



TÉCNICO LISBOA

Rastreamento Digital da Cadeia de Abastecimento

O Caso da Indústria de *Fast-Food*

Ricardo Manuel Eleutério de Oliveira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Prof. Cândido J. Peres M.

Coorientador: Carlos Filipe Ramada Castro e Cunha

Júri

Presidente: Prof. Susana Isabel Carvalho Relvas

Orientador: Prof. Cândido J. Peres M.

Vogal: Prof. Miguel Amaral

Novembro de 2021

Agradecimentos

Ao Professor Cândido Peres, por ter acreditado nesta investigação desde o primeiro momento, pela atenção e disponibilidade. Sem o seu espírito de desafio não teria sido possível concluir esta fase do meu percurso académico de forma tão ativa, dinâmica e enriquecedora. Acima de tudo, por ter estado do meu lado como orientador académico e tutor na minha transição profissional.

Ao Carlos Cunha, por ter embarcado nesta aventura académica com a função de me guiar no contexto empresarial revelante para a realização deste estudo. Sem a sua participação, este tema não teria adquirido uma profundidade e legitimidade como foi possível desta forma.

À Professora Susana Relvas e ao Professor Miguel Amaral, por aceitarem o desafio de contribuir para o desenvolvimento positivo deste trabalho. A crítica construtiva baseada nos seus conhecimentos favoreceu o estudo do tema emergente proposto para esta dissertação.

Aos meus colegas de trabalhos de grupo, por me terem motivado a ser autossuficiente, adquirindo a autonomia e as ferramentas necessárias para concluir esta investigação ambiciosa.

Aos meus companheiros e dirigentes associativos com que enfrentei diversos desafios ao longo do meu percurso, por enriquecerem esta experiência e me permitirem viver realmente a vida académica.

Aos meus amigos, pela amizade e paciência durante as diversas fases da minha vida, e à minha namorada, por todas as vezes que serviu de farol que me permitiu encontrar terra novamente.

À minha família, por me ter dado o privilégio de acreditar que o meu futuro está nas minhas mãos.

Por fim, a uma escola que é tão boa quanto os professores que nela ensinam, os estudantes que nela aprendem e os profissionais que dela saem, o Instituto Superior Técnico.

A todos, o meu sincero agradecimento.

“A vida é curta e o conhecimento é infinito”,

Aldous Huxley

Resumo

O percurso de um produto desde o fornecedor até ao consumidor é suportado por uma cadeia de abastecimento, onde um conjunto de atividades de transformação e distribuição são, muitas vezes, desempenhados de forma funcional e desconexa à rede em que se inserem.

A digitalização, através da introdução de tecnologias emergentes como a *Blockchain*, permite o desenvolvimento de ecossistemas caracterizados pela partilha transparente de informação em sistemas de rastreamento digital, garantindo o acompanhamento pelos participantes envolvidos.

O objetivo principal da investigação passa pela construção de um modelo conceptual de um sistema de rastreamento digital que, conseqüentemente, será aplicado ao longo da cadeia de abastecimento de uma empresa transnacional do setor de *fast-food* com operação em Portugal, considerando a necessidade desta indústria de manter o registo de dados relativos aos produtos em circulação.

Através da integração de tecnologias emergentes, é possível realizar a transformação digital da cadeia de abastecimento, conectando os recursos físicos às informações digitais correspondentes. Sendo que o sistema proposto na investigação utiliza tecnologia *Blockchain* para a funcionalidade de gestão de dados e assegura a recolha dos mesmos através de sensores inteligentes.

A aplicação deste sistema na realidade do caso em estudo reflete um impacto no desempenho da empresa, possibilitando a inclusão de um novo fornecedor que permite à empresa atingir objetivos relacionados com o desenvolvimento sustentável da marca, enquanto impulsiona a transformação digital ao nível da circulação de informação no contexto empresarial, promovendo a segurança e transparência que são essenciais para moldar as estratégias corporativas.

Palavras-chave: Blockchain, Rastreamento, Transformação Digital, Cadeia de Abastecimento.

Abstract

The path of a product from the supplier to the consumer is supported by a supply chain, where a set of transformation and distribution activities are often performed in a functional manner and disconnected from the network in which they belong.

Digitization, through the introduction of emerging technologies such as Blockchain, allows the development of ecosystems characterized by the transparent sharing of information in digital tracking systems, ensuring an active participation by the involved participants.

The main objective of the investigation is to propose a conceptual model of a digital tracking system that, consequently, will be applied along the supply chain of a transnational fast-food company operating in Portugal, considering the need of this industry to keep track of product-related data.

Through the integration of emerging technologies, it is possible to carry out the digital transformation of the supply chain, connecting physical resources to the corresponding digital information. The system proposed in the investigation uses Blockchain technology for data management and ensures its collection through intelligent sensors.

The application of this system in the reality of the case under study reflects an impact on the company's performance, enabling the inclusion of a new supplier that allows the company to achieve goals related to the sustainable development of the brand, while driving digital transformation at the level of information circulation in the business context, promoting the security and transparency that are essential to shaping corporate strategies.

Keywords: Blockchain, Traceability, Digital Transformation, Supply Chain.

Índice

RESUMO	I
ABSTRACT	II
LISTA DE ABREVIATURAS	III
LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS	V
1. INTRODUÇÃO	10
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO	10
1.2. LINHAS ORIENTADORAS E QUESTÕES DA INVESTIGAÇÃO	12
1.3. ESTRUTURA DA INVESTIGAÇÃO	13
2. REVISÃO CONCEPTUAL	15
2.1. INTRODUÇÃO	15
2.2. A CADEIA DE ABASTECIMENTO E A SUA GESTÃO	15
2.2.1. <i>O Conceito na Literatura</i>	17
2.2.2. <i>O Rastreamento das Informações e Produtos</i>	18
2.2.3. <i>O Desenvolvimento e Inovação</i>	20
2.2.4. <i>Casos da Indústria: Excelência Operacional</i>	22
2.3. A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA INDÚSTRIA	27
2.3.1. <i>A Tecnologia Blockchain</i>	29
2.3.1.1. O Conceito na Literatura	31
2.3.1.2. O Bloco de Dados	32
2.3.1.3. Mecanismo de Consenso	33
2.3.1.4. A Gestão de Acessos	34
2.3.2. <i>Casos da Indústria: Rastreamento Digital</i>	37
3. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	41
3.1. A COMPONENTE OPERACIONAL	41
3.2. O INVESTIMENTO NO FORNECIMENTO LOCAL	42
3.2.1. <i>O Hambúrguer com Sabor Açoriano</i>	42
3.2.2. <i>A Fábrica Nacional</i>	43
4. METODOLOGIA	44
4.1. CONSTRUÇÃO TEÓRICA	44
4.2. APLICAÇÃO PRÁTICA	45

5. MODELO CONCEPTUAL DE RASTREAMENTO DIGITAL	46
5.1. INTRODUÇÃO	46
5.2. CONTEXTO DE DESENVOLVIMENTO	46
5.2.1. <i>Interação Funcional</i>	47
5.2.2. <i>Interação Tecnológica</i>	49
5.3. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA.....	52
6. MODELO DE CONFIGURAÇÃO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO	54
6.1. INTRODUÇÃO	54
6.2. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA.....	54
6.2.1. <i>Configuração Atual</i>	54
6.2.2. <i>Configuração Proposta</i>	57
6.3. CONTEXTO OPERACIONAL	59
6.3.1. <i>Dimensão Económica</i>	59
6.3.2. <i>Dimensão Ambiental</i>	62
6.3.3. <i>Dimensão Social</i>	63
7. PROVA DE CONCEITO: RASTREAMENTO DIGITAL NA CADEIA DE ABASTECIMENTO	64
7.1. INTRODUÇÃO	64
7.2. MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO	64
7.2.1. <i>Caracterização do Sistema</i>	64
7.2.2. <i>Caracterização da Smart Box</i>	67
7.2.2.1. Identidade Digital	67
7.2.2.2. Transmissão de Dados	67
7.2.3. <i>Caracterização da Aplicação Móvel</i>	68
7.2.3.1. Gestão de Identidade Digital	68
7.2.3.2. Monitorização de Transporte	69
7.2.3.3. Certificação de Proveniência	70
8. CONCLUSÃO	71
8.1. SUMÁRIO DE INVESTIGAÇÃO	71
8.2. PERSPETIVA DE APLICABILIDADE	72
8.3. PERSPETIVAS FUTURAS	73
8.4. LIMITAÇÕES DA INVESTIGAÇÃO	75
REFERÊNCIAS	76
ANEXOS	87

Lista de Abreviaturas

AAPL – Apple, Inc.

