTI, P. A. Blockchain implementation prototype for the electronic open source traceability of wood along the whole supply chain. **Sensors**, v. 18, n. 9, 2018.

FLYNN, B. B.; HUO, B; ZHAO, X. The impact of supply chain integration on performance: A contingency and configuration approach. **Journal of Operations Management**, v.28, n.1, p.58-71, 2010.

FROHLICH, M. T.; WESTBROOK, R. Arcs of integration: an international study of supply chain strategies. **Journal of operations management**, v.19, n.2, p.185-200, 2001.

GATTORNA, J. L. **Supply Chains: Alinhamento dinâmico de cadeia de valor**. São Paulo: Pearson, 2009.

GAUSDAL, A. H.; CZACHOROWSKI, K. V.; SOLESVIK, M. Z. Applying Blockchain technology: Evidence from Norwegian companies. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 6, 2018.

GHODE, D. J.; YADAV, V.; JAIN, R.; SONI, G. Blockchain adoption in the supply chain: an appraisal on challenges. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 32, n. 1, p. 42-62, 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GONCZOL, P.; KATSIKOULI, P.; HERSKIND, L.; DRAGONI, N. Blockchain Implementations and Use Cases for Supply Chains - A Survey. **IEEE Access**, v. 8, p. 11856-11871, 2020.

GOPALAKRISHNAN, P. K.; ANANTH, V.; LEWIS, K.; BEHDAD, S. A Decision-Making Framework for Blockchain Technology Selection. **Smart and Sustainable Manufacturing Systems**. v. 3, n. 2, p. 20190021, 2019.

GREST, M.; LAURAS, M.; MONTARNAL, A.; SARAZIN, A. BOUSSEAU, G. A Meta Model for a Blockchain-based Supply Chain Traceability. *In: Proceedings of the 2019 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management*, p. 458-463, 2019.

GROMOV, G.; LAMMI, M. Blockchain and internet of things require innovative approach to logistics education. **Transport Problems**, v. 12, n. Special Edition, p. 23-34, 2017.

HARSHAVARDHAN REDDY, B.; ARAVIND REDDY, Y.; SASHI REKHA, K. Blockchain: To improve economic efficiency and supply chain management in agriculture. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering**, v. 8, n. 12, p. 4999-5004, 2019.

HELO, P.; HAO, Y. Blockchains in operations and supply chains: A model and reference implementation. **Computers and Industrial Engineering**, v. 136, p. 242-251, 2019.

HUANG, Y.; BIAN, Y.; LI, R.; ZHAO, J. L. SHI, P. Smart contract security: A software lifecycle perspective. **IEEE Access**, v. 7, p. 150184-150202, 2019.

JUMA, H.; SHAALAN, K.; KAMEL, I. A Survey on Using Blockchain in Trade Supply Chain Solutions. **IEEE Access**, v. 7, p. 184115-184132, 2019.

KAHN, K. B.; MENTZER, J. T. Logistics and interdepartmental integration. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 26, n. 8, p. 6-14, 1996.

KAYIKCI, Y.; SUBRAMANIAN, N.; DORA, M. BHATIA, M. S. Food supply chain in the era of Industry 4.0: blockchain technology implementation opportunities and impediments from the perspective of people, process, performance, and technology. *Production Planning and Control*. pp 1-21. 2020.

KIEFER, A. W.; NOVACK, R. A. An empirical analysis of warehouse measurement systems in the context of supply chain implementation. ***Transportation Journal***, v. 38, n. 3, p. 18-27, 1999.

KIM, D. J.; FERRIN, D. L.; RAO, H. R. A trust-based consumer decision-making model in electronic commerce: The role of trust, perceived risk, and their antecedents. ***Decision Support Systems***, v. 44, n. 2, p. 544-564, 2008.

KOUHIZADEH, M.; SABERI, S.; SARKIS, J. Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers. ***International Journal of Production Economics***, v. 231, p. 1-21, 2021.

