



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS**



**LUGHU DIGENARO CRUZ GALVEZ**

**PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA BLOCKCHAIN NA CADEIA DE  
SUPRIMENTOS AGROALIMENTAR DE MANGA**

Limeira  
2024



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS**



**LUIGHI DIGENARO CRUZ GALVEZ**

**PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA BLOCKCHAIN NA CADEIA  
DE SUPRIMENTOS AGROALIMENTAR DE MANGA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e de Manufatura na área de Pesquisa Operacional e Gestão de Processos.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio de Arruda Ignácio.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO  
DEFENDIDA PELO ALUNO LUIGHI DIGENARO CRUZ GALVEZ, E  
ORIENTADA PELO PROF. DR. PAULO SÉRGIO DE ARRUDA IGNÁCIO.

Limeira  
2024

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas  
Ana Luiza Clemente de Abreu Valério - CRB 8/10669

G524p Galvez, Luighi Digenaro Cruz, 1996-  
Proposta de aplicação de tecnologia *blockchain* na cadeia de suprimentos agroalimentar de manga / Luighi Digenaro Cruz Galvez. – Limeira, SP : [s.n.], 2024.

Orientador: Paulo Sérgio de Arruda Ignácio.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Blockchains (Base de dados)  
. 2. Gerência de cadeias produtivas. 3. Descentralização. I. Ignácio, Paulo Sérgio de Arruda, 1963-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. III. Título.

#### Informações Complementares

**Título em outro idioma:** Proposal for the application of blockchain technology in the agri-food mango supply chain

**Palavras-chave em inglês:**

Blockchains (Databases)

Supply chain management

Decentralization

**Área de concentração:** Pesquisa Operacional e Gestão de Processos

**Titulação:** Mestre em Engenharia de Produção e de Manufatura

**Banca examinadora:**

Paulo Sérgio de Arruda Ignácio [Orientador]

Antônio Carlos Pacagnella Júnior

Robert Eduardo Cooper Ordonez

Vasco Sanchez Rodrigues

**Data de defesa:** 18-03-2024

**Programa de Pós-Graduação:** Engenharia de Produção e de Manufatura

**Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)**

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-1114-1514>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/5254311791497189>

## **Folha de Aprovação**

**Autor(a):** Luighi Digenaro Cruz Galvez

**Título:** Proposta de aplicação de tecnologia blockchain na cadeia de suprimentos agroalimentar de manga.

**Natureza:** Dissertação

**Área de concentração:** Pesquisa Operacional e Gestão de Processos

**Instituição:** Faculdade de Ciências Aplicadas – FCA/UNICAMP

**Data da Defesa:** 18 de março de 2024.

### **BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. Paulo Sérgio de Arruda Ignácio (orientador) – Presidente  
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Prof. Dr. António Carlos Pacagnella Júnior (membro)  
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Prof. Dr. Robert Eduardo Cooper Ordonez (membro externo) – Avaliador  
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Prof. Dr. Vasco Sanchez Rodriguez (membro externo) – Avaliador  
Cardiff University – Cardiff Business School

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade

Dedicatória: À minha família, com amor.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com a maior dedicação e muitas horas de trabalho e esforço, não foi um caminho fácil, mas valeu cada minuto de aprendizado.

Em primeiro lugar, a Deus por ter me abençoado com todas as oportunidades na minha vida.

Em segundo lugar, minha família e a todas as pessoas que me ajudaram ao longo deste projeto.

Em terceiro lugar, ao meu orientador por ter me ensinado e ajudado desde o primeiro momento que decidi começar o mestrado, e me ajudar na construção de um estudo sólido.

Em quarto lugar, a meus professores e a toda a equipe da FCA que me ajudou e deu suporte em todas minhas dúvidas, e me acolheu com muito carinho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”.

Muito obrigado.

*"Todo ser humano tiene en su camino su pedestal de héroe. El mérito consiste en que llegado ese momento tenga el coraje suficiente para subir a él"*

**José Abelardo Quiñones Gonzales**

## RESUMO

Com o decorrer do tempo, as cadeias agroalimentares experimentam mudanças e desafios, muitos deles baseados em exigências dos consumidores, e outros, na alta concorrência dentro dos mercados tanto nacionais quanto internacionais. Diante desse cenário, o objetivo geral é propor um modelo de aplicação de tecnologia Blockchain na gestão de uma cadeia de suprimentos agroalimentar, neste caso, de manga, considerando o Supply Chain Operations Reference (SCOR). O método do presente estudo é Aplicado e com o escopo Exploratório, considerando uma abordagem qualitativa e quantitativa, apresentando uma Revisão Sistemática seguindo o Itens preferidos para relatórios de revisões sistemáticas e meta-análises ou Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), um mapeamento de Cadeia agroalimentar tradicional baseada no Modelo SCOR e Simulação dos Contratos Inteligentes no Ethereum combinando o Metamask (carteira digital) e BscScan Testnet. Os resultados do estudo mostram a combinação do Modelo SCOR e a aplicação de tecnologia Blockchain, a qual permite a clarificação de processos que acrescentam valor. Ademais, mostra-se uma deslinearização da cadeia agroalimentar, o qual inclui a redução de intermediários, descentralização de informação, eliminação de atividades que não acrescentam valor e uma rede de confiança sólida. É possível concluir que a sinergia entre tecnologia Blockchain e Modelo SCOR garante uma nova forma de gerenciamento da cadeia agroalimentar o qual possibilita diferentes aplicações e discussões a serem abordadas em futuras pesquisas.

**Palavras-chave:** Blockchain. Gerenciamento da Cadeia Agroalimentar. Descentralização. SCOR.

## ABSTRACT

Over time, agri-food chains undergo changes and challenges, many of which are driven by consumer demands, while others stem from intense competition within both domestic and international markets. In this scenario, the overarching objective is to propose a model for the application of Blockchain technology in managing an agri-food supply chain, specifically focusing on mango, while considering the Supply Chain Operations Reference (SCOR). The methodology of this study is Applied and falls within the scope of Exploratory, incorporating both qualitative and quantitative approaches. It entails a Systematic Review following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), a mapping of the traditional agri-food chain based on the SCOR Model, and Simulation of Smart Contracts on Ethereum, utilizing Metamask (a digital wallet) and BscScan Testnet. The findings of the study demonstrate the integration of the SCOR Model and the application of Blockchain technology, which facilitates the clarification of value-adding processes. Furthermore, it indicates a delinearization of the agri-food chain, involving the reduction of intermediaries, decentralization of information, elimination of non-value-adding activities, and establishment of a robust trust network. It can be concluded that the synergy between Blockchain technology and the SCOR Model ensures a new approach to managing the agri-food chain, enabling various applications and discussions for future research endeavors.

**Keywords:** Blockchain. Supply Chain Management. Decentralization. SCOR MODEL.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estrutura da Pesquisa. ....	24
Figura 2: Linearidade da Logística Tradicional .....	26
Figura 3: <i>Supply Chain Management</i> ou Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos .....	27
Figura 4: Cadeia de Suprimentos Agroalimentar Tradicional.....	29
Figura 5: Evolução da Agricultura .....	33
Figura 6: Modelo SCOR baseado .....	34
Figura 7: Níveis hierárquicos do Modelo SCOR .....	35
Figura 8: Secções do Modelo SCOR.....	36
Figura 9: Elementos do desempenho da cadeia de suprimentos .....	37
Figura 10: Atributos de Desempenho do Modelo SCOR .....	38
Figura 11: Tecnologias na Industria 4.0 .....	40
Figura 12: Evolução da tecnologia Blockchain atrelada à Cadeia Agroalimentar	42
Figura 13: Arvore de Merkle .....	43
Figura 14: Características da tecnologia Blockchain .....	44
Figura 15: Criação da rede de blocos unidos pelo Hash. ....	47
Figura 16: Processo de adição de bloco à rede de blocos. ....	49
Figura 17: Processo de elaboração e construção dos contratos inteligentes, ....	50
Figura 18: Diferencias entre Blockchain Pública e Privada.....	53
Figura 19: Logistics Performance Index.....	58
Figura 20: Método de Pesquisa. ....	60
Figura 21: Metodologia de Pesquisa.....	61
Figura 22: Diagrama PRISMA. ....	64
Figura 23: Indicadores de aproveitamento de dados. ....	66
Figura 24: Produção científica. ....	67
Figura 25: Redes de coocorrência sem aplicação do Thesaurus em VOSviewer. .....	69
Figura 26: Redes de coocorrência depois de aplicar o Thesaurus no VOSviewer. .....	69
Figura 27: Cadeia Agroalimentar de exportação e vendas nacionais. ....	72
Figura 28: Fluxos de Produtos e Informações para Exportação. ....	73
Figura 29: Mapeamento macro da cadeia agroalimentar identificada .....	75
Figura 30: Mapeamento da cadeia agroalimentar de manga baseada no SCOR	77
Figura 31: Plugins da Interface REMIX IDE.....	78
Figura 32: Interface inicial do REMIX IDE.....	79
Figura 33: Lista de funções e chamadas no contrato inteligente. ....	88
Figura 34: Função <i>ProduccionAgricolaAgricultor</i> . ....	89
Figura 35: Processo de Simulação do Contrato Inteligente. ....	90
Figura 36: Conta ou Carteira virtual de Metamask. ....	90
Figura 37: Selecionar o <i>Injected Provider – Metamask</i> . ....	91
Figura 38: Dados carregados no BscScan. ....	92
Figura 39: Transação na rede de teste. ....	92
Figura 40: Transação confirmada. ....	93
Figura 41: Resumo do processo de adionamento de bloco. ....	93
Figura 42: Resumo em códigos da informação adicionada na rede de teste. ....	94
Figura 43: Certificação de Produto feito pelo Órgão regulador (SENASA - MAPA). .....	95
Figura 44: Custo de transação pela geração de Certificado. ....	95
Figura 45: Dados da operação de Certificado. ....	96

Figura 46: Resumo de transação da função Certificados. ....	96
Figura 47: Lógica da descentralização da informação na rede Blockchain .....	99
Figura 48: Descentralização da Cadeia Agroalimentar .....	103
Figura 49: Novo gerenciamento da Cadeia agroalimentar baseado no Modelo SCOR .....	104
Figura 50:Resumo pós aplicação de Blockchain na cadeia agroalimentar. ....	105

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Métrica Estratégia dos Atributos de Desempenho (nível 1) .....	38
Tabela 2: Categorias de pesquisa. ....	70
Tabela 3: Variáveis transacionais de uma cadeia Agroalimentar .....	74

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Compliance nos processos da Distribuição Física Internacional.....	30
Quadro 2: Outros desafios da cadeia agroalimentar.....	32
Quadro 3: Processos principais do Modelo SCOR.....	39
Quadro 4: Módulos da tecnologia Blockchain.....	45
Quadro 5: Mecanismos de consenso propostos na rede Blockchain .....	47
Quadro 6: Habilitadores de tecnologia Blockchain nas organizações .....	51
Quadro 7: Benefícios de aplicação de tecnologia Blockchain na Cadeia Agroalimentar .....	55
Quadro 8: Desafios de Aplicação Blockchain na Cadeia Agroalimentar.....	56
Quadro 9: Diferenças de adoção entre Armazenamento da Nuvem e Blockchain .....	57
Quadro 10: Principais autores, revistas e contribuições. ....	68
Quadro 11: Endereços utilizados no contrato inteligente.....	80
Quadro 12: Primeiro componente do contrato inteligente.....	81
Quadro 13: Segundo componente do contrato inteligente.....	82
Quadro 14: Terceiro componente do contrato inteligente.....	83
Quadro 15: Quarto componente do contrato inteligente.....	84
Quadro 16: Quinto componente do contrato inteligente.....	85
Quadro 17: Sexto componente do contrato inteligente.....	85
Quadro 18: Sétimo componente do contrato inteligente.....	86
Quadro 19: Oitavo componente do contrato inteligente.....	87

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>FCA</b>	Faculdade de Ciências Aplicadas
<b>PME</b>	Pequenas e Médias Empresas
<b>SBU</b>	Sistema de Bibliotecas da Unicamp
<b>SCOR</b>	Supply Chain Operations Reference
<b>MAPA</b>	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
<b>SENASA</b>	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
<b>IDE</b>	Integrated Development Environment
<b>IoT</b>	Internet of Things
<b>IBM</b>	International Business Machines
<b>GPS</b>	Global Position System
<b>LPI</b>	Logistics Performance Index
<b>FAOSTAT</b>	Banco de Dados Estatísticos Corporativos da Food and Agriculture Organization
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>MAPA</b>	Ministério da Agricultura e Pecuária
<b>FLI</b>	Food Loss Index
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>APICS</b>	Association for Supply Chain Management
<b>SCC</b>	Supply Chain Council
<b>DLT</b>	Distributed Ledger Technology
<b>P2P</b>	Peer to Peer
<b>SC</b>	Supply Chain
<b>IFPS</b>	InterPlanetary File System

## INDICE

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Problema de Pesquisa.....	18
1.2	Objetivo Geral e específicos:.....	21
1.3	Justificativa.....	21
1.4	Estrutura dos capítulos.....	23
1.5	Delimitação da Pesquisa.....	25
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	26
2.1	Cadeia de Suprimentos.....	26
2.1.1	Gestão da Cadeia de Suprimentos Agroalimentar.....	28
2.1.1.1	Desafios do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Agroalimentar. 31	
2.1.1.2	Importância do comercio agroalimentar.....	32
2.1.2	Modelo SCOR.....	34
2.2	Tecnologias na Industria 4.0.....	39
2.3	Blockchain.....	41
2.3.1	Funcionamento da tecnologia Blockchain.....	47
2.3.2	Tipologia de tecnologia Blockchain.....	51
2.3.3	Benefícios e desafios da tecnologia Blockchain.....	53
2.3.3.1	Benefícios.....	53
2.3.3.2	Desafios.....	55
2.3.4	Indicadores de Desempenho Logístico.....	58
3	MÉTODO DE PESQUISA.....	59
3.1	Procedimento Metodológico.....	60
4	DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS.....	64
4.1	Desenvolvimento.....	64
4.1.1	Análise Bibliométrica.....	64
4.1.2	Mapeamento da cadeia de suprimentos.....	71
4.1.3	Mapeamento baseado no Modelo SCOR.....	75
4.1.4	Desenvolvimento do Smart Contract.....	78
4.1.4.1	Interface Remix – Ethereum.....	79
4.1.4.2	Lógica do Remix IDE e Esquemas do contrato inteligente e adaptação das variáveis transacionais de uma cadeia agroalimentar.....	79
4.2	Resultados do Teste de simulação.....	88
4.2.1.1	Teste do Contrato Inteligente.....	88
5	DISCUSSÕES.....	97

5.1	Discussões da Simulação.....	100
6	CONCLUSÃO.....	106
7	REFERENCIAS.....	109
	APENDICE A.....	123
	ANEXO A.....	131
	ANEXO B.....	132

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as inovações tecnológicas permitem abordar as diferentes oportunidades de melhora de inumeráveis setores. Assim, o desenvolvimento de aplicações inteligentes permitem melhorar a qualidade de vida dos usuários (Mistry et al., 2020a). Nesse sentido, a presente pesquisa inclui a Tecnologia Disruptiva com maior relevância dentro dos últimos anos “Blockchain” e as cadeias de suprimentos agroalimentares, as quais visam adotar práticas de desenvolvimento sustentável.

Também, dentro da era digital negócios tradicionais estão sofrendo alterações não antes conhecidas (Wamba & Queiroz, 2020) que, constantemente, demandam atualizações e flexibilidade por cada empresa. Por exemplo, as cadeias agroalimentares tradicionais adoecem de uma maior fragmentação de dados e centralização da informação sendo vulneráveis aos diferentes ataques cibernéticos e viés humano (Salah et al., 2019). E um grande desafio é passar de uma agricultura tradicional para um agricultura digitalizada e inteligente (Scuderi et al., 2022).

Observa-se que, os fluxos das informações são cada vez maiores e precisam de quantidades maiores de energia; isso, aplica-se às diferentes atividades dentro das cadeias de suprimentos agroalimentares, que consomem maiores quantidades de recursos, objetivando atender o crescimento demográfico de 9,7 bilhões de pessoas para o ano 2050 (Benyam et al., 2021) e apresentam perdas de alimentos em Latam de até 34% (IBM,2019). Nesse cenário, muitas informações sobre o consumo de recursos e processos não são compartilhadas com os clientes finais gerando um clima de incerteza e insegurança.

Somando-se a isso, os processos e operações das cadeias agroalimentares sem participação de sistemas inteligentes, imutáveis e descentralizados, mostraram inumeráveis crises ao redor do mundo. Por exemplo, a encefalopatia espongiforme bovina, febre aftosa, escândalo do leite de bebê chinês em 2008 e incidente de carne de cavalo em 2013 na União Europeia; assim, evidencia-se a importância da aplicação de sistemas de rastreabilidade para proteger aos consumidores (Anastasiadis et al., 2022).

Em suma, a Tecnologia Disruptiva Blockchain pode ser considerada como

uma cadeia de blocos com registros, atreladas umas às outras por mecanismos de consenso e por técnicas criptográficas que registram todas as transações da cadeia de suprimentos (Torky & Hassanein, 2020), as quais permitem a descentralização dos dados e a imutabilidade de cada um dos registros. Outrossim, os contratos inteligentes baseados em Blockchain, são aqueles que digitalizam e automatizam os acordos entre mais de duas partes, isso melhora a performance da aplicação de Blockchain nas cadeias agroalimentares.

Além disso, a tendência à descentralização está baseada na essência de tecnologia Blockchain (Manski, 2017) e com o potencial para a reestruturação de toda a cadeia em práticas sustentáveis (Munir et al., 2022), é existente a necessidade pela descentralização das informações e a garantia da segurança e imutabilidade nos diferentes processos e operações nas cadeias agroalimentares. O anterior, deve incluir os stakeholders das diferentes cadeias para a criação de um clima de segurança, desenvolvimento sustentável e boas práticas.

As pesquisas baseadas em Blockchain e cadeias de suprimentos agroalimentares estão em crescimento e muitos estudos apontam que Blockchain ainda está em fase inicial ou incipiente. Dessa forma, o presente estudo contribui a uma maior abrangência dos tópicos comentados integrando diferentes ferramentas tecnológicas que permitirão contribuir à literatura.

## **1.1 Problema de Pesquisa**

A segurança dos alimentos e a segurança alimentar, manipulação dos certificados fitossanitários, desperdícios de alimentos (frutas e hortaliças), demanda de alimentos de qualidade, contaminação alimentar, a concorrência entre cadeias internacionais e nacionais, a saúde pública e outras tendências estudadas e questionadas no plano acadêmico e empresarial-governamental, ainda não propiciam uma solução sustentável para a situação atual (Dutta et al., 2020; P. W. Khan et al., 2020; Manski, 2017; Salah et al., 2019; Saurabh & Dey, 2021; Shahid et al., 2020). E ainda, problemas de alto impacto foram identificadas em operações internacionais, como por exemplo, a contaminação de abacate com Cadmio no mercado da Holanda (SENASA, 2022).

As perdas de alimentos (frutas e hortaliças) na América Latina evidencia que ainda existem pontos de melhora. De acordo com um artigo publicado na IBM, sabe-se que, "... 34% dos alimentos produzidos na América Latina são desperdiçados e que 77 milhões de pessoas sofrem doenças relacionadas à alimentação (Torky & Hassanein, 2020). Ainda nesse sentido, no plano mundial, segundo o Programa Mundial de Alimentos a desnutrição é causa principal da morte de 45% de crianças menores de cinco anos. (P. W. Khan et al., 2020).

Além de lidar com as crises de alimentos e os impactos dela, identificaram-se que as perdas começam não só depois da coleta, mas também, nos pontos de armazenagem e comércio (Saurabh & Dey, 2021). A cita anterior, um dos pontos de melhora na gestão da cadeia de suprimentos agroalimentar, pois, ainda hoje é inexistente uma plataforma direta de comércio que tente reduzir essas percas.

Por outro lado, as Tecnologias Disruptivas começaram uma etapa de desenvolvimento há alguns anos, objetivando simplificar a vida das pessoas. Os desenvolvimentos das aplicações inteligentes servem para melhorar a qualidade de vida da população, sendo vital para a digitalização de muitos serviços (Mistry et al., 2020a). Em somatória, a comunidade empresarial é beneficiada pelos avanços tecnológicos. O mercado e a concorrência altamente competitiva entre cadeias de suprimentos agroalimentares são mais complexas, e tentam obter vantagens significativas para manter o posicionamento em qualquer setor específico, pois os modelos de negócios tradicionais na era digital sofrem constantemente alterações (Mistry et al., 2020a; Wamba & Queiroz, 2020; Xiong et al., 2020)

No setor agrícola ou na cadeia de suprimentos agrícola, as IoT procuram que os dispositivos convencionais utilizados possam se tornar inteligentes e autônomos (P. W. Khan et al., 2020). Também, as cadeias de suprimentos agrícolas mostram sinais de ineficiência pelas percas de alimentos e a transparência da rastreabilidade, sendo o último ponto uma ameaça para os consumidores finais (Kamble et al., 2020). Assim, a demanda constante de alimentos de diferentes setores demográficos e os inumeráveis intermediários acrescentam à desconexão da cadeia de suprimentos e mostram a necessidade de uma digitalização e transparência (Dutta et al., 2020; Kamble et al., 2020).

Atualmente, na comunidade acadêmica, existem tópicos e pesquisas da aplicação da IoT na agricultura, as quais deram um passo à agricultura inteligente, agricultura 4.0 ou e-agricultura. Confirmando a ideia anterior, a agricultura inteligente utiliza técnicas modernas como IoT, GPS, Big Data para contribuir à qualidade de produtos agrícolas resultantes (Mistry et al., 2020a). Da mesma forma, essa movimentação para a Agricultura 4.0 manifesta uma necessidade de descentralização para todos os interessados diretos nas operações da cadeia de suprimentos (Shahid et al., 2020)

Ademais, observa-se que a centralização da informação apresenta problemas convencionais como: piratas informáticos, dependência na tomada de decisões, altos riscos de manipulação de dados e outras (Pincheira et al., 2021). Em seguida, diferentes estudos feitos por reconhecidas organizações internacionais evidenciaram que uma redução de processos burocráticos, barreiras bilaterais (moedas, línguas, distancia, e outras) e outras centralizações para a exportação de produtos, podem melhorar o PIB de cada país (Ferreira, 2022; Ferrerira & de Souza, 2023; Kume, 2021)

O desenvolvimento e a reforma das cadeias agroalimentares atuais, exigem novas técnicas, inovações que permitam desenvolver os processos em entornos com maior nível de confiabilidade e responsabilidade. Os governos visionários procuram estabelecer métricas e regulações para fortalecer as inovações e adoções das tecnologias que contribuem no desenvolvimento efetivo, flexível e transparente (Pincheira et al., 2021).

Diante do cenário apresentado e sendo necessário o aprofundamento sobre a problemática comentada; e considerando que a literatura indica que as cadeias de suprimentos agroalimentares devem basear cada processo no marco da sustentabilidade aproveitando as oportunidades de melhora, não só maximizando benefícios ou lucros, mas também, focando-se na contribuição da transparência em cada processo dentro de toda a cadeia agroalimentar. Por tanto, apresenta-se os seguintes objetivos.

## 1.2 Objetivo Geral e específicos:

O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo de aplicação de tecnologia Blockchain na gestão de uma cadeia de suprimentos agroalimentar de manga considerando o Supply Chain Operations Reference (SCOR).

Os objetivos específicos são:

- ✓ Identificar a situação atual da literatura sobre Blockchain, Agricultura e Gerenciamento da cadeia de suprimentos nos últimos dez anos.
- ✓ Determinar as principais variáveis de decisão sobre a cadeia de suprimentos de manga.
- ✓ Simular a aplicação do modelo proposto de tecnologia Blockchain na cadeia de suprimentos de manga.

## 1.3 Justificativa

O presente trabalho se justifica com a crescente demanda de inovações, métricas e alternativas para gerenciar as cadeias agroalimentares, as quais observam e identificam oportunidades de melhora que, ainda com o desenvolvimento tecnológico tradicional, não conseguem superar. Também, existirá uma importante contribuição para pesquisadores, empresas e governos tanto na transparência, quanto otimização de recursos. Outrossim, é imperativo que a transparência da informação nos processos agroalimentares seja automatizada, evitando contaminações alimentares e reduzindo os riscos à saúde da população.

Por outro lado, é necessário a ênfase na descentralização da informação para a tomada de decisões dentro das cadeias agroalimentares, garantindo a imutabilidade e a não falsificação de certificados que garantem a inocuidade do alimento.

A contribuição acadêmica que se dá no trabalho, fundamenta-se em uma revisão sistemática baseada no modelo Itens preferidos para relatórios de revisões sistemáticas e meta-análises ou *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews*

*and Meta-Analyses* (PRISMA) (Page et al., 2021), nos últimos dez anos, a qual permite aprofundar os termos pouco conhecidos e reaprender outros. Também, com o intuito de complementar o anterior, o contrato inteligente baseado na linguagem *Solidity* construída na plataforma *Ethereum* permitirá observar a aplicação de Blockchain nos processos agroalimentares.

Ademais, a justificativa aborda três pontos importantes; o primeiro é o desempenho logístico do Brasil baseado relatório bianual *Logistic Performance Index* (LPI) feito pelo Banco Mundial, a qual mede o desempenho logístico de 160 países, incluindo duas categorias e seis indicadores. Nesse sentido, as categorias e os indicadores são: Áreas de regulamentos de política (Indicadores: Desempenho da alfândega, Qualidade da infraestrutura nacional e Qualidade de serviços de Logística interna) e Resultados de desempenho na entrega (Indicadores: Pontualidade das operações, Competitividade dos preços dos embarques internacionais e facilidade de monitoramento e rastreamento) ) (Chagas et al., 2020; TheWorldBank, 2023). Em sequência, de acordo com o último reporte (2018), o Brasil possui uma classificação geral de 51 em 160 e para os indicadores atrelados à pesquisa, desempenho da alfândega, monitoramento e rastreamento, e serviços logísticos internos, as posições são, respectivamente, 56, 54 e 46. Por conseguinte, depois de uma análise do desempenho logístico brasileiro dos últimos cinco períodos (Anexo A), identificou-se uma oportunidade de melhora em relação aos indicadores logístico brasileiro os quais não melhoraram de forma significativa em relação às avaliações anteriores.

O segundo identifica que existe um crescimento mundial pela demanda de manga que pode ser de até 5% anual (DATABRIDGE, 2023) e o Brasil concentra o 10,41% da exportação mundial de mangas frescas e fica no terceiro lugar, atrás do México (17,16%) e Tailândia (15,59%) (FAOSTAT, 2023). Deve-se destacar que nos últimos dez anos a posição do Brasil como um dos principais exportadores de manga é flutuante. Dessa forma, o Vale do São Francisco é responsável por 85% a 90% da demanda de exportação no país (Ferreira, 2022), mas o custo de produção da manga brasileira é muito mais alto do que outros países (EMBRAPA, 2021) exportando produções pequenas em relação ao seu potencial (Gazzola et al., 2020). Assim, se identifica uma segunda oportunidade de melhora da produção de manga brasileira e redução de custos.

A manga brasileira posicionada no terceiro lugar dentro das exportações no mercado internacional, não teve uma melhora significativa durante os últimos 10 anos, ademais os indicadores logísticos feitos pelo Banco Mundial evidenciaram que existem oportunidades de melhora a serem abordadas (Gazzola et al., 2020).

O terceiro e último ponto, está baseado na tecnologia disruptiva Blockchain, conhecida por sua natureza descentralizada, imutável, segura, flexível, com sequência de tempo e assinaturas digitais criptografadas (Collart & Canales, 2022; Li et al., 2022; Sahoo et al., 2022; L. Q. Yang et al., 2020), a qual possui um caráter imutável que permite a rastreabilidade de ponta a ponta, garante a qualidade dos alimentos, melhora as transações reduzindo o número de intermediários e melhora a performance da cadeia. Com todo o anterior, pretende-se integrar as vantagens da tecnologia Blockchain dentro da gestão da cadeia agroalimentar de manga.

E, por fim, serão discutidos tópicos importantes das cadeias agroalimentares de manga dentro do contexto internacional e nacional, atrelados às emissões de certificados e informações descentralizadas ainda pouco expressivas no mercado.

#### **1.4 Estrutura dos capítulos**

A estrutura desta pesquisa está dividida em cinco capítulos, os quais são os seguintes: Introdução, fundamentação teórica, método de pesquisa, desenvolvimento e resultados e, por fim, as considerações finais e conclusão, cada qual com subitens. Observe-se a Figura 1.

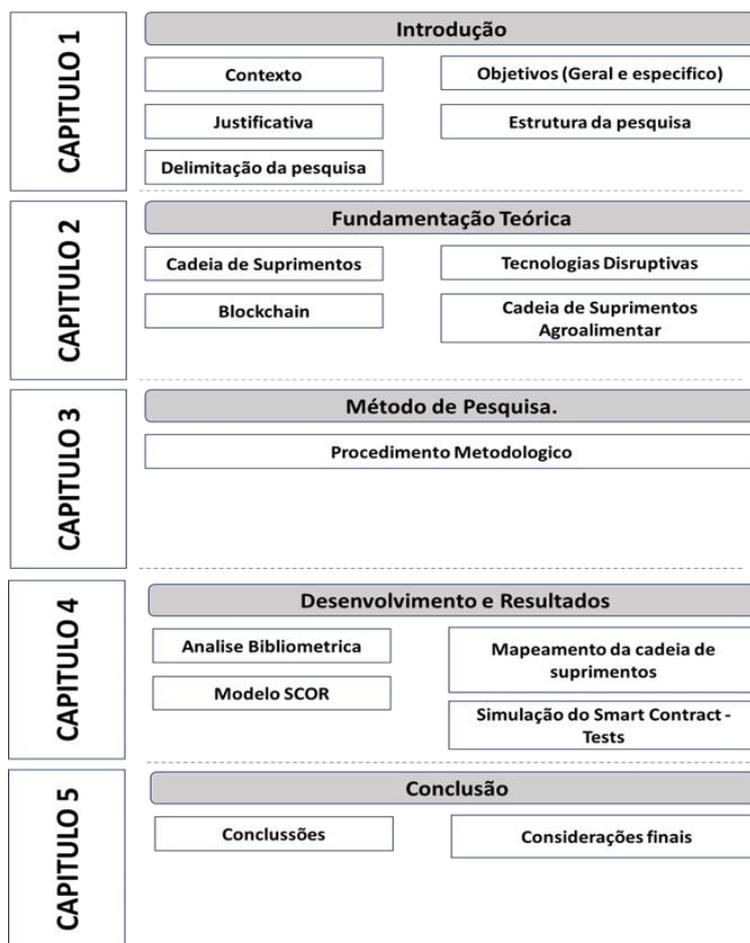


Figura 1: Estrutura da Pesquisa.

O capítulo 1 introduz os conceitos chaves da pesquisa, fornecendo uma visão abrangente de toda a pesquisa, apresentando o problema geral, os objetivos (geral e específicos), a justificativa da presente, e toda a delimitação da pesquisa.

O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica dos tópicos que serão estudados neste trabalho. A abordagem dos tópicos inclui os conceitos de Blockchain, Cadeia de suprimentos, agricultura e modelo SCOR.

O capítulo 3 apresenta o método de pesquisa no presente estudo, a qual permitirá atingir os objetivos gerais e específicos propostos, garantindo a reprodutibilidade dos resultados e a transparência dos dados utilizados no presente trabalho, para que possam ser aplicados em diferentes contextos.

O capítulo 4 apresenta o desenvolvimento da proposta de aplicação de tecnologia Blockchain em uma cadeia agroalimentar de manga, assim como os resultados obtidos depois da simulação e a discussão decorrente das análises

realizadas.

O capítulo 5 apresenta o encerramento da pesquisa que inclui as conclusões finais, a contribuição teórica realizada, as limitações e os direcionamentos futuros que os interessados no campo deveriam seguir.

### **1.5 Delimitação da Pesquisa.**

São adotados como limites desta pesquisa: a cadeia de suprimentos tradicional identificada na literatura com um fluxo direto de produtos, a emissão de certificados sanitários e fitossanitários para exportação, a consulta de informação descentralizada em diferentes níveis dos processos como: provisionamento, composição, lote, produção, empacotamento, licencias e certificados, stakeholders externos e o cliente final.

Por outro lado, fica fora da pesquisa uma avaliação detalhada de eventos atípicos nos diferentes níveis de processos logísticos ou incidências com atores com pouca participação na cadeia agroalimentar internacional.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta conceitos sólidos desenvolvidos pela comunidade acadêmica sobre o tópico estudado, apresentando conteúdos relevantes e principais da Cadeia de Suprimentos e Cadeia de Suprimentos Agroalimentar ambas como parte fundamental do marco teórico e dos processos logísticos internacionais, também sobre as aplicações das tecnologias emergentes na Cadeia de Suprimentos que permitirão que todo processo seja ainda mais efetivo, e Blockchain como uma das principais tecnologias que começou mudando o mercado financeiro, e agora, objetiva mudar todos os setores com o alto um nível de descentralização e transparência em cada processo.

### 2.1 Cadeia de Suprimentos

Antes de explicar sobre Cadeia de Suprimentos e toda sua complexidade, é pertinente apresentar brevemente a logística tradicional. Essa começou a evoluir devido às diferentes demandas de eficiência de fenômenos como Globalização e Digitalização. O principal desafio da logística tradicional é a necessidade de informação descentralizada e fiável (Kamble et al., 2020) e os diferentes fluxos de dinheiro, materiais e feedback, como observado na Figura 2.

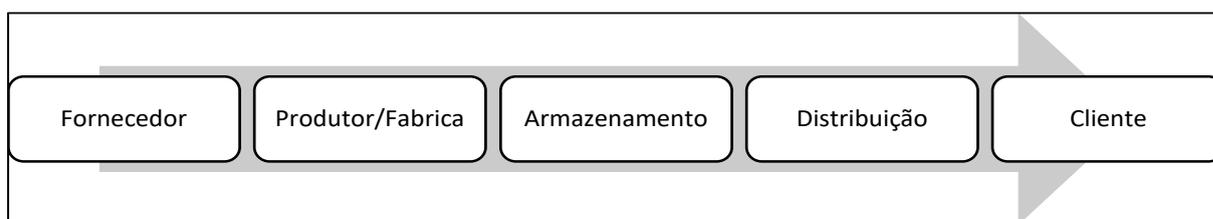


Figura 2: Linearidade da Logística Tradicional, adaptado de (Mistry et al., 2020).