AMZN – Amazon.com

BPMN – Business Process Management and Notation

CA – Cadeia de Abastecimento

CAD – Cadeia de Abastecimento Digital

CO₂ – Emissões Poluentes

CSCMP – Council of Supply Chain Management Professionals

DSCi – Digital Supply Chain Initiative

GCA – Gestão de Cadeias de Abastecimento

ICA – Inovação de Cadeia de Abastecimento

IoT – Internet of Things

ISO – International Standard Organization

IUU – Identificador Único Universal

Kg - Quilograma

Km - Quilómetro

MCD – McDonald’s Corporation

OCDE – Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico

P2P – Peer-to-Peer

PoS – Proof-of-Stake

PoW – Proof-of-Work

QI – Questões da Investigação

QR – Quick Response Code

RFID – Radio Frequency Identification

TBL – Tripple Bottom Line

Ton - Tonelada

UML – Unified Modelling Language

UR – Unidade Rastreável

Lista de Figuras

FIGURA 1 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE CONFIANÇA NUM PRODUTO	11
FIGURA 2 - MODELO GENÉRICO DE CA.....	16
FIGURA 3 - MODELO DE ESTRUTURA DE CAD.	21
FIGURA 4 - MAPA DA REDE DE FORNECEDORES DA AAPL	24
FIGURA 5 - REPRESENTAÇÃO DA CA DA AMZN	25
FIGURA 6 - REPRESENTAÇÃO DA CA DA MCD.....	26
FIGURA 7 – MODELOS DE ARQUITETURA: (A) REDE CENTRAL; (B) REDE P2P	30
FIGURA 8 - ILUSTRAÇÃO DA FUNÇÃO HASH NA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN.....	30
FIGURA 9 - REPRESENTAÇÃO DO BLOCO DE DADOS NA REDE BLOCKCHAIN	33
FIGURA 10 – ILUSTRAÇÃO DO MECANISMO DE CONSENSO POW E POS.....	34
FIGURA 11 - REPRESENTAÇÃO DO TIPO DE BLOCKCHAIN PÚBLICO E SEMI-PRIVADO	35
FIGURA 12 - REPRESENTAÇÃO DO TIPO DE BLOCKCHAIN PRIVADO E DE CONSÓRCIO.	36
FIGURA 13 - RASTREAMENTO DIGITAL PELA SOLUÇÃO PROVENANCE.....	37
FIGURA 14 - RASTREAMENTO DIGITAL PELA SOLUÇÃO BEEFLEDGER	39
FIGURA 15 - DIAGRAMA UML DAS INTERAÇÕES FUNCIONAIS PARTICIPANTE-PARTICIPANTE.	48
FIGURA 16 - DIAGRAMA UML DA SEQUÊNCIA DE INTERAÇÕES PARTICIPANTE-SISTEMA.....	50
FIGURA 17 - DIAGRAMA UML DO MODELO CONCEPTUAL	52
FIGURA 18 - REPRESENTAÇÃO DO MODELO DE CONFIGURAÇÃO ATUAL DA CA DA EMPRESA EM ESTUDO.....	56
FIGURA 19 - REPRESENTAÇÃO DO MODELO DE CONFIGURAÇÃO PROPOSTA PARA A CA DA EMPRESA EM ESTUDO	58
FIGURA 20 - DIAGRAMA DO SISTEMA DE RASTREAMENTO DIGITAL PROPOSTO	66
FIGURA 21 - FUNCIONALIDADES DA SMART BOX: (A) IDENTIDADE DIGITAL DA SMART BOX; (B) TRANSMISSÃO DE DADOS.....	67
FIGURA 22 - FUNCIONALIDADE DA APLICAÇÃO MÓVEL: (A) MONITORIZAÇÃO; (B) CERTIFICAÇÃO DE PROVENIÊNCIA	69
FIGURA 23 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CASO PRÁTICO	88
FIGURA 24 - APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA BLOCKCHAIN NA ÁREA DE RESPONSABILIDADE SOCIAL CORPORATIVA	90
FIGURA 25 - APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN NA ÁREA DE MARKETING DE CONTEXTO	90
FIGURA 26 - APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA BLOCKCHAIN NA ÁREA DE PERSONALIZAÇÃO DE PRODUTOS.....	90

Lista de Tabelas

TABELA 1 - CONCEITOS FUNDAMENTAIS DO MODELO DE RASTREAMENTO	19
TABELA 2 - COMPARAÇÃO ENTRE OS TIPOS DE BLOCKCHAIN PÚBLICO E PRIVADO.....	36
TABELA 3 - CRITÉRIOS DE PESQUISA SELECIONADOS	44
TABELA 4 - DISTÂNCIAS ENTRE PONTOS ESTRATÉGICOS DA CONFIGURAÇÃO ATUAL DA CA DA EMPRESA EM ESTUDO.....	56
TABELA 5 - DISTÂNCIAS ENTRE PONTOS ESTRATÉGICOS DA CONFIGURAÇÃO PROPOSTA PARA A CA DA EMPRESA EM ESTUDO	58
TABELA 6 - DETALHES DA SIMULAÇÃO DE CUSTOS PARA TRANSPORTE TERRESTRE	60
TABELA 7 - CUSTOS DE TRANSPORTE TERRESTRE DE UM CONTENTOR EM CADA MODELO	60
TABELA 8 - DETALHES DA SIMULAÇÃO DE CUSTOS PARA TRANSPORTE MARÍTIMO.....	61
TABELA 9 - CUSTOS ECONÓMICOS DE TRANSPORTE DE UM CONTENTOR EM CADA MODELO	61
TABELA 10 - DETALHES DO ESTUDO SOBRE FATORES DE EMISSÃO POR MEIO DE TRANSPORTE E CUSTOS DE NEUTRALIZAÇÃO.....	62
TABELA 11 - CUSTOS AMBIENTAIS DE TRANSPORTE DE UM CONTENTOR EM CADA MODELO	62
TABELA 12 - INSTITUIÇÕES DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E DO ENSINO SUPERIOR.....	89

1. Introdução

1.1. Contextualização da Investigação

A transformação digital da indústria representa um novo capítulo para o tecido empresarial, assim como para a sociedade, invertendo a tendência decrescente registada no âmbito de desenvolvimento e inovação verificado aos longo dos últimos anos nas principais economias globais (UIS, 2020).

A abertura de um novo capítulo liderado por empresas de base tecnológica gera um renovado contexto económico, marcado por tendências de mercado como a expansão de operações para o panorama global. Com esta mudança, as empresas são confrontadas com um leque de novas tecnologias para transformar as suas Cadeias de Abastecimento (CA), implementando novas estratégias direcionadas a entrar em novos mercados e desenvolver produtos inovadores (A.T. Kerney, 2015). Desta forma, desbloqueando vantagens competitivas, muitas vezes, baseadas no papel vital da informação no cenário comercial, nomeadamente, a nível da Gestão de Cadeia de Abastecimento (GCA).