KUMAR, A.; LIU, R.; SHAN, Z. Is Blockchain a Silver Bullet for Supply Chain Management? ***Technical Challenges and Research Opportunities. Decision Sciences***, v. 51, n. 1, p. 8-37, 2020.

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

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C.; PAGH, J. D. Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities. ***The International Journal of Logistics Management***, v. 9, n. 2, p. 1-20, 1998.

LAMBOURDIERE, E.; CORBIN, E. Blockchain and maritime supply-chain performance: dynamic capabilities perspective. ***Worldwide Hospitality and Tourism Themes***, v. 12, n. 1, p. 24-34, 2020.

LANKO, A.; VATIN, N.; KAKLAUSKAS, A. Application of RFID combined with blockchain technology in logistics of construction materials. ***EDP Sciences. MATEC Web of Conferences***, v. 170, p. 1-6, 2018.

LEVY, Y.; ELLIS, T. J. A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science**, v. 9, p. 181-212, 2006.

LIU, Z. Y.; LI, Z. P. A blockchain-based framework of cross-border e-commerce supply chain. **International Journal of Information Management**, v. 52, p. 1-8, 2020.

LONGO, F.; NICOLETTI, L.; PADOVANO, A.; D'ATRI, G.; FORTE, M. Blockchain-enabled supply chain: An experimental study. **Computers and Industrial Engineering**, v. 136, p. 57-69, 2019.

LUMMUS, R. R.; KRUMWIEDE, D. W.; VOKURKA, R. J. The relationship of logistics to supply chain management: developing a common industry definition. **Industrial management & data systems**, v. 101, n. 8, p. 426-432, 2001.

MA, C.; KONG, X.; LAN, Q.; ZHOU, Z. The privacy protection mechanism of Hyperledger Fabric and its application in supply chain finance. **Cybersecurity**, v. 2, n. 1, 2019.

MELLAT-PARAST, M.; SPILLAN, J. Logistics and supply chain process integration as a source of competitive advantage: An empirical analysis. **The International Journal of Logistics Management**, v. 25, n. 2, p. 289-314, 2014.

MENTZER, J. T.; KEEBLER, J. S.; NIX, N. W.; SMITH, C. D.; ZACHARIA, Z. G. **Defining Supply Chain Management. Journal of Business Logistics**, v. 22, n. 2, p. 1–25, 2001.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. 2007. **Produção**, 17 (1), 216-229.

MIN, H. Blockchain technology for enhancing supply chain resilience. **Business Horizons**, v. 62, n. 1, p. 35-45, 2019.

MONTECCHI, M.; PLANGGER, K.; ETTER, M. It's real, trust me! Establishing supply chain provenance using blockchain. **Business Horizons**, v. 62, n.3, p. 283-293, 2019.

NAKAMOTO, S. **Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system**, 2008. Disponível em: <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>> Acesso em: 29 jan. de 2018.

NAKANO, M.; AKIKAWA, T.; SHIMAZU, M. Process integration mechanisms in internal supply chains: case studies from a dynamic resource-based view. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 16, n. 4, p. 328-347, 2013.

NAMASUDRA, S.; DEKA, G. C.; JOHRI, P.; HOSSEINPOUR, M.; GANDOMI, A. H. The Revolution of Blockchain: State-of-the-Art and Research Challenges. **Archives of Computational Methods in Engineering**, v. 28, p. 1497-1515, 2021.

NEW, S. J. The scope of supply chain management research. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 2, n. 1, p. 15-22, 1997.

PALM, E.; BODIN, U.; SCHELÉN, O. Approaching Non-Disruptive Distributed Ledger Technologies via the Exchange Network Architecture. **IEEE Access**, v. 8, p. 12379-12393, 2020.

PAN, X. F.; PAN, X. Y.; SONG, M. L.; AI, B. W.; MING, Y. Blockchain technology and enterprise operational capabilities: An empirical test. **International Journal of Information Management**, v. 52, p. 1-9, 2020.