A Figura 2 destaca que a logística tradicional é linear e não garante um fluxo dinâmico de informações, que poderiam permitir às organizações tomar decisões assertivas. Geralmente, as cadeias tradicionais possuem armazenes ineficientes com grandes quantidades de *stock*, perdas pelo inventario e erros operacionais constantes. (Mistry et al., 2020).

O *Supply Chain* ou Cadeia de Suprimentos é definida pelo *Council of Supply Chain Management Professional* como "...o planejamento e gerenciamento de

todas as atividades envolvidas no fornecimento e aquisição, conversão e todas as atividades de gerenciamento de logística. É importante ressaltar que também inclui coordenação e colaboração com parceiros de canal, que podem ser fornecedores, intermediários, provedores de serviços terceirizados e clientes” (CSCMP,2023).

O surgimento do termo *Supply Chain* foi na década do 1980 no meio industrial (Tavares, 2022) e outros autores mencionaram que o *Supply Chain* é um conjunto de processos e subprocessos que permitem maximizar o valor do produto final (Shahid et al., 2020). Além disso, pode ser considerada como uma rede de entidades que formam parte dos sistemas desde a produção até a comercialização (Shahid et al., 2020), como observado na Figura 3.

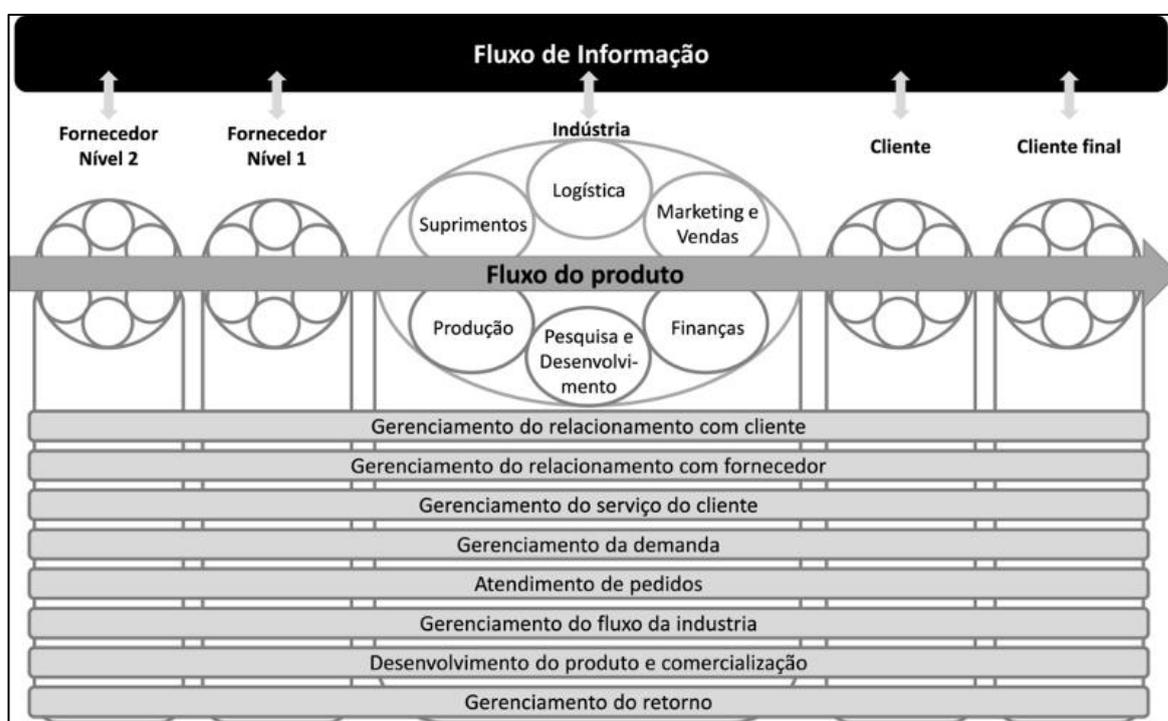


Figura 3: *Supply Chain Management* ou Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (Lambert, et al.,1998).

A Figura 3 mostra os atores da Cadeia de Suprimentos, a existência de dois níveis de Fornecedores apresenta a visão de que para uma determinada atividade não existe um único Fornecedor, isso quer dizer que o fornecedor do primeiro nível participa diretamente no processo de produção de um determinado produto, e as atividades e qualidade do Fornecedor 2 poderiam influenciar nos produtos do Fornecedor 1. A ideia anterior permite obter uma visão transversal e integral sobre o provisionamento. Seguidamente, apresenta-se as áreas da Empresa

Transformadora sendo consideradas como Unidades de Negócio Internas (Suprimentos, Logística, Marketing e Vendas, Produção, Pesquisa e Desenvolvidos e Finanças) e cada uma delas gera diferentes informações que são úteis para todos os atores da Cadeia de Suprimentos. Desse modo, o fluxo de informação de todos os gerenciamentos indicados na parte inferior da Figura 3 permitem garantir que existe um atendimento integrativo e sinérgico entre todas as áreas da Empresa Transformadora. Logo depois, o conhecimento da existência de um cliente e um cliente final permite orientar os esforços da cadeia e obter o *feedback* necessário para superar as necessidades do cliente e do cliente final.

Por outro lado, a gestão da Cadeia de Suprimentos não é uma panaceia porque existem desafios que ainda não foram superados. Nesse sentido, alguns desafios são uma má gestão logística, falta de visibilidade de ativos, gestão errada de dados, gestão ineficaz de riscos (Mistry et al., 2020a). Também, os sistemas tradicionais da cadeia de suprimentos não são suficientemente versáteis e transparentes como para se adaptar às crescentes necessidades e demandas do futuro (gestão de erros, custos administrativos, gestão do fraude (Dutta et al., 2020).

### 2.1.1 *Gestão da Cadeia de Suprimentos Agroalimentar.*

*Supply Chain Agriculture* ou Gestão da Cadeia de Suprimentos Agroalimentar gerencia atividades da cadeia, desde a produção de sementes até a entrega do produto ao cliente final. Dessa forma, a Cadeia de Suprimentos Agroalimentar é caracterizada por ter a participação de diferentes atores que incluem: fornecedores, produtores, distribuidores, outros intermediários e clientes (Niknejad et al., 2021).

A gestão de Cadeias de Suprimentos recebe uma maior atenção da comunidade acadêmica e empresarial, pois existem inúmeras oportunidades de melhoria ao longo de todos os processos da cadeia de suprimentos. Uma dessas oportunidades é a perda de informação, a qual é extremamente difícil de rastrear e resgatar informação (Salah et al., 2019).

Uma questão importante ainda pouco discutida é a autenticação dos alimentos produzidos dentro da Cadeia de Suprimentos, pois é necessário verificar a

conformidade da autenticação dos alimentos, a informação manifestada nas etiquetas comerciais, os métodos de produção, os processamentos e composições durante todo o processo de transformação (Dutta et al., 2020). A Figura 4, mostra uma cadeia agroalimentar tradicional.

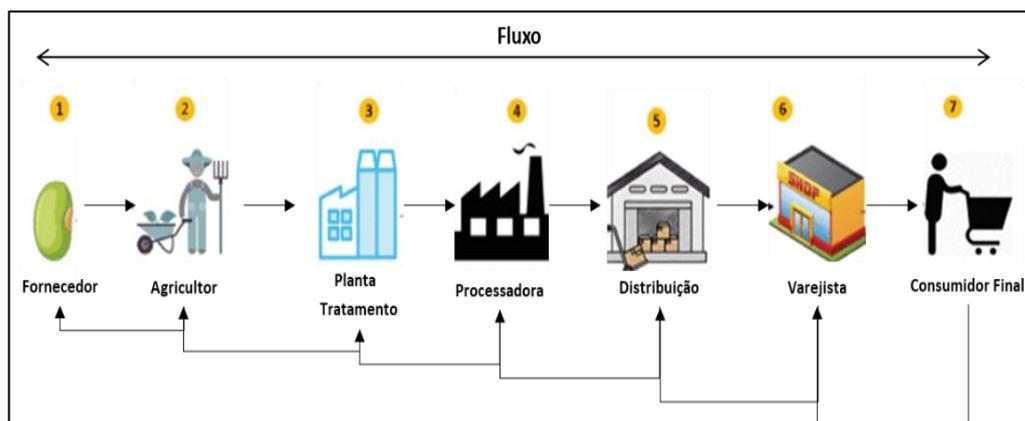


Figura 4: Cadeia de Suprimentos Agroalimentar Tradicional, adaptado (Salah et al., 2019).

Observando a Figura 4, pode-se notar que existe um fluxo de informações em toda a Cadeia Agroalimentar, mas a centralização dos dados e informações de cada atividade dentro do processo produtivo não são compartilhadas com todos os atores da Cadeia de Suprimentos, ou são compartilhadas algumas o qual dificulta a construção de uma fonte sólida e confiável. Assim, a procedência e transparência são as chaves da segurança alimentar e melhora a confiança do consumidor (P. W. Khan et al., 2020).

Adicionalmente, as Cadeias agroalimentares tradicionais, por natureza, apresentam desperdícios de alimentos dentro das operações. Infelizmente, muitos desses alimentos apodrecem em diferentes envases ao redor do mundo (Sodamin et al., 2022), e outra forma frequente de perda de alimentos é o desperdício qualitativo (redução de atributos), tornando-os inconsumíveis (sem valor nutricional) (Vangala, Das, et al., 2021). Demais problemas estão relacionados à má distribuição dos alimentos ao redor do mundo devido às desigualdades sociais, gerando crises alimentares, que atrelada a outros fatores pode ser nomeada como “*perfect storm*”, termo o qual faz referência a uma crises alimentar em meio de uma crise energética e hídrica (Benyam et al., 2021; Davies & Garrett, 2018; Klerkx & Rose, 2020).

Na mesma vertente, sem ser suficiente o pânico gerado pela pandemia COVID-19 para todos os atores da Cadeia Agroalimentar (Pincheira et al., 2021), a

crescente ameaça da segurança dos alimentos e contaminação alimentar, evidenciou que as Cadeias Agroalimentares demandam um sistema de descentralização revolucionária que possa exercer um maior controle de qualidade e transparência para o consumo dos alimentos (Hang et al., 2020). Dessa forma, a gestão da Cadeia Agroalimentar apresenta diversas oportunidades de melhora tanto o desperdício e flexibilidade quanto segurança, descentralização e efetividade da cadeia. Adicionalmente, outra questão é o estudo das relações entre o alinhamento estratégico das estratégias de sustentabilidade e o desempenho das empresas(Prataviera et al., 2023).

Seguidamente, alguns dos processos tradicionais da Distribuição Física Internacional (DFI) e os custos podem ser observados no Quadro 1.

	Dias	horas	Custos em dólares
Exportação média (AMCHAM, 2017)	8 - 13 dias	variável	variável
Assinaturas e autorizações / <i>Border compliance</i> (Andrade et al., 2022), entenda-se, como as conformidades para passar as fronteiras.	1 -3 dias	média 49	média 862
Processos físicos Fitossanitário(MAPA, 2023; SENASA, 2022)	até 5 dias	-	-
Emissão de certificados físicos Fitossanitário (MAPA, 2023; SENASA, 2022)	até 5 dias	-	De 0 – 25 (depende do país)
Envio de documentos originais no exterior	1 até mais dependendo o serviço e o país destino	mínimo de 24	média 40
<i>Documentary compliance</i> (Andrade et al., 2022), entenda-se como conformidades da gestão de informação.	-	aproximadamente 12	226
Custo de alguma interrupção na cadeia(Vivian et al., 2021)	-	-	variação de até 12%-32% dos custos comerciais

Quadro 1: Compliance nos processos da Distribuição Física Internacional

Alguns custos podem ser diferentes dependendo do tipo de mercadoria ou produto, também fatores como “país de destino, regulação e outras” podem influenciar diretamente nos custos de Distribuição. No presente caso, foram mapeados alguns custos para processos brasileiros de exportação e importação (mais recorrentes).

#### 2.1.1.1 *Desafios do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Agroalimentar.*

A existência de desafios dentro da gestão da Cadeia de Suprimentos Agroalimentar é conhecida, principalmente no que diz respeito às exigências da digitalização e a descentralização de informação. E, como foi mencionado antes, a fragmentação de dados e centralização contribuem para um ecossistema colaborativo pouco confiável e seguro.

Em vista disso, os recentes escândalos surgidos no mundo evidenciaram que não existe um sistema confiável, transparente e descentralizado que é aplicado na gestão da cadeia agroindustrial (P. W. Khan et al., 2020). Desse modo, inumeráveis estudos tentam reduzir a brecha entre os pontos de melhora e a aplicação de novas tecnologias.

Outro dos desafios consiste no fato de que a natureza da cadeia agroalimentar possui um alto risco devido às constantes variações de tempo; infestações de pragas; doenças nos cultivos; e secas, as quais tornam os ambientes pouco ideais para os cultivos (Kamble et al., 2020), ou seja, a mudança climática impossibilita que exista uma previsão exata sobre determinados eventos dentro do planejamento da cadeia de suprimentos.

Em relação às perdas de alimentos, o Índice da Perda Alimentar (*FLI* em inglês) que permite conhecer a porcentagem de alimentos que são perdidos na cadeia de suprimentos, mostra que 14% dos alimentos produzidos são perdidos depois da coleta (Vangala, Das, et al., 2021) e quase o 52% das frutas e verduras essenciais são descartadas pela falta de controle e seguimento sobre a Cadeia de Suprimentos (Torky & Hassanein, 2020).

Adicionalmente, a contaminação alimentar é falha constante que involucra muitos riscos, podendo causar até mesmo o óbito do consumidor final. Um exemplo disso são as contaminações de macarrões com chumbo e de chocolate com plástico

(Hang et al., 2020). Outro caso recente, foi a contaminação de cádmio em lotes exportados de abacate para Holanda. (SENASA,2022). Por conseguinte, muitas organizações apontam que 1 de cada 10 pessoas no mundo ficam doentes depois de consumir alimentos contaminados (Torky & Hassanein, 2020).

No Quadro 2, observe-se outros desafios da Cadeia Agroalimentar que complementam o explicado anteriormente.

N°	Detalhe do desafio.
1	Satisfazer as necessidades nutricionais de uma população em constante crescimento.
2	Mudar as preferências dos consumidores que possuam ingressos médios para a aquisição de produtos baseados em grãos, animais, legumes e hortofrutícola.
3	Redução do impacto ambiental e desenvolvimento de práticas sustentáveis
4	Redução de custos da cadeia de suprimentos
5	Manter os padrões sanitários e fitossanitários de alta qualidade
6	Manter operações agrícolas rentáveis
7	Incrementar os ingressos dos pequenos agricultores.

Quadro 2: Outros desafios da cadeia agroalimentar, baseado em (Lin et al., 2020).

Como é observado no Quadro 2, os autores colocaram diversos desafios e muitos deles compartilham uma visão de desenvolvimento sustentável. Além disso, note-se que um desafio pouco explorado é melhorar as condições dos pequenos agricultores.

Os desafios da gestão da Cadeia Agroalimentar são diferentes e possuem diferentes níveis de complexidade. No entanto, muitos deles são estudados e abordados desde diferentes perspectivas.

#### 2.1.1.2 *Importância do comércio agroalimentar*

Antes de tudo, deve-se considerar a importância da evolução da agricultura para entender a importância do comércio agroalimentar em todas as dimensões. Em base nisso, os desenvolvimentos sociais e tecnológicos permitiram que a agricultura possa melhorar a eficiência ao longo do tempo. Observar a Figura 5.

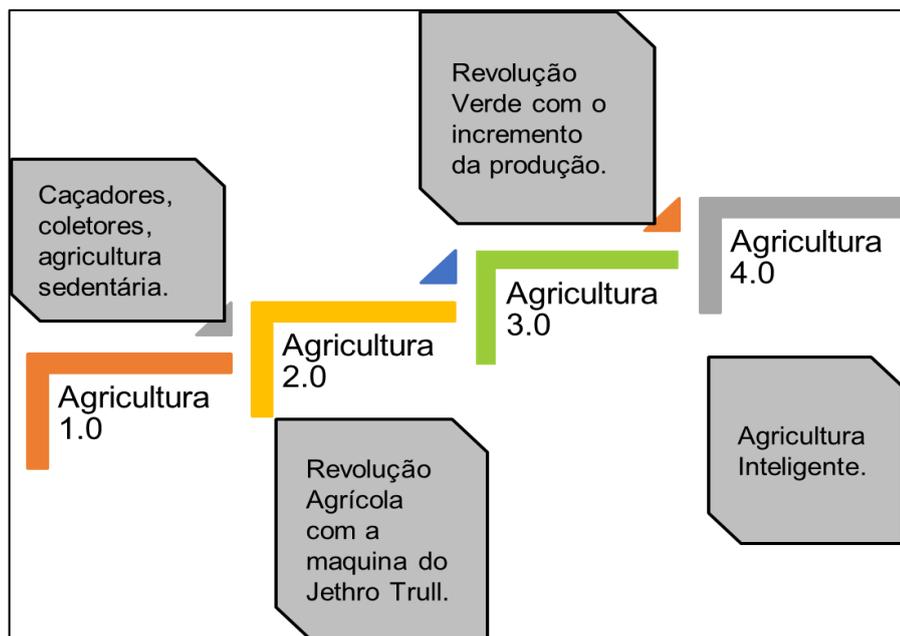


Figura 5: Evolução da Agricultura, adaptado de (S. Dey et al., 2022).

Como mostra a Figura 5, a agricultura passou de uma atividade sedentária para uma atividade industrial e de maior capacidade produtiva, incluindo a especialização como uma das maiores características. Por conseguinte, esse incremento de produção permitiu o desenvolvimento do intercâmbio e comercialização de diferentes produções.

Também, diferentes países estão negociando diversas produções agroalimentares e o mercado internacional está mais equilibrado do que era em 1995; contudo, a diferença entre países foi acentuada ainda mais (FAO,2023). Nesse sentido, existem governos como o da China e Canadá que exigem a implementação de tecnologia para identificar a procedência dos produtos alimentares (Saurabh & Dey, 2021).

A agricultura na Índia tem um aporte de 13,7% do PIB (Hang et al., 2020). E com isso há maior necessidade garantias de segurança dos alimentos e desafios constantes da sustentabilidade das cadeias de suprimentos (Kamble et al., 2020).

No plano nacional, a agricultura brasileira é conhecida por ser competitiva e geradora de atividades (empregos, riqueza, outras), aquela mantém um quinto de todos os empregos e representa 43,2% das exportações (EMBRAPA,2023).

### 2.1.2 Modelo SCOR.

O Modelo SCOR ou Referência de Operações na Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Operations Reference*) é o primeiro modelo reconhecido internacionalmente. O Modelo SCOR foi proposto em 1996 em um trabalho conjunto com o Conselho de Cadeia de Suprimentos (SCC), e uma das organizações com maior contribuição foi a Associação para a Gestão da Cadeia de Suprimentos (APICS) (Calderón Lama & Esteban, 2005).

O Modelo SCOR fornece a metodologia, diagnóstico e ferramentas de *Benchmarking* objetivando auxiliar às diferentes organizações nos processos imediatos dentro da cadeia de suprimentos (APICS, 2017). A versão mais recente é a 12.0 a qual será abordada na presente pesquisa.

Por outro lado, o escopo Modelo SCOR foi desenvolvido para descrever as diferentes atividades associadas com o core business e satisfação do consumidor (APICS, 2017). Nesse sentido, o Modelo mostra diferentes seções baseadas nos 6 principais processos do gerenciamento. Observar a Figura 6.

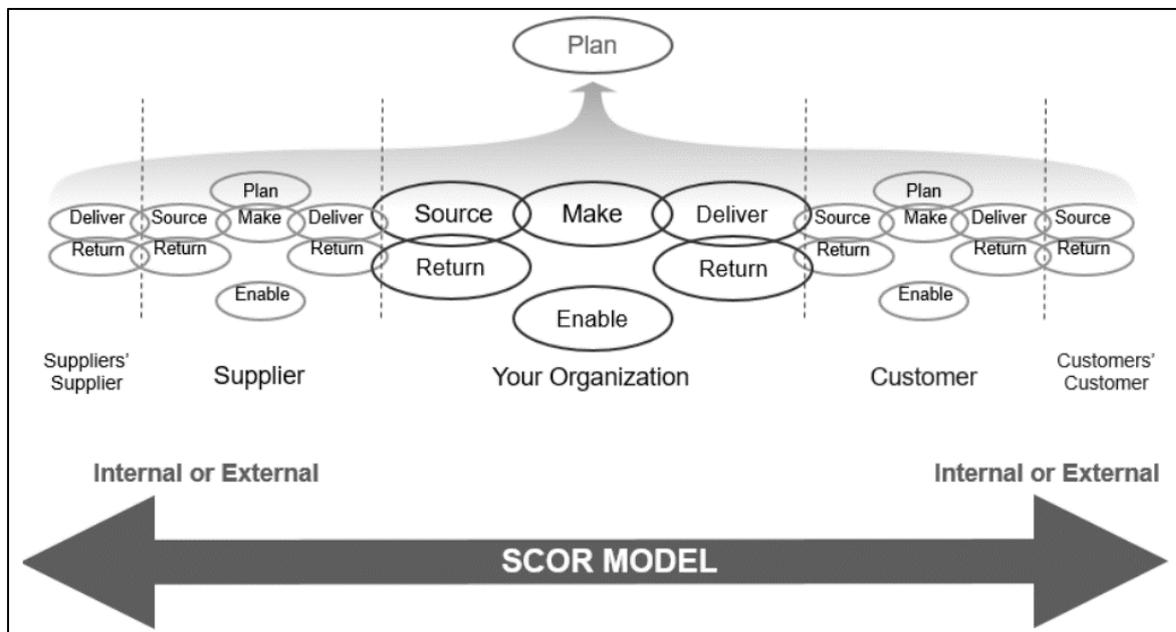


Figura 6: Modelo SCOR baseado em (APICS, 2017).

Os 6 principais processos do gerenciamento mostrado na Figura 6 são; “Planejamento” (*Plan*) que inclui o desenvolvimento das estratégias e objetivos organizacionais no curto e longo prazo, o “Fornecimento” (*Source*) envolve as atividades de captação de recursos baseadas em acordos, disponibilidade e

requerimentos necessários para atender as demandas internas da organização, a “Produção” (*Make*) combina os recursos disponíveis dentro da organização acrescentando valor ao produto final, a “Entrega” (*Deliver*) inclui atividades logística e de gerenciamento de estoques alinhadas ao planejamento da organização, o “Retorno” (*Return*) apresenta operações de logística de reversa, trocas ou reembolsos, e o último processo “Habilitar” (*Enable*) que brinda suporte a todos os processos da cadeia de suprimentos. Em contraste, o modelo assume que há existência de Recursos Humanos, Capacitação, Sistemas e Administração e Qualidade (Calderón Lama & Esteban, 2005).

O Modelo SCOR como foi apresentado na Figura 6, mostra todas as interações nos processos da cadeia de suprimentos desde o fornecedor do fornecedor até o cliente do cliente, percebendo-se uma logica transversal que permite acrescentar valor no produto.

Ademais, apresenta-se 4 níveis hierárquicos (Figura 7) dentro do modelo, os quais em alguns casos são padrões para as indústrias, e em outros não. Também, existe um nível 5 que vai ser abordado nos parágrafos seguintes (APICS, 2017).

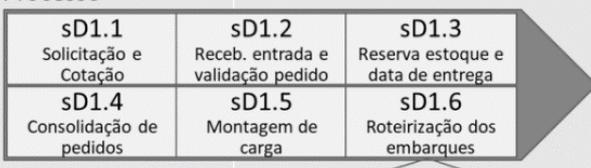
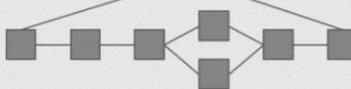
Nível	Descrição	Esquema	Comentários
1 	Processos Macro		Definição de escopo, conteúdo e metas da cadeia de suprimentos
2 	Categorias de Processo		Define as estratégias da operação, define capacidade de processos
3 	Elementos de Processo		Define a configuração do processo individual. A habilidade de executar já está preparada. Foco no processo, entradas/saídas habilidades, performance, melhores práticas e capacidade
4 	Atividades Operacionais e melhoria		Uso de Kaizen, Lean, TQM, Six Sigma, Benchmarking e trabalho diário

Figura 7: Níveis hierárquicos do Modelo SCOR (Tavarez, 2022) adaptado de (APICS, 2017).

No paragrafo anterior, foram apresentados os níveis hierárquicos comentados. No nível 1 “processos Macro” ou macroprocesso considera toda a cadeia de suprimentos em conjunto e os planos estratégicos são definidos junto com os objetivos estratégicos estabelecendo a direção de toda a cadeia. No nível 2,

“Categorias de Processo” são identificados os processos chave da cadeia de suprimentos definindo as estratégias das operações e capacidades como planejamento da demanda, estoques, capacidades de produções, distribuição, serviço ao cliente e outros, sendo assim que cada uma dessas estratégias definem seus objetivos, atividades e resultados esperados. No nível 3, os processos identificados no Nível 2 são desagregados em detalhe, isso quer dizer que cada processo possui passos e atividades específicas que serão desenvolvidas para atingir os objetivos propostos. No nível 4, “Atividades operacionais e melhoria” especificam as atividades concretas e objetivas que serão realizadas identificando os recursos a serem consumidos, fluxos de informações e resultados esperados. O último, o Nível 5 é indicado o passo a passo de cada tarefa, considerando critérios de qualidade, requerimentos de tempo, consumo de recursos e instruções baseadas na visão da empresa.

O Modelo *SCOR*, como foi comentado objetiva definir a arquitetura dos processos atreladas com as funções e metas chave da organização, em consequência, toda a estrutura do Modelo está baseada em 4 secções importantes, as quais são: Desempenho, Processos, Práticas e Pessoas. Observar a Figura 8.

<b>4 secções do Modelo SCOR.</b>	<b>Desempenho.</b> Métricas padrão para descrever o desempenho do processo e definir metas estratégicas.
	<b>Processos.</b> Descrições padrão de processos de gerenciamento e relacionamentos de processos.
	<b>Práticas.</b> Práticas de gerenciamento que produzem um desempenho de processo significativamente melhor.
	<b>Pessoas.</b> Definições padrão para as habilidades necessárias para executar os processos da cadeia de suprimentos.

Figura 8: Secções do Modelo SCOR adaptado de (APICS, 2017).

As secções do Modelo SCOR (Figura 8) permitem estruturar e orientar os

processos para a melhora significativa da cadeia de suprimentos. Outrossim, a eficiência da cadeia é conhecida depois de atrelar os objetivos estratégicos com os processos da cadeia agroalimentar.

Em relação à primeira secção de Desempenho, apresenta-se uma estrutura de medição e avaliação das entradas e saídas dos processos da cadeia de suprimentos as quais estão baseadas em três elementos observados na Figura 9.

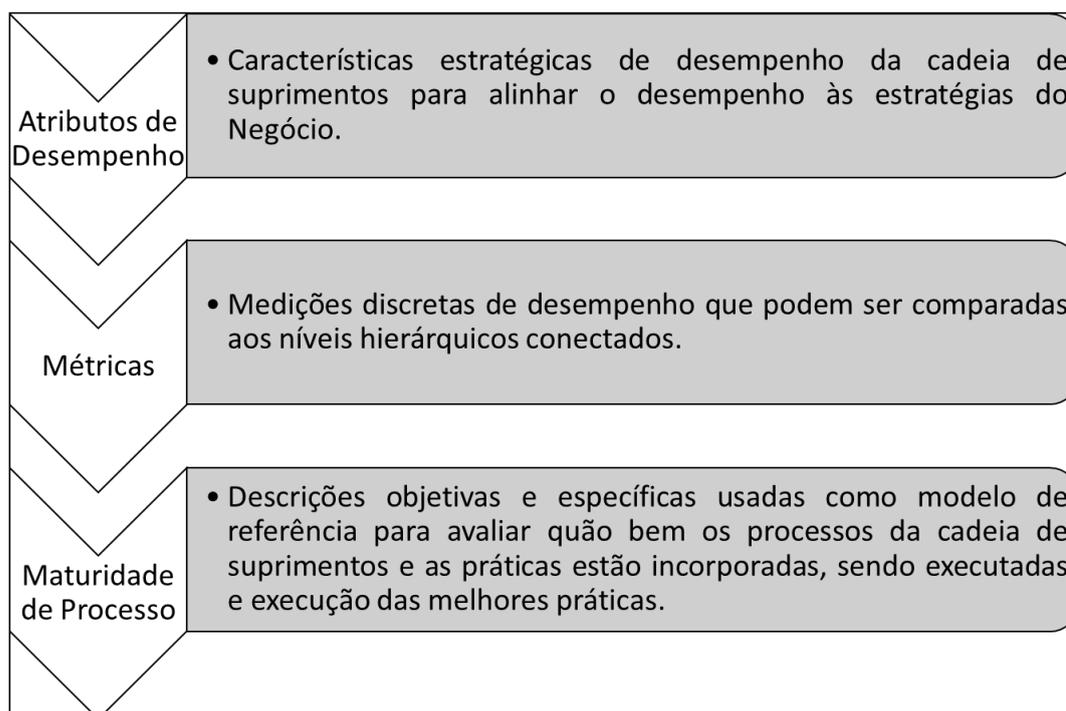


Figura 9: Elementos do desempenho da cadeia de suprimentos adaptado de (APICS, 2017).

Logo, o primeiro elemento, permite identificar os Atributos de Desempenho ou as características estratégicas da cadeia de suprimentos. O segundo elemento, são medidas que permitem quantificar e avaliar o rendimento da cadeia, acompanhar os resultados e a efetividade dos processos da cadeia de suprimentos. O terceiro ponto, trata-se especificamente de avaliar se as práticas dentro dos processos da cadeia agroalimentar estão atreladas com as melhores praticas dentro da indústria.

Uma vez comentado o anterior, os Atributos de Desempenho do Modelo SCOR são apresentados em 2 grupos (Figura 10), o primeiro grupo está integrado pelos seguintes Atributos de Desempenho: Confiabilidade, Responsividade e Agilidade, todas elas orientadas ao cliente. Da mesma forma, o segundo grupo está integrado pelos seguintes Atributos de Desempenho: Custos e Eficiência de Ativos que estão orientados à organização interna.

Atributos de Desempenho	
<b>Confiabilidade.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É a capacidade de realizar tarefas conforme o esperado, focando-se na previsibilidade do resultado de um processo, ou seja mensura a capacidade da execução.</li> </ul>
<b>Responsividade.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É a velocidade com que as tarefas são executadas para fornecer produtos ao cliente, ou seja mensura o tempo de execução das tarefas.</li> </ul>
<b>Agilidade.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É capacidade de responder a influências externas e de responder às mudanças no mercado para obter ou manter vantagem competitiva, e são mensuradas pelas métricas de Agilidade do SCOR que incluem Adaptabilidade e Valor Global em Risco.</li> </ul>
<b>Custos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantifica todos os custos da cadeia, isso inclui custos de mão de obra, custos de materiais, custos de gestão e transporte.</li> </ul>
<b>Eficiência em Gestão de Ativos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É a capacidade de utilizar os ativos de forma eficiente, as quais permitem tomar decisões de gerenciamento de estoques, terceirização, PCP.</li> </ul>

Figura 10: Atributos de Desempenho do Modelo SCOR adaptado de (APICS, 2017).

Portanto, a Figura 10 apresentou os Atributos de Desempenho, os quais objetivam monitorar os processos da cadeia de suprimentos. Além disso, cada Atributo de Desempenho possui um ou mais níveis de métricas estratégicas, a continuação as métricas de Nível 1 (Tabela 1).

Atributos de Desempenho	Métrica estratégica (Nível 1)
Confiabilidade	Perfect Order Fulfillment (RL.1.1)
Responsividade	Order Fulfillment Cycle Time (RS.1.1)
Agilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Upside Supply Chain Adaptability (AG.1.1)</li> <li>• Downside Supply Chain Adaptability (AG.1.2)</li> <li>• Overall Value at Risk (AG.1.3)</li> </ul>
Custos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Total Supply Chain Management Costs (CO.1.1)</li> <li>• Cost of Goods Sold (COGS) (CO.1.2)</li> </ul>
Eficiência em Gestão de Ativos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cash-to-Cash Cycle Time (AM.1.1)</li> <li>• Return on Supply Chain Fixed Assets (AM.1.2)</li> <li>• Return on Working Capital (AM.1.3)</li> </ul>

Tabela 1: Métrica Estratégia dos Atributos de Desempenho (nível 1) adaptado de (APICS, 2017).

Os Atributos de Desempenho (Tabela 1), podem incluir mais de uma métrica, a aplicação dessas métricas em diferentes níveis permitem medir o sucesso da cadeia de suprimentos. Seguidamente, as codificações aplicadas no final das métricas correspondem aos Atributos de Desempenho, por exemplo “RL” corresponde

a “*Reliability*” o qual no português é traduzido como Confiabilidade, e assim com as outras codificações.

Em relação aos processos (Nível 2) do Modelo SCOR existem 6 processos de nível macro que são comuns em muitas organizações: Plan, Source, Make, Deliver, Return e Enable (APICS, 2017), como observado no Quadro 3.

Processos SCOR	Descrição
sP - Plan	O processo de planejamento inclui a definição de estratégias, metas e objetivos associadas à cadeia de suprimentos, todas elas orientadas à criação de valor para o cliente final. Também há atividades de planejamento de demanda, produção e alocação de recursos.
sS - Source	Focado nos processos de seleção e aquisição de recursos ou componentes necessários para a produção, aquilo inclui gerenciamento de fornecedores, monitoramento de qualidade e gerenciamento de estoques.
sM - Make	Envolve as atividades de produção de produtos e atividades como o planejamento e controle de produção (PCP), Controle de qualidade e gerenciamento de inventário.
sD - Deliver	A entrega envolve atividades relacionadas à distribuição dos produtos finais, envolvendo as atividades de gerenciamento de estoques e cumprimento dos prazos de entrega.
sD - Return	Abrange processos de retorno de produtos, logística inversa, reparo, substituições, reembolsos e pós-venda.
sE - Enable	Abarca todas as atividades de suporte necessárias para garantir o funcionamento de toda a cadeia de suprimentos. Também, gestão de tecnologia de informação, capacitação de equipes, análise de desempenho e outras.

Quadro 3: Processos principais do Modelo SCOR adaptado de (APICS, 2017).