Tanto a nível económico, ético ou sustentável, é importante que a empresa consiga evitar associações nefastas para as operações e reputação da sua marca, prevenindo o seu envolvimento em casos como o incidente em Rana Plaza em 2013 no Bangladesh. Sendo este um exemplo bastante conhecido da indústria têxtil, no qual um edifício industrial mantido em condições precárias ruiu, levando com ele mais de mil trabalhadores e a reputação ética de marcas internacionais que ali centralizavam a sua produção sem assegurar condições mínimas aos operários (Melvin, 2015; Safi & Rushe, 2018).

Outro caso surge na dimensão alimentar, com a inclusão de carne de cavalo nas almôndegas suecas, também em 2013, mas na República Checa, onde uma falha na gestão de fornecedores levou a que uma entidade, no meio de muitas outras cumpridoras, obrigasse a marca a retirar temporariamente os produtos de almôndegas de todas as suas localizações na Europa (Cooke, 2013; Ebnother, Rivera, Sawayda, Ferrell & Ferrell, 2014), sustentando a premissa por detrás do rastreamento de produtos.

Com este tipo de acontecimento a ser, cada vez mais, uma realidade presente na história de várias indústrias, floresce o interesse em investir e implementar sistemas de rastreamento nas operações empresariais. Desta forma, sinalizando uma maior preocupação em reforçar a confiança do mercado na marca das empresas, através da partilha de informação sobre a sua atividade, justificando o investimento em sistemas de monitorização de dados operacionais em tempo-real.

Na perspetiva do consumidor, estes eventos têm promovido a crescente tendência de desconfiança no produto, fomentando uma procura por informações relacionada com as operações, transporte e origem, fatores que têm conquistado um papel vital nas preferências de escolha (Deloitte, 2016), como espelha a Figura 1.

Figura 1 - Critérios de Avaliação de Confiança num Produto



Fonte: Deloitte, 2016 (Adaptado).

O estudo referido acima, no qual participaram mais de 5 mil indivíduos, revela que a introdução de novas tecnologias tem promovido a inovação deste setor alimentar marcado pela desconfiança do consumidor, criando vantagens competitivas alimentadas pela democratização da informação (Deloitte, 2016). Numa perspetiva global, o estudo caracteriza a entrada de novas tecnologias no mercado como uma das principais tendências de transformação, realçando a partilha de informação entre a empresa e o consumidor como chave para relações comerciais baseadas em confiança.

Com esta premissa, surge o interesse na tecnologia *Blockchain*, caracterizada pela criptografia e segurança (Haber & Stornetta, 1991). Inicialmente como tópico de discussão associado à dimensão de moedas digitais (Nakamoto, 2008) e, mais recente, associado à utilidade da tecnologia devido aos mecanismos criptográficos envolvidos (Greenberg, 2011). Em particular, considerando a sua aplicação em diversas áreas, nomeadamente, na indústria alimentar, surgindo como solução para alinhar as necessidades de mapeamento de informação com as capacidades de rastreamento desta tecnologia.

Este cenário de inovação industrial, acelerado por tecnologias emergentes como a Inteligência Artificial, *Internet of Things (IoT)*, *Machine Learning* e *Blockchain* (Oliveira e Peres, 2021), representa a conjuntura ideal para abordar este problema de rastreamento que tem sido observado em diversas indústrias (Probst, Frideres & Pedersen, 2015; Montet & Dey, 2018).

Em relação à presente investigação, a mesma terá um foco na indústria alimentar, com o objetivo de desmistificar a potencial aplicação de tecnologia *Blockchain* para conectar a realidade física e virtual, num esforço de garantir a eficiência e transparência de operações no contexto da empresa em estudo.

1.2. Linhas Orientadoras e Questões da Investigação

A investigação começa com a construção de um enquadramento relacionado com os conceitos de CA e *Blockchain*, espelhando a relevância do problema de rastreamento no contexto operacional, construindo conhecimento sobre as tecnologias associadas a esta tendência de transformação digital.

Com esta premissa, a investigação segue as seguintes linhas orientadoras em termos do enquadramento teórico necessário à construção da aplicação prática pretendida:

- Apresentar a contextualização relevante, assim como uma descrição do caso de estudo, através da concretização da problemática a abordar.
- Realizar um enquadramento do conceito de CA e GCA, através da revisão da literatura disponível, com a introdução aos sistemas de rastreamento e referências a casos reais na indústria.
- Realizar um enquadramento do conceito de Transformação Digital e tecnologia *Blockchain*, através da revisão da literatura disponível, com a introdução de funcionalidades relevantes de gestão de dados e referências a soluções reais na indústria.

Destacando a procura por mecanismos de rastreabilidade de informação e produtos como uma das principais tendências que transformam o setor alimentar (Montet & Dey, 2018), o próximo passo da investigação explora a aplicação de *Blockchain* no contexto da CA.

Sendo esta aplicação direcionada à construção de um modelo conceptual que represente um sistema de rastreamento digital. No qual será monitorizada a circulação de informações e produtos numa rede, respondendo à necessidade de assegurar a origem, o destino e as condições de transporte dos produtos físicos, assim como a certificação da autenticidade das informações digitais.

Com fim a testar a aplicação deste sistema com um caso real, surge a oportunidade de aplicar o modelo proposto no contexto operacional de uma empresa de indústria alimentar no ramo de *Fast-food* com atividade em Portugal.

A potencial utilização deste mecanismo será realizada no âmbito de alterações que a empresa pondera aplicar no contexto da sua CA e que carecem de uma partilha transparente de informações relacionadas com as condições de transporte dos seus produtos.

De forma a especificar as Questões de Investigação (QI) pretendidas, foi realizada uma análise preliminar a investigações académicas, assim como protótipos comerciais que visam a aplicação de tecnologia *Blockchain* no contexto de GCA.

As conclusões mostram que as aplicações variam, maioritariamente, no tipo de conexão ciberfísica estabelecida entre a dimensão física, dos bens em circulação, e a realidade digital, dos dados transmitidos.

Como tal, o estudo procura responder às seguintes QI:

QI.1. Quais são os mecanismos necessários para adaptar a CA para a nova realidade ciberfísica?

QI.2. Como implementar um sistema de rastreamento no contexto da CA da empresa em estudo?

QI.3. Quais são as vantagens e desvantagens de implementar as alterações propostas para a CA?

No sentido de chegar a estes resultados, o sistema de rastreamento digital será inserido numa configuração de CA construída com base nas várias fases de circulação dos produtos e informações, com o objetivo de melhorar o seu desempenho e a sua eficiência e segurança operacional.

Desta forma, a investigação resultará numa prova de conceito que assegure a aplicabilidade do modelo conceptual proposto para este sistema de rastreamento no contexto prático da empresa em estudo. Esta prova será suportada pelo mapeamento das interações inerentes à circulação de materiais e de informações entre os participantes da rede, permitindo concretizar uma proposta de utilização deste tipo de sistemas construídos com base em tecnologias emergentes na indústria.

1.3. Estrutura da Investigação

A investigação segue uma estrutura global assente em oito secções diferentes, formuladas por uma vertente teórica que precede a aplicação prática. A parte inicial introduz os conceitos utilizados na dimensão prática do estudo. Ao longo de cada capítulo serão abordados os objetivos propostos, sustentando as conclusões apresentadas para a investigação.

Neste sentido, as secções são descritas de seguida:

- **Introdução:**

Introdução de um enquadramento da transformação digital no contexto empresarial e de casos de referência que marcaram a indústria. Inclui também os objetivos propostos para as diferentes fases da investigação e a estrutura global.