PARUNG, J. The use of blockchain to support sustainable supply chain strategy. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 703, p. 1-5, 2019.

PHAM, H. L.; TRAN, T. H.; NAKASHIMA, Y. Practical Anti-Counterfeit Medicine Management System Based on Blockchain Technology. *In: 4th Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference*, 2019.

PERBOLI, G.; MUSSO, S.; ROSANO, M. Blockchain in Logistics and Supply Chain: A Lean Approach for Designing Real-World Use Cases. **IEEE Access**, v. 6, p. 62018-62028, 2018.

PETERSEN, M.; HACKIUS, N.; VON SEE, B. Mapping the sea of opportunities: Blockchain in supply chain and logistics. **Information Technology**, v. 60, n. 5-6, p. 263-271, 2018.

POURNADER, M.; SHI, Y.; SEURING, S.; KOH, S. C. L. 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, 2019.

PRAHALAD, C. K.; KRISHNAN M. S. **The New Age of Innovation: Driving Cocreated Value Through Global Networks**. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

QUANG, H. T.; SAMPAIO, P.; CARVALHO, M. S.; FERNANDES, A. C.; BINH AN, D. T.; VILHENAC, E. An extensive structural model of supply chain quality management and firm performance. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 33, n. 4, p. 444-464, 2016.

REYES, P. M.; VISICH, J. K.; JASKA, P. Managing the Dynamics of New Technologies in the Global Supply Chain. **IEEE Engineering Management Review**, v. 48, n. 1, p. 156-162, 2020.

ROUHANI, S.; DETERS, R. Security, Performance, and Applications of Smart Contracts: A Systematic Survey. **IEEE Access**, v. 7, p. 50759-50779, 2019.

SABERI, S.; KOUHIZADEH, M.; SARKIS, J. Blockchains and the supply chain: Findings from a broad study of practitioners. **IEEE Engineering Management Review**, v. 47, n. 3, p. 95–103, 2019.

SCHRAUF, S.; BERTTRAM, P. **Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused**. Munique: PwC, Germany, 2016.

SGANTZOS, K.; GRIGG, I. Artificial intelligence implementations on the blockchain. Use cases and future applications. **Future Internet**, v. 11, n. 8, p. 1-15, 2019.

SHEEL, A.; NATH, V. Antecedents of blockchain technology adoption intentions in the supply chain. **International Journal of Business Innovation and Research**, v. 21, n. 4, p. 564-584, 2020.

SILVA, E., MENEZES, E. M. L. D. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Laboratório de ensino a distância da UFSC, v. 4, 138 p., 2005.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. **Cadeia de suprimentos: projeto e gestão**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

SONG, L.; WANG, X.; MERVEILLE, N. Research on Blockchain for Sustainable E-Agriculture. Institute of Electrical and Electronics Engineers. *In: IEEE Technology and Engineering Management Conference, TEMSCON 2020*. 2020.

STADTLER, H. Supply chain management and advanced planning basics, overview and challenges. **European journal of operational research**, v. 163, n. 3, p. 575-588, 2005.

STERNBERG, H. S.; HOFMANN, E.; ROECK, D. The Struggle is Real: Insights from a Supply Chain Blockchain Case. **Journal of Business Logistics**, v. 42, n. 1, p. 71-87, 2021.

STRANIERI, S.; RICCARDI, F.; MEUWISSEN, M. P. M.; SOREGAROLI, C. Exploring the impact of blockchain on the performance of agri-food supply chains. **Food Control**, v. 119, n. 1, p. 1-12, 2021.

TORRES-CARRION, P. V.; GONZALES-GONZALES, C.S.; ACIAR, S. RODRÍGUEZ-MORALES, GERMANIA. Methodology for systematic literature review applied to engineering and education. *In: IEEE Global engineering*

education conference (EDUCON), Santa Cruz de Tenerife, Islas Canarias, Spain, p. 1364–1373, 2018.