Como foi discutido no Quadro 3, os 6 principais processos do Modelo SCOR abrangem todas as etapas essenciais da gestão da cadeia de suprimentos, desde o planejamento estratégico até a gestão de retorno. O Modelo SCOR permite obter vantagens e melhor desempenho da cadeia.

## 2.2 Tecnologias na Indústria 4.0

A indústria 4.0 mostrou um novo caminho a ser percorrido e marcou tendências para que diferentes empresas consigam ter uma melhora constante em um mercado altamente competitivo. Assim sendo, há uma incorporação de tecnologia sem fios, sensores e máquinas inteligentes objetivando digitalizar todas as organizações e automatizando os processos industriais (Mistry et al., 2020a; Pincheira et al., 2021).

A tecnologia permite resolver ou superar desafios com um conjunto de ferramentas, métodos ou práticas. As tecnologias disruptivas são aquelas que permitem desenvolver uma determinada atividade de forma não convencional ou não tradicional, ou com uma influência maior em outros processos que refazem a forma de fazer as coisas. Algumas tecnologias consideradas como disruptivas são: Blockchain, Realidade Virtual, Drones, Impressão 3D, Robotica, Realidade Aumentada, cada uma delas com resultados nos diferentes setores (Bai et al., 2022; Erol et al., 2022; Mercuri et al., 2021; Munir et al., 2022).

As tecnologias da Indústria 4.0 à caminho de virar tecnologias disruptivas, não funcionam de forma independente, precisam de outras tecnologias para melhorar o desempenho ou a eficiência de um determinado processo. Na era digital todas as organizações estão implementando inovações devido aos avanços tecnológicos (Wamba & Queiroz, 2020), e no caso agroalimentar essas inovações tem um impacto significativo no desempenho de cultivos e melhorando a gestão da água (A. A. Khan et al., 2022). A Figura 11, mostra as tecnologias na Indústria 4.0 à caminho a serem disruptivas, "a" IoT, "b" Realidade Virtual, "c" Realidade aumentada, "d" Blockchain, "e" Redes Neurais, "f" Impressão 3D, e "g" Drones, "h" Robotica.

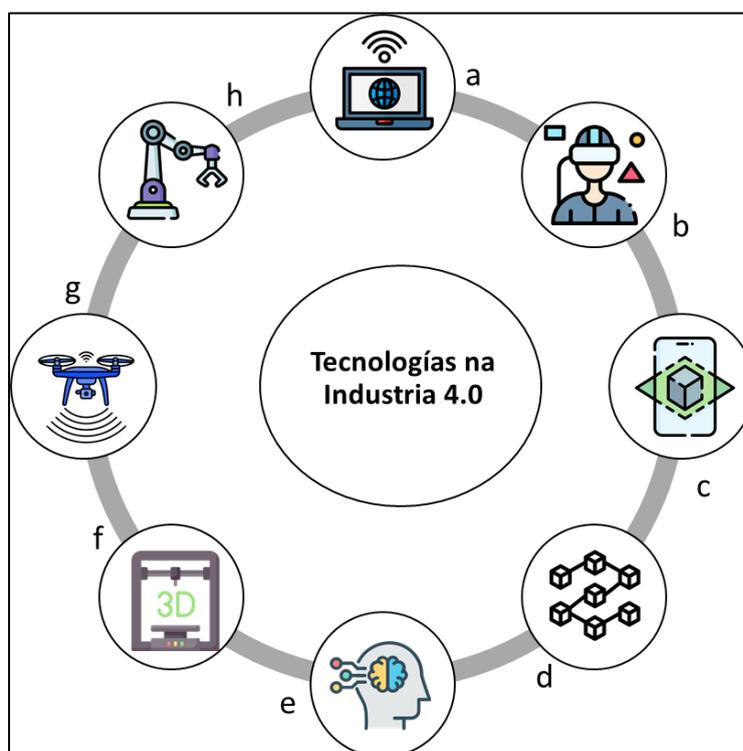


Figura 11: Tecnologías na Industria 4.0 basead em (Vangala, Das, et al., 2021).

Por outro lado, a conectividade é indispensável, e diferentes redes foram

estruturadas ao longo do tempo para melhorar a performance de diferentes tecnologias. Nesse sentido, uma inovação é a rede 5G que reduz a latência em até 100 vezes (Mistry et al., 2020a), e com isso muitas atividades e informações podem ser consultadas em qualquer momento, podendo ser monitoradas desde um smartphone (Xiong et al., 2020). Assim, algumas das abordagens que são consideradas pelos responsáveis da tomada de decisões são a utilidade da arquitetura dos sistemas de informação, a escalabilidade e a descentralização (Mistry et al., 2020a; Saurabh & Dey, 2021).

No entanto, as tecnologias aplicadas na Cadeia de Suprimentos apresentam alguns riscos e pontos de melhora, como, por exemplo o direcionamento das tecnologias para um objetivo específico. Também, o problema assimétrico da informação é importante e dificulta a distribuição eficiente de recursos nas cadeias agroalimentares (Pincheira et al., 2021). Outrossim, deve-se considerar que existem muitas organizações que implementaram sistemas integrados de gestão próprios o que torna difícil a migração às novas ferramentas digitais (Pincheira et al., 2021).

## 2.3 Blockchain

A Tecnologia Disruptiva *Blockchain*, cadeia de blocos ou Livro Maior Distribuído (DLT) para alguns autores, podem ser consideradas como uma base de dados descentralizada e imutável que reforça a confiança e melhora a performance da rastreabilidade. Assim, é considerada como uma das tecnologias mais promissoras da nova economia e, para o ano 2022 de acordo com Singh et al., o mercado do Blockchain teve expectativas de crescimento até em 7,683 milhões de dólares, sendo a taxa de crescimento de 79,6% (Kamble et al., 2020).

Por outro lado, alguns autores comentam que *Blockchain* é uma base de dados distribuída em forma de blocos criptografados (Antonucci et al., 2019), tecnologia em destaque altamente disruptiva (Wamba & Queiroz, 2020), solução inovadora para a rastreabilidade da cadeia de suprimentos (Salah et al., 2019), livro de contabilidade distribuído capaz de registrar transações financeiras (Mistry et al., 2020a), mecanismo de consenso distribuído e descentralizado (Dutta et al., 2020)

dentro desses conceitos mencionados, é preciso comentar que Blockchain é uma tecnologia aplicável a ser explorada em todas suas dimensões. A Figura 11, mostra a evolução da tecnologia Blockchain atrelada à Cadeia agroalimentar.

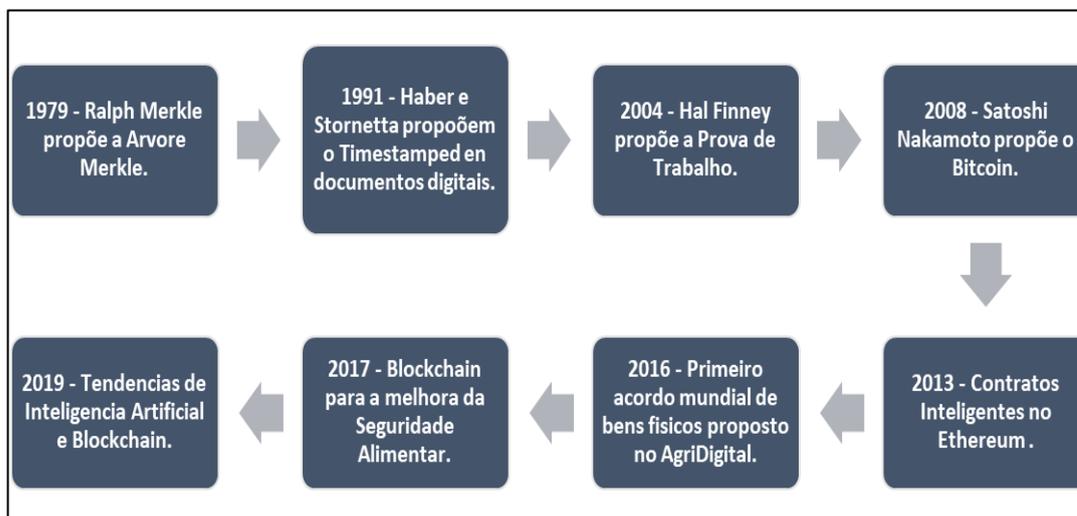


Figura 12: Evolução da tecnologia Blockchain atrelada à Cadeia Agroalimentar, baseado em (Vangala, Das, et al., 2021).

A lógica de cadeia de blocos e adição de informação parte do conceito da árvore de Merkle a qual pode ser observada na Figura 12, que mostra a lógica da árvore Merkle. Essa é construída a partir dos seus vértices folhas, cada folha guarda o *Hash* de uma das transações existentes no bloco (Rodrigues, 2017). Posteriormente, considerando esforços pela descentralização e imutabilidade dos dados que, ao redor dos anos 1990, emergiu com a proposta de novo esquema de desconcentração e encadeamento de blocos (Hwang, 1990). Seguidamente, foi proposto outro modelo com assinaturas digitais para cada dado garantindo a imutabilidade e descentralização (Haber & Scott Stornetta, 1991).

No ano 2004 foi proposta a Prova de Trabalho ou *Proof of Work (PoW)* e, no ano 2008, Satoshi Nakamoto propõe o Bitcoin baseado na lógica da descentralização dos blocos. Em seguida, no ano 2013 Ethereum adiciona os contratos inteligentes propostos no ano 1996 como a virtualização e automatização do acordo de vontades funcionais (Szabo, 1996). Em continuidade, nos últimos 7 anos o aprofundamento do Blockchain na cadeia agroalimentar está em crescimento o qual adiciona novas abordagens para a literatura.

Desse modo, Blockchain é uma tecnologia de rápido desenvolvimento e

crescimento (Antonucci et al., 2019) e diferencia-se de outros sistemas porque pode ser utilizado sem permissão, sendo resistente à censura e todos os participantes são desconhecidos entre si (Mistry et al., 2020a). Por conseguinte, Blockchain é uma rede descentralizada de informação que fortalece o clima de confiança e boas praticas e pode ser entendida como uma rede “peer to peer” (P2P) que basicamente é a descentralização de ordenadores sem servidor central, como observado na Figura 13.

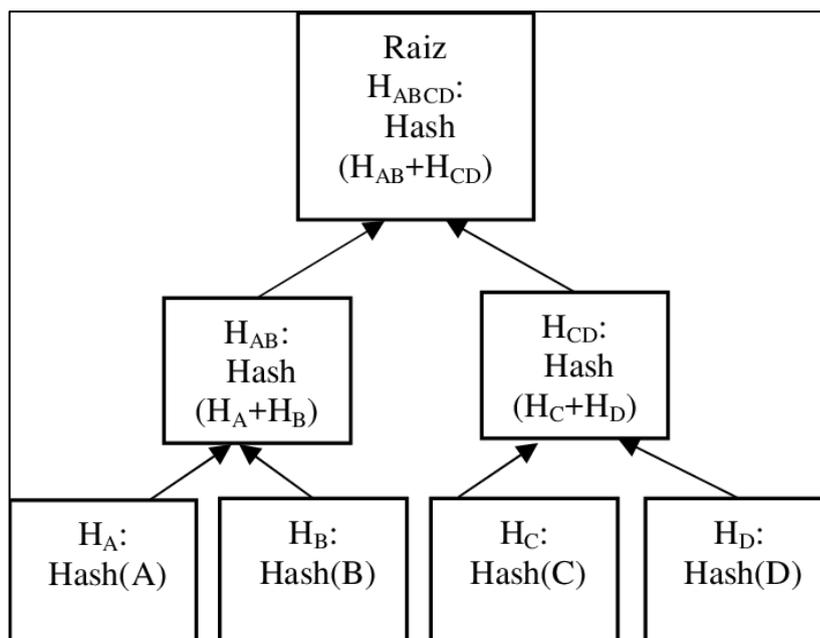


Figura 13: Árvore de Merkle (Rodrigues, 2017).

Em relação às características, Blockchain possui uma natureza irreversível, tanto nas transações quanto as modificações, isso quer dizer que as transações feitas não podem ser revertidas e as modificações são inexistentes na rede Blockchain. Posto isso, sentido deve-se emitir uma nova transação (Dutta et al., 2020). A Figura 14, resume algumas das características da tecnologia Blockchain.

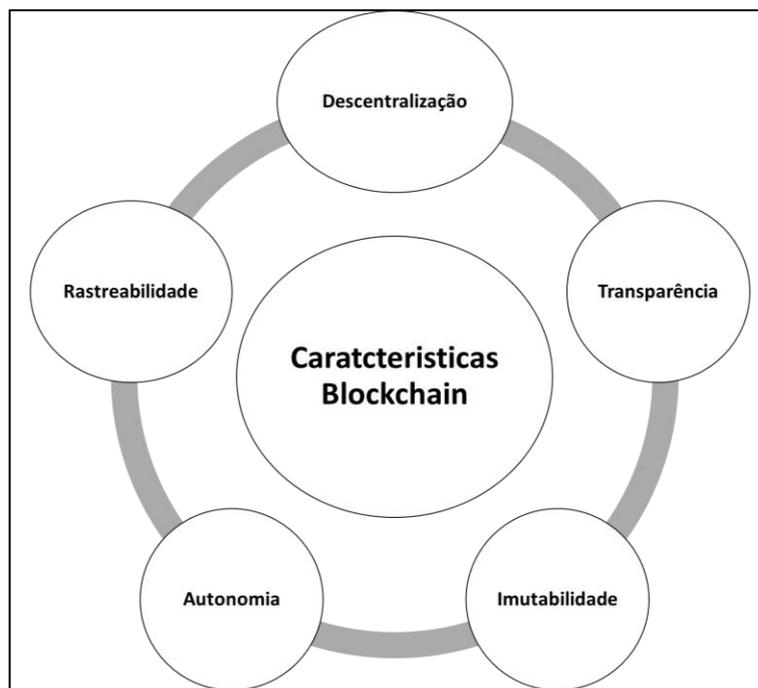


Figura 14: Características da tecnologia Blockchain, adaptado de (Dutta et al., 2020).

Observando a Figura 14, as 5 características apresentadas são as mais gerais, pois diferentes autores concordam com esses apontamentos e uma das contribuições com maior reconhecimento é a confiança resultante da utilização da tecnologia Blockchain.

Ainda não existe um consenso definido sobre os componentes da tecnologia Blockchain, porem a maioria dos autores não discordam dos seguintes 4 componentes: O primeiro é o consenso, ou seja, o protocolo aplicado que verifica cada processo na rede, evitando que um só nó possa manipular as transações; o “*ledger*” que é uma base de dados compartilhada e distribuída que contém a informação de toda a rede; a criptografia, que garante com uma forte encriptação à segurança de cada transação da cadeia; o último componente é o contrato inteligente (Dutta et al., 2020; Mistry et al., 2020a)

Por outro lado, a existência de módulos da tecnologia Blockchain permite melhorar o entendimento sobre os componentes. O Quadro 4, mostra os módulos da tecnologia Blockchain as quais garantem o funcionamento efetivo de toda a lógica da cadeia de blocos.

Módulos da tecnologia Blockchain	Descrição
----------------------------------	-----------

Modulo de fonte de dados	Ajuda com a criação da base de dados distribuída, garantindo que os dados não sejam alterados
Modulo de transações	Garantem e permitem as transações da cadeia de blocos baseados em Contratos Inteligentes.
Modulo de criação de blocos	Permite a adição de blocos criados pelos mineiros e replica a sequência das transações.
Modulo de consenso	Utilizada para validar todas as transações e evitar corrupção dos dados.
Modulo de conexão	Fornece em tempo real informação dos Contratos Inteligentes e continuar com o processo dentro da cadeia.

Quadro 4: Módulos da tecnologia Blockchain, baseado em (Dutta et al., 2020).

O Quadro 4, evidencia que os módulos da tecnologia *Blockchain* garantem o funcionamento da cadeia de blocos. O módulo de fonte de dados permite que os blocos sejam imutáveis, o módulo de transações garante o fluxo de informação entre blocos, o módulo de criação permite a adição de novos blocos com informação de sequência, o módulo de consenso valida e evita os conflitos na rede de blocos e finalmente o módulo de conexão descentraliza as informações existentes na rede e nos contratos inteligentes.

Em relação ao módulo de consenso, a literatura apresenta mais de 5 mecanismos de consenso que melhoram a performance da validação de informação e adicionamento de blocos dentro da rede Blockchain. Nesse sentido, as mais estudadas são a Prova de Trabalho ou *Proof of Work* (PoW), Prova de Participação ou *Proof of Stake* (PoS), Prova de Sorte ou *Proof of Luck* (PoL), Delegação de Prova de Participação ou *Delegate Proof of Stake* (DPoS) e a Prova de Tempo Transcorrido ou *Proof of Elected Time* (PoET) (P. W. Khan et al., 2020; Manski, 2017; Pincheira et al., 2021; Pranto et al., 2021; Torky & Hassanein, 2020).

Assim, os mecanismos de consenso não deixam de ser importantes. Por exemplo, o PoW é o primeiro esquema proposto em Bitcoin os nós da rede concorrem

entre si para resolver o quebra-cabeças criptográfico e adicionar o seguinte bloco, depois dessa atividade recebem uma recompensa, mencionada anteriormente como mineira da rede de blocos, no PoS cada nó participante da rede Blockchain aposta uma quantidade de moedas virtuais para a validação e adição do novo bloco, esse mecanismo é diferenciado pois reduz significativamente o consumo de energia em relação ao PoW e a DPoS é uma versão melhorada do PoS pois reduz a quantidade de nós apostadores e melhora a escalabilidade da cadeia de blocos. (Pincheira et al., 2021)

Ademais, o mecanismo de consenso com maior nível de performance é o PoET, desenvolvida pelo Intel sobre a tecnologia Intel SGX Software Guard Extensions, a qual basicamente possui uma tecnologia de segurança integrada que permite proteger os dados por regiões privadas da memória, mas ainda está em fase de aplicação.

Do outro lado, o Quadro 5 mostra os diferentes mecanismos de consenso aplicados em diferentes ecossistemas de Blockchain, a primeira coluna mostra os nomes de cada mecanismo em inglês, na segunda coluna apresenta como funciona dentro da rede, a terceira coluna mostra os recursos consumidos para a aplicabilidade do mecanismo e a última coluna menciona as plataformas que aplicam os mecanismos mencionados.

Mecanismos de Consenso	Conceito	Recursos	Aplicações
Ripple client-server based consensus	Votação em múltiplos turnos.	Nenhum recurso	XRP ledger
PBFT Practical Byzantine Fault Tolerance	Votação	Nenhum recurso	Tendermint
PoW Proof of Work (PoW)	Hashing	Computacional	Bitcoin Ethereum
PoS Proof of Stake (PoS)	Assinatura Digital	Moedas	PeerCoin SnowWhite Ouroboros
DPoS Delegated Proof of Stake (DPoS)	Votação	Moedas	BitShared Ark EOS
PoB Proof of	Suspensão do	Moedas	SlimCoin

Burn (PoB)	endereço		
PoL Proof of Luck	Geração de números aleatórios	Intel SGX Software Guard Extensions	Luckychain
PoA Proof of Activity (PoA)	Assinatura de Hashing Digital	Moedas computacionais	Decred
PoET Proof of Elapsed Time (PoET)	Geração de números aleatórios	Intel SGX Software Guard Extensions	Sawtooth Lake
PoS Proof of Space (PoSp)	Máximo de lotes ou porções no disco.	Storage space	Storj

Quadro 5: Mecanismos de consenso propostos na rede Blockchain baseado em (Vangala, Das, et al., 2021).

Como apresenta o Quadro 5, os diferentes mecanismos de consenso permitem o funcionamento efetivo da rede Blockchain, um dos tópicos de discussão mais relevantes sobre a aplicabilidade dos consensos é o consumo de energia, nesse sentido o PoS e o DPoS são os mecanismos que reduzem o consumo de energia.

### 2.3.1 Funcionamento da tecnologia Blockchain

Existem diversas aplicações sobre o funcionamento de tecnologia *Blockchain*, ou seja, as abordagens feitas partem de focos de pesquisa como por exemplo, computação, tecnologia, finanças, suprimentos e medicina. Neste ponto, a abordagem esta atrelada à cadeia de suprimentos.

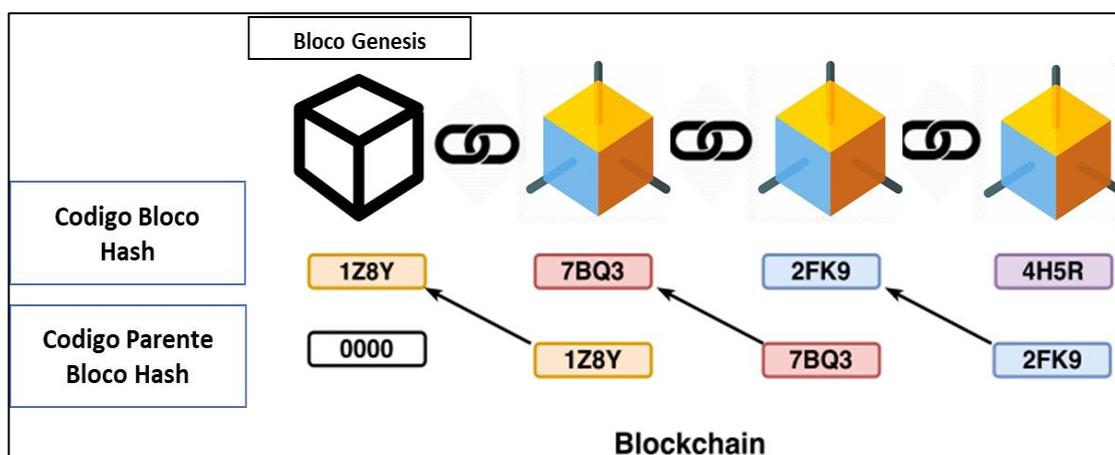


Figura 15: Criação da rede de blocos unidos pelo Hash, baseado em (Torky & Hassanein, 2020).

Pois bem, quando uma transação é feita dentro da rede *Blockchain*, um

ordenador envia a transação para toda a rede descentralizada de nós. Em seguida, os nós descentralizados recebem a transação feita, entenda-se por nós descentralizados aos ordenadores distribuídos em diferentes partes físicas (ao redor do mundo). Na mesma sequência, antes de aceitar a informação enviada desde a transação, deve-se validar tal informação pelos mineiros da rede *Blockchain*, que basicamente são ordenadores com alto potencial computacional para resolver complexos algoritmos matemáticos (criptografia da transação), baseando-se nos diferentes mecanismos de consenso da rede *Blockchain*.

Depois da validação da “mineração da cadeia de blocos” que avaliaram o bloco antes de adicionar mais um bloco à cadeia (Dutta et al., 2020), os “mineiros” são recompensados com incentivos pelo consumo de energia e trabalho computacional (Mistry et al., 2020a).

Por conseguinte, produto dos mecanismos de consenso e a validação da informação como “aceitável” os nós mineiros e os atores da cadeia adicionam o novo bloco que inclui a nova informação com uma firma digital de tempo para cada bloco adicionado (Xiong et al., 2020). A medida que os blocos começam a acrescentar à cadeia, desenvolve-se o sistema que permite que os blocos estejam unidos pelo *Hash* (Kamble et al., 2020), observe-se a Figura 15, e cada bloco do *Blockchain* tem um número *Hash* de 256 bits que é produto do consenso de um algoritmo científico. Os blocos fazem referência ao *Hash* do bloco anterior, criando uma rede segura e independente (Dutta et al., 2020).

Seguidamente, uma vez que a transação foi aceita, ela é enviada a rede de blocos com a nova informação. Todos os atores da cadeia são notificados sobre com a nova transação realizada, mantendo uma assinatura digital de tempo, a qual permite organizar cada bloco em forma ordenada. Finalmente, o processo é repetido as vezes necessárias durante o fluxo de informações dentro da rede *Blockchain*. A Figura 16 detalha os processos comentados.

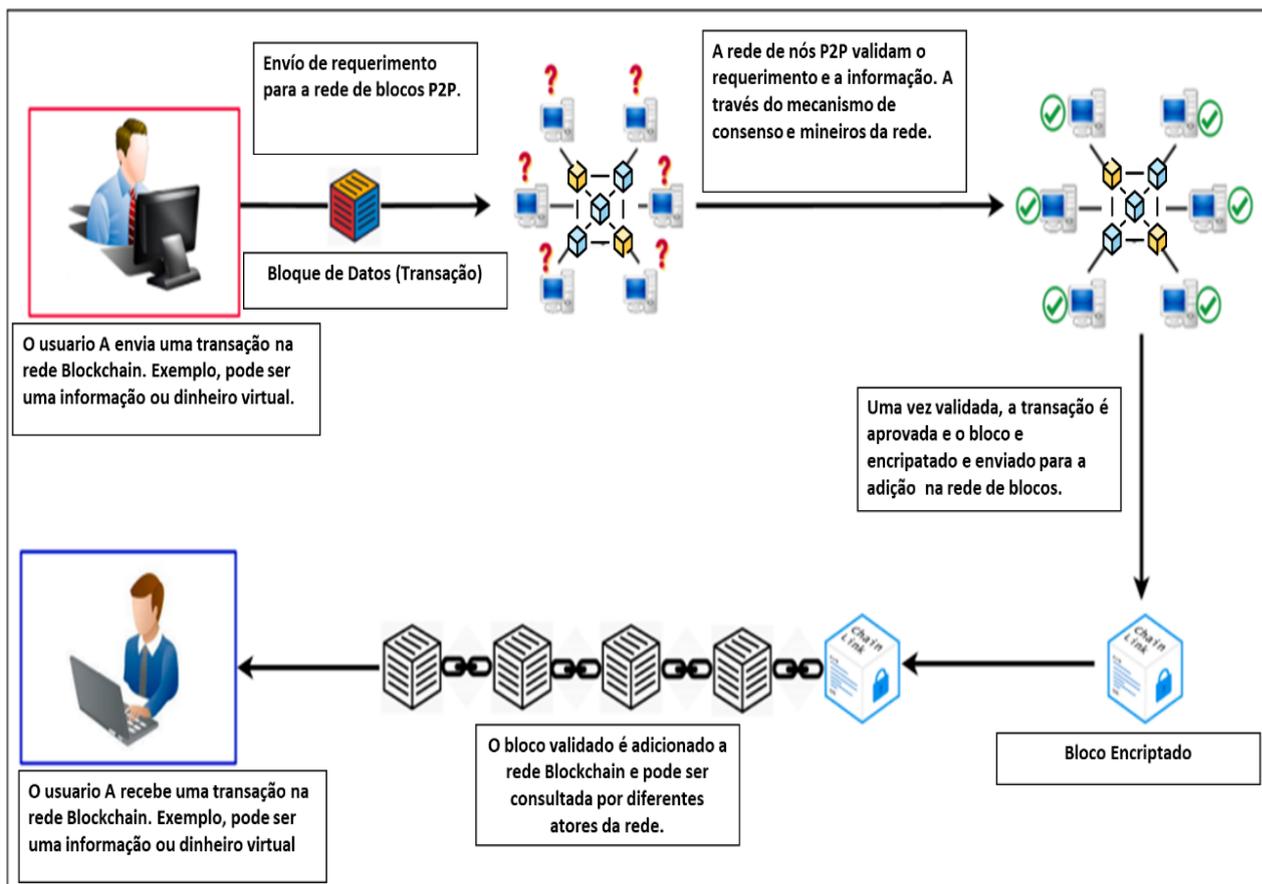


Figura 16: Processo de adição de bloco à rede de blocos, baseado em (Torky & Hassanein, 2020).

A cadeia de blocos possui um mecanismo de defesa, qualquer corrupção maliciosa (alguma modificação ou alteração de algum bloco) será capturada e defendida, ou seja, será corrigido imediatamente (Dutta et al., 2020), isso garante que o blockchain seja um ecossistema descentralizado e seguro.

Adicionalmente, os contratos inteligentes são uma incorporação que permitiu melhorar a performance da cadeia, automatizando processos e reduzindo a participação de terceiros dentro de processos operativos e financeiros. E como foi apresentado, os contratos inteligentes permitem simplificar processos e reduzir os tempos operativos. Nesse sentido, a Figura 17 mostra o processo de elaboração e criação dos contratos inteligentes e sua execução.

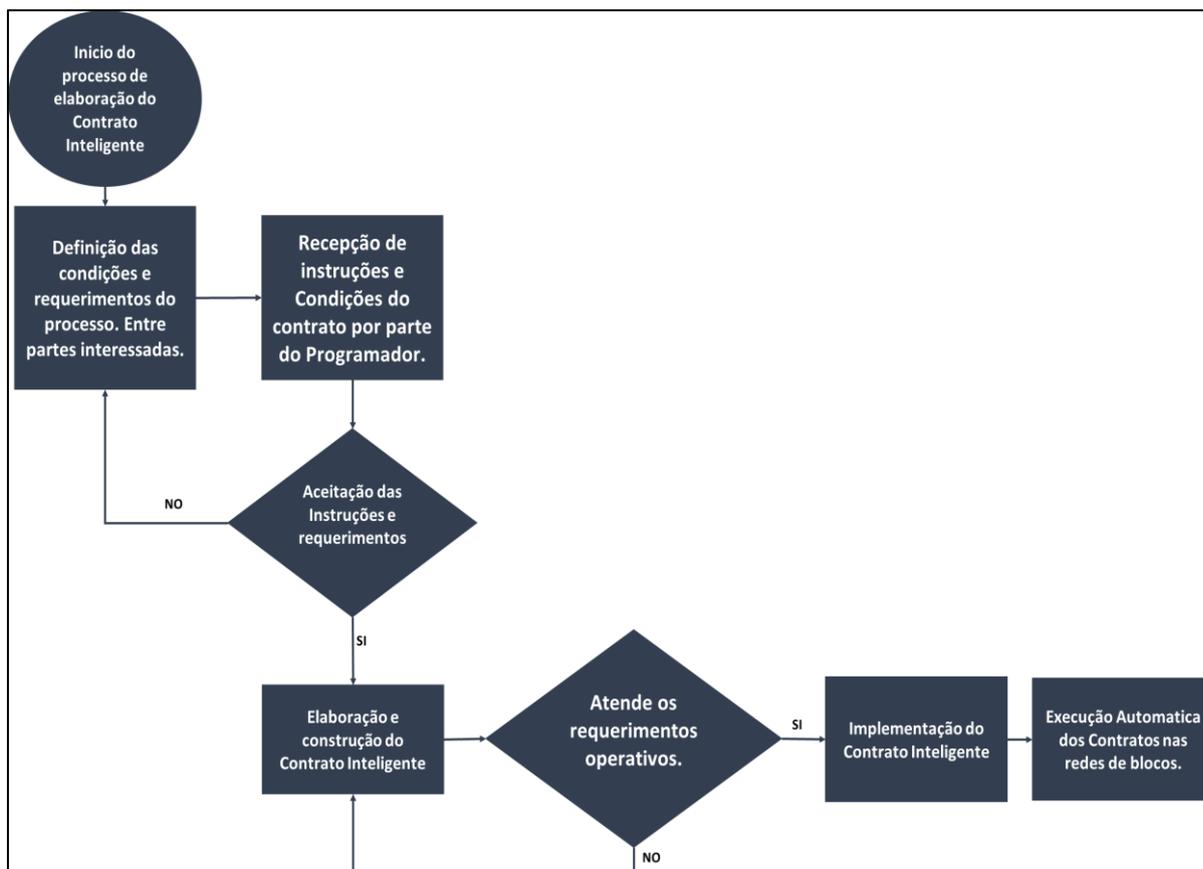


Figura 17: Processo de elaboração e construção dos contratos inteligentes, baseado em (Pranto et al., 2021).

Como mostra a Figura 17, o processo de elaboração e construção de contratos inteligentes atendem os diferentes requerimentos solicitadas entre todas as partes interessadas. Outrossim, oferecem igualdade de oportunidades nos processos inclusivos (Kamble et al., 2020) e permitem que a tecnologia *Blockchain* possa operar de forma eficiente em processos de qualquer organização, compilando o fluxo de controle e processos Inter-organizacionais (Dutta et al., 2020).

Também, os contratos inteligentes se entendem como protocolos informáticos que facilita a verificação, execução e obrigações dos termos dos acordos comerciais (Saurabh & Dey, 2021), ou seja recebem transações que são executadas pelas funções programadas recebendo qualquer informação produzida (Salah et al., 2019).

Desse modo, os contratos inteligentes habilitados pela tecnologia Blockchain podem aportar altos níveis de eficiência na gestão da cadeia de suprimentos (Wamba & Queiroz, 2020), e excluem aos terceiros da execução de

contratos, sendo as transações mais rápidas, flexíveis, rentáveis, irreversíveis e rastreáveis (Saurabh & Dey, 2021). Do mesmo modo, os contratos inteligentes solucionam a problemática da manipulação dos dados sensíveis (Dutta et al., 2020; Salah et al., 2019), isso devido à natureza imutável dentro da rede de blocos.

Em referência à cadeia agroalimentar, os riscos de modificações de dados ainda se apresentam dentro dos processos operativos, do mesmo modo ocorre com os erros ou más práticas em relação aos alimentares, as quais geram crises alimentares. Em contraste, os contratos inteligentes de Ethereum são potenciais transformadores da segurança dos alimentos nos produtos agrícolas devido à capacidade de criar um sistema inteligente integrado (Salah et al., 2019).

### 2.3.2 *Tipologia de tecnologia Blockchain*

Existem diferentes habilitadores para a adoção de tecnologias, algumas delas não podem ser conclusivas, pois o sucesso da uma cadeia está atrelada à flexibilidade dos processos. Nesse caminho, dentro das propostas de habilitadores de adoção de tecnologia *Blockchain* é apresentado o Quadro 6.

Habilitadores Chave	Descrição do Habilitador
Anonimato e privacidade	Se for o caso de uma Blockchain privada.
Auditabilidade	Processos auditáveis.
Base de dados descentralizada	Descentralização dos dados evitando colapsos.
Imutabilidade	A informação armazenada não pode ser modificada
Melhoria da gestão de riscos	Riscos mapeados reduzidos.
Procedência	Pode ser revisado desde o bloco gênese até o último bloco.
Redução de transações financeiras	Simplificação das transações financeiras
Segurança	Segurança dos dados.
Contratos Inteligentes (Smart Contract)	Automatização de processos.
Rastreabilidade	Todo processo pode ser rastreável.
Transparência	Os dados permanecem no livro maior distribuído.

Quadro 6: Habilitadores de tecnologia Blockchain nas organizações, adaptado de (Kamble et al., 2020).