- **Revisão Conceptual:**

Apresentação de um enquadramento dos conceitos teóricos da investigação com a literatura disponível, com foco nas subáreas relevantes para a investigação e com a inclusão de casos de referência da indústria. No caso de CA, é referido o desenvolvimento e inovação assim como o rastreamento na rede. No caso de *Blockchain*, é apresentada a funcionalidade de registo de dados na rede digital assim como os mecanismos de gestão de dados inerentes à tecnologia.

- **Definição do Problema:**

Apresentação da contextualização do caso em estudo, com a introdução de detalhes operacionais relevantes à problemática a abordar: a introdução de um novo fornecedor na CA e a nova configuração para a CA em vigor.

- **Metodologia:**

Descrição da abordagem a seguir no âmbito da investigação, introduzindo a dimensão teórica assente na revisão da literatura disponível sobre os conceitos de CA e *Blockchain*, e a dimensão prática suportada pela implementação de um modelo conceptual para a solução de rastreamento digital.

- **Modelo Conceptual de Rastreamento Digital:**

Introdução do conceito de modelo conceptual construído com base em tecnologia *Blockchain*, suportado por um mapeamento dos participantes e as dinâmicas de interação funcionais nas dimensões de informação e produtos.

- **Modelo de Configuração da Cadeia de Abastecimento:**

Apresentação do modelo de configuração da CA em vigor, assim como a proposta da empresa em estudo para alterações a realizar – a introdução de um novo local de origem de fornecimento da matéria-prima e um novo local de processamento situado em Portugal, conduzindo uma análise assente em pilares estratégicos identificados como relevantes para a empresa – ambiental, económico e social – para avaliar o potencial impacto da adoção desta nova configuração da CA.

- **Prova de Conceito:**

Aplicação do sistema de rastreamento digital, através do modelo conceptual construído, ao contexto operacional da empresa em estudo, através do modelo de configuração da CA resultante das alterações propostas. A prova de conceito é suportada pela integração de dados operacionais oriundos da CA nas duas dimensões – informações e produtos – do modelo conceptual, concretizando as interações entre os participantes da CA proposta entre si e com o sistema de rastreamento.

- **Conclusão:**

Realização de um enquadramento global dos tópicos abordados, discutindo os modelos propostos e os resultados obtidos na prova de conceito, resumindo as informações chave de forma a responder aos objetivos inicialmente propostos para o projeto, incluindo também um mapeamento de outras áreas de aplicação de tecnologia *Blockchain* relevantes para explorar numa fase posterior, assim como as limitações inerentes ao desenvolvimento da presente investigação.

2. Revisão Conceptual

2.1. Introdução

Com o objetivo de construir um enquadramento teórico que contemple os diferentes conceitos associados à presente investigação, foi realizada uma análise com base na literatura disponível. A partir da mesma, foi possível proceder à sua definição e associação a tópicos relacionados, espelhando a evolução do número de publicações lançadas ao longo dos anos em estudo.

Na perspetiva operacional da investigação, é relevante definir o conceito de CA e entender a maturidade do mesmo. Como tal, foi realizado um mapeamento do crescente volume de publicações presentes em revistas académicas de fontes selecionadas ao longo do período em estudo, assim como o conceito inerente de GCA, na ótica de definir os diferentes mecanismos relevantes. Com base nos desenvolvimentos descritos na literatura e análise de casos de referência da indústria, são incluídas as perspetivas para a evolução destes conceitos, alinhadas com uma vertente tecnológica.

Neste sentido, é contextualizado o conceito de Transformação Digital e introduzida a tecnologia *Blockchain*. Considerando o interesse do estudo em explorar a potencial aplicação desta solução emergente para abordar os desafios de registo e validação identificados pela empresa em estudo. Em linha com o caso prático da investigação, são incluídos casos de referência que espelham a implementação destas soluções no contexto de CA, validando a dinâmica entre ambos os conceitos.

2.2. A Cadeia de Abastecimento e a sua Gestão

A complexidade do cenário comercial promove a interligação de diferentes entidades envolvidas num contexto transacional através de redes comerciais, conhecidas na literatura como CA.

Embora tenha diferentes propostas nas fontes consultadas, a presente investigação define este conceito através da definição apresentada pelo *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP), uma entidade de referência no tema que reúne o maior consenso na literatura.

Definição de CA

“1) Starting with unprocessed raw materials and ending with the final customer using the finished goods, the supply chain links many companies together.

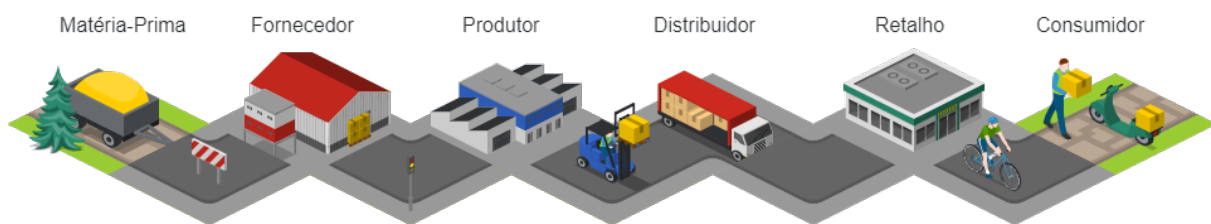
2) The material and informational interchanges in the logistical process stretching from acquisition of raw materials to delivery of finished products to the end user.

All vendors, service providers and customers are links in the supply chain.” (CSCMP, 2013)

Esta definição introduz as características das redes comerciais, refletindo a sua versatilidade desde a dimensão local à global e suporte através de operações e modelos de estrutura em constante alteração e seguindo a estratégia mais adequada para cada caso (Houlihan, 1985).

São incluídas as diferentes entidades que contribuem para os processos de produção, transformação e distribuição de um produto específico desde o fornecedor até ao consumidor. Por conseguinte, são também considerados os diversos agentes que integram as subcadeias de abastecimento de cada uma destas entidades, com o objetivo de fomentar a otimização da rede na dimensão total, gerindo o fluxo de informações e materiais na mesma (Feller et al., 2006), como se representa na Figura 2.

Figura 2 - Modelo Genérico de CA.



Fonte: Autor, 2020.

Considerando a complexidade inerente à gestão destas redes, as empresas reconhecem a importância de estabelecer relações colaborativas entre as entidades envolvidas neste fluxo transacional (Felea & Alb, 2013). Como consequência, têm desenvolvido os mecanismos de gestão do mesmo, promovendo um interesse crescente na temática de GCA, desde a introdução do conceito em 1982, por Oliver e Webber.

Conceito Original de GCA

“Supply chain management [...] is the process of planning, implementing, and controlling the operations of the supply chain with the purpose to satisfy customer requirements as efficiently as possible. [...] spans all movement and storage of raw materials, work-in-process inventory, and finished goods from point-of-origin to point-of-consumption.” (Oliver & Webber, 1982)

Novamente, a versatilidade do conceito fomenta o aparecimento de diversas definições de GCA, sendo que, para a presente investigação, é considerada a descrição apresentada pelo CSCMP, notória pela sua transversalidade espelhada na literatura disponível (Stock et al., 2010).

Objetivamente, o conceito é descrito como a integração da gestão da procura e oferta no contexto da CA, englobando o planeamento de todas as atividades envolvidas, como de seguida se apresenta.