TSOLAKIS, N.; NIEDENZU, D.; SIMONETTO, M.; DORA, M. KUMAR, M. Supply network design to address United Nations Sustainable Development Goals: A case study of blockchain implementation in Thai fish industry. **Journal of Business Research**, v. 131, p. 495-519, 2021.

UPADHYAY, N. Demystifying blockchain: A critical analysis of challenges, applications and opportunities. **International Journal of Information Management**. v.54, n.12, p.1-16, 2020.

VAN HOEK, R. Developing a framework for considering blockchain pilots in the supply chain – lessons from early industry adopters. **Supply Chain Management**. v. 25, n. 1, p. 115-121, 2020.

VENKATESH, V. G.; KANG, K.; WANG, B.; ZHONG, R. Y. ZHANG, A. System architecture for blockchain based transparency of supply chain social sustainability. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 63, p. 1-9, 2020.

VINAY REDDY, V. P. Enhancing supply chain management using Blockchain technology. **International Journal of Engineering and Advanced Technology**, v. 8, n. 6, p. 4657-4661, 2019.

WANG, Z. J.; WANG, T. Y.; HU, H.; GONG, REN, X.; XIAO, Q. Blockchain-based framework for improving supply chain traceability and information sharing in precast construction. **Automation in Construction**, v.111, p. 1-13, 2020.

WU, L.; YUE, X.; JIN, A.; YEN, D. C. Smart supply chain management: a review and implications for future research. **The International Journal of Logistics Management**, v. 27, n. 2, p. 395-417, 2016.

YEOH, PETER. Regulatory issues in blockchain technology. **Journal of Financial Regulation and Compliance**, v. 25, n. 2, p. 196–208, 2017.

YU, W.; CHAVEZ, R.; JACOBS, M. A.; FENG, M. Data-driven supply chain capabilities and performance: a resource-based view. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 114, p. 371-385, 2018.

YU, Z.; YAN, H.; T.C. CHENG, T. C. E. Benefits of information sharing with supply chain partnerships. **Industrial Management & Data Systems**, v. 101, n. 3, p. 114-121, 2001.

ZAGURSKIY, O. N.; TITOVA, L. L. Problems and prospects of blockchain technology usage in supply chains. **Journal of Automation and Information Sciences**, v. 51, n. 11, p. 63-74, 2019.

ZUTSHI, A.; GRILO, A.; TAHEREH, N. The value proposition of blockchain technologies and its impact on Digital Platforms. **Computers & Industrial Engineering**, v. 155, p. 1-17, 2021.

**APÊNDICE I – ROTEIRO DA ENTREVISTA CONDUZIDA NO ESTUDO DE
CASO**

Introdução à entrevista

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) desenvolve estudos nas áreas de Gestão e Estratégias e Engenharia do Produto e do Processo. A pesquisa aqui desenvolvida enquadra-se na área de Gestão e Estratégias na linha de pesquisa de Logística e Gestão da Cadeia de Suprimentos. Este projeto de dissertação de mestrado objetiva propor um método sistematizado de implementação da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos.

O objetivo desta entrevista é compreender como funciona o método utilizado pela empresa para implementar esta tecnologia em sua cadeia de suprimentos e comparar com o método aqui proposto. As respostas serão utilizadas apenas no âmbito acadêmico, sendo garantido o sigilo absoluto do nome da empresa e de seu respondente.

Agradecemos desde já pelo aceite desta entrevista, pelo tempo despendido e pela colaboração nas respostas das questões que serão realizadas ao longo das próximas horas.

Contextualização ao Tema

O desenvolvimento da tecnologia *Blockchain* ocorreu para assegurar a validade e a segurança da criptomoeda bitcoin. Esta tecnologia pode ser definida como um livro razão que grava transações entre partes de forma verificável e permanente. Contudo, seu uso transpôs sua aplicação para além da tarefa para a qual foi criada, e tem atraindo diferentes áreas, entre elas a cadeia de suprimentos.