Como é mostrado no Quadro 6, alguns habilitadores podem variar de acordo com a proposta pública, privada ou híbrida. As necessidades de diversas organizações podem incluir alguns ou a totalidade dos habilitadores, os quais seriam atendidos com a implementação de tecnologia Blockchain. Por exemplo, a necessidade de redução de transações financeiras ou a implementação de contratos inteligentes podem alentar à simplificação e automatização de operações de alto risco.

Em relação aos tipos de Blockchain, a literatura e as aplicações em diferentes plataformas digitais apresentaram 2 tipos definidos de Blockchain, e outro que combina ambas. Dessa forma, existe o Blockchain público, privado e o misto ou combinado, ou seja, as cadeias de blocos podem ter 3 estruturas: públicas (sem permissão), privadas (com permissão) e consórcio (híbridas) (Dutta et al., 2020).

Posto isso, a diferença entre Blockchain público ou privado basicamente está limitado aos conceitos de permissão (Mistry et al., 2020a). Como foi comentado, o Blockchain público não perde a essência de descentralização da informação, diferente do privado que só escolhe as informações a serem compartilhadas. Outra diferença notória, é que na rede privada os atores que não foram credenciados não podem participar do fluxo de informação, ao contrário das redes públicas onde todos os participantes podem observar as diferentes operações. Observe-se a Figura 18, a qual apresenta as diferenças entre Blockchain Público e Privado.

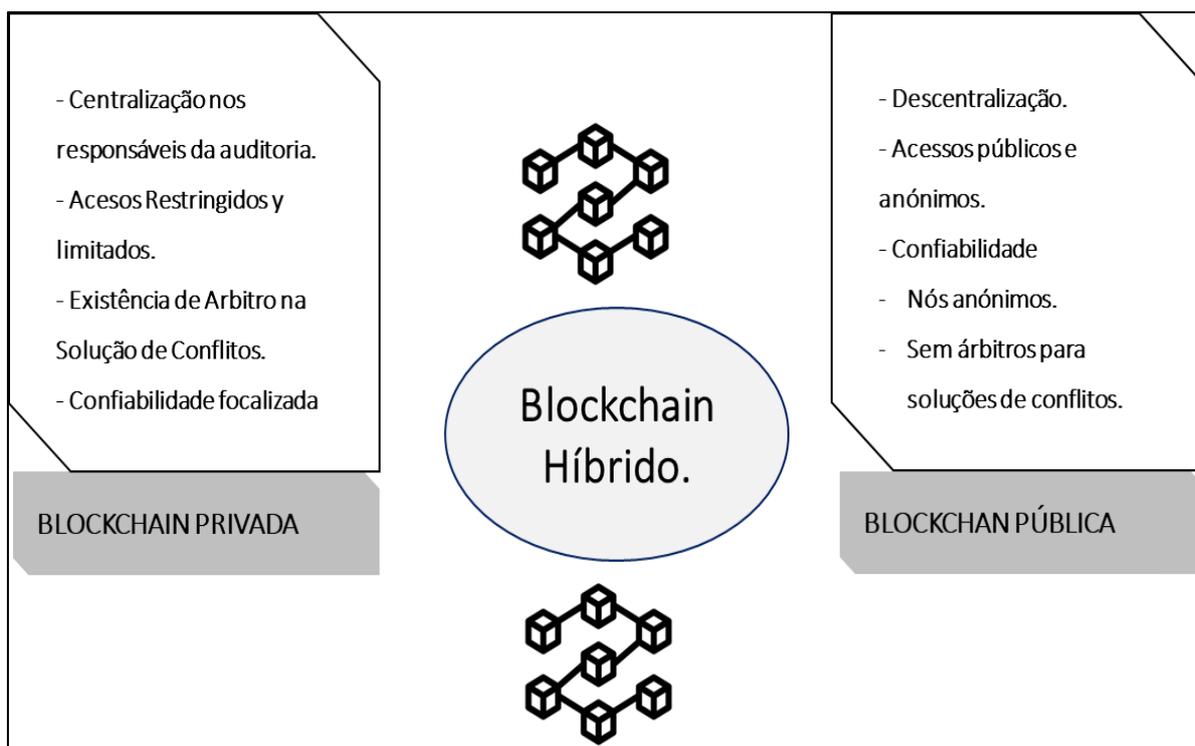


Figura 18: Diferencias entre Blockchain Pública e Privada, baseado em (Dutta et al., 2020).

Como mostra a Figura 18, na rede privada a participação é restringida para os atores que tem permissão para acessar e atuar na rede de blocos. Outro ponto a se destacar é que algumas Blockchain privadas fornecem níveis de permissão, podendo permitir a realização de ações, a criação de inteligentes, ou a atuação como nós mineiros (Mistry et al., 2020a). Em contraste, a publica inclui a participação de toda a rede descentralizada tanto nó quanto mineiro ajudando no processo de validação.

### 2.3.3 *Benefícios e desafios da tecnologia Blockchain*

Em relação aos benefícios e desafios da tecnologia Blockchain na cadeia agroalimentar, pode-se dizer que ainda não foram apresentados em sua totalidade, mas devido a diferentes abordagens de aplicação podem ser apontados alguns deles.

#### 2.3.3.1 *Benefícios*

A aplicação de tecnologia Blockchain na cadeia agroalimentar mostra diferentes abordagens e diferentes benefícios, em geral a aplicação aporta uma melhora de performance, efetividade em todos os níveis de processo e um clima de confiança em maior escala.

Também, Blockchain melhora o tempo de ciclo, produtividade e qualidade, abre novas oportunidades de negócio e permite a diferenciação de produtos com a integração da Cadeia de Suprimentos (Dutta et al., 2020). Igualmente, a aplicação de *Blockchain* melhora a participação dos interessados; visto que, a redução dos custos de transação e redução de prazos de entrega permitem maior eficiência depois da aplicação do Blockchain (Kamble et al., 2020).

Como foi comentado, o clima de confiança entre atores da cadeia permite melhorar os resultados dos produtos. Nesse sentido, a incerteza podem ser reduzidos com a confiança entre os participantes do mercado gerado pelo *Blockchain* (Kamble et al., 2020) ao passo que a imutabilidade evita o fraude e permite o intercâmbio de dados nas cadeias agrícolas, além de reduzir o custo de certificação entre 70% e 90% (Antonucci et al., 2019). Em seguida, o Quadro 7 resume os benefícios mais destacados dentro da literatura de Blockchain e cadeia agroalimentar.

Benefícios de Blockchain na Cadeia Agroalimentar	Detalhes
Gerenciamento de Dados	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Permite a calibração de dados localizados em diversos SCs.</li> <li>· Aumenta a segurança dos dados armazenados.</li> <li>· A captura em tempo real de todas as informações é feita.</li> </ul>
Melhora da Transparência	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Ajuda a rastrear o status de um item durante um processo</li> <li>· Automatiza as atividades de análise de dados.</li> <li>· Transparência de ponta a ponta baseada no nível de permissão via hierarquia.</li> </ul>
Melhora de Tempo de Resposta	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Cria um SC dinâmico e em tempo real com melhor aproveitamento de seus recursos.</li> </ul>
Gestão de Contratos Inteligentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Contratos personalizados e individuais podem ser definidos para cada função e podem ser coordenados uns com os outros.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Ajuda no desenho de processos para operações comerciais.</li> <li>· Melhora a visibilidade e elimina a necessidade de intermediários.</li> </ul>
Eficiência Operacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Melhora a velocidade de ponta a ponta do processo SC.</li> <li>· Identifica bugs e problemas no início para tornar o processo robusto.</li> </ul>
Descentralização / Desintermediação	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Conduz a uma cadeia ininterrupta de transações.</li> <li>· Aumenta a velocidade.</li> <li>· Aumenta a confiança entre as partes interessadas do processo.</li> </ul>
Imutabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Mecanismo de consenso para todas as modificações.</li> <li>· Garante a segurança de todas as transações.</li> </ul>
Gestão da Propriedade Intelectual	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Proteção e armazenamento da propriedade intelectual.</li> </ul>

Quadro 7: Benefícios de aplicação de tecnologia Blockchain na Cadeia Agroalimentar, baseado em (Dutta et al., 2020).

O Quadro 7 apresentou os diferentes benefícios para a cadeia agroalimentar os quais podem variar dependendo a aplicação de tecnologia Blockchain. Ademais, a aplicação de tecnologia Blockchain na Cadeia Agroalimentar não só objetiva eficiência e reduzir custos, mas também, melhora as relações entre todas as partes interessadas (Dutta et al., 2020).

### 2.3.3.2 Desafios

A aplicabilidade do *Blockchain* pode estar atrelada ao nível cultural e da normativa de cada país (Dutta et al., 2020). Nesse sentido, é importante saber que os resultados obtidos depois da aplicação podem ser diferentes em outra região. Também, a implementação de *Blockchain* não é isolada de outras tecnologias complementares, as quais contribuem à melhora da cadeia.

Ademais, a aplicação de *Blockchain* não é uma panaceia, isso quer dizer que os marcos legais, regulatórios e idiossincráticos podem condicionar a aplicação e os resultados de uma possível aplicação de blockchain em uma determinada cadeia agroalimentar. Nesse sentido, o anterior pode ser considerado como um desafio que a aplicação de *Blockchain* deve reconsiderar visando atingir seus objetivos dentro da cadeia agroalimentar.

O Quadro 8, mostra os desafios existentes na aplicação de Blockchain na cadeia Agroalimentar.

Desafios da tecnologia Blockchain.	
Desafios Organizativos	Resistência atual das grandes corporações para não mudar os modelos existentes. Inclui a falta de competências necessárias para a aplicação do Blockchain.
Desafios de Gestão	O ganho depois da aplicação deve compensar o esforço da aplicação.
Desafios Tecnológicos	Lograr a combinação ótima de energia e segurança em toda a rede descentralizada.
Desafios Ambientais	Uso de recursos sustentáveis em todos os processos de implementação e funcionamento.
Desafios Sociais	Regulações, condições e fatores que podem representar uma influência na aplicação de Blockchain.

Quadro 8: Desafios de Aplicação Blockchain na Cadeia Agroalimentar, baseado em (Kamble et al., 2020).

O Quadro 8, mostra os principais desafios estudados na literatura apresentados na pesquisa do Kamble. Os Desafios Organizativos, basicamente faz referência à zona de *Confort* que muitas organizações mantêm por incerteza à mudança e pelos grandes investimentos em armazenamento na nuvem e outras tecnologias. Destaca-se também o risco de custo de oportunidade em investir tempo e recursos no aprendizado de Blockchain e se esse esforço será compensado dentro

dos resultados esperados. Logo depois, os Desafios Ambientais e os questionamentos do mecanismo de consenso que aplica Blockchain para manter processos sustentáveis em todos os níveis de processo. Finalmente, os Desafios Sociais os quais podem estar condicionados com fatores Políticos, Econômicos e Legais dentro das organizações.

Por outro lado, algumas organizações apresentam resistência na aplicação de tecnologia Blockchain implementando outras tecnologias existentes e mantendo os modelos existentes. Nesse sentido, o Quadro 9 mostra as diferenças entre o armazenamento na nuvem e o armazenamento dentro da rede de blocos. Note-se o Quadro 9.

<b>Armazenamento baseado em nuvens</b>	<b>Armazenamento baseado em cadeias de blocos</b>
Confiança centralizada pelo fornecedor da nuvem	Confiança Descentralizada na rede
Projeto centralizado	Projeto descentralizado
Não protegido contra alteração de dados	Protegido contra alteração de dados
Ponto único de falha	múltiplos pontos de falha
Vulnerável de acordo com permissões	A propagação de dados é baseada em contratos inteligentes
Os dados do usuário são gerenciados pelo fornecedor da nuvem	Os dados do usuário são replicados entre todos os pares e controlados por contratos inteligentes
as transações não são transparentes quanto à identidade dos usuários	as transações são transparentes
Não é ideal para baixa latência e alta disponibilidade para redes de IOT	Providenciar equipamentos de integração para melhorar a Sinergia com a IoT
Altos custos de infraestrutura	Infraestrutura menos cara

Quadro 9: Diferenças de adoção entre Armazenamento da Nuvem e Blockchain, baseado em (Salah et al., 2019).

De acordo com o Quadro 9, pode-se entender que existem diferentes pontos a serem avaliados tanto na aplicação da tecnologia de Nuvem quanto a aplicação de Blockchain, pois as permissões para a modificação de informação na nuvem são totalmente diferentes das permissões na rede Blockchain. Também, os

contratos inteligentes dentro da cadeia de blocos não permitem modificações o qual reduz o risco de alteração. Seguidamente, todas as transações são transparentes e a cadeia de blocos possui uma infraestrutura com menor custo de investimentos em relação às outras tecnologias.

#### 2.3.4 Indicadores de Desempenho Logístico.

Os Indicadores de Desempenho Logístico (*Logistics Performance Index, em inglês*) é um relatório bianual feito pelo Banco Mundial. Em seguida, são duas categorias que apresentam seis indicadores. A primeira categoria, Áreas de regulamentos de Política, a qual indica os inputs relevantes para a gesta da Cadeia de Suprimentos. Dessa forma, os indicadores são três Desempenho da alfândega, Qualidade da infraestrutura nacional e Qualidade de serviços de Logística interna. (TheWorldBank, 2023)

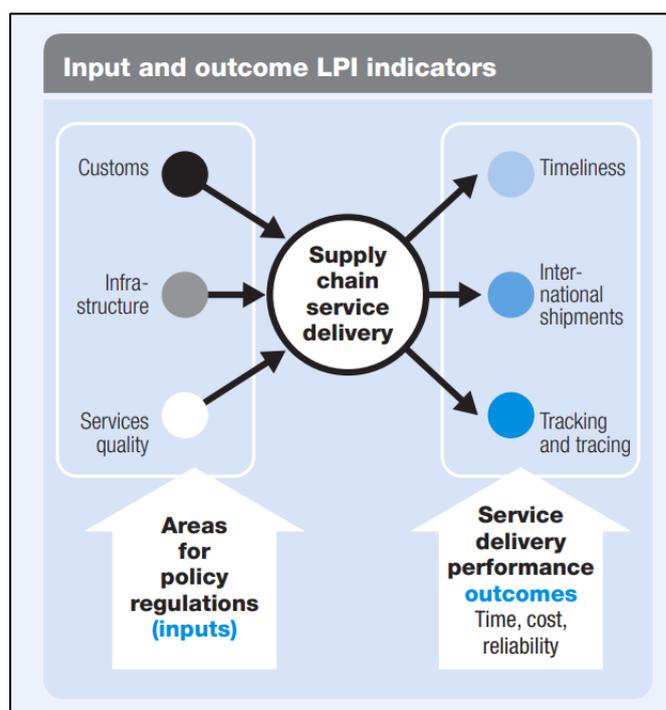


Figura 19: Logistics Performance Index

A segunda categoria, Resultado de Desempenho das Entregas, a qual avalia o nível de eficiência das operações. Assim, os indicadores que compõem essa categoria são três, Pontualidade das operações, Competitividade dos preços dos embarques internacionais e facilidade de monitoramento e rastreamento. (Chagas et al., 2020; TheWorldBank, 2023). A Figura 19, mostra um novo gráfico que permite a identificação das categorias e indicadores.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Em relação ao capítulo 3, sabe-se que a pesquisa como procedimento formal, é baseada em um tratamento científico e objetiva conhecer realidades ou descobrir verdades parciais (Marconi e Lakatos, 2010), as quais permitem conseguir melhoras dentro de um determinado campo de raciocínio. Ademais, as razões que levam à realização de uma pesquisa podem ser variadas (Gerhardt e Silveira 2009).

Em relação ao método aplicado no presente estudo, as pesquisas podem ser básicas e aplicadas, e várias são as modalidades de pesquisa que podem ser praticadas dependendo dos objetos pesquisados (Severino, 2007). Desse modo, a pesquisa básica objetiva gerar conhecimentos novos, úteis para o avanço da ciência. Quanto à pesquisa aplicada objetiva-se gerar conhecimentos para a aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos envolvendo verdades e interesses universais (Gerhardt e Silveira 2009). Assim, o presente estudo é de natureza aplicada, a qual objetiva gerar conhecimentos orientados à solução de problemas e sua aplicabilidade para o atendimento desses problemas.

Com a natureza conhecida, diferenciam-se quatro classificações de escopo de pesquisa. Dessa forma, o presente estudo é exploratório. Disse-se que é exploratório porque proporciona maior familiaridade com o problema que é estudado, tentando torná-lo mais explícita.

As abordagens das pesquisas estão distribuídas em três: qualitativas, quantitativas e combinadas ou de polo combinado. Na abordagem quantitativa, o pesquisador poderá empreender uma avaliação de organizar, sumarizar, caracterizar e interpretar os dados numéricos coletados (Martins e Theóphilo 2018). Na abordagem qualitativa, explora-se a interpretação dos dados e processos observados que não podem ser mensurados, mas são significativos para o desenvolvimento da pesquisa. Dessa maneira, os dados classificados e categorizados permitirão formar construtos mais abrangentes e ideias mais amplas ou inferências como parte da abordagem qualitativa (Martins e Theóphilo 2018). No presente estudo a abordagem é de polo combinado, a qual é a integração sistemática dos métodos quantitativo e qualitativo.

Em relação ao método do presente estudo é composto. Nesse sentido, a revisão sistemática vai permitir conhecer a situação atual da literatura e os construtos que poderiam influenciar na pesquisa. Em sequência, a parte da investigação, modelagem e simulação objetivam validar de forma estruturada o presente estudo, replicando o modelo, e avaliando a proposta de aplicação da tecnologia Blockchain em uma cadeia de suprimentos.

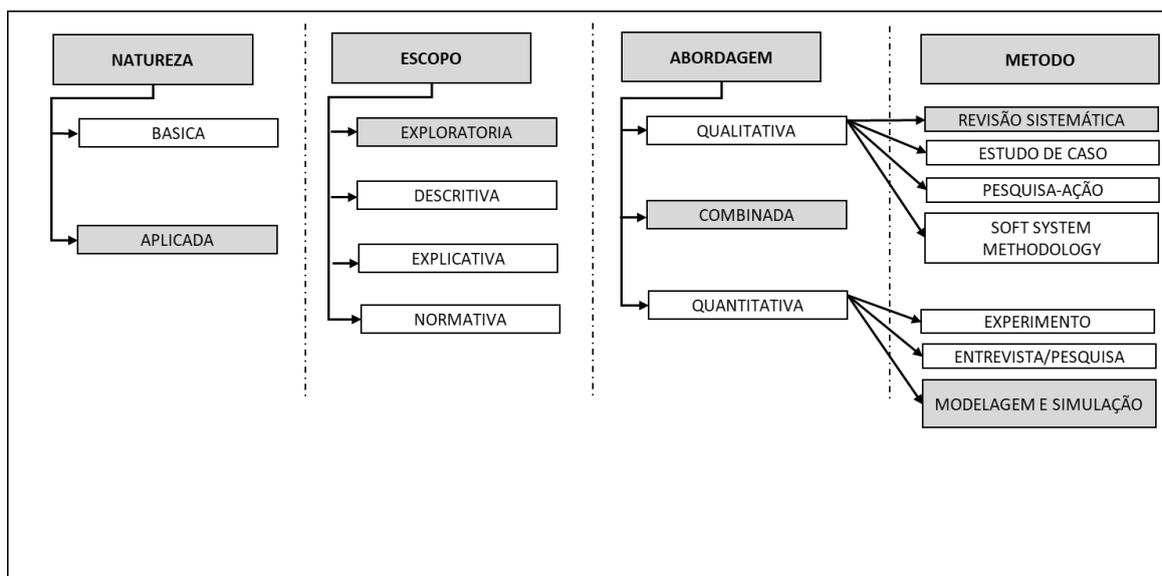


Figura 20: Método de Pesquisa baseado em (Turrioni e Mello, 2012) e (Gerhardt e Silveira 2009).

Desse modo, a Figura 20 mostra detalhadamente o Método da presente pesquisa. Outrossim, o desenvolvimento do estudo foi baseado no anteriormente citado e toda a informação coletada respeita o lineamento definido em cada uma das delimitações feitas na Figura 20.

### 3.1 Procedimento Metodológico

A metodologia ou procedimento metodológico, que etimologicamente significa “o estudo dos caminhos” (Gerhardt e Silveira 2009), objetiva garantir uma ordem sistêmico e replicável a qual permitirá atingir os objetivos propostos. Em vista disso, o procedimento metodológico é uma organização sistêmica que visa aperfeiçoar procedimentos e critérios utilizados na pesquisa (Martins e Theóphilo 2018). Outrossim, a metodologia interessa-se pela validade do caminho escolhido para atingir o objetivo proposto na pesquisa (Gerhardt e Silveira 2009).

Dessarte, objetivando cumprir com um dos princípios da pesquisa, a qual é

a replicabilidade, apresentamos o seguinte fluxo, Figura 21.

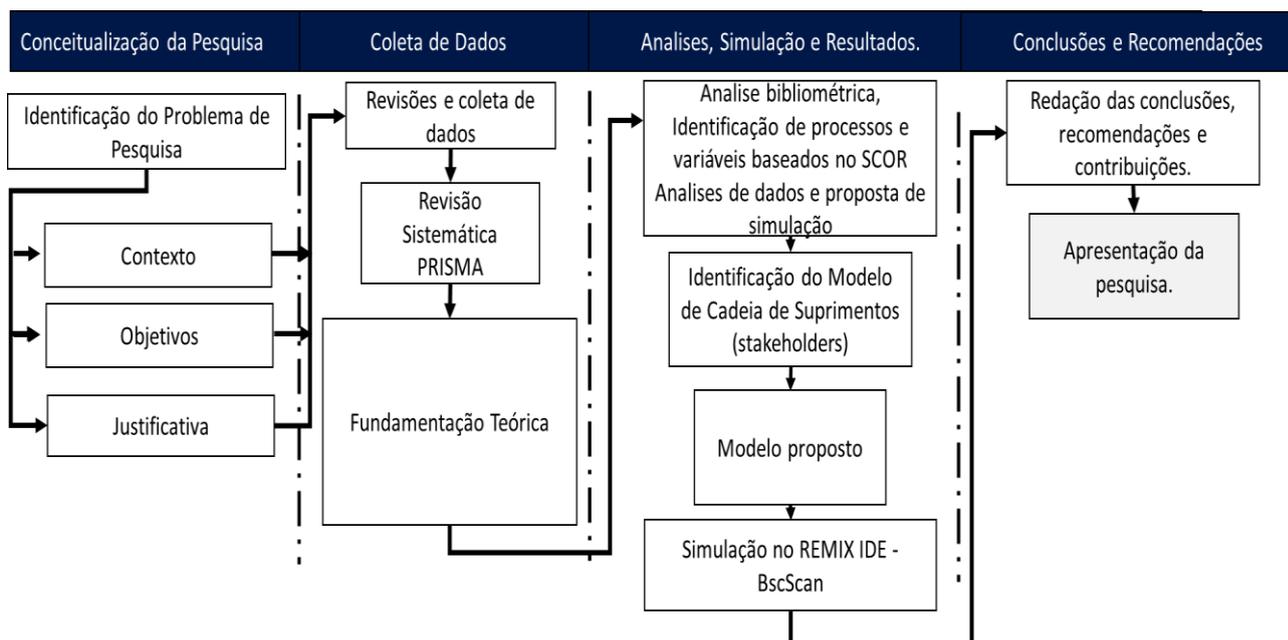


Figura 21: Metodologia de Pesquisa.

**Conceptualização da pesquisa:** A conceitualização da pesquisa possui quatro atividades importantes. A primeira é a identificação do problema de pesquisa, a qual é básica para o desenvolvimento do estudo. Em segundo lugar, a pesquisa segue uma atividade de delimitação visando focar os esforços dentro de um ponto determinado. Depois, apresentam-se as questões a serem atendidas e respondidas no final do estudo. O objetivo geral e os específicos são abordados e estruturados baseados no problema de pesquisa. Encerra-se a primeira fase com a elaboração da justificativa do projeto, a qual permite conhecer a relevância e contribuição do estudo.

**Coleta de Dados:** Na segunda fase da metodologia, a coleta de dados permitirá conhecer a situação atual da literatura sobre o tópico estudado. Nesse ponto, foram desenvolvidas quatro atividades. Na primeira houve a coleta de dados de diferentes fontes de informação as principais foram bases de dados como Scopus, Web of Science e Taylor & Francis que permitiram reforçar a solidez e confiabilidade das informações. Na segunda e terceira atividade, a aplicação da Revisão Bibliométrica e Sistemática permitirá avaliar de uma forma estruturada toda a contribuição acadêmica aplicada que existe sobre o tema tratado.

**Itens preferidos para relatórios de revisões sistemáticas e meta-análises:**

Como foi mencionado anteriormente, o modelo PRISMA garante que

replicabilidade e transparência sejam princípios básicos da presente dissertação (Cruz et al., 2023; Morelli & Ignacio, 2021; Page et al., 2021) Nesse sentido, a organização é baseada em quatro: Identificação, Seleção, Elegibilidade e Inclusão.

A primeira, permite definir as palavras-chave que serão aplicadas na pesquisa de informação nas bases de dados. Depois, precisa-se identificar as bases de dados confiáveis para coletar artigos que devem responder com as palavras-chave previamente identificadas. Dessa forma, totaliza-se um universo inicial de artigos eleitos.

A segunda, a Seleção permite estabelecer critérios de exclusão para reduzir a quantidade de artigos que não pertencem as condições estabelecidas. Podem ser incluídos critérios de acordo com os revisores e o objetivo do estudo.

O terceiro, Elegibilidade possibilita reduzir ainda mais o universo de artigos eleitos, objetivando focar exclusivamente nos critérios estabelecidos, e o quarto, Inclusão possibilita adicionar informações altamente relevantes com o escopo do estudo ou que não foram mapeadas na aplicação do modelo

**Analises, Simulação e Resultados:** A terceira fase da metodologia, compreende três atividades importantes. A primeira atividade, permite mapear os novos *insights* pós aplicação do Modelo PRISMA, comentado linhas atrás, que permitirá ampliar o conhecimento das características e propriedades dos conceitos estudados, garantindo que os objetivos possam ser atingidos. A segunda atividade define o Modelo de cadeia de suprimentos baseados na metodologia SCOR objetivando a padronização das atividades que permitirão aumentar a escala de aplicabilidade da presente pesquisa.

**Simulação:** A simulação, terceira atividade importante, começa os *inputs* são recebidos desde a Cadeia de Suprimentos Padronizada. Posteriormente, a construção do Contrato Inteligente é feito no REMIX IDE com a linguagem de programação Solidity. Uma vez realizada a construção, o seguinte passo é obter uma carteira digital para garantir a execução do Contrato inteligente. Em seguida, a rede de test Testnet BscScan permite executar o Contrato Inteligente e observar o rendimento que

apresenta. Depois, os resultados são evidenciados tanto nos códigos de programação e imagens de suporte da simulação.

**Conclusões e Recomendações:** Na última fase da pesquisa existem duas atividades relevantes que permitem encerrá-la. A primeira permite resumir e concluir o mais relevante da pesquisa encerrando todas as ideias apresentadas no início desta pesquisa. Depois, na seção de recomendações serão apresentadas recomendações baseadas nas lições aprendidas durante o desenvolvimento, com o fim de otimizar a rota de resultados em diferentes pesquisas.

## 4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

### 4.1 Desenvolvimento

#### 4.1.1 Análise Bibliométrica.

A revisão sistemática da literatura é aplicada como parte do desenvolvimento da pesquisa sobre a aplicação da tecnologia Blockchain na gestão da cadeia de suprimentos nos últimos dez anos. Outrossim, a revisão sistemática da literatura e a Meta- Análise (PRISMA) permite garantir a replicabilidade e transparência (Calvetti et al., 2020; Morelli & Ignacio, 2021; Page et al., 2021). A Figura 22 mostra o diagrama PRISMA aplicada na presente revisão.

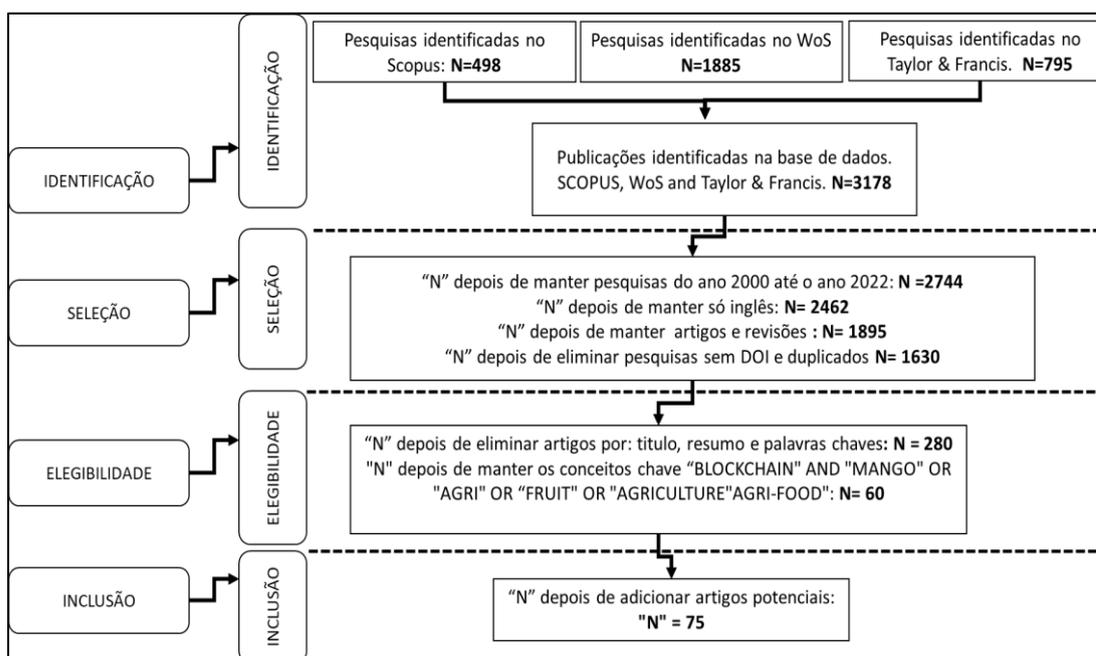


Figura 22: Diagrama PRISMA.

A Figura 22 mostra o diagrama PRISMA. Foram revisadas três bases de dados, *Scopus* (498 documentos), *Web of Science* (1885 documentos) e *Taylor & Francis* (795 documentos), considerando revisões e artigos científicos dos últimos dez anos. Seguidamente, as combinações das palavras-chave respondem na seguinte combinação: "BLOCKCHAIN" AND "SUPPLY CHAIN" OR "BLOCKCHAIN" AND "AGRICULTURE", as quais forneceram maiores resultados em termos de quantidade de documentos versus outras combinações de palavras-chaves, isto com o fim de evitar que informações relevantes não sejam consideradas.

De igual modo, os critérios de seleção e elegibilidade, na Figura 20, permitiram excluir documentos fora do horizonte de tempo estabelecido, também, aqueles documentos que não foram publicados em inglês ou que não foram revisões e artigos científicos. Do mesmo modo, foram eliminados os documentos sem *Digital Object Identifier* (DOI) e aqueles repetidos. Logo após, foram mantidos os documentos que correspondiam especificamente ao tema estudado, e adicionando 15 novos artigos com contribuição notável à pesquisa, sendo aqueles que foram publicados durante o desenvolvimento do projeto totalizando 75 artigos de análise para composição do referencial teórico da pesquisa.

Por outro lado, os artigos identificados e extraídos das bases de dados, foram processados no *software RStudio* e em seguida foram trabalhados com o pacote *Bibliometrix*. Seguidamente, a Figura 23 mostra os indicadores de aproveitamento de dados organizadas em colunas e filas, cada coluna possui uma descrição e a coluna “Status” oferece uma avaliação da qualidade dos dados. Assim, a presente revisão Bibliométrica é objetiva e garante a transparência no tratamento de dados.

<b>Completeness of bibliographic metadata</b>				
<b>Metadata</b>	<b>Description</b>	<b>Missing Counts</b>	<b>Missing %</b>	<b>Status</b>
C1	Affiliation	0	0.00	Excellent
AU	Author	0	0.00	Excellent
CR	Cited References	0	0.00	Excellent
RP	Corresponding Author	0	0.00	Excellent
DT	Document Type	0	0.00	Excellent
SO	Journal	0	0.00	Excellent
LA	Language	0	0.00	Excellent
NR	Number of Cited References	0	0.00	Excellent
WC	Science Categories	0	0.00	Excellent
TI	Title	0	0.00	Excellent
TC	Total Citation	0	0.00	Excellent
AB	Abstract	1	1.67	Good
DE	Keywords	3	5.00	Good
DI	DOI	4	6.67	Good
PY	Publication Year	4	6.67	Good
ID	Keywords Plus	11	18.33	Acceptable

[Advice](#)
[Save](#)
[Close](#)

Figura 23: Indicadores de aproveitamento de dados.

Em relação à produção científica dos tópicos abordados no presente estudo, a Figura 24 mostra a produção científica dos últimos dez anos coletadas das 3 bases de dados já comentadas.

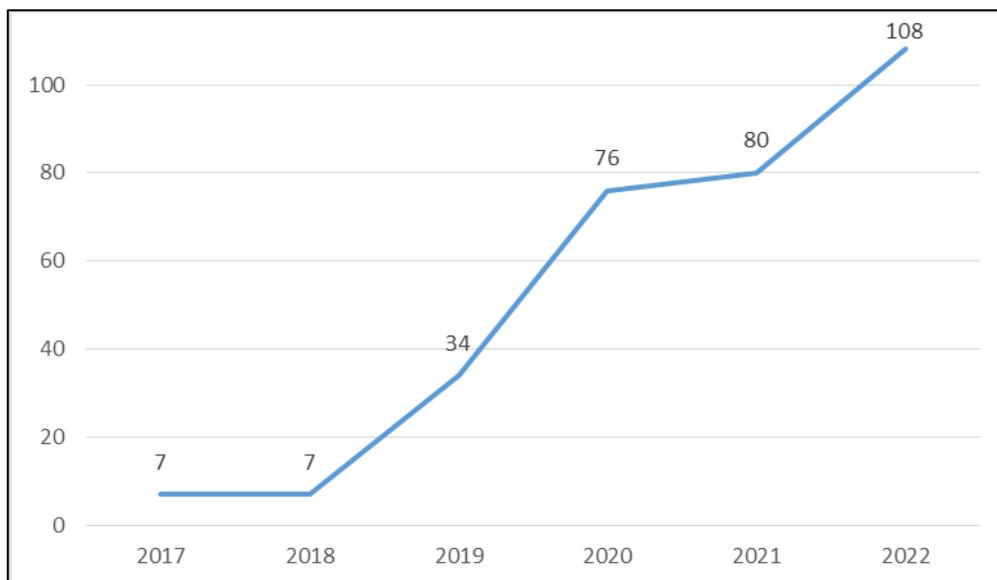


Figura 24: Produção científica.