Definição de GCA

"In essence, supply chain management integrates supply and demand management [...] with [...] major business functions and business processes within and across companies into a cohesive and high-performing business model. It includes all of the logistics management activities [...] and it drives coordination of processes and activities with and across marketing, sales, product design, finance and information technology." (CSCMP, 2013)

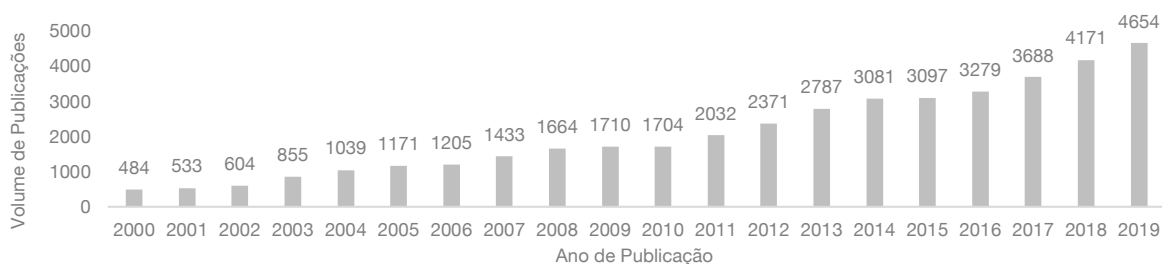
Assim, a função principal de GCA é coordenar os diversos processos e atividades dentro da CA através dos departamentos funcionais isolados, de forma a sustentar um modelo de negócio coeso e de alto desempenho, vinculado às principais atividades e processos de negócio inerentes às entidades envolvidas (Lambert, 2008).

2.2.1. O Conceito na Literatura

O conceito de GCA surge na literatura como uma combinação de conhecimentos relacionados com as áreas de gestão de operações, de sistemas e do fluxo de materiais e informações (Cooper et al., 1997). A introdução deste conceito, em 1982 por Oliver e Webber, é associada ao conceito de logística, tendo conquistado destaque no contexto académico, justificando o aumento do volume de publicações neste âmbito na década de 1990 (Stock & Boyer, 2009).

O interesse académico crescente da investigação da GCA é ilustrado no Gráfico 1, onde se apresenta o mapeamento do volume de publicações em revistas académicas oriundas das fontes presentes no Anexo I, realizadas ao longo do período em estudo. Assim, é possível observar, em ambas as décadas, um crescimento respetivo de 25.2% e 17.3%, mantendo a tendência positiva face a uma desaceleração do impulso registado nos anos anteriores (Stock & Boyer, 2009).

Gráfico 1 – Evolução do Número de Publicações com o termo "GCA" durante o Período em Análise (2000-2019)



Fonte: Stock & Boyer, 2009 (Adaptado); Autor, 2020.

O investimento crescente no desenvolvimento e inovação desta área desencadeou uma evolução do conceito de GCA que, iterativamente, procurou englobar os diferentes mecanismos de gestão de CA em prática no tecido empresarial, assim como potenciais vantagens competitivas relacionadas.

Não sendo um tema emergente, a sua popularidade é sustentada pela taxa de crescimento de publicações anual global de 12.7%, se for considerado o período desde o lançamento das primeiras publicações em 1994 até ao momento (Larson & Rogers, 1998).

2.2.2. O Rastreamento das Informações e Produtos

A transição das CA para além das suas fronteiras, aliada à globalização do comércio, tem aumentado a distância que os produtos percorrem desde a sua origem até ao seu consumo. Esta alteração reforça os obstáculos enfrentados, nomeadamente, a nível da qualidade e segurança, principalmente na dimensão alimentar. A história desta indústria pode ser caracterizada por diversas crises (Bertolini, Bevilacqua, & Massini, 2006; Beulens, Broens, Folstar, & Hofstede, 2005; Regattieri, Gamberi, & Manzini, 2007; Trienekens & Zuurbier, 2008), entre as quais se destacam:

- Encefalopatia espongiforme bovina (conhecida por doença da vaca louca): relevante no contexto da presente investigação por estar relacionada com a matéria-prima a ser rastreada no estudo.
- Organismos Geneticamente Modificados: relevante por ser um dos aceleradores da procura de informação sobre a transformação dos alimentos (Robinson & Leonhardt, 2018).

Esta realidade contribuiu para a transformação do perfil do consumidor, despoletando o interesse em mecanismos de rastreamento. Estas soluções são vistas como uma forma de assegurar a qualidade, integridade e transparência ao longo da CA (*Project Provenance Ltd.*, 2015).

Com a perda de confiança transaccional, o mercado investiu na procura de informações associadas à origem dos produtos, jornada comercial e destino de consumo (Peres, Barlet, Loiseau & Montet, 2007), concretizando a definição do conceito de rastreamento apresentada, em 2015, pela *International Standard for Organization (ISO)*, conforme descrita de seguida.

Conceito de Rastreamento

“Ability to trace the history, application, or location of an object. When considering a product or a service, traceability can relate to:

- *the origin of materials and parts;*
- *the processing history;*
- *the distribution and location of the product or service after delivery.” (ISO, 2015).*

Através desta definição, importa destacar o impacto que estes sistemas têm no tecido empresarial:

- Componente operacional: através da melhoria da estratégia de GCA e controlo da qualidade e segurança alimentar com uma melhor monitorização da rede (Golan et al., 2004).
- Componente comercial: a diferenciação dos seus produtos e posição de mercado com a partilha transparente e fidedigna de informações (Golan et al., 2004).

Desta forma, a prática de rastreamento permite reduzir os custos associados às redes de distribuição, diminuindo as despesas de retirada de lotes contaminados, enquanto aumenta a venda de produtos com características específicas, comprovando a sua autenticidade, contribuindo para o desenvolvimento de vantagens competitivas (Beefledger, 2018).

Considerando a diversidade de produtos em circulação, estes mecanismos têm de sinalizar cada um destes com um Identificador Único Universal (IUU), através de uma etiqueta física ou de um registo digital (Early, 1995), estando o segundo método em foco na presente investigação.

Com esta marca, é possível mapear o percurso do produto e de atividades realizadas, como apresentado por Moe (1998) no seu modelo operacional base de rastreamento, descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Conceitos Fundamentais do Modelo de Rastreamento

Entidade	Descritores	Exemplo
Produto	Categoria	Origem
	Quantidade	Peso
Atividade	Categoria	Transporte
	Momento Temporal	Duração do Transporte

Fonte: Moe, 1998 (Adaptado).

Este modelo realça a importância do IUU para a eficácia de rastreamento, dependente do nível de detalhe registado, garantindo que nenhum outro apresenta as mesmas características, diferenciando as Unidades Rastreáveis (UR) na perspetiva do sistema (Kim, Fox & Gruninger, 1995).

Com esta condição, a etiqueta de um produto é alterada consoante o seu percurso e de acordo com as atividades executadas, adquirindo uma nova identidade no caso da geração de novos subprodutos, tal como na repartição de lotes, ou quando partes da UR seguem caminhos de produção diferentes.

As complexidades destes sistemas requerem um controlo que não é realizável através de etiquetas e registos físicos, justificando um investimento na dimensão digital.

2.2.3. O Desenvolvimento e Inovação

Atuando como importante suporte do tecido empresarial e desenvolvimento económico do contexto em que se insere, as CA apresentam um perfil dinâmico, adaptando a sua configuração conforme as necessidades das entidades participantes.

Por conseguinte, importa dotar os mecanismos de GCA com flexibilidade para alterar a coordenação destas redes consoante os estímulos resultantes da entrada de um novo produto ou num mercado, mantendo a possibilidade de desmantelamento das operações (MacCarthy, Blome, Olhager, Shrai & Zhao, 2016), no caso de uma eventual mudança de paradigma inutilizar a rede correspondente.

As CA surgem como elementos de suporte ao desenvolvimento das sociedades, primeiramente criadas para exploração de recursos naturais e, mais tarde, para facilitar o comércio através da intermediação de negócios a nível local, internacional e, mais recentemente, global.