Na cadeia de suprimentos, a tecnologia *Blockchain* reduz fraudes, erros e demora ocasionados na cadeia. Isto é possível, pois esta tecnologia tem a capacidade de proporcionar dados imutáveis com acessibilidade ampla, e ainda possibilitar o incremento de eficiência, confiabilidade e transparência por toda a cadeia. Além disso, essa tecnologia tem potencial de estabelecer colaboração e confiança entre os participantes da cadeia de suprimentos.

Apesar das vantagens explicitadas na literatura quanto ao uso da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos, por se tratar de um tema recente e que exige recursos de investimento, poucas organizações a implementaram. Assim, faltam ferramentas ou métodos estruturados para implementação desta tecnologia.

Entrevista – Questionário

Primeira Etapa: Aspectos macro da empresa e do respondente

1. Ramo de atuação da empresa

2. Anos de existência da empresa

3. Características de diferenciação da empresa

4. Número de colaboradores total da empresa

5. Cargo do entrevistado

6. Grau de escolaridade e formação do entrevistado

7. Anos de atuação na empresa do entrevistado

Segunda Etapa: Percepções e características do método utilizado pela empresa

8. A empresa seguiu/segue um método de implementação da tecnologia Blockchain para a cadeia de suprimentos? Se sim, qual?

9. Em uma escala de aderência de 0 a 10, onde zero representa nenhum nível de conhecimento e 10 nível altamente apurado de conhecimento, qual o nível de aderência de conhecimento da tecnologia Blockchain pela organização?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

10. Explique os motivos para a nota da questão anterior

11. Em uma escala de aderência de 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de comprometimento e 10 nível máximo de comprometimento, qual o nível de aderência em comprometimento da organização com a tecnologia?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

12. Explique os motivos para a nota da questão anterior

13. Em uma escala de aderência de 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de engajamento e 10 nível máximo de engajamento, quão aderente está/estava o engajamento dos *stakeholders* com a tecnologia?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

14. Explique os motivos para a nota da questão anterior

15. Em uma escala de aderência 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de engajamento e 10 nível máximo de engajamento, quão aderente está/estava o engajamento dos tomadores de decisão?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

16. Explique os motivos para a nota da questão anterior

17. Em uma escala de aderência 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de disponibilidade de recursos e 10 nível máximo de disponibilidade, quão aderente está/estava a disponibilidade de recursos?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

18. Explique os motivos para a nota da questão anterior

19. Quais os benefícios que a tecnologia traz/pode trazer para a organização?

20. Em uma escala de aderência de 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de importância e 10 nível máximo de importância, quão aderente está a importância da rastreabilidade trazida pela tecnologia à cadeia de suprimentos?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

21. Explique os motivos para a nota da questão anterior

22. Em uma escala de aderência de 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de importância e 10 nível máximo de importância, quão aderente está a importância da confiabilidade trazida pela tecnologia à cadeia de suprimentos?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

23. Explique os motivos para a nota da questão anterior

24. Em uma escala de aderência 0 a 10, onde zero representa nenhum grau de importância e 10 nível máximo de importância, quão aderente está a importância do compartilhamento de informações trazida pela tecnologia à cadeia de suprimentos?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

25. Explique os motivos para a nota da questão anterior

26. Em uma escala de aderência de 0 a 10, onde zero representa um nível de percepção ruim e 10 um nível de percepção excelente, quão aderente está a percepção dos clientes da empresa quanto a adoção desta tecnologia pela companhia?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

27. Explique os motivos para a nota da questão anterior

28. Em uma escala de aderência de 0 a 10, onde zero representa nenhuma contribuição e 10 um nível máximo de contribuição, quão aderente está a contribuição da tecnologia para os objetivos da cadeia de suprimentos?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

29. Explique os motivos para a nota da questão anterior

30. Qual foi/é o principal objetivo/motivo para se implementar a Blockchain na organização?

31. Na escolha da plataforma, quanto a seu tipo, foi/está sendo levada em conta a do tipo público ou privado? Por qual razão?