Como mostra a Figura 24, há um crescimento da literatura durante os últimos 10 anos. A Figura 24 não mostra anos passados porque os tópicos estudados começaram a ter relevância desde o ano 2015 em frente. Vale destacar que, esperava-se que durante a pandemia COVID 19 os estudos teriam uma notável queda, contudo o efeito foi contrário, pois mostrou-se uma maior produção científica durante esse tempo.

Em relação aos principais autores e revistas com maior nível de citações dentro dos tópicos estudados. O Quadro 10, mostra 5 colunas, as quais estão organizadas em autor, revista Digital Object Identifier, Ano e Total de citações.

Autor	Revistas	DOI	Ano	Total de Citações
(Kamble et al., 2019)	INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION MANAGEMENT	10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.023	2020	206
(Mistry et al., 2020a)	MECHANICAL SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING	10.1016/j.ymssp.2019.106382	2020	164
(A. Dutta et al., 2021)	TRANSPORTATION RESEARCH PART E: LOGISTICS AND TRANSPORTATION REVIEW	10.1016/j.tre.2020.102067	2020	151
(Salah et al., 2019)	IEEE ACCESS	10.1109/ACCESS.2019.2918000	2019	149
(Wamba et al., 2020)	INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION MANAGEMENT	10.1016/j.ijinfomgt.2019.102064	2020	79
(Antonucci et al., 2019)	JOURNAL OF THE SCIENCE OF FOOD AND AGRICULTURE	10.1002/jsfa.9912	2019	79
(Saurabh & Dey, 2021)	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	10.1016/j.jclepro.2020.124731	2021	70
(Shahid et al., 2020)	IEEE ACCESS	10.1109/ACCESS.2020.2986257	2020	66
(Torky & Hassanein, 2020)	COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE	10.1016/j.compag.2020.105476	2020	63
(P. W. Khan et al., 2020)	SENSORS	10.3390/s20102990	2020	54
(Manski, 2017)	STRATEGIC CHANGE	10.1002/jsc.2151	2017	51
(Vangala, Sutrala, et al., 2021)	IEEE SENSORS JOURNAL	10.1109/ISEN.2020.3012294	2021	42
(Xiong et al., 2020)	FRONTIERS IN BLOCKCHAIN	10.3389/fbloc.2020.00007	2020	41
(Hang et al., 2020)	COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE	10.1016/j.compag.2020.105251	2020	36
(Prashar et al., 2020)	SUSTAINABILITY	10.3390/su12083497	2020	35
(Rana et al., 2021)	BRITISH FOOD JOURNAL	10.1108/BFJ-09-2020-0832	2021	31
(Niknejad et al., 2021)	ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY & INNOVATION	10.1016/j.eti.2020.101272	2021	28
(Lin et al., 2020)	IEEE ACCESS	10.1109/ACCESS.2020.3014522	2020	23
(Pincheira et al., 2021)	COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE	10.1016/j.compag.2020.105889	2021	22
(Pranto et al., 2021)	PEERJ COMPUTER SCIENCE	10.7717/peerj-cs.407	2021	18
(Alfandi et al., 2021)	CLUSTER COMPUTING-THE JOURNAL OF NETWORKS SOFTWARE TOOLS AND APPLICATIONS	10.1007/s10586-020-03137-8	2021	17
(Borrero, 2019)	CIRIEC-ESPANA REVISTA DE ECONOMIA PUBLICA SOCIAL Y COOPERATIVA	10.7203/CIRIEC-E.95.13123	2019	13
(Yu et al., 2022)	KYBERNETES	10.1108/K-07-2020-0449	2022	12
(Hewa et al., 2021)	IEEE ACCESS	10.1109/ACCESS.2021.3068178	2021	12
(Yang et al., 2021)	IEEE ACCESS	10.1109/ACCESS.2021.3062845	2021	12

Quadro 10: Principais autores, revistas e contribuições.

Uma vez detalhado o Quadro 10, foram organizados os principais autores com maior contribuição na literatura, neste caso o autor (Kamble et al., 2019) é um dos autores com maior nível de citação e contribuição à literatura. Ademais, deve-se mencionar que no momento da revisão foram obtidos os dados e que esses podem sofrer alterações com o decorrer do tempo.

Em relação as redes de Coocorrência, o software aplicado foi o VOSviewer com o Thesaurus que permitiram afinar os resultados das redes e evidenciar a quantidade de clusters, todos eles baseados nos dados extraídos das bases de dados.

Portanto, uma primeira versão apresenta-se na Figura 25 que mostra as redes de coocorrência considerando todas as palavras-chaves mapeadas. Contudo, nessa primeira etapa as redes de coocorrência mostram sinónimos como unidades diferentes. Observe-se a Figura 25.



diferentes conceitos que não se repetem. Com isso, pode-se afirmar a existência de 4 clusters claramente identificados (azul, verde, amarelo e vermelho).

Posteriormente, depois da convergência das redes de coocorrência foi necessário organizar e identificar a composição das pesquisas escolhidas, a Tabela 2 mostra as quatro categorias, Conceitual, Empírica, Modelagem e Técnico (Cruz & De Arruda Ignacio, 2023). A categoria Conceitual inclui descrições gerais, revisões da literatura e teorias. A categoria Empíricas inclui casos de estudo, casos hipotéticos e seminário de expertos. A categoria Modelagem, mostram diferentes modelagens matemáticas. Por último, o Técnico mostra os *frameworks* apresentados por diferentes autores.

Conceitual	(Alkhateeb et al., 2022); (Cruz et al., 2023); (Alobid et al., 2022); (Antonucci et al., 2019); (Bunchuk et al., 2020); (Chowdhury et al., 2020); (Das et al., 2022); (Demestichas et al., 2020); (K. Dey & Shekhawat, 2021); (Dutta et al., 2020); (Gazzola et al., 2020); (Guo et al., 2021); (Hewa et al., 2021); (P. W. Khan et al., 2020); (Lin et al., 2020); (Manski, 2017); (Mavilia & Pisani, 2021); (Mistry et al., 2020a); (Niknejad et al., 2021); (Caro et al., 2018); (Pranto et al., 2021); (Raboaca et al., 2020); (Rana et al., 2021); (Rodrigues, 2017); (Saurabh & Dey, 2021); (Shah et al., 2022); [Shao, et al., 2022]; (Silva & Marques, 2021); [Srivastava and Dashora, 2021]; (Torky & Hassanein, 2020); (Vangala, Sutrala, et al., 2021); (Queiroz & Wamba, 2019); (Xiong et al., 2020); (Yu et al., 2022)
Empírica	(Awan et al., 2020); (Borrero, 2019); (Dos Santos et al., 2021); (Hang et al., 2020); (Haro-Olmo et al., 2021); (Kamble et al., 2019); (Lakkakula et al., 2020); (Leduc et al., 2021); (Lee et al., 2022); (Patel et al., 2021); (Prashar et al., 2020); (Ren et al., 2021); (Shahid et al., 2020); (Shih et al., 2019); (Sylla et al., 2021); (Yakubu et al., 2022); (X. T. Yang et al., 2021)
Modelagem	(Abijaude et al., 2022); (Al Ridhawi et al., 2021); (A. A. Khan et al., 2022); (D. Khan et al., 2022); (Salah et al., 2019)
Técnico	(Alfandi et al., 2021); (Bhat et al., 2022); (Ilieva et al., 2021); (Khanna et al., 2020); (Mangla et al., 2022); (Song et al., 2022); (Wang et al., 2021)

Tabela 2: Categorias de pesquisa.

As diferentes propostas foram apresentadas na Tabela 2, os modelos

conceituais são aqueles com maior presença entre todas as pesquisas identificadas. Na segunda posição, observa-se estudos mais aplicados e na terceira e quarta posição ficam as categorias de Modelagem e Técnico. Ademais, as categorias apresentadas, permitiram a organização dos estudos identificados que foram inputs para a construção do modelo de simulação.

#### 4.1.2 Mapeamento da cadeia de suprimentos.

O mapeamento de uma cadeia de suprimentos permite evidenciar diferentes fluxos operacionais. Dessa forma, dependendo do *core business* das empresas, é possível visualizar pontos importantíssimos baseados no Modelo SCOR, os quais são: *Plan*, *Source*, *Make*, *Deliver* e *Market*. O último elemento providencia maior abrangência em relação ao destino dos produtos dentro do fluxo da cadeia.

Por outro lado, as cadeias agroalimentares recebem inumeráveis questionamentos pelas negociações diferenciadas e as diferentes perdas de alimentos. Também, nos últimos anos há diferentes desafios como por exemplo a exigência pela falta de transparência e ineficiência da interconexão de dados, processos e produtos (Hang et al., 2020).

Por exemplo, as cadeias agroalimentares no setor das carnes analisaram a focalização da informação, pois o criador de cordeiros sabe exatamente quando deve sacrificar o animal, quando deve ser enviado à transportadora, e em quanto tempo pode durar muito antes de estragar o produto. Porém o varejista sabe relativamente essas informações, nesse ponto da cadeia há uma perda de informação entre o minorista e os consumidores (Hang et al., 2020).

O desenvolvimento e reformas dentro das cadeias agrícolas exigem novas técnicas para a criação de um entorno com maior transparência. Um maior fluxo de informação sobre o produto reduz os riscos e as preocupações do consumidor, isso garante os processos agroalimentares (Niknejad et al., 2021; Pincheira et al., 2021). A Figura 27, mostra uma cadeia agroalimentar tradicional que faz exportação e possui vendas diretas no mercado nacional.

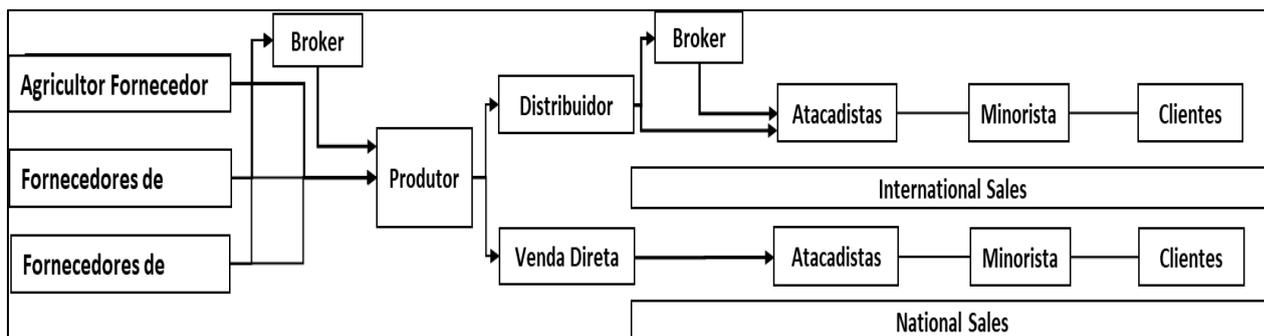


Figura 27: Cadeia Agroalimentar de exportação e vendas nacionais.

A Cadeia Agroalimentar Tradicional (Figura 27), mostra os diferentes atores como fornecedores, intermediários e dois tipos de distribuição: direta e internacional, considerando, os atores diretos dentro do processo de venda dos produtos. Cabe mencionar, que em diferentes cenários alguns processos de distribuição física internacional são feitos pelos operadores logísticos de acordo com o nível de requerimento e simplificação dos processos (2pl, 3pl, 4pl e 5 pl).

O mapeamento de uma cadeia tradicional permite conhecer os fluxos existentes até chegar ao consumidor final, e permite observar os processos macro, mas isso não garante que a possível implementação de uma nova ferramenta tecnológica possibilite gerar retornos. Por isso, foi necessário um mapeamento detalhado com o Modelo *SCOR*, também foi necessária a identificação de operações e atores com informações relacionadas às permissões e certificações indispensáveis para a exportação de produtos, como ilustrado na Figura 28.

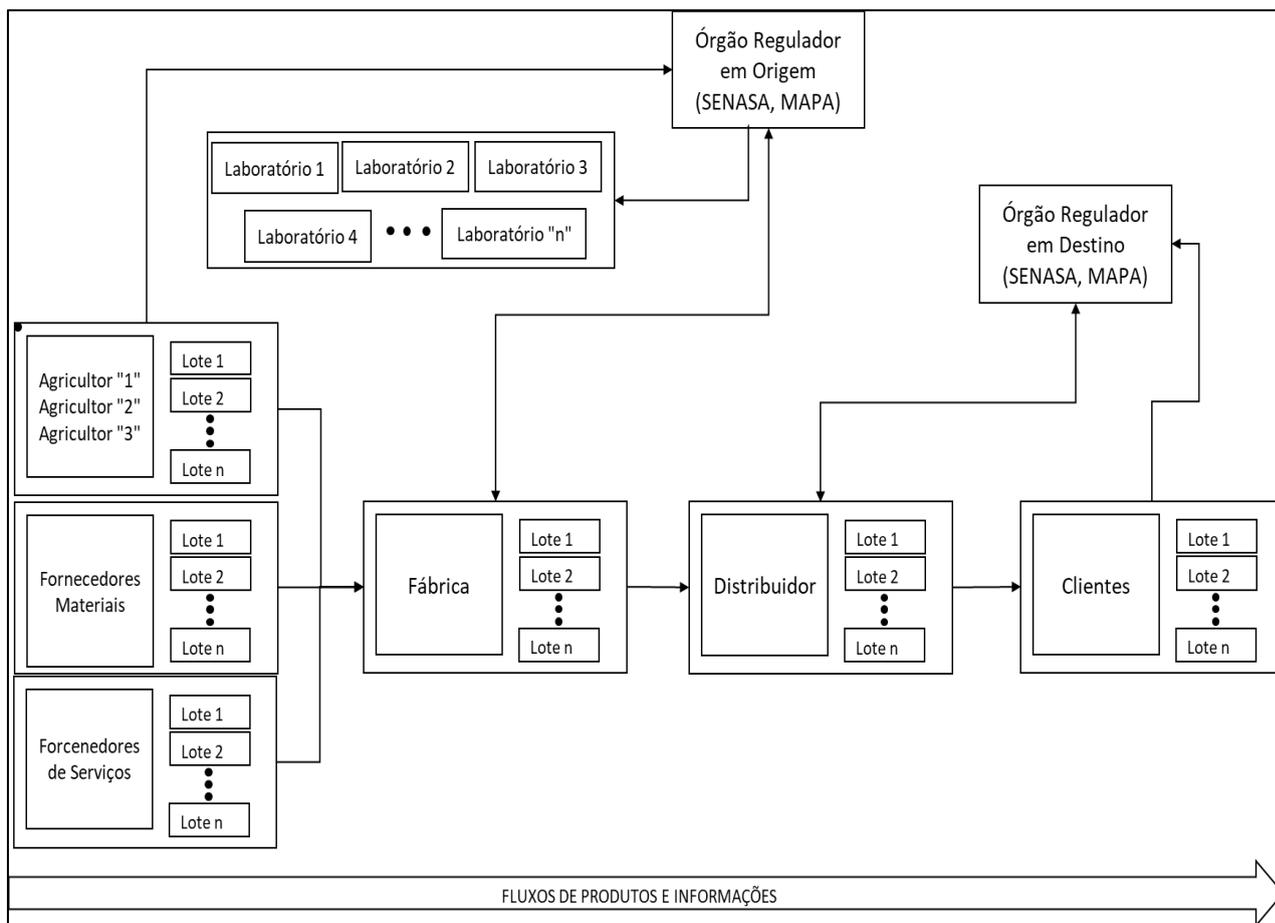


Figura 28: Fluxos de Produtos e Informações para Exportação.

Em continuidade, na Figura 28, os fornecedores da fábrica atendem as demandas de materiais e serviços em diferentes quantidades e momentos, o “Agricultor” antes de atender a demanda física, deve coordenar junto com a Fábrica analisar as frutas (amostras) e garantir que sejam inócuas. Em seguida, os laboratórios autorizados pela autoridade sanitária em origem analisam a amostra solicitada e reportam os resultados para Fábrica e Agricultor, e finalmente os lotes podem ser aceitos na Fábrica para a transformação.

Ademais, no processo de empacotamento, que geralmente é realizada nas fábricas ou plantas industriais com autorização da autoridade sanitária em origem, há um certificado fitossanitário que garante a existência de boas praticas durante a estiva. Assim, a mercadoria está pronta para o envio no país de destino e inclui processos burocráticos que são superados com os certificados antes mencionados.

Depois, os distribuidores no país de destino, apresentam (para as autoridades sanitárias em destino) os certificados físicos gerados durante o processo

de envio, esses certificados físicos tardam aproximadamente 7 dias para o envio desde o país de origem até o país de destino (incluindo o tempo de geração de certificado físico e deslocalização), e são administrados e apresentados pelos “Agentes Aduaneiros ou de Alfândega” para a liberação dos produtos no país de destino e finalmente possam ser distribuídos para os clientes finais.

Adicionalmente, em uma cadeia de suprimentos agroalimentar, os atores das cadeias agroalimentares desenvolvem processos chaves para o fluxo de produção e atendimento do cliente final. As boas praticas e atores reguladores, garantem que cada processo possua um certificado e autorização para o consumo humano, garantindo a qualidade de cada produto. Nesse sentido, a Tabela 3 mostra as variáveis transacionais consideradas determinantes para o desenvolvimento dos contratos inteligentes e rastreabilidade na cadeia agroalimentar.

Fornecedores	Fábrica ou Transformador	Laboratório	Órgão regulador em Origem
ID Fornecedor Número de Lote Enviado Quantidade Produzida Custo do Fornecedor ID do Produto Data e hora fase 1 Certificado de Produção Aplicação Química	ID Fornecedores Código Requerimento Preço Peso Lote Data e Hora Fase 2 ID Produto Código Certificado de Produção	Código de Solicitação Código de Amostra ID Fornecedor / transformador Código de Autorização Temperatura Insumos Químicos Qualidade da Água	ID Fornecedor Data e Hora fase 4 Lugar Código da Inspeção Autorizações ID Laboratório ID Fornecedor ID Transformador
Distribuidor	Órgão regulador em Destino	Atacado	Cliente
Data e Hora Requerimento fase 5 Código Guia ID Transformador ID Transportadora Código Autorização Preço	Código Solicitação ID laboratório ID Distribuidor ID transformador Lugar da inspeção Data e Hora fase 6 Confirmação Código emitido	ID Fornecedor Código Produto ID Certificado Origem Data vencimento Lote	ID Fornecedor Código Produto ID Certificado Origem Data vencimento Lote

Tabela 3: Variáveis transacionais de uma cadeia Agroalimentar (Borrero, 2019; Guo et al., 2021; Salah et al., 2019).

Nesse sentido, a Tabela 3 mostra as variáveis transacionais consideradas determinantes para o desenvolvimento dos contratos inteligentes e rastreabilidade na cadeia agroalimentar.

### 4.1.3 Mapeamento baseado no Modelo SCOR.

O mapeamento da cadeia baseada no Modelo SCOR versão 12.0 permite evidenciar a clarificação de operações de forma uniforme, ressaltar as interações entre todos os agentes da cadeia de suprimentos e os fluxos de informações.

A cadeia de suprimentos mapeada no primeiro nível SCOR mostra todos os processos identificados e uniformizados evidenciando as interações entre atores. Portanto, o mapeamento macro (Figura 29) permite reconhecer as configurações presentes que serão input para o *Smart Contract*.

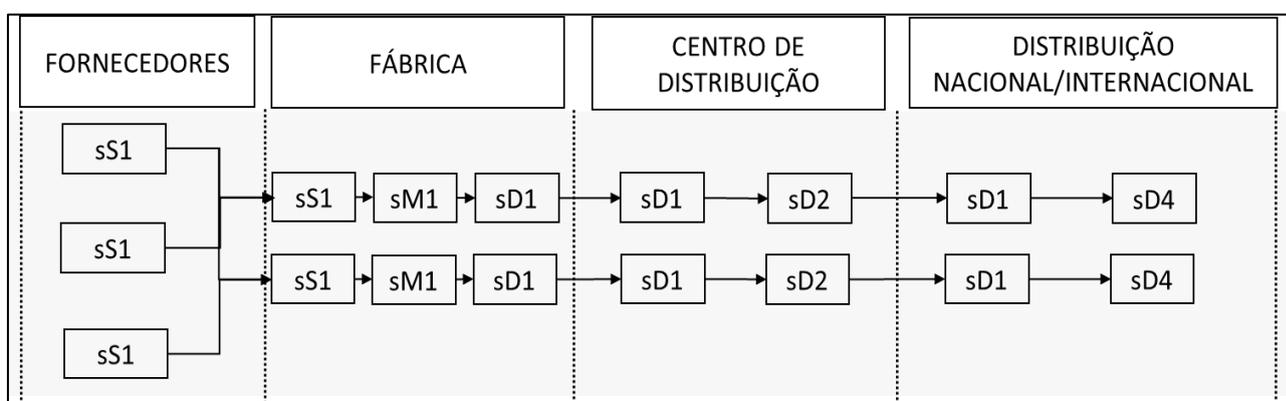


Figura 29: Mapeamento macro da cadeia agroalimentar identificada

Como foi indicado, a Figura 29, mostra os processos macro da cadeia agroalimentar identificada baseadas no Modelo SCOR. Em referência à figura citada, pode-se observar que os diferentes fornecedores foram agrupados e servem de *inputs* para os processos de Fábrica. Logo, os Processos de Fábrica apresentam configurações alinhadas de forma transversal com os seguintes processos no centro de distribuição e distribuição nacional e internacional.

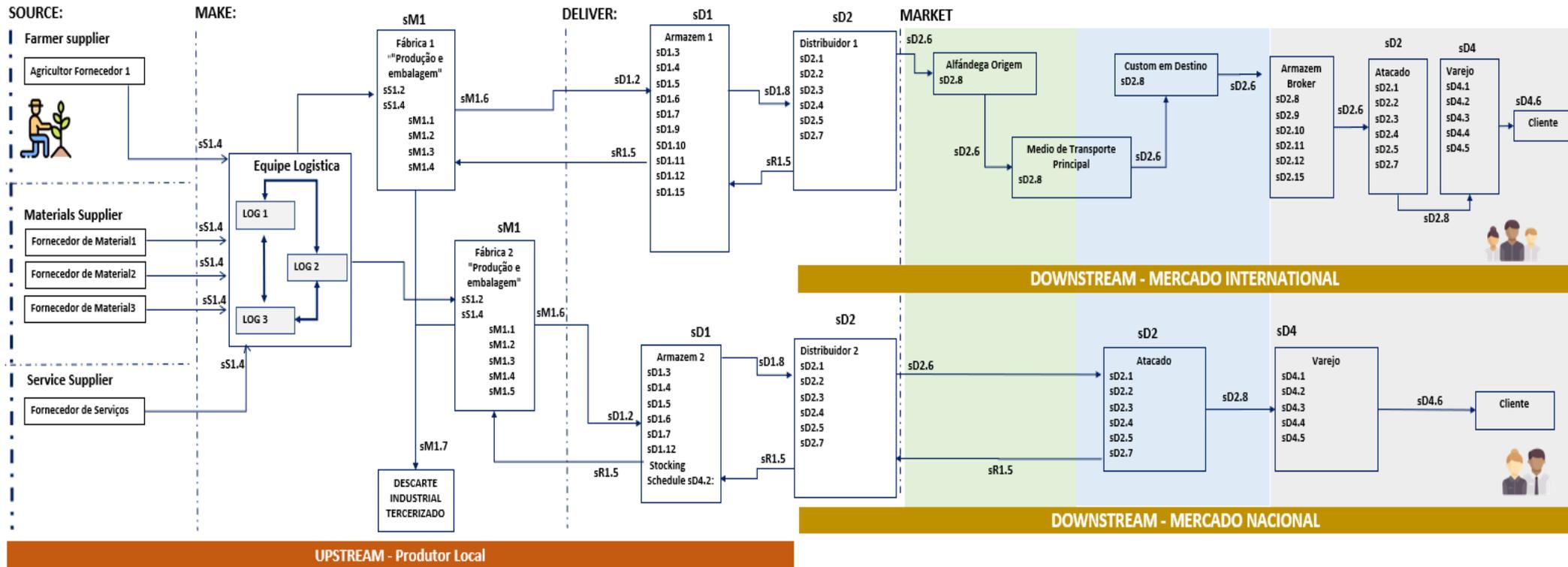
A cadeia mapeada na Figura 30, foi baseada no Modelo SCOR. Conseqüentemente, os fornecedores são agrupados em três grupos, o primeiro são os agricultores que para o presente caso é um único fornecedor (agricultor), no segundo grupo estão os fornecedores de materiais (diversos para preparação do produto final) e um terceiro grupo com fornecedores de serviços. Todos eles estão em contato direto com a equipe de Logística (Fábrica) e estão alinhadas com o *Source Stocked Product (sS1)*

No processo *Make*, a equipe de logística (Fábrica) recebe os *inputs* dos fornecedores, espera-se que os *inputs* estejam alinhados com a visão da empresa, ou

seja que permitam acrescentar valor no produto final. Depois, a equipe de logística faz a alocação de recursos para as duas Plantas ou Fábricas, ambas fazem a produção e embalagem do produto, como foi comentado, de cortes de manga. Além disso, a Fábrica 1 faz produção exclusiva para a exportação e a Fábrica 2 faz produção para vendas locais e todas as atividades estão baseadas no *Make to Stock sM1*.

Em relação ao processo Deliver, o Armazém 1 recebe os pedidos e os armazena, e do mesmo modo, o Armazém 2. Dentro dos Armazéns todas as atividades estão baseadas *Deliver Stocked Product (sD1)*. Logo, os Armazéns fazem o envio dos produtos para o Distribuidor 1 (Distribuição Internacional) e 2 (Distribuição Nacional) respetivamente ambas atividades baseadas no *Deliver Make to Order Product (sD2)*.

Para o processo de Market, a cadeia internacional segue as atividades baseadas no *Deliver Make to Order Product (sD2)* passando pelo *Broker* e Atacado e para o Varejo os processos estão baseados no *Deliver Retail Product (sD4)*. Da mesma forma, a cadeia nacional mantém os processos alinhados no *Deliver Make to Order Product (sD2)* no Atacado, mas para o Varejo os processos mudam para o *Deliver Retail Product (sD4)*.



sS1.1- Programar Entrega  
 sS1.2 – Receber Produto  
 sS1.3 - Verificar Produto  
 sS1.4 - Transferir Produto  
 sS1.5 - Autorizar Pagamento

sM1.1 – Programar Produção  
 sM1.2 – Alocar Material  
 sM1.3 – Produzir e Testar  
 sM1.4 – Embalar  
 sM1.5 – Estocar Produto  
 sM1.6 – Liberar Produto Entrega

sD1.1 – Pesquisa de Processos e Cotação.  
 sD1.2 – Recepção de entrada e Validação de Pedido.  
 sD1.3 – Alocar Estoque e firmar Data de Entrega.  
 sD1.4 – Consolidar Ordem  
 sD1.5 – Montar Cargas.  
 sD1.6 – Roteirizar  
 sD1.7 – Selecionar Transportador

sD1.8 – Receber Produto  
 sD1.9 – Separar Produto  
 sD1.10 – Embalar Produto.  
 sD1.11 – Carregar veículo e Criar Doc. Embarque  
 sD1.12 – Despachar Produto.  
 sD1.13 – Confirmação de Recebimento (cliente)  
 sD1.15 Faturamento

sD2 - Entrega de produtos sob encomenda  
 sD2.1 - Processar consulta e orçamento  
 sD2.2 - Receber, configurar, inserir e validar o pedido  
 sD2.3 - Reservar o inventário e determinar a data de entrega  
 sD2.4 - Consolidar pedidos  
 sD2.5 - Construir cargas  
 sD2.6 - Roteirizar envios  
 sD2.7 - Selecionar transportadoras e precificar envios  
 sD2.8 - Receber o produto da fonte ou da fábrica

sD2.9 - Coletar o produto  
 sD2.10 - Embalar o produto  
 sD2.11 - Carregar o produto e gerar os documentos de envio  
 sD2.12 - Enviar o produto  
 sD2.13 - Receber e verificar o produto por parte do cliente  
 sD2.15 - Faturamento / Faturar

sD2.9 - Coletar o produto  
 sD2.10 - Embalar o produto  
 sD2.11 - Carregar o produto e gerar os documentos de envio  
 sD2.12 - Enviar o produto  
 sD2.13 - Receber e verificar o produto por parte do cliente  
 sD2.15 - Faturamento / Faturar

sD4.1 – Programar Abastecimento.  
 sD4.2 – Receber Produto na Loja.  
 sD4.3 – Separar Produto Depósito.  
 sD4.4 – Disponibilizar na prateleira  
 sD4.5 – Atender Cesta de Compra.  
 sD4.6 – Caixa/Pagamento.  
 sD4.7 – Entregar/Instalar.

SR1.1 – Identificar Produto Defeituoso.  
 SR1.2 – Disposição Produto Defeituoso.  
 SR1.3 – Solicitação Autorização.  
 SR1.4 – Agendar Coleta  
 SR1.5 – Retorno Físico Produto.

Figura 30: Mapeamento da cadeia agroalimentar de manga baseada no SCOR

O retorno de produtos ou a logística inversa só é praticada na cadeia nacional baseada em Source Return Defective Product (sSR1). Na cadeia Internacional não é praticada devido a perecibilidade do produto, como detalhado na Figura 30.

#### 4.1.4 Desenvolvimento do Smart Contract

O desenvolvimento do contrato inteligente está programado na Interface Gráfica do Usuário (GUI em Inglês) do REMIX IDE. Essa interface permite desenvolver contratos inteligentes na plataforma *ETHEREUM*, de acordo com a *website* do REMIX IDE aqui podem ser desenvolvidos contratos inteligentes com altos níveis de complexidade por programadores principiantes e avançados (REMIX IDE, 2023).

A Figura 31, mostra os diferentes plugins do GUI do REMIX IDE os quais auxiliaram no desenvolvimento do contrato inteligente, todos eles foram de disponibilidade gratuita e a única condição foi o acesso à internet.



Figura 31: Plugins da Interface REMIX IDE.

Como é observado na Figura 31, os 7 plugins principais são apresentados. O primeiro “compilador de solidez” permite compilar os códigos gerados dentro da interface do REMIX IDE enviado de forma direta para o *InterPlanetary File System* (IPFS), nesse ponto é necessário contar com uma conta com dinheiro virtual para o pagamento das transações. O segundo “Implantar & Executar” permite validar se o contrato realiza as funções declaradas dentro da interface do REMIX IDE. O terceiro “Explorador de Arquivos” permite administrar diferentes folhas de contratos inteligentes. O quarto “Depurador” coloca pontos de interrupção nos contratos inteligentes programados. O quinto “Análise Estatística” examina e depura o código

gerado sem executá-lo. O sexto “Testes de unidade de Solidez” executa testes unitários de acordo com os arquivos e dados adicionados no terceiro plugin e, por fim, o sétimo “Remixado” é um pacote que permite acessar aos arquivos locais para diferentes funcionalidades.

#### 4.1.4.1 Interface Remix – Ethereum

*Remix solidity* possui uma interface amigável e sem complexidade na hora do desenvolvimento do contrato inteligente. No presente caso, foi necessária a conexão à internet, e em seguida, acessar no site [remix.ethereum.org](http://remix.ethereum.org). A Figura 32 mostra a interface inicial.

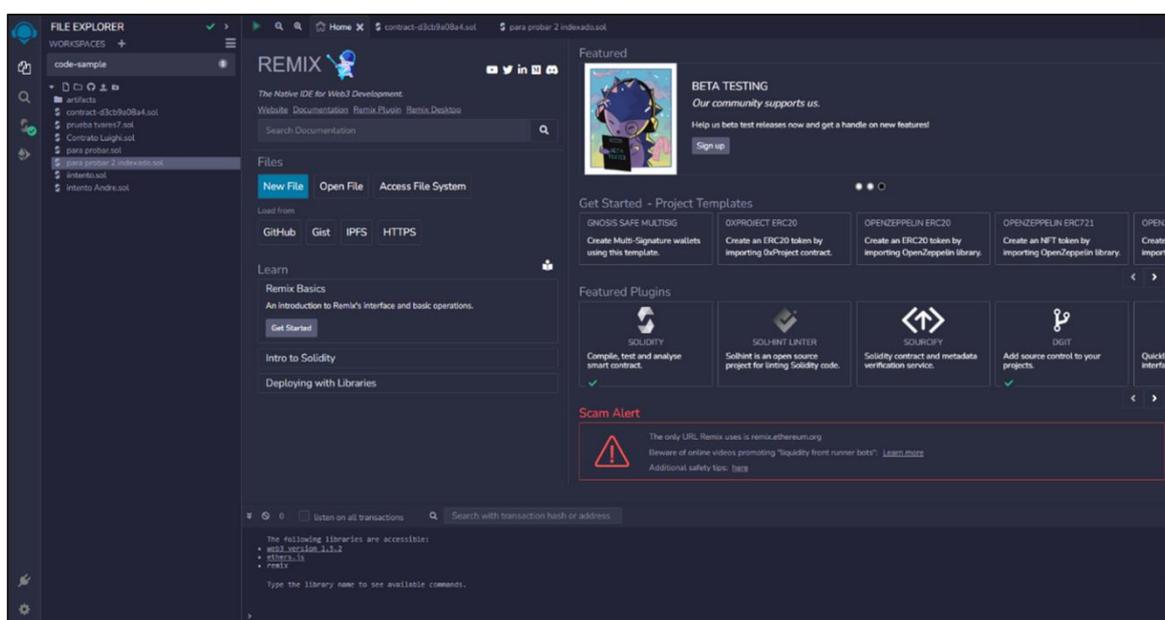


Figura 32: Interface inicial do REMIX IDE.

De acordo com a Figura 32, observa-se a interface inicial do REMIX IDE a qual inclui os plugins do lado esquerdo e algumas versões do contrato realizado na biblioteca formando parte do gerenciamento de arquivos comentado em linhas anteriores.

#### 4.1.4.2 Lógica do Remix IDE e Esquemas do contrato inteligente e adaptação das variáveis transacionais de uma cadeia agroalimentar.