O panorama geral revela que o desenvolvimento desta área tem sido assente em inovação, tanto a nível de CA, através de configurações diferentes, como de GCA, com novas práticas de controlo e introdução de tecnologias emergentes.

Reconhecendo o papel importante destas transições, é introduzido o conceito de Inovação da Cadeia de Abastecimento (ICA), construído a partir da agregação de referências ao desenvolvimento de CA difundidas no vasto conjunto de publicações (Krabbe, 2007) e, através de uma análise dedicada a este tema, Arlbjørn, de Haas e Munksgaard (2011) apresentam a seguinte definição deste conceito.

Conceito de ICA

“A supply chain innovation is defined as a change (incremental or radical) within the supply chain network, supply chain technology, or supply chain processes (or combinations of these) that can take place in a company function, within a company, in an industry or in a supply chain in order to enhance new value creation for the stakeholder.” (Arlbjørn et al., 2011)

A definição apresentada está em linha com o conceito avançado pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) no reputado Manual de Oslo (2018), no qual a inovação é definida como mais que uma ideia ou uma invenção, sendo retratada da seguinte forma.

Conceito de Inovação

“Innovation is more than a new idea or an invention. An innovation requires implementation, either by being put into active use or by being made available for use by other parties, firms, individuals, or organisations [...]. (OCDE & Eurostat, 2018)

Com este enquadramento, é possível categorizar objetivamente – a nível de negócio, estrutural ou tecnológico – a evolução das CA. Considerando a complexidade e volume de informação resultante da transição para a escala global como justificação para investir na vertente tecnológica da ICA, desenhando soluções baseadas na interação da empresa com a realidade da sua indústria.

Desta forma, são introduzidos sistemas de gestão de dados que consigam agregar e distribuir informação relevante à rede em que cada participante se encontra, permitindo uma melhor colaboração e confiança entre todos. Com estas plataformas, cada elemento deverá conseguir consultar dados que possam identificar potenciais oportunidades de negócio, construir relações e promover transações assentes na confiança mútua. No entanto, o objetivo principal é garantir que todos os participantes têm acesso, em tempo real, à mesma informação fidedigna (Ballou, 2007).

Segundo um estudo realizado pela A.T. Kerney (2015), o impacto da integração de novas tecnologias emergentes no contexto de GCA tem despoletado novas tendências a nível das atividades e operações das empresas. Esta mudança é consequência da transformação do negócio com centro na CA e com o foco principal na transação de informação.

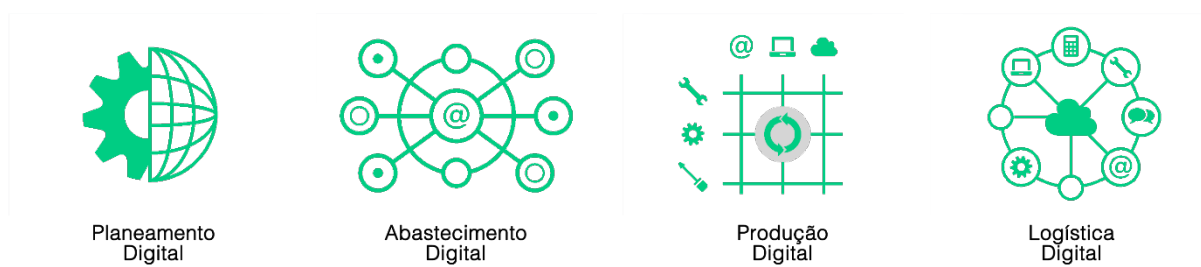
Neste alinhamento, surge na literatura um novo conceito denominado de Cadeia de Abastecimento Digital (CAD), apresentado, no foro profissional, pelo instituto *Digital Supply Chain Initiative (DSCi)*.

Conceito de CAD

“A Digital Supply Chain is a customer-centric platform model that captures and maximizes utilization of real-time data coming from a variety of sources. It enables demand stimulation, matching, sensing and management to optimize performance and minimize risk.” (DSCi, 2015)

Este conceito é introduzido como resultado da integração de ferramentas tecnológicas em diferentes fases de uma CA tradicional, assente em quatro pilares fundamentais – integração, automação, reconfiguração e análise (A.T. Kerney, 2015), conforme espelha a Figura 3.

Figura 3 - Modelo de estrutura de CAD.



Fonte: A.T. Kearney, 2015 (Adaptado).

Este novo conceito surge em associação com a criação de uma nova proposta de valor e modelo de negócio centrado na otimização do desempenho operacional e da resposta às alterações dos mercados (DSCi, 2015).

Numa vertente prática, o DSCi apresenta dois casos de estudo de transição digital das suas CA:

- ZTE Corp.: a integração de um sistema de produção digital facilitou a participação em projetos de *e-commerce* com consumidores e fornecedores. Como resultado, a empresa conseguiu reduzir o *lead time* de 60 a 70 dias para 15 a 20 dias (DSCi, 2016).
- Colgate-Palmolive: a introdução de plataformas de planeamento digital permite a utilização de dados operacionais para auxiliar a tomada de decisão sobre a utilização de recursos financeiros e humanos ao longo da rede. Como resultado, a empresa conseguiu melhorar a sua posição nos indicadores de desempenho relacionados com o nível de serviço e inventário (DSCi, 2017).

Estes exemplos retratam que a digitalização promove a evolução das redes, trazendo consigo novas características que facilitam uma adaptação dos modelos locais à nova realidade global.

Entre as funcionalidades acrescentadas, importa destacar:

- Conectividade: permitindo o acompanhamento das atividades físicas através de plataformas digitais que conferem acesso a informação em tempo real (Hanifan, Sharma & Newberry, 2014).
- Transparência: permitindo o conhecimento concreto das ligações abstratas que associam os diversos participantes de uma rede (Schrauf & Bertram, 2016).

A transição para uma nova realidade digital surge como resultado da integração de tecnologias emergentes, reconhecendo o seu papel disruptivo quando aplicados à CA (Büyükoçkan & Göçer, 2018). Este caminho carece de um esforço de melhoria contínuo por parte das empresas, o qual está presente no quotidiano dos líderes globais a nível de excelência operacional.

2.2.4. Casos da Indústria: Excelência Operacional

A excelência operacional da GCA de uma empresa promove o seu crescimento e competitividade nos mercados, assim como a oportunidade de expansão internacional e global (Shi & Yu, 2018).

A versatilidade em torno do enquadramento teórico de GCA requer uma análise da realidade da indústria, de forma a entender as melhores práticas e o posicionamento de líder por parte de algumas empresas que, continuamente, conseguem desbloquear vantagens competitivas e ter sucesso a nível local, internacional e global (Näslund & Williamson, 2010).

As tendências de GCA e melhores práticas na indústria são acompanhadas pela *Gartner, Inc*, uma empresa de referência global em consultoria e investigação com atividade em todos setores de

mercado das várias indústrias (Chang, Iakovou & Shi, 2020). Neste seguimento, o seu departamento funcional dedicado a CA, *Gartner Supply Chain Practice*, conduziu uma análise designada como “*Supply Chain Masters*” que apresenta as empresas que mantiveram um registo constante de melhores práticas durante a última década (de 2010 a 2020).

A análise de desempenho foi aplicada a uma amostra constituída por empresas que se encontrem na lista *Fortune Global 500* ou *Forbes Global 2000*, com um volume de negócio anual superior a 12 mil milhões de dólares. Esta amostra é submetida a uma análise construída por indicadores económicos, sociais e sustentáveis (Griswold et al., 2020), dos quais se destacam:

- Missão da Organização: as CA são geridas por equipas que procuram melhorar continuamente as suas operações, reconhecendo problemas que afetam a dimensão global em que operam e construindo soluções que envolvem a comunidade de forma transparente.
- Transformação de Negócio: as CA são transformadas de acordo com o cenário competitivo em que se inserem, desenvolvendo iniciativas de inovação interna e externa para suportar a entrada de novos produtos e em novos mercados.
- Pioneiros Digitais: as CA são adaptadas para a realidade digital, através do desenvolvimento de soluções baseadas em tecnologias emergentes.