32. Na escolha da plataforma, foi/está sendo levando em conta qual mecanismo de consenso: PoW, PoS ou PoA? O que levou a essa escolha?

33. Com base no mecanismo de consenso, foi/ está sendo considera qual opção entre os tipos “com permissão” ou “sem permissão”? O que levou a essa escolha?

34. Houve/está sendo feito o acordo entre todos os envolvidos da cadeia de suprimentos, que são/serão afetados pela implementação, quanto aos riscos envolvidos?

35. Quais critérios foram/estão sendo utilizados na seleção do parceiro apropriado para fornecer suporte à tecnologia?

36. Foi/está sendo estabelecido um programa de monitoramento contínuo dos parceiros que concordaram e estão também implementando a tecnologia?

37. Foi/está sendo considerado estabelecer um acordo de auditorias internas e externas com os parceiros quanto as práticas de implementação e manutenção da tecnologia?

38. Foram/ estão sendo consideradas as conformidades e regulamentações da indústria que a empresa atua, bem como as regulamentações de TI (tecnologia da Informação) e os riscos associados?

39. Foram/ estão sendo estabelecidos com frequência testes de segurança cibernética com base nos riscos associados?

40. Quanto a estruturação de dados, foi/foram levantados os tipos e as quantidades que precisam/precisariam ser gerenciados?

41. Foram/estão sendo discutidos e mapeados todos os departamentos pertinentes para a implementação?

42. Foi/está sendo considerado o monitoramento de ativos tanto tangíveis (propriedade física) quanto intangíveis (documentos)?

43. Foi/está sendo considerada, de forma complementar a Blockchain, a utilização de IoT por meio da captura de dados por RFID ou meios semelhantes?

44. Foram/estão sendo consideradas as identidades digitais, ou seja, informações de colaboradores e terceiros?

45. Foram/estão sendo mapeadas e são consideradas todas as transações existentes no fluxo da cadeia?

46. Foi/está sendo considerada, de forma complementar a Blockchain, a utilização de contratos inteligentes?

47. Quanto aos custos, foram/estão sendo considerados os custos iniciais de construção e implementação?

48. Foram/estão sendo considerados os custos de integração que se referem ao custo de nós e configuração dos usuários?

49. Foram/estão sendo considerados os custos da nuvem associado ao armazenamento das informações da transação?

50. Foram/estão sendo considerados os custos de manutenção contínua que inclui elementos como: suporte técnico em tempo integral, custo educacional contínuo por usuário e custos de administração de hardware?

51. Foram/ estão sendo considerados os custos de monitoramento, ou seja, em relação a qualidade das transações e os custos anuais de avaliação da rede?

52. Foram/ estão sendo analisados e consideradas os arquétipos de dados, ou seja, os dados selecionados foram vinculados de acordo com o seu tipo, considerando as diversas camadas da cadeia de suprimentos?

53. Foi/ está sendo analisada e considerada a consistência e interoperabilidade de dados, para então se implementar a tecnologia Blockchain?

54. Foram/ estão sendo analisados e consideradas melhorias nos mecanismos de captura da de dados, para então se implementar a tecnologia Blockchain?

**APÊNDICE II – MATRIZ DE CATEGORIZAÇÃO DAS REFERÊNCIAS POR
PERÍODO**

| Tipo de Referência | Referências recentes (Últimos 5 anos) | Referências antigas (Mais que 5 anos) | Total | Percentual (Total) |
|---------------------------|--|--|--------------|---------------------------|
| Artigo | 59 | 18 | 77 | 77% |
| Livro | 1 | 8 | 9 | 11% |
| Periódico | 9 | 1 | 10 | 90% |
| Outros | 2 | 2 | 4 | 50% |
| Total | 71 | 29 | 100 | 71% |