Assim como foi apontado, o Contrato Inteligente desenvolvido no *REMIX IDE* esta baseado na sequência explicada na Figura 28. Adicionalmente, o *REMIX IDE* permite participar da rede de blocos desde um grupo de contas, as quais servem de

identificador e podem ser nomeadas como “chaves de participação”.

Para o presente caso foram utilizadas 4 chaves de participação, ou seja, endereços das contas únicas que poderiam participar de forma específica no presente contrato inteligente. Observar o Quadro 11.

Contas ou chaves de participação	Descrição
0xAb8483F64d9C6d1EcF9b849Ae677dD3315835cb2	Endereço do Agricultor
0x78731D3Ca6b7E34aC0F824c42a7cC18A495cabaB	Endereço do Laboratório (análises)
0x5B38Da6a701c568545dCfcB03FcB875f56beddC4	Endereço da Fábrica
0x4B20993Bc481177ec7E8f571ceCaE8A9e22C02db	Endereço de Controle (SENASA)

Quadro 11: Endereços utilizados no contrato inteligente.

O Quadro 11, permite identificar os endereços ou contas dos atores que participam no desenvolvimento do contrato inteligente, sem elas não será possível o adicionamento de informação em forma de blocos dentro da rede Blockchain. Desta maneira, essas chaves garantem segurança no momento de realizar as transações dentro da rede.

Depois, foi necessário visualizar todos os elementos de programação que foram aplicados no contrato inteligente e o resultado da combinação deles, objetivando um melhor entendimento da lógica aplicada no presente estudo.

O Quadro 12 mostra o primeiro componente do contrato inteligente, apresentando na primeira coluna os elementos de programação, na segunda o nome assignado no contrato, na terceira a descrição e o objetivo de cada uma delas, e na última coluna as variáveis utilizadas.

Como consequência, a combinação dos elementos do Quadro 12 permite adicionar informação de novos fornecedores para a cadeia de suprimentos, incluindo diferentes informações como lotes, preços, quantidade, ID de fornecedor, e se a produção for para exportação (\_ProdExt), o hash resultante é nomeado como Hash1.

Ademais, muitas variáveis podem ser processadas como números (int ou uint) ou letras (string). Outrossim, no apêndice Apodem ser consultadas as diferentes construções de programação do contrato inteligente para o presente caso.

Elementos de Programação	Nome do elemento	Descrição	Variáveis
struct	FornecedoreS	A estrutura FornecedoreS permite adicionar informação de acordo com as variáveis, assim qualquer informação nova que não esteja dentro das variáveis não será incluída.	CodigoProductoAgricolaS NumeroloteColetadoS quantidadeS precoagricolaS ProdExtS
Event	ProduccionAgricolaAgricultor	O evento ProduccionAgricolaAgricultor permite notificar aos nós, quando for executada a função ProduccionAgricola, especificamente de um endereço de saída para um endereço de destino	address indexed to address indexed from _CodigoProductoAgricola _CodFornecedor _NumLoteColectado _quantidade _precoAgricola _ProdExt
Function	ProduccionAgricola	A função ProduccionAgricola, apresenta diferentes variáveis as quais permitem notificar aos nós as quantidades de produção organizadas em ID de fornecedor, lotes, quantidades, preços e se é qualificada como Produção para exportação.	address to address from _CodigoProductoAgricola _CodFornecedor _NumLoteColectado _quantidade _precoAgricola _ProdExt
timestamp		O timestamp permite adicionar ao bloco uma marca de tempo que garante a transparência das transações.	block.timestamp
emit	ProduccionAgricolaAgricultor	Cada evento realizado é acompanhado de uma emissão, nesse sentido cada vez que o evento é declarada existe uma emissão de confirmação com os mesmos dados do evento.	to from _CodigoProductoAgricola _CodFornecedo _NumLoteColectado _quantidade _precoAgricola _ProdExt

Quadro 12: Primeiro componente do contrato inteligente.

Na sequência, o Quadro 13 mostra o segundo componente do contrato inteligente, o qual está relacionado com o processo de solicitação de avaliação dos produtos dos fornecedores (agricultores) para os diferentes laboratórios cadastrados na rede de blocos. Nesse segundo componente, foi adicionado o “require” que permite garantir que unicamente os produtores possam fazer as solicitações, e destacar a

existência do “timestamp” que adiciona uma assinatura digital de tempo para garantir a transparência da rede e a imutabilidade.

Elementos de Programação	Nome do elemento	Descrição	Variáveis
struct	AvalSolCriteriosMostra	A estrutura permite adicionar novas solicitudes de avaliações e análises.	CodigoSolicitudAvaliacao
			IDMostra
event	SolicitudAvaliaMostra	O Evento SolicitudAvaliaMostra permite notificar aos nodos, quando for executada a função SolicAvalMostra, ou seja a notificação de solicitação para análises	address indexed to1
			address indexed from2
			_CodsolicitudAnls
			_CodigMostra
			_hash1
function	SolicAvalMostra	Permite fazer a solicitação dentro da rede de blocos, a análises dos produtos registrados no primeiro componente.	address to1
			address from2
			_CodsolicitudAnls
			_CodigMostra
			_hash1
require		O Require permite que o processo seja feito com o endereço chave, neste caso do produtor.	
timestamp		O timestamp permite adicionar ao bloco uma marca de tempo que garante a transparencia das transações.	block.timestamp
emit	SolicitudAvaliaMostra	Cada evento realizado é acompanhado de uma emissão, no caso uma vez realizado o evento, confirma-se a emissão	to1
			from2
			_CodsolicitudAnls
			_CodigMostra
			_hash1

Quadro 13: Segundo componente do contrato inteligente.

O Quadro 14 detalha o terceiro componente do contrato inteligente, o qual esta atrelado ao segundo componente, pois responde à solicitação de avaliação feita previamente. Deste modo, os laboratórios identificados conseguem adicionar informação, isso quer dizer que os resultados produto das avaliações são alocadas usando a função ResultadoLabO incluindo o Hash1 para manter o fluxo de informações e não perder informação. Por isso, as variáveis como temperatura, insumos químicos, qualidade de água são avaliados e descentralizados na rede de cadeia de blocos. Um dos *outputs* deste passo, é compilar todo o resultado na geração do Hash 2.

Elementos de Programação	Nome do elemento	Descrição	Variáveis
struct	ResultadoSLab	Permite adicionar os diferentes resultados para cada solicitação e não só armazenar um resultado.	CodigoSolicitudAvaliacaoS
			LabIDs
			TemperaturaS
			InsumQuimicoS
			CalidadAguaS
event	ResultadoLab	O evento ResultadoLab permite notificar aos nós, quando for executada a função ResultadoLabO.	indexed to3
			indexed from3
			_ResultadoAval
			_CodsolicitudAnls
			_LabID
			_Temperatura
			_InsumQuimico
			_CalidadAgua
function	ResultadoLabO	Permite adicionar as diferentes informações em relação aos resultados das análises.	_hash1
			address to3
			address from3
			_ResultadoAval
			_CodsolicitudAnls
			_LabID
			_Temperatura
			_InsumQuimico
			_CalidadAgua
			_hash1
require	require(msg.sender==0x78731D3Ca6b7E34aC0F824c42a7cC18A495cabaB)		
timestamp		block.timestamp	
Emit	ResultadoLab	Cada evento realizado é acompanhado de uma emissão, no caso uma vez realizado o evento confirma-se a emissão	to3
			from3
			_ResultadoAval
			_CodsolicitudAnls
			_LabID
			_Temperatura
			_InsumQuimico
			_CalidadAgua
_hash1			

Quadro 14: Terceiro componente do contrato inteligente.

Depois, o Quadro 15, detalha o quarto componente e considera como *input* o Hash 2. Em continuidade, este processo permite gerar o requerimento de pedido para o Fornecedor com o resultado das análises no terceiro componente, e por isso que é requerido o Hash 2 dentro da função desenvolvida para este quarto componente

e gera um Hash3.

Elementos de Programação	Nome do elemento	Descrição	Variáveis
struct	PedidosS	Permite fazer o requerimento para de produtos ou lotes de produção para o fornecedor.	ProdExtS
			NRequerimentoO
			QuantidadeE
			PrecO
			PesO
			LotE
			IDPEDIDO
			hash2
event	OrdenRequerimientoEmpresa1	O evento OrdenRequerimientoEmpresa1 permite notificar aos nós, quando for executada a função OrdenRequerEMPresa1	indexed to4
			indexed from4
			_ProdExtS
			_Nrequerimiento
			quantidadeRequerida1
			_preco
			_peso
			_Lote1
			_condicion
			_IDPEDIDO
			hash2
function	OrdenRequerEMPresa1	Permite enviar o requerimento para o Fornecedor, incluindo o Hash2 (resultante da análise do laboratório)	address to4
			address from4
			string memory _ProdExtS
			_Nrequerimiento
			_quantidadeRequerida1
			_preco
			_peso
			_Lote1
			_condicion
			IDPEDIDO
			hash2
timestamp			= block.timestamp;
require	require(msg.sender==0x5B38Da6a701c568545dCfcB03FcB875f56beddC4)		
Emit	OrdenRequerimientoEmpresa1	Cada evento realizado é acompanhado de uma emissão, no caso uma vez realizado o evento confirma-se a emissão	to4
			from4
			_ProdExtS
			_Nrequerimiento
			quantidadeRequerida1
			_preco
			_peso
			_Lote1
			_condicion
			IDPEDIDO
hash2			

Quadro 15: Quarto componente do contrato inteligente.

Ao mesmo tempo, o Quadro 16, apresenta o quinto componente do contrato inteligente que permite referenciar o produto confirmado para a entrega na Fábrica, nesse caso é necessário adicionar o Hash3 do componente anterior para

manter o fluxo das informações entre todos os blocos, como *input* é gerado o Hash4.

Elementos de Programação	Nome do elemento	Descrição	Variáveis
struct	GuiaS	permite alocar novas referencias para rastrear os produtos	NumGuiaS
			TransportadoraS
			Hash3
event	EmnisionGuiaVenta1	Permite notificar a todos os nós sobre a referencia	_hash3
			NumguiaVenta
			transportadora
function	EmisiGuiaVenta1	A função permite a emissão de uma referencia para o pedido e rastreabilidade	_hash3,
			_NumguiaVenta
			_transportadora
require	require(msg.sender==0xAb8483F64d9C6d1EcF9b849Ae677dD3315835cb2)		
Emit	EmnisionGuiaVenta1	Cada evento realizado é acompanhado de uma emissão, no caso uma vez realizado o evento confirma-se a emissão	_hash3
			NumguiaVenta
			transportadora

Quadro 16: Quinto componente do contrato inteligente.

Igualmente, o Quadro 17 apresenta o sexto componente do contrato inteligente, o qual permite destacar a confirmação de reserva do produto, o qual garante à rede da quantidade e do possível horário de arribo no local da fábrica, depois inclui o Hash4 para manter o fluxo de informações.

Elementos de Programação	Nome do elemento	Descrição	Variáveis
event	GDespachoPedidoAgrifornecedor1	o evento de confirmação de reserva e envio de mercadoria ou produto	_hash4
			_HoraArribo
require	require(msg.sender==0xAb8483F64d9C6d1EcF9b849Ae677dD3315835cb2)		
timestamp	block.timestamp		
Emit	GDespachoPedidoAgrifornecedor1	Cada evento realizado é acompanhado de uma emissão, no caso uma vez realizado o evento confirma-se a emissão	_hash4
			_HoraArribo

Quadro 17: Sexto componente do contrato inteligente.

Ainda, o sétimo componente do contrato inteligente apresentado no Quadro 18, mostra o processo de solicitação de visores de processos de estiva, na qual são completadas todas as informações da solicitação para a posterior aprovação.

Elementos de Programação	Nome do elemento	Descrição	Variáveis
struct	SolicitudIngSenasaS	Permite alocar as diferentes solicitações de revisores de processo oferecidas pela organização estatal SENASA MAPA	ProductodeExportacionS
			DiaMesAnoS
			HoraS
			lugarS
			Hash3
Event	SolicIngSenasa	O evento SolicIngSenasa permite notificar aos nós, quando for executada a função SolicIngeSenasa	address indexed to5
			address indexed from5
			_ProductoDeExportacion
			_DiaMesAno
			_hora
			_Lugar
function	SolicIngeSenasa	Permite solicitar a presença do revisor do processo às entidades estatais	to5
			from5
			_ProductoDeExportacion
			_DiaMesAno
			_hora
			_Lugar
			_hash3
timestamp		block.timestamp	
require	require(msg.sender==0x5B38Da6a701c568545dCfcB03FcB875f56beddC4)		
Emit	SolicIngSenasa	Cada evento realizado é acompanhado de uma emissão, no caso uma vez realizado o evento confirma-se a emissão	to5,
			indexed from5
			_ProductoDeExportacion
			_DiaMesAno
			_hora
			_Lugar
			_hash3

Quadro 18: Sétimo componente do contrato inteligente.

Além do mais, o oitavo componente do contrato inteligente no Quadro 19 permite emitir o certificado agroalimentar necessário para a saída do país de origem e apresentado no país de destino. Aqui é relevante considerar que a única chave não distribuída é do agente estatal, e o agente não precisa revelar a chave de emissão de certificados.

Elementos de Programação	Nome do elemento	Descrição	Variáveis			
struct	OrigenCertificadoS	Permite alocar as diferentes emissões de certificados anexando os diferentes hash2 gerados por cada processo	ProductoSenasAS			
			CodigosCertificadoS			
			Hash2			
			CodigoIngSenasaS			
			FechaInspeccion			
			LugardeCargaS			
			StatusFinalS			
Event	ValidacionCertificadoEstat al	O evento SolicIngSenasa permite notificar aos nós, quando for a executada a função CertificacionEmpresaEstat al	address indexed to6			
			address indexed from6			
			_ProductoSenasa			
			_CodigoCertificado			
			_referenciaHash2			
			_CodigoIngSenasa			
			_fechaInspeccion			
function	CertificacionEmpresaEstat al	Permite gerar novos certificados e enviar a notificação a todos os nós da rede de blocos	_LugardeCarga			
			_StatusFinal			
			address to6			
			address from6			
			_ProductoSenasa			
			_CodigoCertificado			
			_referenciaHash2			
_CodigoIngSenasa						
require	require(msg.sender==0x4B20993Bc481177ec7E8f571ceCaE8A9e22C02db)		_fechaInspeccion			
			_LugardeCarga			
			_StatusFinal			
			timestamp			
			Emit	ValidacionCertificadoEstat al	Cada evento realizado é acompanhado de uma emissão, no caso uma vez realizado o evento confirma-se a emissão	block.timestamp
						address indexed to6
						address indexed from6
_ProductoSenasa						
_CodigoCertificado						
_referenciaHash2						
_CodigoIngSenasa						
_fechaInspeccion						
require	require(msg.sender==0x4B20993Bc481177ec7E8f571ceCaE8A9e22C02db)		_LugardeCarga			
			_StatusFinal			

Quadro 19: Oitavo componente do contrato inteligente.

Finalmente, o Quadro 19 garante que não exista intervenção com viés nos processos de emissão de certificados sem suporte da rastreabilidade dos processos prévios.

Com todo o anterior, as logicas apresentadas nos quadros citados se garante uma funcionalidade básica para a presente proposta estudada.

## 4.2 Resultados do Teste de simulação

### 4.2.1.1 Teste do Contrato Inteligente.

O Teste, está baseado nas funções “ProduccionAgricolaAgricultor” e “CertificacionEmpresaEstatal”. A Figura 33, mostra a lista de funções (laranja) e chamadas (azul) dentro do contrato inteligente chamado “cadeia de suprimentos”.

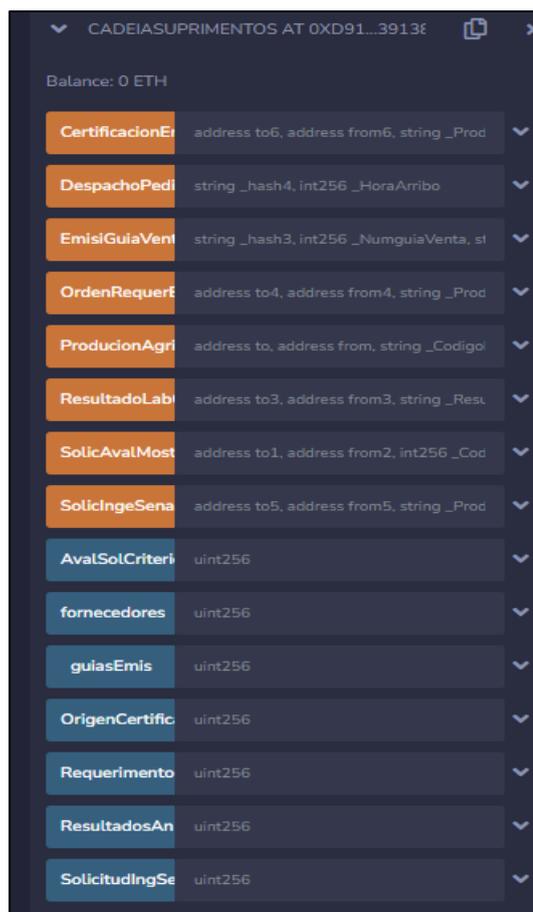
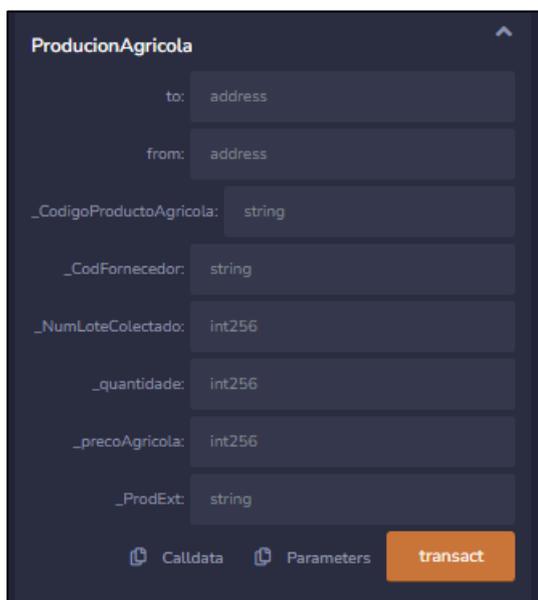


Figura 33: Lista de funções e chamadas no contrato inteligente.

A Função “ProduccionAgricolaAgricultor” (Figura 34) contem 8 espaços a serem preenchidos, com um endereço de saída e de destino, com um código de

produto (supondo que o código poderia registrar mais de um tipo de manga), um número de lote associado à produção, quantidade, preço do produto, e se o produto for destinado para o envio no exterior.



Parameter	Type
to:	address
from:	address
_CodigoProductoAgricola:	string
_CodFornecedor:	string
_NumLoteColectado:	int256
_quantidade:	int256
_precoAgricola:	int256
_ProdExt:	string

Figura 34: Função ProduccionAgricolaAgricultor.

Em seguida, ativa-se o suporte Metamask como carteira digital de moedas virtuais que permite interatuar com uma rede de blocos chamada “BscScan” que permite testar os diversos contratos inteligentes antes de enviá-las na rede blockchain original. O testnet permite garantir que o contrato inteligente esteja sólido, isso baseado em algumas ferramentas disponibilizadas na mesma BscScan. Por outro lado, as transações feitas precisam de moedas virtuais de simulação, as quais podem ser obtidas do BNB Smart Chain Faucet. A Figura 35 mostra o processo para a execução do contrato nas redes de teste.

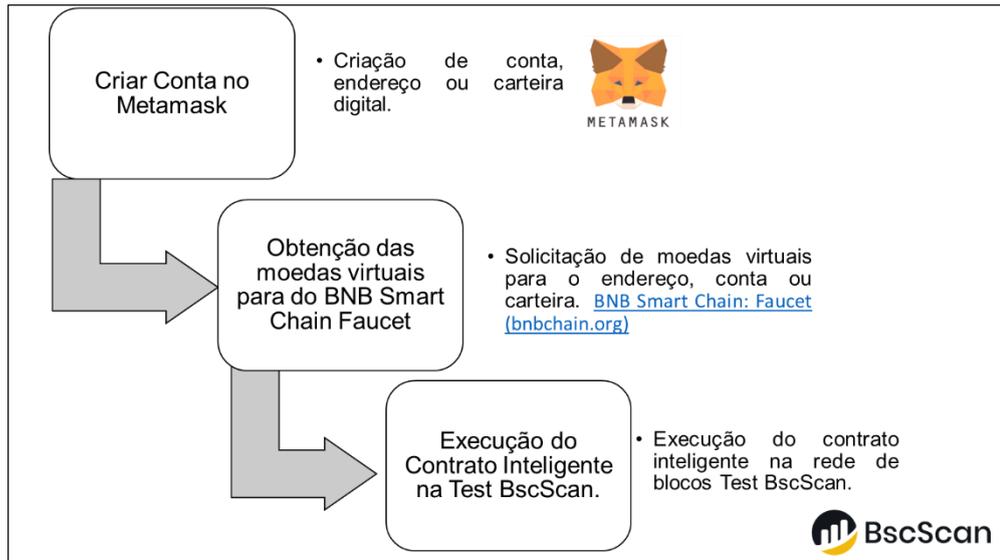


Figura 35: Processo de Simulação do Contrato Inteligente.

Depois, o contrato inteligente é executado na rede de teste. Para isso acontecer, a carteira digital ou a conta Metamask deve autorizar as transações e ser visualizada como conectada no momento da execução do contrato (Figura 36).



Figura 36: Conta ou Carteira virtual de Metamask.

Adicionalmente, uma vez vinculada a carteira imediatamente na seção *Environment* deve ser seleccionada a opção “*injected Provider – Metamask*” (Figura 37), isso é feito para facilitar a simulação entre os ambientes de teste.

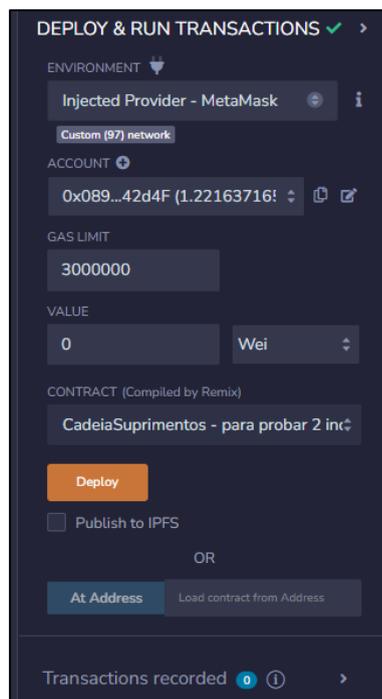


Figura 37: Selecionar o *Injected Provider – Metamask*.

A continuação, uma vez realizados os passos anteriores, o contrato finalmente é executado com sucesso e pode ser verificado. Também, como parte do processo de simulação foram adicionados os dados visualizados na Figura 38, supondo que o Código do produto é “ASD”, o código do fornecedor “BCE” e no campo `_ProdExt` permite saber se o produto vai ser exportado.

5. ProduccionAgricola (0x95cd83e7)

to (address)  
0xab8483f64d9c6d1ecf9b849ae677dD3315835cb2

from (address)  
0x089f0bbdf0f2405bb26438bb0af3e8d735E42d4F

\_CodigoProductoAgricola (string)  
ASD

\_CodFornecedor (string)  
BCE

\_NumLoteColectado (int256)  
156

\_quantidade (int256)  
165

\_precoAgricola (int256)  
23

\_ProdExt (string)  
SI

[Write](#)

Figura 38: Dados carregados no BscScan.

A opção *Write* permite confirmar a adição dos dados na rede de blocos e pode ser consultada na carteira digital, mostrada na Figura 38 e Figura 39.

5. ProduccionAgricola (0x95cd83e7)

to (address)  
0xab8483f64d9c6d1ecf9b849ae677dD3315835cb2

from (address)  
0x089f0bbdf0f2405bb26438bb0af3e8d735E42d4F

\_CodigoProductoAgricola (string)  
ASD

\_CodFornecedor (string)  
BCE

\_NumLoteColectado (int256)  
156

\_quantidade (int256)  
165

\_precoAgricola (int256)  
23

\_ProdExt (string)  
SI

[Write](#)

Novo endereço detectado! Clique aqui para adicionar à sua agenda de endereços.

CONTRATO

DETALHES DADOS HEX

EDITAR

**Taxa de gás estimada** 0.00267616  
**0.002676 TBNB**

Site sugerido Taxa máxima: 0.00267616 TBNB

**Total** 0.00267616  
**0.00267616 TBNB**

Valor + taxa de gás Valor máximo: 0.00267616 TBNB

Figura 39: Transação na rede de teste.

A consulta feita na Figura 39 permite conhecer a quantidade de ether que a transação na rede de teste vai consumir. Assim, se for aprovado, a Figura 40 mostra que do lado do *Write*, foi acrescentado um quadro azul que mostra a opção “*View your transaction*” que permite visualizar a transação realizada e o Hash gerado, incluindo custos em gás, tempo e assinatura digital.

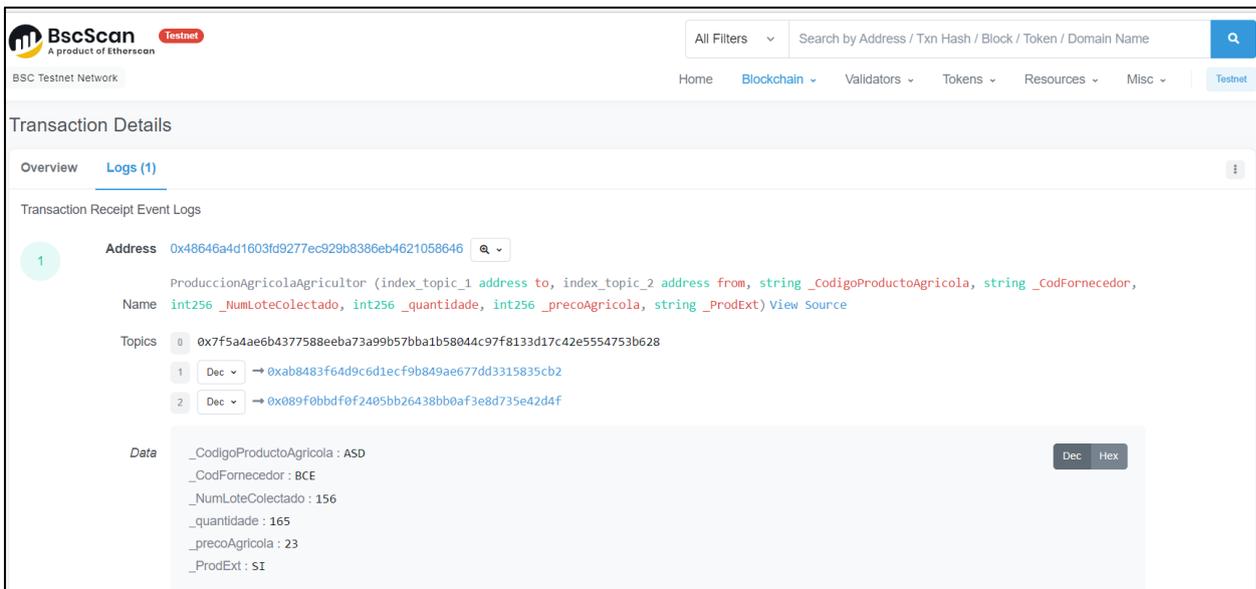
Figura 40: Transação confirmada.

O resultado da transação realizada pode ser conferido na Figura 41, a qual permite conhecer o resumo do processo de adição de blocos. Primeiro, pode ser observado o Hash da transação a qual esta indexada, depois o status que confere o *Success* do processo. Logo, o *Timestamp* assignado para o posterior reconhecimento e rastreabilidade do adição de informação.

Overview		Logs (1)
[ This is a Bsc Testnet transaction only ]		
Transaction Hash:	0x4346626c3a37e598a51e90d9abce5d17e59f5c48232ea8445c10641e08362032	
Status:	Success	
Block:	27210153 4 Block Confirmations	
Timestamp:	12 secs ago (Feb-13-2023 06:14:05 PM +UTC)	
From:	0x089f0bbdf02405bb26438bb0af3e6d735e42d4f	
To:	Contract 0x48646a4d1603fd9277ec929bb8386eb4621058646	
Value:	0 BNB (\$0.00)	
Transaction Fee:	0.00178411 BNB (\$0.51)	
Gas Limit:	267,616	
Gas Used by Transaction:	178,411 (66.67%)	
Gas Price:	0.00000001 BNB (10 Gwei)	
Nonce	Position	15 1
Input Data:	Function: ProduccionAgricola(address to,address from,string _CodigoProductoAgricola,string _CodFornecedor,int256 _NumLoteColectado,int256 _quantidade,int256 _precoAgricola,string _ProdExt)	

Figura 41: Resumo do processo de adição de bloco.

Ademais, pode ser visualizado o custo de transação em termos de Gás consumido, o qual pode permitir eventuais simulações para poder estimar os custos de diferentes transações. A Figura 42 mostra as informações adicionadas aos blocos, as quais podem ser apresentadas em forma de códigos (decimais ou hexadecimais), o anterior pode ser visualizado na seção *Data*.



The screenshot shows the BscScan interface for a transaction on the BSC Testnet Network. The transaction details are as follows:

- Address:** 0x48646a4d1603fd9277ec929b8386eb4621058646
- Name:** ProduccionAgricolaAgricultor (index\_topic\_1 address to, index\_topic\_2 address from, string \_CodigoProductoAgricola, string \_CodFornecedor, int256 \_NumLoteColectado, int256 \_quantidade, int256 \_precoAgricola, string \_ProdExt) View Source
- Topics:**
  - 0: 0x7f5a4ae6b4377588eeba73a99b57bba1b58044c97f8133d17c42e5554753b628
  - 1: Dec → 0xab8483f64d9c6d1ecf9b849ae677dd3315835cb2
  - 2: Dec → 0x089f0bbdf0f2405bb26438bb0af3e8d735e42d4f
- Data:**
  - \_CodigoProductoAgricola : ASD
  - \_CodFornecedor : BCE
  - \_NumLoteColectado : 156
  - \_quantidade : 165
  - \_precoAgricola : 23
  - \_ProdExt : SI

Figura 42: Resumo em códigos da informação adicionada na rede de teste.

Uma vez feito o processo com a função “ProduccionAgricolaAgricultor”, é necessário continuar com a função “CertificacionEmpresaEstatal”, que como foi comentado, vai permitir que seja gerado um certificado virtual com um código único e com dados que não serão modificados. A Figura 43, mostra os dados que completaram os requerimentos da presente função, lembrando que para fines práticos foram colocados dados improvisados.

1. CertificacionEmpresaEstatat (0x3a4e711a)	
to6 (address)	0x089F0BBdF0f2405Bb26438BB0Af3e8d735E42d4F
from6 (address)	0x089F0BBdF0f2405Bb26438BB0Af3e8d735E42d4F
_ProductoSenasa (string)	ASD
_CodigoCertificado (int256)	1111115552
_referenciaHash2 (string)	0x4346626c3a37e598a51e90d9abce5d17e59f5c48232ea8445c10641e083642032
_CodigoIngSenasa (int256)	252627854
_fechaInspeccion (int256)	200623
_LugardeCarga (string)	FABRICA1
_StatusFinal (string)	APROVADO-PROCEDE COM O ENVIO NO EXTERIOR
<input type="button" value="Write"/>	

Figura 43: Certificação de Produto feito pelo Órgão regulador (SENASA - MAPA).

Feito isso, a interface Metamask anuncia o custo da transação dessa operação. A Figura 44 garante a o custo da transação e uma vez aceita, a informação é adicionada na rede de blocos.

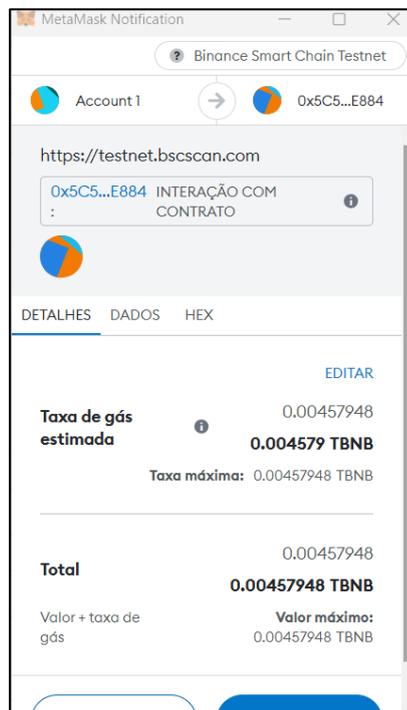


Figura 44: Custo de transação pela geração de Certificado.

Aceitado o custo de transação, é gerado o Hash da operação a qual pode ser observada na Figura 45. O tempo para realizar a operação foi de 24 segundos.

The screenshot shows the 'Transaction Details' page on BscScan. The transaction is identified as a BSC Testnet transaction. Key details include:

- Transaction Hash:** 0xcfe83f15f95d154833c0a3aae834cd4a92587647af310b03a618c0e796da19fd
- Status:** Success
- Block:** 30922185 (7 Block Confirmations)
- Timestamp:** 24 secs ago (Jun-22-2023 07:25:31 PM +UTC)
- From:** 0x089f0bbdf0f2405bb26438bb0af3e8d735e42d4f
- To:** Contract 0x5c54711eae649da59a07690888294fe7217be884
- Value:** 0 BNB (\$0.00)
- Transaction Fee:** 0.00305299 BNB (\$0.75)
- Gas Price:** 0.00000001 BNB (10 Gwei)

Figura 45: Dados da operação de Certificado.

Também, os dados incluídos nos blocos podem ser verificados na Figura 46, a qual mostra o resumo de todos os dados adicionados. Dentro da composição dos resultados, o campo Data mostra os dados assignados na primeira parte do processo, o qual afirma que a simulação dessa primeira parte foi correta.

The screenshot shows the 'Transaction Receipt Event Logs' page on BscScan. The log entry is as follows:

- Address:** 0x5c54711eae649da59a07690888294fe7217be884
- Name:** ValidacionCertificadoEstatal (index\_topic\_1 address to6, index\_topic\_2 address from6, string \_ProductoSenasa, int256 \_CodigoCertificado, string \_referenciaHash2, int256 \_CodigoIngSenasa, int256 \_fechaInspeccion, string \_LugardeCarga, string \_StatusFinal) View Source
- Topics:**
  - 0: 0xa6eabbe844c422fe66d8d2b8ec9027e16716571881f6be20cb2fbd0acea5ee0
  - 1: Dec → 0x089f0bbdf0f2405bb26438bb0af3e8d735e42d4f
  - 2: Dec → 0x089f0bbdf0f2405bb26438bb0af3e8d735e42d4f
- Data:**
  - \_ProductoSenasa : ASD
  - \_CodigoCertificado : 11111115552
  - \_referenciaHash2 : 0x4346626c3a37e598a51e90d9abce5d17e59f5c48232ea8445c10641e083642032
  - \_CodigoIngSenasa : 252627854
  - \_fechaInspeccion : 200623
  - \_LugardeCarga : FABRICA1
  - \_StatusFinal : APROVADO - PROCEDE COM O ENVIO NO EXTERIOR

Figura 46: Resumo de transação da função Certificados.