Com base nestes critérios, são selecionadas as empresas que obtenham um melhor resultado agregado. Considerando estas condições, a análise consultada destaca a excelência de GCA de cinco empresas – *Amazon.com (AMZN), Inc.*, *Apple, Inc. (AAPL)*, *McDonald’s Corporation (MCD)*, *Procter & Gamble* e *Unilever* – realçando a sua capacidade para estabelecer e atingir resultados a longo-prazo.

A seleção destes casos surge da relevância dos mesmos em relação à presente investigação, nomeadamente, considerando a resposta operacional da AMZN face às exigências inerentes ao prazo de entrega, a dispersão global que a AAPL alcança através da sua gestão de fornecedores e a transformação do setor de *Fast-Food* através do nível de rigor implementado pela MCD.

Com este reconhecimento, estas três empresas – AMZN, AAPL e MCD – selecionadas como referência no âmbito desta investigação, serão apresentadas através das suas práticas distintivas:

- **Apple, Inc:**

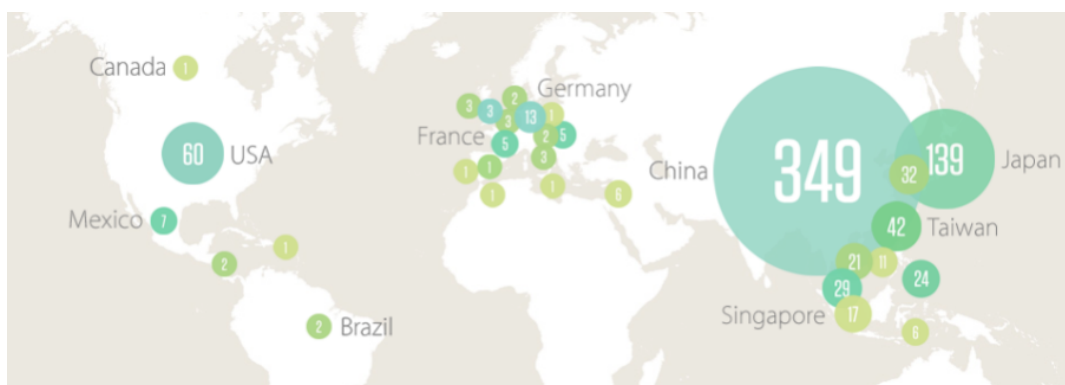
A AAPL, uma das empresas com maior valor de mercado do mundo (Wittenstein & Martin, 2020), tem assumindo um papel dominante de inovação na indústria tecnológica através do investimento na variedade de produtos e lançamento de novas tecnologias (Lockamy, 2017).

Com um foco em assegurar o menor tempo de introdução de novos produtos no mercado, a AAPL mantém uma dinâmica de GCA baseada em alinhar ativamente a CA para melhor servir cada lançamento de produto, enfrentando desafios relacionados com a estrutura descentralizada dos seus

pontos de produção e canais de distribuição (Nath et al., 2008). Uma visão detalhada sobre a CA da AAPL revela a sua dimensão global, considerando que a empresa adquire a maior parte (98%) das matérias-primas necessárias através de duzentos fornecedores diferentes (Apple, 2019), dos quais, relativamente à localização, se destacam como principais cinco – Alemanha, China, Coreia do Sul, Estados Unidos da América e Japão (Lockamy, 2017).

A Figura 4 apresenta um mapa ilustrativo da dispersão mundial da rede de fornecedores da AAPL com base nas informações divulgadas em relatórios oficiais publicados em 2014, alinhados com o cenário atual conforme provam os dados fornecidos no mais recente relatório oficial sobre fornecedores, publicado anualmente como parte do compromisso da empresa com estas entidades (Apple, 2019).

Figura 4 - Mapa da Rede de Fornecedores da AAPL



Fonte: Apple, 2014 (Adaptado).

A GCA inerente à rede global por detrás das operações e produtos da AAPL permite que a empresa conquiste e mantenha uma presença ativa junto da comunidade de consumidores mundial, promovendo o desenvolvimento económico da marca.

Aliado ao foco na experiência do consumidor, esta presença permite à AAPL construir um modelo de negócio que gera resultados com base no seu conhecimento dos vários segmentos de mercado, recorrendo às diversas fontes de informação que mantém na sua rede complexa de operações (Griswold et al., 2020)

- **Amazon.com, Inc:**

A AMZN é uma empresa tecnológica com foco no comércio e distribuição digital, conhecida pelo seu crescimento acentuado através das suas características distintivas como o seu foco no consumidor, a sua capacidade de GCA e cultura de inovação (Griswold et al., 2020).

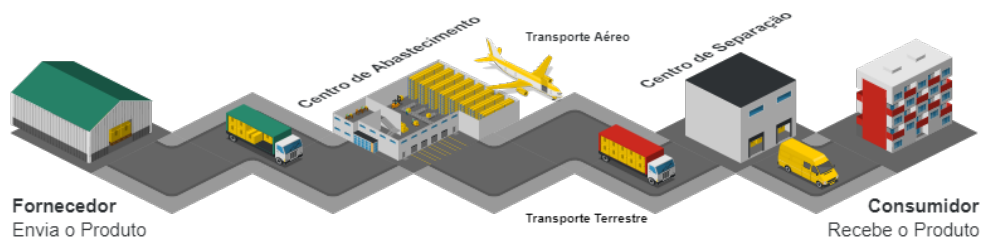
Desde a abertura do seu primeiro armazém até à complexa estrutura atual da sua CA, a evolução da empresa levou à diferenciação dos seus armazéns em quatro tipos – centros de abastecimento, especialidade, separação e receção – numa tentativa de assegurar uma resposta eficiente na entrega de todo o seu portefólio de produtos.

Os mais de 175 centros de abastecimento, um conceito que evoluiu a partir do modelo de armazém convencional, asseguram as fases de armazenamento e distribuição, recorrendo a técnicas de otimização de base tecnológica para melhorar o desempenho das mesmas.

A partir do centro de abastecimento, o produto é transportado por meio terrestre, através da *Amazon Truck*, ou por meio aéreo, através da *Amazon Air*. No primeiro caso, o produto segue do centro de abastecimento até ao centro de separação para ser distribuído da forma mais eficiente, seguindo posteriormente para o consumidor (Bharadwaj, 2019).

Com estes detalhes, é possível mapear as fases da CA da AMZN, como é apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Representação da CA da AMZN



Fonte: Bharadwaj, 2019 (Adaptado); Autor, 2020.

Recentemente, a AMZN introduziu uma estrutura intermédia em certas redes de distribuição, uma versão de escala reduzida, aproximadamente 10%, dos centros de abastecimento centrais localizadas em centros urbanos, de forma a assegurar a sua proposta de valor de entrega. Com esta nova dinâmica, a empresa consegue distribuir uma quantidade limitada de artigos, aproximadamente 100 mil, dentro da área envolvente, cumprindo a entrega no mesmo dia da encomenda sem aumentar o custo para o consumidor, enquanto constrói uma relação de proximidade com as comunidades envolventes (Reuters, 2020).

Como perspetiva futura, a empresa mantém a sua linha distintiva de inovação tecnológica, através do investimento em mecanismos robóticos para os seus centros de abastecimento e veículos autónomos para a fase de entrega do produto (Johnson, 2020).