Em resumo, o primeiro teste permitiu conhecer a funcionalidade e flexibilidade da rede de blocos, e algumas limitações sobre a quantidade de simulações pois as moedas virtuais para a simulação podem ser outorgadas como máximo 0.5 por cada hora.

## 5 DISCUSSÕES

No presente capítulo, serão discutidos os resultados teóricos e depois os de simulação obtidos durante o desenvolvimento do presente estudo. Em seguida, um primeiro apontamento, foi a importância do conceito de Cadeia Agroalimentar e a evolução que o conceito evoluiu ao longo do tempo, ademais as diferentes abordagens permitiram aprimorar as atividades da cadeia agroalimentar orientadas com a eficiência.

Por outro lado, o estudo mostrou que muitas operações agroalimentares ou tradicionais são lineares, mesmo que apliquem parcialmente o fluxo de informações ou dinheiro próprias do gerenciamento de cadeias de suprimentos. Porém, esse fluxo de informações não garante transparência e segurança, e como indicou a revisão da literatura, existem casos recorrentes de perda de informação, contaminação alimentar e desconfiança entre os atores da cadeia de suprimentos agroalimentar.

Também, a revisão sistemática e Bibliométrica evidenciou que existem contribuições diferenciadas nas quatro categorias identificadas, todas baseadas nos estudos eleitos. Foi observado também, um alto nível de concentração na categoria Conceitual e uma reduzida na categoria Técnico, isso pode reforçar a ideia que a aplicação de tecnologia Blockchain na cadeia agroalimentar ainda esta numa primeira fase.

As existências das atuais formas para o gerenciamento das cadeias, objetivaram fomentar mudanças para cenários ideais, mas na prática, infelizmente, muitos desses objetivos não foram atingidos. Contudo, a proposta de aplicação não é uma panaceia, mas permite gerar formas mais eficientes de garantir segurança, transparência e descentralização dentro da cadeia agroalimentar.

Como foi citado anteriormente, a natureza da tecnologia Blockchain é a descentralização, e uma variação são as propostas de Blockchain privadas as quais estão gerenciadas por diferentes fornecedores de tecnologia que conhecem as operações, atores e informações dentro de um sistema de operações. Reforçando a ideia apresentada anteriormente, uma boa alternativa para melhorar os resultados e aumentar a confiança pode ser uma Blockchain publica ou combinada.

Construir um contrato inteligente requer de um conhecimento abrangente dos processos operativos nas cadeias agroalimentares, no presente estudo foi desenvolvido o contrato inteligente baseado nos processos chave com o apoio do modelo SCOR para garantir a eficiência do contrato na rede Ethereum (BscScan Testnet).

Um segundo apontamento, mostra como o Modelo SCOR é útil para a cadeia de suprimentos agroalimentar, dessa forma a aplicação permitiu evidenciar resultados interessantes baseados na clarificação de processos da cadeia estudada, os quais foram elementais para a construção da lógica do contrato.

O SCOR foi importante para a construção do Contrato Inteligente, pois processos chave não podem ser desconsiderados. Além disso, a aplicação do SCOR auxiliou identificando os processos com maior valor para a cadeia de suprimentos agroalimentar.

Por outro lado, a padronização das atividades centrais dentro da cadeia identificada, brindou notáveis contribuições dentro da construção do contrato inteligente. Dessa forma, o mapeamento dos produtos em cada processo como Suprimentos (Source), Manufatura ou produção (Make), Distribuição (Deliver) e o adicionamento do Mercado (Market) garante a rastreabilidade dos produtos ao longo de toda a cadeia, observar a Figura 47. O Modelo mostrou também que pode ser replicado em outras indústrias.

Essa combinação, é sincronizada na lógica do contrato inteligente, existe uma atualização em tempo real por cada adicionamento de bloco que responde especificamente a uma configuração feita no contrato. Dessa forma, atividades não consideradas para o desenvolvimento do contrato não são atualizadas dentro da rede de blocos.

As cadeias agroalimentares tradicionais apresentaram diferentes níveis de processos e informações, e podem estar atreladas umas e outras. Por isso, a Figura 46 mostra a organização dos processos da cadeia agroalimentar de manga em conjunto com o adicionamento de blocos da rede Blockchain.

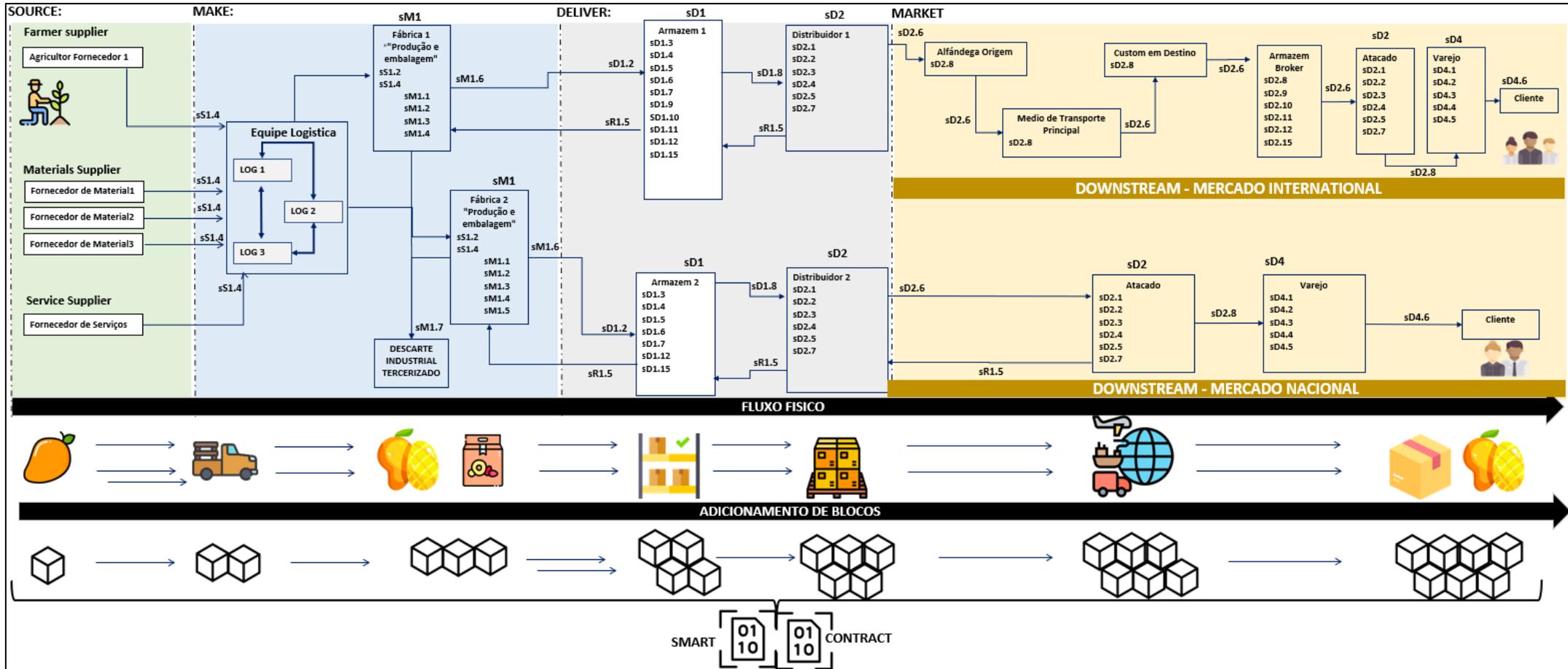


Figura 47: Lógica da descentralização da informação na rede Blockchain

O adionamento de informação por cada operação dentro da cadeia agroalimentar de manga, permite que toda informação seja armazenada e imutável. A construção de uma rede de informação sólida começa desde a primeira operação e não é encerrada com a última, pois o armazenamento de cada bloco permite realizar avaliações e análises futuros baseados nos dados confiáveis históricos.

### **5.1 Discussões da Simulação.**

Como foi comentado, as discussões da simulação vão ser discutidas no presente subcapítulo. Neste sentido, é importante considerar que foram geradas oito funções no contrato inteligente, e para a presente simulação foram executadas duas delas, a primeira é “ProduccionAgricolaAgricultor” e segunda “CertificacionEmpresaEstatal”.

Dessa forma, a execução dessas funções possibilitou a descentralização da cadeia agroalimentar, pois uma vez realizada a execução o Agricultor e todos os outros participantes da rede de blocos foram notificados em tempo real sobre o adionamento de informação a traves dos blocos. Por conseguinte, as organizações dos seguintes parágrafos serão abordadas em dois pontos, a primeira em relação ao tempo e a segunda em relação aos custos.

Em relação ao tempo, como foi comentado na revisão teórica existem uma média de exportação de até 13 dias dependendo o destino do produto e o tipo de produto, os mecanismos atuais para reduzir os tempos de descentralização de informação sobre o tipo de produto ainda não foram disruptivos. Neste sentido, a execução das funções permite emitir e descentralizar a informação de uma “Exportação” para os atores interessados, com um tempo de 24 segundos para a simulação realizada.

Depois, as assinaturas e autorizações necessárias são essenciais para todo o processo de Distribuição Física Internacional podem reduzir os tempos de cada processo. Como foi comentado, uma média de liberação pode estar sujeita em até três dias, com a execução das funções feitas o tempo obtido foi reduzido, e passou de três dias para menos de 30 segundos por cada função executada, dado que cada

função executada adiciona informação em cada bloco e permite a descentralização imediata.

Existem diferentes processos e inspeções realizadas aos produtos a serem exportados, alguns deles podem ser agendados em até cinco dias incluindo a emissão do certificado. Neste sentido, tal emissão pode ser descentralizada de forma imediata para as autoridades fitossanitárias dos países que formam parte dos processos de Distribuição Física Internacional, tudo isso com a execução da função do contrato inteligente, reduzindo grandemente o tempo de emissão de certificado para segundos que foram apresentados na simulação.

Baseados na literatura, o envio de documentos originais no exterior pode ser de até mais de um dia e processos que incluem o Documentary Compliance têm uma média de 12 horas, com a aplicação de Blockchain, o tempo de envio de documentos não seria indispensável e passaria de dias e horas para segundos, como foi evidenciado na simulação.

Ademais, com a execução das funções realizadas os tempos para consultar toda informação acrescentada é de até 5 segundos e não gera algum custo de transação, dado que os blocos não modificam ou acrescentam informação dentro da rede.

Em relação aos custos, um primeiro custo mapeado é a implementação do contrato inteligente em geral na base de rede de blocos da plataforma Ethereum as quais podem variar dependendo da extensão e a quantidade de linhas que apresenta o contrato inteligente, para a presente simulação foi de \$ 4,24 dólares americanos (Anexo B).

Seguidamente, a execução da primeira função teve um custo de \$0,51 dólares americanos e para a segunda transação foi de \$0,75 dólares americanos. De acordo com os dados apresentados na literatura, os custos por emissão de certificados podem variar em até \$ 25 dólares americanos. Por conseguinte, observa-se uma diferença maior entre a forma tradicional de emissão de certificados frente a uma possível aplicação de Blockchain.

Depois, levando em consideração os custos reduzidos pelas duas

transações observamos que as “assinaturas e autorizações” ou Border Compliance podem apresentar médias até 862 dólares. Em seguida, uma aplicação de tecnologia Blockchain pode reduzir drasticamente os custos apresentados, pois sabe-se que na simulação os custos foram menores do que \$2 dólares americanos.

O envio de documentação original para os atores governamentais, nacionais e internacionais da cadeia de Distribuição Física Internacional apresentam custos elevados dependendo do tempo, destino e requerimento, e de acordo com a literatura possuem um tempo maior do que 24 horas e uma média de \$40 dólares de acordo com o serviço e fornecedor. Ademais, o Documentary Compliance apresenta custos em média de \$226 dólares americanos. Neste sentido, os resultados da simulação permitem reduzir o tempo em horas para segundos e eliminar em alguns casos os custos de envio de documentação, transformando o gerenciamento da cadeia agroalimentar em uma nova forma de gerenciar valor.

Seguidamente, os custos de alguma interrupção na cadeia poderiam ser reduzidos, dado que muitas informações seriam imutáveis dentro da rede de blocos e descentralizadas para todas as consultas. Adicionalmente, o clima de confiança e rastreabilidade dentro da rede de blocos poderão permitir que sejam reduzidos alguns mecanismos de controle e verificação, melhorando a performance da cadeia.

Por outro lado, em relação à parte técnica cada vez que existe uma transação foi emitido um código Hash, o qual armazena toda a informação acrescentada. Em seguida, uma vez feitas as transações podem ser conhecidos os blocos que armazenam tales informações.

A assinatura digital de tempo é realizada uma vez validada a informação o qual garante as propriedades já comentadas anteriormente. Dessa forma, qualquer informação consultada possui uma assinatura de tempo que permite realizar a rastreabilidade. Ademais os endereços digitais das contas que executaram as funções são armazenadas.

As informações obtidas depois de acrescentar informações permitem observar os códigos Hash em formato Hexadecimal, incluindo os códigos executados no Contrato Inteligente. A Figura 48, mostra o novo fluxo da cadeia agroalimentar.

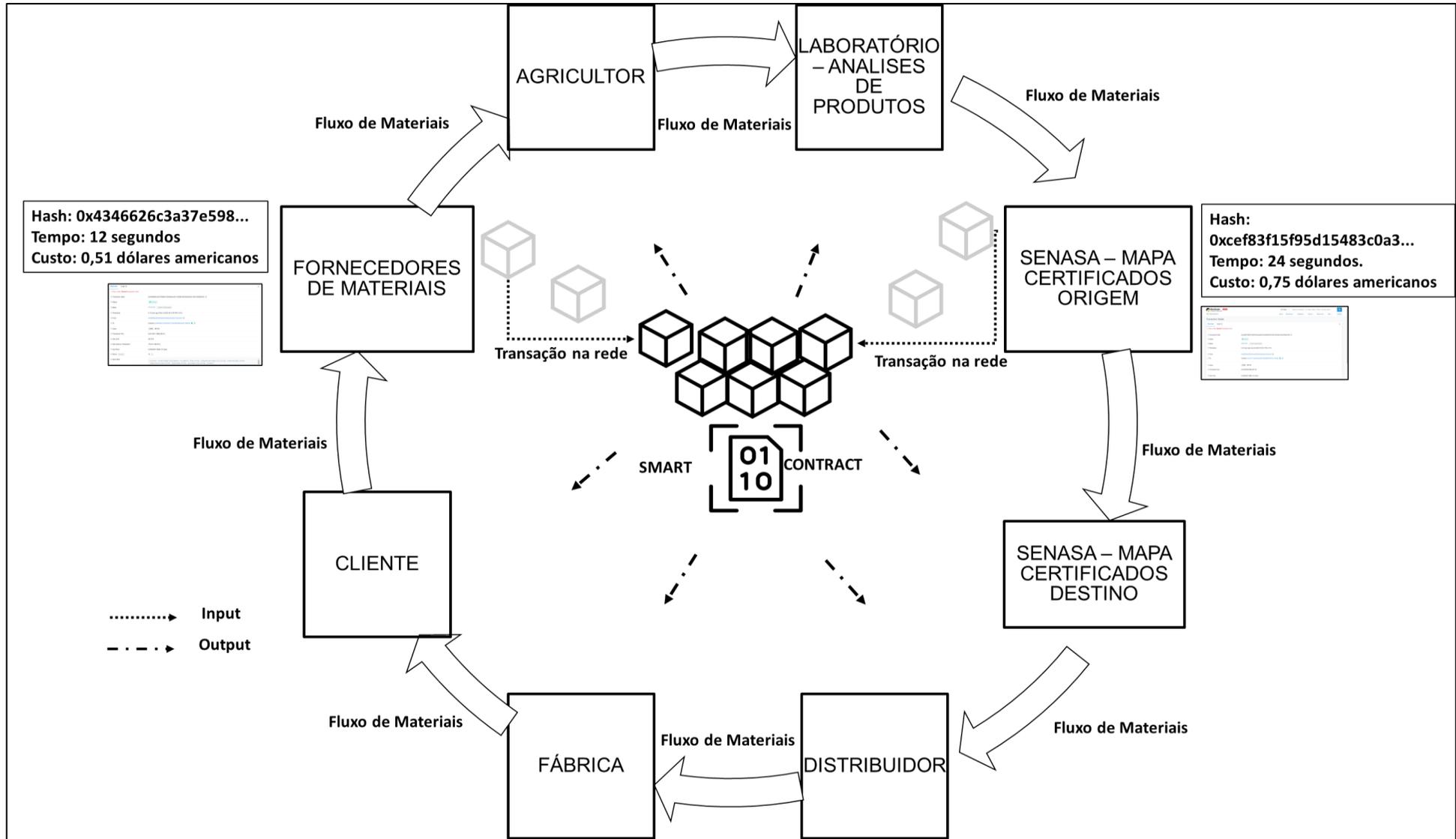


Figura 48: Descentralização da Cadeia Agroalimentar

Como foi comentado previamente, a Figura 48 mostra a descentralização da cadeia de suprimentos depois da execução das duas funções do contrato inteligente, mesmas que foram descritas previamente. Os atores “Fornecedores de Materiais” e “SENASA – MAPA CERTIFICADOS ORIGEM” adicionaram informação em forma de blocos à rede Blockchain (input) e uma vez processadas, todos os atores receberam a notificação dessa execução a traves dos eventos (output).

Deve-se lembrar que, todos os atores adicionam informações dentro da logica de gerenciamento de cadeias de suprimentos e os fluxos de materiais e dinheiro continuam, e podem fazer consultas dentro da rede. Dessa forma, a centralização da informação em servidores já não é mais indispensável desde o ponto de vista abordado, a Figura 49 mostra a cadeia agroalimentar em combinação com o Modelo SCOR descentralizando toda informação.

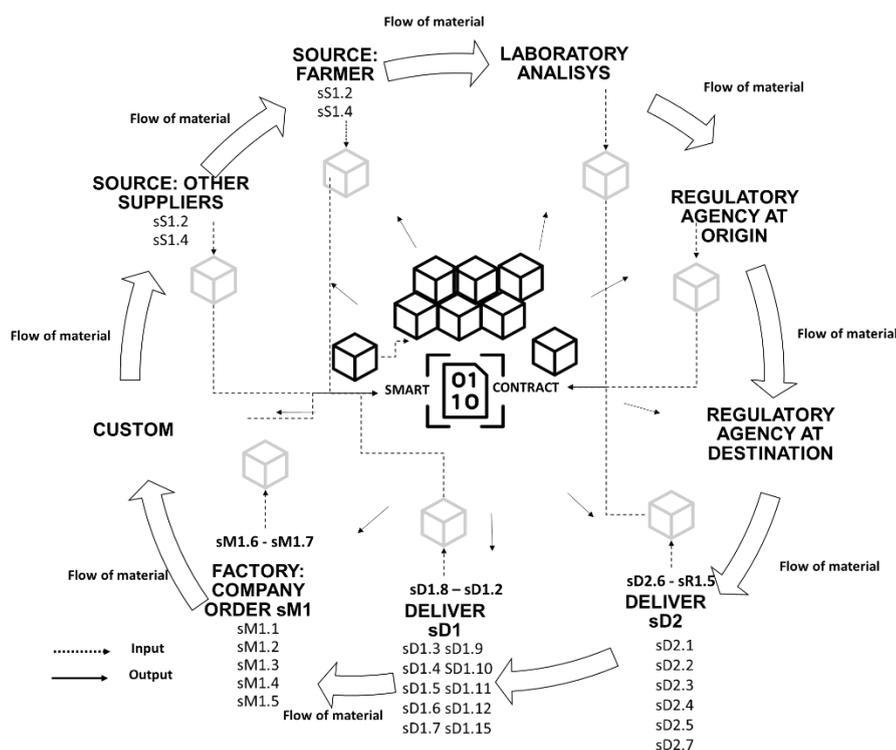


Figura 49: Novo gerenciamento da Cadeia agroalimentar baseado no Modelo SCOR

O gerenciamento de uma cadeia não linear, permitiu compartilhar informação em tempo real de forma disruptiva, dessa forma justifica-se que a tecnologia Blockchain é disruptiva. Ademais, como foi abordado na literatura, as cadeias que conseguem um melhor fluxo de informação e descentralização, são mais flexíveis e reduzem os diferentes custos operativos.

Por outro lado, produto dessa nova abordagem existe uma construção de confiança e transparência. Como foi evidenciado na literatura, o adição de blocos esta sujeita à uma revisão da veracidade da informação em processo, sendo isso aprovado, a rede descentraliza a informação e alguma provável modificação ou alteração não é permitida. Nesse sentido, uma primeira garantia dos processos estudados é a confiabilidade dentro dos atores da cadeia estudada. A Figura 50, resume as mudanças pós aplicação de tecnologia Blockchain na cadeia agroalimentar baseada na simulação.

Baseados em três pontos	1 Tempo		2 Custo		3 Técnicos	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
	• Exportação média (AMCHAM, 2017).	8 - 13 dias	< 24 seg.	variável	variável	Tradicional
• Assinaturas e autorizações / Border compliance (Andrade et al., 2022), entenda-se, como as conformidades para passar as fronteiras.	1 - 3 dias	< 30 seg.	Média \$ 862	< \$ 2		
• Processos físicos Fitossanitário (MAPA, 2023; SENASA, 2022)	Até 5 dias	Imediata	-	-		
• Emissão de certificados físicos Fitossanitário (MAPA, 2023; SENASA, 2022)	Até 5 dias	Imediata	Aprox. \$ 25	< \$ 1		
• Envio de documentos originais no exterior	> 1 dia	Segundos	Média \$ 40	\$ 0		
• Documentary compliance (Andrade et al., 2022), entenda-se como conformidades da gestão de informação.	Aprox. 12h	Segundos	Média \$ 226	reduzido		
• Custo de alguma interrupção na cadeia (Vivian et al., 2021)		Redução de risco.	Var. 12% - 32%	Redução de risco.		

Figura 50:Resumo pós aplicação de Blockchain na cadeia agroalimentar.

Essa transparência é reforçada pela rastreabilidade que existe depois da aplicação dos contratos inteligentes, isso quer dizer que cada processo que acrescenta informação dentro da rede de blocos é identificado desde o primeiro momento até o momento da consulta por qualquer nó ou ator da cadeia de suprimentos.

## 6 CONCLUSÃO

Baseados nos resultados obtidos é possível confirmar que o presente trabalho contribui para o entendimento dos benefícios e vantagens que a tecnologia Blockchain fornece depois da sua aplicação. Dessa forma, a melhoria na forma de gerenciar a cadeia de suprimentos pode ser observada em diferentes níveis e com diferentes resultados, por exemplo, a rastreabilidade, a confiabilidade e a descentralização.

Também, é possível concluir que o objetivo principal deste trabalho foi atingido com a aplicação do modelo apresentado, evidenciando-se como uma nova forma de gerenciar a cadeia de suprimentos agroalimentar de manga. O modelo descentralizado é validado a partir de uma simulação realizada no ambiente da rede de blocos Ethereum para a verificação da geração dos blocos com novas informações e a disponibilidade da informação para os outros participantes da rede.

Da mesma forma, os objetivos específicos foram apresentados na primeira parte deste trabalho foram atingidos, pois a identificação da situação atual da literatura permitiu garantir uma construção sólida do modelo de simulação incluindo variáveis chave incluídas na tomada de decisão das cadeias agroalimentares. Em seguida, considerando a cadeia estudada, o modelo de simulação executado foi consistente, dado que incluiu variáveis transacionais necessárias para o fluxo dentro de uma cadeia agroalimentar.

Por outro lado, a identificação da literatura baseada na aplicação de tecnologia Blockchain permitiu gerar um modelo abrangente que inclui o compartilhamento de dados entre os diferentes atores da cadeia agroalimentar, considerando atores públicos ou organismos estaduais que são atores chave na distribuição de informação.

Ademais, os resultados permitiram confirmar que os critérios para garantir a rastreabilidade da informação não podem mudar dentro da rede de blocos, mas sim podem sofrer alterações na forma de obtê-los. Em seguida, os diferentes modelos de simulação e as outras plataformas podem mostrar resultados diferentes dos nossos sem comprometer as vantagens já estudadas previamente.

Outra conclusão pertinente, é que o método aplicado no presente trabalho, garante a replicabilidade do modelo criado, o qual pode obter um grau de maior solidez de acordo com as novas revisões teóricas e sistemáticas apresentadas no início do presente trabalho.

É certo que as diferentes possibilidades de abordagem no presente trabalho poderiam apresentar um novo foco, mas de acordo com os resultados de aplicação de Blockchain e os contratos inteligentes, evidenciaram-se uma alternativa diferenciada que acrescenta valor e possibilita uma nova forma de gestão da cadeia agroalimentar.

Ademais, a aplicação de tecnologia Blockchain deve estar baseada numa estrutura mínima de tecnologia, conhecimento e processamento de regras definidas. Como foi observado no estudo, o modelo SCOR conseguiu fornecer a clarificação dos processos, e o Contrato Inteligente forneceu a automatização da lógica que foi inserida na rede de blocos.

A construção do contrato inteligente permite mudar os requerimentos das cadeias agroalimentares, e podem ser diferentes em relação aos tempos de respostas e o objetivo central da descentralização. Por conseguinte, a nossa proposta de contrato inteligente atendeu os requerimentos previamente comentados no desenvolvimento do presente trabalho incluindo todas as variáveis transacionais.

Também, a combinação das plataformas Ethereum, Remix IDE como interface, BscScan Testnet como rede de teste e Metamask como carteira digital evidenciaram simulações controladas e confiáveis. As moedas virtuais entregues para os mineiros da rede foram obtidas do BscScan Testnet as quais são acessíveis e úteis para auxiliar em futuras pesquisas.

Uma característica que está evidenciada na simulação e que é necessária comentar, foi a criação de diferentes contas ou endereços na rede de blocos para a execução das funções, isso é relevante dado que uma alta complexidade pode ser desafiador para programações futura e com maior escala.

Por outro lado, os custos mapeados nas simulações por cada transação não garantem uniformidade no futuro imediato nem no rendimento. Por conseguinte,

o estudo apresentou comparações parciais que podem permitir um estudo ainda com maior aprofundamento sobre esse tópico específico.

Em relação às limitações do estudo, foi observada uma primeira restrição sobre a capacidade técnica para a geração de contratos inteligentes em escala maior, criando endereços dentro da rede de blocos de acordo com a quantidade de usuários e participantes da cadeia agroalimentar.

Também, a latência de Ethereum vai depender da quantidade de ordenadores descentralizados com disponibilidade e capacidade para atender as transações realizadas, sendo a disponibilidade uma variável com previsão pouco conhecida.

Em relação às recomendações, aspectos como o rendimento computacional (códigos construídos) e o consumo de energia não foram parte do escopo do presente estudo, isso não quer dizer que não seja importante. Pelo contrário, levantamos questão de abordar de forma consistente as medições de eficiência.

Adicionalmente, após aplicação de tecnologia Blockchain, deve ser abordado o rendimento da cadeia com um alto volume de transações e a relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Dessa forma, poderia ser criado um modelo completo que garanta sustentabilidade às operações agroalimentares gerando uma nova forma de criar valor.

Por tanto, pode-se concluir que a presente simulação desta pesquisa foi realizada de forma consistente fornecendo uma abordagem alternativa que evidenciou uma nova forma de gerenciamento da cadeia de suprimentos agroalimentar de manga, abrindo caminho para novas discussões.

## 7 REFERENCIAS

- Abijaude, J., Sobreira, P., Santiago, L., & Greve, F. (2022). Improving Data Security with Blockchain and Internet of Things in the Gourmet Cocoa Bean Fermentation Process†. *Sensors*, 22(8). <https://doi.org/10.3390/s22083029>
- Al Ridhawi, I., Aloqaily, M., & Jararweh, Y. (2021). An Incentive-based Mechanism for Volunteer Computing Using Blockchain. *ACM Transactions on Internet Technology*, 21(4). <https://doi.org/10.1145/3419104>
- Alfandi, O., Khanji, S., Ahmad, L., & Khattak, A. (2021). A survey on boosting IoT security and privacy through blockchain: Exploration, requirements, and open issues. *Cluster Computing*, 24(1), 37–55. <https://doi.org/10.1007/s10586-020-03137-8>
- Alkhateeb, A., Catal, C., Kar, G., & Mishra, A. (2022). Hybrid Blockchain Platforms for the Internet of Things (IoT): A Systematic Literature Review. *Sensors*, 22(4). <https://doi.org/10.3390/s22041304>
- Alobid, M., Abujudeh, S., & Szűcs, I. (2022). The Role of Blockchain in Revolutionizing the Agricultural Sector. *Sustainability (Switzerland)*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/su14074313>
- AMCHAM. (2017). *NOVO DOCUMENTO DE EXPORTAÇÃO VAI REDUZIR EM 40% O PRAZO MÉDIO DE DESEMBARAÇO, DIZ RECEITA FEDERAL*. <https://www.amcham.com.br/noticias/comercio-exterior/novo-documento-de-exportacao-vai-reduzir-em-40-o-prazo-medio-de-desembaraco-diz-receita-federal>
- Anastasiadis, F., Manikas, I., Apostolidou, I., & Wahbeh, S. (2022). The role of traceability in end-to-end circular agri-food supply chains. *Industrial Marketing Management*, 104, 196–211. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2022.04.021>
- Andrade, A. F., Costa, A. F. da, Poli, L. E., Borelli, E., & Robles Junior, A. (2022). Custos de exportação e correlação com indicadores de desempenho. In *Revista Eniac Pesquisa* (Vol. 11, Issue 1). <https://doi.org/10.22567/rep.v11i1.877>

- Antonucci, F., Figorilli, S., Costa, C., Pallottino, F., Raso, L., & Menesatti, P. (2019). A review on blockchain applications in the agri-food sector. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(14), 6129–6138. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9912>
- APICS. (2017). Supply Chain Operations Reference Model SCOR -Intro to V12. *Supply Chain Operations Management*, 1–23.
- Awan, S. H., Ahmed, S., Nawaz, A., Maghdid, S. S., Zaman, K., Khan, M. Y. A., Najam, Z., & Imran, S. (2020). BlockChain with IoT, an emergent routing scheme for smart agriculture. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(4), 420–429. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110457>
- Bai, C., Quayson, M., & Sarkis, J. (2022). Analysis of Blockchain's enablers for improving sustainable supply chain transparency in Africa cocoa industry. *Journal of Cleaner Production*, 358. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131896>
- Benyam, A. A., Soma, T., & Fraser, E. (2021). Digital agricultural technologies for food loss and waste prevention and reduction: Global trends, adoption opportunities and barriers. *Journal of Cleaner Production*, 323. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129099>
- Bhat, S. A., Huang, N.-F., Sofi, I. B., & Sultan, M. (2022). Agriculture-Food Supply Chain Management Based on Blockchain and IoT: A Narrative on Enterprise Blockchain Interoperability. *Agriculture (Switzerland)*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/agriculture12010040>
- Borrero, J. D. (2019). Agri-food supply chain traceability for fruit and vegetable cooperatives using Blockchain technology . *CIRIEC-Espana Revista de Economia Publica, Social y Cooperativa*, 95, 71–94. <https://doi.org/10.7203/CIRIEC-E.95.13123>
- Bunchuk, N. A., Jallal, A. K., Dodonov, S. V, Dodonova, M. V, & Diatel, V. N. (2020). Perspectives of Blockchain Technology in the Development of the Agricultural Sector. *JOURNAL OF COMPLEMENTARY MEDICINE RESEARCH*, 11(1), 415–421. <https://doi.org/10.5455/jcmr.2020.11.01.48> WE - Emerging Sources Citation Index (ESCI)

- Calderón Lama, J., & Esteban, F. (2005). *Análisis del modelo SCOR para la gestión de la cadena de suministro*.
- Calvetti, D., Magalhães, P. N. M., Suján, S. F., Gonçalves, M. C., & Campos De Sousa, H. J. (2020). Challenges of upgrading craft workforce into Construction 4.0: Framework and agreements. *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Management, Procurement and Law*, 173(4), 158–165. <https://doi.org/10.1680/jmapl.20.00004>
- Caro, M. P., Ali, M. S., Vecchio, M., & Giaffreda, R. (2018). Blockchain-based traceability in Agri-Food supply chain bb. *2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture - Tuscany, IOT Tuscany 2018*, 1–4.
- Chagas, H. X., Moura, V. A., Akabane, G. K., & Soares, M. de O. (2020). Logística de Comércio Exterior brasileira: Uma análise do Índice de Desempenho Logístico brasileiro no cenário mundial. *Brazilian Journal of Development*, 6(5), 32563–32576. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-631>
- Chowdhury, M. J. M., Ferdous, M. S., Biswas, K., Chowdhury, N., & Muthukkumarasamy, V. (2020). A survey on blockchain-based platforms for IoT use-cases. *Knowledge Engineering Review*. <https://doi.org/10.1017/S0269888920000284>
- Collart, A. J., & Canales, E. (2022). How might broad adoption of blockchain-based traceability impact the <scp>U.S.</scp> fresh produce supply chain? *Applied Economic Perspectives and Policy*, 44(1), 219–236. <https://doi.org/10.1002/aep.13134>
- Cruz, L., & De Arruda Ignacio, P. S. (2023). Application of blockchain disruptive technology in agri-food chains for sustainable development, a systematic review. *International Journal of Supply and Operations Management*, 10(4), 523–544. <https://doi.org/10.22034/ij som.2023.110040.2837>
- Cruz, L., Sergio, P., & Ignacio, D. A. (2023). *Application of Blockchain Disruptive Technology in Agri-Food Chains for Sustainable Development, a Systematic Review*. xx(xx).

- Das, S., Mohanta, B. K., & Jena, D. (2022). A state-of-the-art security and attacks analysis in blockchain applications network. *International Journal of Communication Networks and Distributed Systems*, 28(2), 199–218. <https://doi.org/10.1504/IJCNDS.2022.121199>
- DATABRIDGE. (2023). *MARKET RESEARCH DATA BRIDGE*. <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/asia-pacific-mango-market>
- Davies, F. T., & Garrett, B. (2018). Technology for Sustainable Urban Food Ecosystems in the Developing World: Strengthening the Nexus of Food–Water–Energy–Nutrition. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00084>
- Demestichas, K., Peppes, N., Alexakis, T., & Adamopoulou, E. (2020). Blockchain in agriculture traceability systems: A review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(12), 1–22. <https://doi.org/10.3390/APP10124113>
- Dey, K., & Shekhawat, U. (2021). Blockchain for sustainable e-agriculture: Literature review, architecture for data management, and implications. *Journal of Cleaner Production*, 316. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128254>
- Dey, S., Saha, S., Singh, A. K., & McDonald-Maier, K. (2022). SmartNoshWaste: Using Blockchain, Machine Learning, Cloud Computing and QR Code to Reduce Food Waste in Decentralized Web 3.0 Enabled Smart Cities. *Smart Cities*, 5(1), 162–176. <https://doi.org/10.3390/smartcities5010011>
- Dos Santos, R. B., Torrissi, N. M., & Pantoni, R. P. (2021). Third party certification of agri-food supply chain using smart contracts and blockchain tokens. *Sensors*, 21(16). <https://doi.org/10.3390/s21165307>
- Dutta, P., Choi, T.-M., Somani, S., & Butala, R. (2020). Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102067>
- EMBRAPA. (2021). *Exportação de manga brasileira bate recorde em 2020, totalizando US\$ 246 milhões*. Embrapa Semiárido. <https://www.embrapa.br/busca-de>

noticias/-/noticia/60585117/exportacao-de-manga-brasileira-bate-recorde-em-2020-totalizando-us-246-milhoes

Erol, I., Ar, I. M., & Peker, I. (2022). Scrutinizing blockchain applicability in sustainable supply chains through an integrated fuzzy multi-criteria decision making framework. *Applied Soft Computing*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.108331>

FAOSTAT. (2023). FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL>

Ferreira, C. B. (2022). *Análise da produtividade agrícola no Vale do São Francisco: um estudo diante da escassez de recursos hídricos*.

Ferrerira, C., & de Souza, B. (2023). *C c s a*. 20.

Gazzola, R., Gründling, R. D. P., & Aragão, A. A. (2020). Produção e mercado internacional de manga. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, 10(3), 81–87. <https://doi.org/10.18378/REBAGRO.V10I3.8566>

Guo, J., Cengiz, K., & Tomar, R. (2021). An IoT and Blockchain Approach for Food Traceability System in Agriculture. *Scalable Computing*, 22(2), 127–137. <https://doi.org/10.12694:/scpe.v22i2.1876>

Haber, S., & Scott Stornetta, W. (1991). How to time-stamp a digital document. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 537 LNCS, 437–455. [https://doi.org/10.1007/3-540-38424-3\\_32](https://doi.org/10.1007/3-540-38424-3_32)

Hang, L., Ullah, I., & Kim, D.-H. (2020). A secure fish farm platform based on blockchain for agriculture data integrity. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105251>

Haro-Olmo, F. J., Alvarez-Bermejo, J. A., Varela-Vaca, A. J., & López-Ramos, J. A. (2021). Blockchain-based federation of wireless sensor nodes. *Journal of Supercomputing*, 77(7), 7879–7891. <https://doi.org/10.1007/s11227-020-03605-3>

Hewa, T. M., Hu, Y., Liyanage, M., Kanhare, S. S., & Ylianttila, M. (2021). Survey on Blockchain-Based Smart Contracts: Technical Aspects and Future Research.

*IEEE Access*, 9, 87643–87662. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3068178>

Ilieva, G., Yankova, T., Radeva, I., & Popchev, I. (2021). Blockchain software selection as a fuzzy multi-criteria problem. *Computers*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/computers10100120>

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Goswami, M., & Manda, J. (2019). A systematic perspective on the applications of big data analytics in healthcare management. *INTERNATIONAL JOURNAL OF HEALTHCARE MANAGEMENT*, 12(3), 226–240. <https://doi.org/10.1080/20479700.2018.1531606> WE - Emerging Sources Citation Index (ESCI)

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2020). Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain. *International Journal of Information Management*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.023>

Khan, A. A., Shaikh, Z. A., Belinskaja, L., Baitenova, L., Vlasova, Y., Gerzelieva, Z., Laghari, A. A., Abro, A. A., & Barykin, S. (2022). A Blockchain and Metaheuristic-Enabled Distributed Architecture for Smart Agricultural Analysis and Ledger Preservation Solution: A Collaborative Approach. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/app12031487>

Khan, D., Jung, L. T., Hashmani, M. A., & Cheong, M. K. (2022). Empirical Performance Analysis of Hyperledger LTS for Small and Medium Enterprises. *SENSORS*, 22(3). <https://doi.org/10.3390/s22030915> WE - Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)

Khan, P. W., Byun, Y.-C., & Park, N. (2020). IoT-blockchain enabled optimized provenance system for food industry 4.0 using advanced deep learning. *Sensors (Switzerland)*, 20(10). <https://doi.org/10.3390/s20102990>

Khanna, T., Nand, P., & Bali, V. (2020). Permissioned blockchain model for end-to-end trackability in supply chain management. *International Journal of E-Collaboration*, 16(1), 45–58. <https://doi.org/10.4018/IJeC.2020010104>

Klerkx, L., & Rose, D. (2020). Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system

- transition pathways? *Global Food Security*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100347>
- Kume, H. (2021). TD 2627 - Determinantes do Custo de Comércio Bilateral. *Texto Para Discussão*, 1–42. <https://doi.org/10.38116/td2627>
- Lakkakula, P., Bullock, D., & Wilson, W. (2020). Blockchain technology in international commodity trading. *Journal of Private Enterprise*, 35(2), 23–46. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85084824259&partnerID=40&md5=1f56e54eed966f9f8ad3c91635da4841>
- Leduc, G., Kubler, S., & Georges, J.-P. (2021). Innovative blockchain-based farming marketplace and smart contract performance evaluation. *Journal of Cleaner Production*, 306. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127055>
- Lee, N. M., Varshney, L. R., Michelson, H. C., Goldsmith, P., & Davis, A. (2022). Digital trust substitution technologies to support smallholder livelihoods in Sub-Saharan Africa. *Global Food Security*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100604>
- Li, Y., Zhang, X., Zhao, Z., Xu, J., Jiang, Z., Yu, J., & Cui, X. (2022). Research on Grain Food Blockchain Traceability Information Management Model Based on Master-Slave Multichain. *Genetics Research*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/7498025>
- Lin, W. J., Huang, X. H., Fang, H., Wang, V., Hua, Y. N., Wang, J. J., Yin, H. N., Yi, D. W., & Yau, L. H. (2020). Blockchain Technology in Current Agricultural Systems: From Techniques to Applications. *IEEE ACCESS*, 8, 143920–143937. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3014522> WE - Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) WE - Social Science Citation Index (SSCI)
- Mangla, S. K., Kazançoğlu, Y., Yıldızbaşı, A., Öztürk, C., & Çalık, A. (2022). A conceptual framework for blockchain-based sustainable supply chain and evaluating implementation barriers: A case of the tea supply chain. *Business Strategy and the Environment*. <https://doi.org/10.1002/bse.3027>
- Manski, S. (2017). Building the blockchain world: Technological commonwealth or just more of the same? *Strategic Change*, 26(5), 511–522.

<https://doi.org/10.1002/jsc.2151>

MAPA. (2023). *Obter Certificado Sanitário de Exportação de Produtos de Origem Vegetal (CSIV)*. Agricultura e Pecuária. <https://www.gov.br/pt-br/servicos/obter-certificado-sanitario-de-exportacao-de-produtos-de-origem-vegetal>

Mavilia, R., & Pisani, R. (2021). Blockchain for agricultural sector: The case of South Africa. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*. <https://doi.org/10.1080/20421338.2021.1908660>

Mercuri, F., della Corte, G., & Ricci, F. (2021). Blockchain Technology and Sustainable Business Models: A Case Study of Devoleum. *SUSTAINABILITY*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/su13105619> WE - Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) WE - Social Science Citation Index (SSCI)

Mistry, I., Tanwar, S., Tyagi, S., & Kumar, N. (2020a). Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: A systematic review, solutions, and challenges. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 135. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2019.106382>

Mistry, I., Tanwar, S., Tyagi, S., & Kumar, N. (2020b). Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: A systematic review, solutions, and challenges. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 135. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2019.106382>

Morelli, D. A., & Ignacio, P. S. de A. (2021). Assessment of researches and case studies on Cloud Manufacturing: a bibliometric analysis. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 117(3–4), 691–705. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07782-0>

Munir, M. A., Habib, M. S., Hussain, A., Shahbaz, M. A., Qamar, A., Masood, T., Sultan, M., Mujtaba, M. A., Imran, S., Hasan, M., Akhtar, M. S., Uzair Ayub, H. M., & Salman, C. A. (2022). Blockchain Adoption for Sustainable Supply Chain Management: Economic, Environmental, and Social Perspectives. *Frontiers in Energy Research*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.899632>

Niknejad, N., Ismail, W., Bahari, M., Hendradi, R., & Salleh, A. Z. (2021). Mapping the

- research trends on blockchain technology in food and agriculture industry: A bibliometric analysis. *Environmental Technology and Innovation*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101272>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Patel, N., Shukla, A., Tanwar, S., & Singh, D. (2021). KRanTi: Blockchain-based farmer's credit scheme for agriculture-food supply chain. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*. <https://doi.org/10.1002/ett.4286>
- Paulo Roberto dos Santos Tavares. (2022). *PROPOSTA DE UM MODELO PARA MELHORAR A INTEROPERABILIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS COM BLOCKCHAIN: UMA APLICAÇÃO EM OPERAÇÃO FARMACÊUTICA*. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS.
- Pincheira, M., Vecchio, M., Giaffreda, R., & Kanhere, S. S. (2021). Cost-effective IoT devices as trustworthy data sources for a blockchain-based water management system in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 180. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105889>
- Pranto, T. H., Noman, A. A., Mahmud, A., & Haque, A. B. (2021). Blockchain and smart contract for IoT enabled smart agriculture. *PeerJ Computer Science*, 7, 1–29. <https://doi.org/10.7717/PEERJ-CS.407>
- Prashar, D., Jha, N., Jha, S., Lee, Y., & Joshi, G. P. (2020). Blockchain-Based Traceability and Visibility for Agricultural Products: A Decentralized Way of Ensuring Food Safety in India. *SUSTAINABILITY*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/su12083497> WE - Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) WE - Social Science Citation Index (SSCI)
- Prataviera, L. B., Creazza, A., Perotti, S., & Rodrigues, V. S. (2023). How to align

- logistics environmental sustainability with corporate strategy? An Italian perspective. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/13675567.2023.2230916>
- Queiroz, M. M., & Wamba, S. F. (2019). Blockchain adoption challenges in supply chain: An empirical investigation of the main drivers in India and the USA. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION MANAGEMENT*, 46, 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.11.021> WE - Social Science Citation Index (SSCI)
- Raboaca, M. S., Bizon, N., Trufin, C., & Enescu, F. M. (2020). Efficient and secure strategy for energy systems of interconnected farmers' associations to meet variable energy demand. *Mathematics*, 8(12), 1–30. <https://doi.org/10.3390/math8122182>
- Rana, S. K., Kim, H. C., Pani, S. K., Rana, S. K., Joo, M. I., Rana, A. K., & Aich, S. (2021). Blockchain-Based Model to Improve the Performance of the Next-Generation Digital Supply Chain. *SUSTAINABILITY*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810008> WE - Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) WE - Social Science Citation Index (SSCI)
- Ren, W., Wan, X., & Gan, P. (2021). A double-blockchain solution for agricultural sampled data security in Internet of Things network. *Future Generation Computer Systems*, 117, 453–461. <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.12.007>
- Rodrigues, C. K. da S. (2017). A Simple Analysis of Efficiency and Security of the Blockchain Technology . *Computing and System Journal*, 7(2), 147–162. <http://www.revistas.unifacs.br/index.php/rsc>
- Sahoo, S., Kumar, S., Sivarajah, U., Lim, W. M., Westland, J. C., & Kumar, A. (2022). Blockchain for sustainable supply chain management: trends and ways forward. *Electronic Commerce Research*. <https://doi.org/10.1007/s10660-022-09569-1>
- Salah, K., Nizamuddin, N., Jayaraman, R., & Omar, M. (2019). Blockchain-Based Soybean Traceability in Agricultural Supply Chain. *IEEE Access*, 7, 73295–73305. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2918000>

- Saurabh, S., & Dey, K. (2021). Blockchain technology adoption, architecture, and sustainable agri-food supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 284. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124731>
- Scuderi, A., La Via, G., Timpanaro, G., & Sturiale, L. (2022). The Digital Applications of “Agriculture 4.0”: Strategic Opportunity for the Development of the Italian Citrus Chain. *Agriculture (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/agriculture12030400>
- SENASA. (2022). *Certificado sanitario oficial de exportación de alimentos de consumo humano*. GOP.PE. <https://www.gob.pe/22979-certificado-sanitario-oficial-de-exportacion-de-alimentos-de-consumo-humano>
- Shah, Z., Ullah, I., Li, H., Levula, A., & Khurshid, K. (2022). Blockchain Based Solutions to Mitigate Distributed Denial of Service (DDoS) Attacks in the Internet of Things (IoT): A Survey. *Sensors*, 22(3). <https://doi.org/10.3390/s22031094>
- Shahid, A., Almogren, A., Javaid, N., Al-Zahrani, F. A., Zuair, M., & Alam, M. (2020). Blockchain-Based Agri-Food Supply Chain: A Complete Solution. *IEEE Access*, 8, 69230–69243. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2986257>
- Shao, D., Kombe, C., & Saxena, S. (n.d.). An ensemble design of a cash crops-warehouse receipt system (WRS) based on blockchain smart contracts. *JOURNAL OF AGRIBUSINESS IN DEVELOPING AND EMERGING ECONOMIES*. <https://doi.org/10.1108/JADEE-02-2022-0032> WE - Emerging Sources Citation Index (ESCI)
- Shih, D.-H., Lu, K.-C., Shih, Y.-T., & Shih, P.-Y. (2019). A simulated organic vegetable production and marketing environment by using ethereum. *Electronics (Switzerland)*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/electronics8111341>
- Silva, E., & Marques, R. M. (2021). Blockchain in the public sector: a systematic literature review. *ATOZ-NOVAS PRATICAS EM INFORMACAO E CONHECIMENTO*, 10(3 WE-Emerging Sources Citation Index (ESCI)).
- Sodamin, D., Vaněk, J., Ulman, M., & Šimek, P. (2022). Fair Label versus Blockchain Technology from the Consumer Perspective: Towards a Comprehensive

- Research Agenda. *Agris On-Line Papers in Economics and Informatics*, 14(2), 111–119. <https://doi.org/10.7160/aol.2022.140209>
- Song, L., Luo, Y., Chang, Z., Jin, C., & Nicolas, M. (2022). Blockchain Adoption in Agricultural Supply Chain for Better Sustainability: A Game Theory Perspective. *Sustainability (Switzerland)*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/su14031470>
- Srivastava, A., & Dashora, K. (n.d.). Application of blockchain technology for agrifood supply chain management: a systematic literature review on benefits and challenges. *BENCHMARKING-AN INTERNATIONAL JOURNAL*. <https://doi.org/10.1108/BIJ-08-2021-0495> WE - Emerging Sources Citation Index (ESCI)
- Sylla, T., Mendiboure, L., Chalouf, M. A., & Krief, F. (2021). Blockchain-based context-aware authorization management as a service in iot. *Sensors*, 21(22). <https://doi.org/10.3390/s21227656>
- Szabo, N. (1996). Smart Contracts: Building Blocks for Digital Transformation. *EXTROPY: The Journal of Transhumanist Thought*, 16(18), 1–14. [https://www.researchgate.net/publication/340376424\\_Smart\\_Contracts\\_Building\\_Blocks\\_for\\_Digital\\_Transformation](https://www.researchgate.net/publication/340376424_Smart_Contracts_Building_Blocks_for_Digital_Transformation)
- TheWorldBank. (2023). *Logistics Performance Index*. Logistics Performance Index. <https://lpi.worldbank.org/>
- Torky, M., & Hassanein, A. E. (2020). Integrating blockchain and the internet of things in precision agriculture: Analysis, opportunities, and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 178. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105476>
- Vangala, A., Das, A. K., Kumar, N., & Alazab, M. (2021). Smart Secure Sensing for IoT-Based Agriculture: Blockchain Perspective. *IEEE Sensors Journal*, 21(16), 17591–17607. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3012294>
- Vangala, A., Sutrala, A. K., Das, A. K., & Jo, M. (2021). Smart Contract-Based Blockchain-Envisioned Authentication Scheme for Smart Farming. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(13), 10792–10806. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3050676>

- Vivian, A., Souza, P. D. E., & Guarulhos, F. (2021). *Aspectos da Intermodalidade de Transporte na Exportação de Manga e Mamão* .
- Wamba, S. F., & Queiroz, M. M. (2020). Blockchain in the operations and supply chain management: Benefits, challenges and future research opportunities. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION MANAGEMENT*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.102064> WE - Social Science Citation Index (SSCI)
- Wang, L., Xu, L. Q., Zheng, Z. Y., Liu, S. Y., Li, X. T., Cao, L., Li, J. B., & Sun, C. H. (2021). Smart Contract-Based Agricultural Food Supply Chain Traceability. *IEEE ACCESS*, 9, 9296–9307. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3050112> WE - Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)
- Xiong, H., Dalhaus, T., Wang, P. Q., & Huang, J. J. (2020). Blockchain Technology for Agriculture: Applications and Rationale. *FRONTIERS IN BLOCKCHAIN*, 3. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.00007> WE - Emerging Sources Citation Index (ESCI)
- Yakubu, B. M., Latif, R., Yakubu, A., Khan, M. I., & Magashi, A. I. (2022). RiceChain: secure and traceable rice supply chain framework using blockchain technology. *PEERJ COMPUTER SCIENCE*, 8. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.801> WE - Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)
- Yang, L. Q., Liu, X. Y., Kim, J. S., & IEEE. (2020). Cloud-based Livestock Monitoring System Using RFID and Blockchain Technology. In *2020 7TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CYBER SECURITY AND CLOUD COMPUTING (CSCLOUD 2020)/2020 6TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON EDGE COMPUTING AND SCALABLE CLOUD (EDGECOM 2020)* (Issue 7th IEEE International Conference on Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud) / 6th IEEE International Conference on Edge Computing and Scalable Cloud (EdgeCom), pp. 240–245). <https://doi.org/10.1109/CSCloud-EdgeCom49738.2020.00049> WE - Conference Proceedings Citation Index - Science (CPCI-S)
- Yang, X. T., Li, M. Q., Yu, H. J., Wang, M. T., Xu, D. M., & Sun, C. H. (2021). A Trusted

Blockchain-Based Traceability System for Fruit and Vegetable Agricultural Products. *IEEE ACCESS*, 9, 36282–36293. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3062845> WE - Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)

Yu, Z., Song, L., Jiang, L., & Khold Sharafi, O. (2022). Systematic literature review on the security challenges of blockchain in IoT-based smart cities. *Kybernetes*, 51(1), 323–347. <https://doi.org/10.1108/K-07-2020-0449>

**APENDICE A**

```

// SPDX-License-Identifier: GPL-3.0

pragma solidity ^0.8.0;

contract CadeiaSuprimentos {

    struct FornecedorS {string CodigoProdutoAgricolaS; string
CodFornecedorS; int NumeroloteColetadoS; int quantidadeS; int precoagricolaS;
string ProdExtS;}

    FornecedorS[] public fornecedores;

    event ProduccionAgricolaAgricultor (address indexed to, address indexed
from, string _CodigoProductoAgricola, string _CodFornecedor,int
_NumLoteColectado, int _quantidade, int _precoAgricola, string _ProdExt);

    function ProduccionAgricola (address to, address from, string memory
_CodigoProductoAgricola, string memory _CodFornecedor, int _NumLoteColectado,
int _quantidade, int _precoAgricola, string memory _ProdExt) public {

        uint timestamp;

        timestamp = block.timestamp;

        FornecedorS memory novoFornecedor;

        novoFornecedor.CodigoProdutoAgricolaS = _CodigoProductoAgricola;

        novoFornecedor.CodFornecedorS = _CodFornecedor;

        novoFornecedor.NumeroloteColetadoS = _NumLoteColectado;

        novoFornecedor.quantidadeS = _quantidade;

        novoFornecedor.precoagricolaS = _precoAgricola;

        novoFornecedor.ProdExtS = _ProdExt;

```

```

fornecedores.push(novoFornecedor);

emit ProduccionAgricolaAgricultor (to, from, _CodigoProductoAgricola,
_CodFornecedor , _NumLoteColectado, _quantidade, _precoAgricola, _ProdExt);}

struct AvalSolCriteriosMostra {int CodigoSolicitudAvaliacao; int IDMostra;}

AvalSolCriteriosMostra[] public AvalSolCriteriosMostraS;

event SolicitudAvaliaMostra (address indexed to1, address indexed from2,
int _CodsolicitudAnls,int _CodigMostra, string _hash1);

function SolicitudAvaliaMostra(address to1, address from2, int
_CodsolicitudAnls, int _CodigMostra, string memory _hash1) public {

require(msg.sender==0xAb8483F64d9C6d1EcF9b849Ae677dD3315835cb2);

uint timestamp;

timestamp = block.timestamp;

AvalSolCriteriosMostra memory novoAvalSolCriteriosMostraS;

novoAvalSolCriteriosMostraS.CodigoSolicitudAvaliacao =
_CodsolicitudAnls;

novoAvalSolCriteriosMostraS.IDMostra = _CodigMostra;

AvalSolCriteriosMostraS.push(novoAvalSolCriteriosMostraS);

emit SolicitudAvaliaMostra(to1, from2, _CodsolicitudAnls,
_CodigMostra,_hash1);}

struct ResultadoAnalsLab {string ResultadoSLab; int

```

```
CodigoSolicitudAvaliacaoS; string LabIDs; string TemperaturaS; string
InsumQuimicoS; string CalidadAguaS; string hashS;}
```

```
ResultadoAnalsLab [] ResultadosAnalisisLab;
```

```
event ResultadoLab (address indexed to3, address indexed from3, string
_ResultadoAval, int _CodsolicitudAnls, string _LabID, string _Temperatura, string
_InsumQuimico, string _CalidadAgua, string _hash1);
```

```
function ResultadoLabO (address to3, address from3, string memory
_ResultadoAval, int _CodsolicitudAnls, string memory _LabID, string memory
_Temperatura, string memory _InsumQuimico, string memory _CalidadAgua, string
memory _hash1) public {
```

```
require(msg.sender==0x78731D3Ca6b7E34aC0F824c42a7cC18A495cabaB);
```

```
uint timestamp;
```

```
timestamp = block.timestamp;
```

```
ResultadoAnalsLab memory NovoResultadLab;
```

```
NovoResultadLab.ResultadoSLab = _ResultadoAval;
```

```
NovoResultadLab.CodigoSolicitudAvaliacaoS = _CodsolicitudAnls;
```

```
NovoResultadLab.LabIDs = _LabID;
```

```
NovoResultadLab.TemperaturaS = _Temperatura;
```

```
NovoResultadLab.InsumQuimicoS = _InsumQuimico;
```

```
NovoResultadLab.CalidadAguaS = _CalidadAgua;
```

```
NovoResultadLab.hashS = _hash1;
```

```
ResultadosAnalisisLab.push(NovoResultadLab);
```

```
emit ResultadoLab(to3, from3, _ResultadoAval, _CodsolicitudAnls,
```

```
_LabID, _Temperatura, _InsumQuimico, _CalidadAgua, _hash1);}

```

```
    struct PedidosS {string ProdExtS; int NRequerimentoO; int CantidadE; int
PrecO; int PesO; int LotE; string IDPEDIDO; string hash2;}

```

```
    PedidosS[] public Requerimientos;

```

```
    event OrdenRequerimientoEmpresa1 (address indexed to4, address
indexed from4, string _ProdExtS, int _Nrequerimiento, int _quantidadeRequerida1, int
_preco, int _peso, int _Lote1, string _condicion, string _IDPEDIDO, string _hash2);

```

```
    function OrdenRequerEMpresa1 (address to4, address from4, string
memory _ProdExtS, int _Nrequerimiento, int _quantidadeRequerida1, int _preco, int
_peso, int _Lote1, string memory _condicion, string memory _IDPEDIDO, string
memory _hash2) public{

```

```
        uint timestamp;

```

```
        timestamp = block.timestamp;

```

```
require(msg.sender==0x5B38Da6a701c568545dCfcB03FcB875f56beddC4);

```

```
    PedidosS memory novoRequerimento;

```

```
    novoRequerimento.ProdExtS = _ProdExtS;

```

```
    novoRequerimento.NRequerimentoO = _Nrequerimiento;

```

```
    novoRequerimento.CantidadE = _quantidadeRequerida1;

```

```
    novoRequerimento.PrecO = _preco;

```

```
    novoRequerimento.PesO = _peso;

```

```
    novoRequerimento.LotE = _Lote1;

```

```
    novoRequerimento.IDPEDIDO = _IDPEDIDO;

```

```

    novoRequerimento.hash2 = _hash2;

    Requerimentos.push(novoRequerimento);

    emit OrdenRequerimientoEmpresa1 (to4, from4, _ProdExtS,
    _Nrequerimiento, _quantidadeRequerida1, _preco, _peso, _Lote1, _condicion,
    _IDPEDIDO, _hash2);}

```

```

    struct GuiaS {int NumGuiaS; string TransportadoraS; string Hash3;}

    GuiaS[] public guiasEmis;

    event EmnisionGuiaVenta1 (string _hash3, int _NumguiaVenta, string
    _transportadora);

    function EmisiGuiaVenta1 (string memory _hash3, int _NumguiaVenta,
    string memory _transportadora) public {

require(msg.sender==0xAb8483F64d9C6d1EcF9b849Ae677dD3315835cb2);

    GuiaS memory novaguiasEmis;

    novaguiasEmis.NumGuiaS = _NumguiaVenta;

    novaguiasEmis.TransportadoraS = _transportadora;

    novaguiasEmis.Hash3 = _hash3;

    guiasEmis.push(novaguiasEmis);

    emit EmnisionGuiaVenta1 (_hash3, _NumguiaVenta, _transportadora);}

```

```

event GDespachoPedidoAgrifornecedor1 (string _hash4, int _HoraArribo);

function DespachoPedidoAgrifornecedor1 (string memory _hash4, int
_HoraArribo) public {

    uint timestamp;

    timestamp = block.timestamp;

    emit GDespachoPedidoAgrifornecedor1 (_hash4, _HoraArribo);}

    struct SolicitudIngSenasaS {string ProductodeExportacionS; int
DiaMesAnoS; int HoraS; string lugarS; string Hash3;}

    SolicitudIngSenasaS[] public SolicitudIngSenasa;

    event SolicIngSenasa (address indexed to5, address indexed from5, string
_ProductoDeExportacion, int _DiaMesAno, int _hora, string _Lugar, string _hash3);

    function SolicIngeSenasa (address to5, address from5, string memory
_ProductoDeExportacion, int _DiaMesAno, int _hora, string memory _Lugar, string
memory _hash3) public {

        uint timestamp;

        timestamp = block.timestamp;

require(msg.sender==0x5B38Da6a701c568545dCfcB03FcB875f56beddC4);

        SolicitudIngSenasaS memory novoSolicitudIngSenasa;

        novoSolicitudIngSenasa.ProductodeExportacionS
        =
_ProductoDeExportacion;

```

```

    novoSolicitudIngSenasa.DiaMesAnoS = _DiaMesAno;

    novoSolicitudIngSenasa.HoraS = _hora;

    novoSolicitudIngSenasa.lugarS = _Lugar;

    novoSolicitudIngSenasa.Hash3 = _hash3;

    SolicitudIngSenasa.push(novoSolicitudIngSenasa);

    emit SolicIngSenasa(to5, from5, _ProductoDeExportacion, _DiaMesAno,
    _hora, _Lugar, _hash3);}

    struct    OrigenCertificadoS    {string    ProductoSenasAS;    int
CodigosCertificadoS; string Hash2; int CodigoIngSenasaS; int FechaInspeccion; string
LugardeCargaS; string StatusFinalS;}

    event ValidacionCertificadoEstatl (address indexed to6, address indexed
from6, string _ProductoSenasa, int _CodigoCertificado, string _referenciaHash2, int
_CodigoIngSenasa, int _fechaInspeccion, string _LugardeCarga, string _StatusFlnal);

    OrigenCertificadoS [] public OrigenCertificadosSenasa;

    function CertificacionEmpresaEstatl (address to6, address from6, string
memory _ProductoSenasa, int _CodigoCertificado, string memory _referenciaHash2,
int _CodigoIngSenasa, int _fechaInspeccion, string memory _LugardeCarga, string
memory _StatusFlnal) public {

require(msg.sender==0x4B20993Bc481177ec7E8f571ceCaE8A9e22C02db);

    uint timestamp;

    timestamp = block.timestamp;

    OrigenCertificadoS memory novoOrigenCertificadosSenasa;

    novoOrigenCertificadosSenasa.ProductoSenasAS = _ProductoSenasa;

    novoOrigenCertificadosSenasa.CodigosCertificadoS    =

```

```

_CodigoCertificado;

    novoOrigenCertificadosSenasa.Hash2 = _referenciaHash2;

    novoOrigenCertificadosSenasa.CodigoIngSenasaS = _CodigoIngSenasa;

    novoOrigenCertificadosSenasa.FechaInspeccion = _fechaInspeccion;

    novoOrigenCertificadosSenasa.LugardeCargaS = _LugardeCarga;

    novoOrigenCertificadosSenasa.StatusFinalS = _StatusFinal;

    OrigenCertificadosSenasa.push(novoOrigenCertificadosSenasa);

    emit ValidacionCertificadoEstatad (to6, from6, _ProductoSenasa,
    _CodigoCertificado, _referenciaHash2, _CodigoIngSenasa, _fechaInspeccion,
    _LugardeCarga, _StatusFinal);

    }

    function TakeResultLab (uint id) external view returns (string memory) {

        ResultadoAnalsLab memory NovoResultadLab =
ResultadoAnalisisLab[id];

        return (NovoResultadLab.ResultadoSLab);

    }

    function ModifUrgencyLote ( uint id, string memory _UrgencyResult) public
{

require(msg.sender==0x0A098Eda01Ce92ff4A4CCb7A4fFFb5A43EBC70DC);

        ResultadoAnalsLab storage NovoResultadLab =
ResultadoAnalisisLab[id];

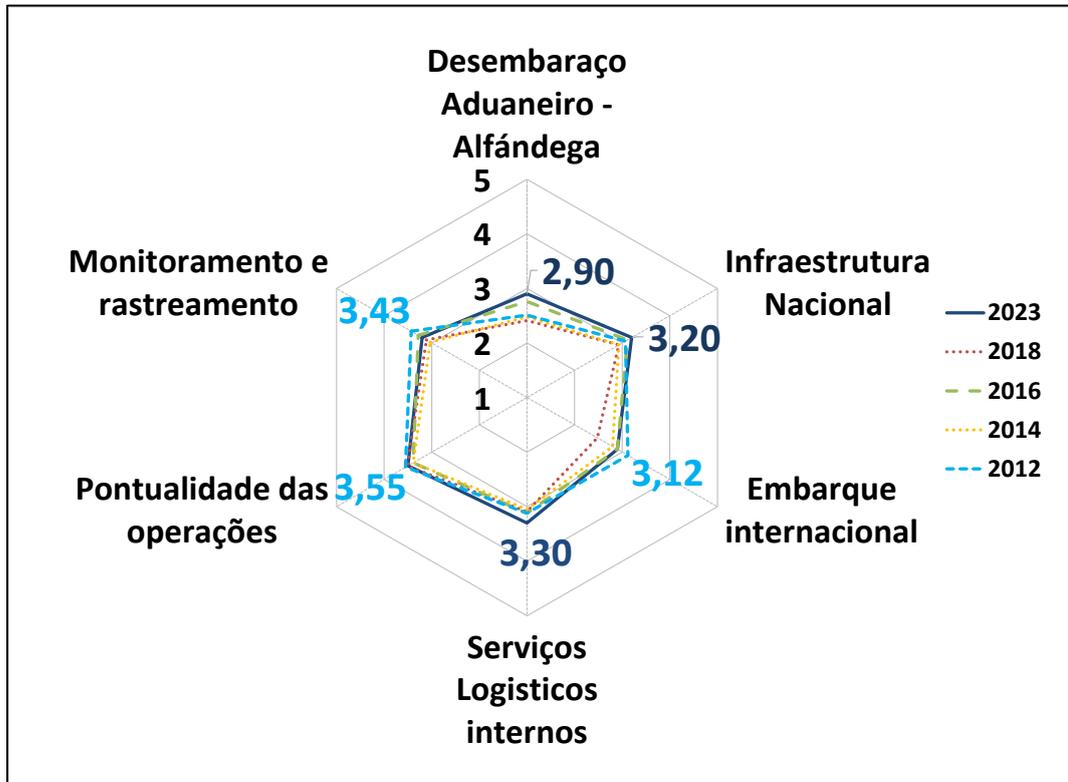
        NovoResultadLab.ResultadoSLab = _UrgencyResult; }

    }

```

## ANEXO A

Desempenho Logístico dos últimos 5 períodos, baseado no Logistics Performance Index do Banco Mundial (Elaborado pelo autor)



## ANEXO B

## Execução do Contrato Inteligente na rede BscScan Testnet

[ This is a BNB Smart Chain Testnet **Testnet** transaction only ]

Transaction Hash:	0x1a8dfafed4725d319b55cbc2aa68f7f55674e02f70692d279623d1bc0ce948ae 
Status:	<span>Success</span>
Block:	37655078 <span>17 Block Confirmations</span>
Timestamp:	54 secs ago (Feb-11-2024 06:18:54 PM +UTC)
Transaction Action:	Call <span>0x60806040</span> Method by <span>0xda28cA...dF104Ac7</span> 
From:	<span>0xda28cACAC3d11A54c61d86F8e0C64F21dF104Ac7</span> 
To:	[ <span>0x46daa6e3ca5f47a14bf6419c6503ef0757cbc596</span> Created ]  
Value:	 0 BNB (\$0.00)
Transaction Fee:	0.01315823 BNB (\$4.24)
Gas Price:	5 Gwei (0.000000005 BNB)