- **McDonald's Corporation:**

A MCD é uma cadeia de restaurantes de *Fast-Food* mundial, com mais de 38 mil estabelecimentos distribuídos por mais de 100 países, que servem diariamente, no seu conjunto, cerca de 70 milhões de consumidores a nível global, através da venda de aproximadamente 75 hambúrgueres por segundo (Khandelwal, 2019). Esta posição abrangente cimentou o papel da empresa a nível socioeconómico, originando o *Big Mac Index*, que utiliza como referência o hambúrguer de nome homólogo, considerando a presença deste a nível global, produzido através do mesmo processo e ingredientes

para ser vendido nas diversas localizações da cadeia, procurando explicar a paridade de poder de compra através das diferenças de preço registadas (Ong, 1997).

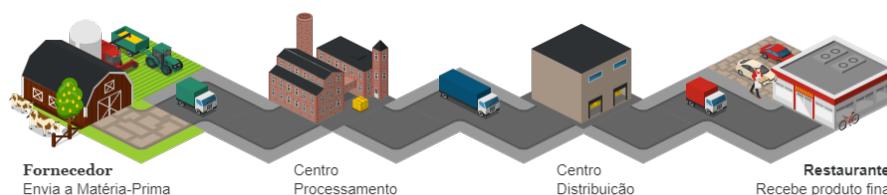
A empresa MCD, desde a sua origem em 1954, desenvolveu um novo paradigma para a indústria da *Fast-Food*, aliando a sua excelência operacional com uma estratégia transnacional que consiste em entrar num novo mercado com o seu modelo habitual assente nos seus produtos e serviços padrão, ao mesmo tempo que assimila características socioculturais locais, desta forma, acrescentando produtos específicos para conquistar quota de mercado (Riegel, 2010).

A linha orientadora da CA da MCD está relacionada com as parcerias estabelecidas com os diversos fornecedores, acreditando que as entidades que acrescentem valor às operações da empresa irão, sinergicamente, receber esse valor de volta para as suas operações, como descrito por Vitasek (2016) como *“The fast-food leader stays atop of the marketplace with a system where Suppliers and McDonald’s share the pie”* (p. 4).

A empresa reconhece dois tipos de fornecedores – diretos e indiretos – que coordenam o fluxo de produtos para os restaurantes e que asseguram o fornecimento de ingredientes, respetivamente, funcionando como elementos do ecossistema que a empresa construiu para a sua CA e que assegura a qualidade e eficiência das suas operações. Os ingredientes são entregues em centros de processamento, onde são transformados em produtos finais para seguir para centros de distribuição.

O transporte para os restaurantes é realizado através de veículos equipados com tecnologia de monitorização de temperatura e registo de outros dados, permitindo a exclusão de produtos que não reúnam as condições ideais durante o seu percurso (Khandelwal, 2019), espelhado na Figura 4.

Figura 6 - Representação da CA da MCD



Fonte: Khandelwal, 2019; Autor, 2020.

Considerando que a CA da MCD depende inteiramente de entidades externas, não existindo iniciativas de integração vertical, a relação entre a empresa e os seus fornecedores desempenha um papel vital. Neste âmbito, a empresa é reconhecida pelos seus valores comerciais de colaboração, confiança e transparência, incluindo até os seus fornecedores nas iniciativas de inovação e desenvolvimento que explora no âmbito da sustentabilidade da sua CA a nível ético, ambiental e económico (Vitasek, 2016), espelhando a sua relevância para a presente investigação.

2.3. A Transformação Digital na Indústria

As tendências tecnológicas têm acelerado o desenvolvimento industrial, sendo um fator essencial por detrás da sua evolução e conseqüente transição entre as diferentes fases. Neste contexto de mudança, surge o movimento de Revolução Industrial, primeiro com a transformação mecânica das atividades, de seguida com a introdução de novos meios de transportes e técnicas de produção, e, atualmente, com a crescente aplicação de novas tecnologias (Gerbert e Justus, 2015).

O desenvolvimento da industrialização e da informatização contribuiu para o aparecimento de uma nova geração de tecnologias de aplicação industrial. Este cenário reforça a conexão entre a dimensão de produção e de conectividade, transformando o complexo cenário industrial (Xu, Xu & Li 2018).

O conceito associado a esta transformação é denominado de *INDUSTRIE 4.0* e foi apresentado durante a feira de Hannover, na Alemanha, caracterizado como uma iniciativa estratégica para o desenvolvimento de empresas com equipas altamente especializadas num contexto de competição global (Germany Trade & Invest, 2014).

O conceito surge associado à crescente integração tecnológica que marcava o cenário empresarial alemão, tendo sido apresentado com a seguinte descrição.

Definição de INDUSTRIE 4.0

“Connects embedded system production technologies and smart production processes to pave the way to a new technological age which will radically transform industry and production value chains and business models.” (Germany Trade & Invest, 2014)

Fruto da digitalização da indústria à escala europeia, o lançamento desta iniciativa promoveu a adoção do conceito por diferentes países, fomentando o aparecimento de novas definições mais alinhadas com realidade industrial de cada nação (IAPMEI, 2017).

Em Portugal, é apresentado como uma iniciativa estratégica para valorização, promoção e investimento na digitalização da economia portuguesa, como descrito.

Definição de Indústria 4.0

“A transformação digital com a integração de sistemas tecnológicos que promovem mudanças disruptivas nos modelos de produção e negócio, através da conexão entre o mundo físico envolvente e uma realidade virtual correspondente. O novo modelo industrial surge da transformação da relação entre [...] empresas, produtos e clientes.” (IAPMEI, 2017)

Este caminho promissor é pavimentado através de pilares tecnológicos que exploram o potencial técnico e revelam eventuais benefícios para os gestores. Assim, o objetivo desta transformação é promover a transição dos processos e operações físicas para o digital (Gerbert e Justus, 2015).

Na dimensão académica, um estudo realizado por Schiavi e Behr (2018) revela que existe um volume considerável de publicações no âmbito do papel de tecnologias emergentes, no âmbito da criação de novos mercados (Sainio, 2004; Hwang & Christensen, 2008; Lindsay & Hopkins, 2010; Amshoff et al., 2015), de alterações de competitividade de empresas incumbentes (Christensen, 1997; Sainio, 2004; Hwang and Christensen, 2008) e da génese de novas vantagens competitivas (Kassicieh et al., 2002).

A realidade da indústria é espelhada num estudo conduzido pela consultora estratégica *Boston Consulting Group*, na qual são apresentadas várias tendências tecnológicas que moldam os sistemas tradicionais já existentes no cenário industrial e que aceleram este processo transformativo:

- *Big Data*;
- Cibersegurança;
- Computação em Nuvem;
- *Industrial IoT*;
- Processos de Simulação;
- Produção Aditiva;
- Realidade Aumentada;
- Sistemas Autónomos.

Este estudo pode ser complementado com a pesquisa conduzida pela *McKinsey & Company*, considerando que esta agrupa as diferentes tendências em grupos funcionais construídos a partir do seu potencial impacto e área de ação:

- Análise Avançada;
- Conectividade e Poder Computacional;
- Conversão Física-Digital;
- Interação Pessoa-Máquina.

As diversas soluções associadas a esta nova fase de Revolução Industrial aceleram o processo de digitalização dos processos, ultrapassando os obstáculos e originando novas barreiras de desenvolvimento.

Em particular, considerando que o objetivo de integrar totalmente os sistemas físicos num cenário virtual carece de confiança e segurança, uma nova tecnologia que deve ser incluída em complemento desta transformação digital é a *Blockchain* (Lage, 2019).

2.3.1. A Tecnologia *Blockchain*

A transformação digital das estruturas políticas, legais e económicas que compõem a sociedade suscita novos desafios que se prendem com a acessibilidade, disponibilidade e integridade da informação. Considerando o papel da troca de dados para o desenvolvimento socioeconómico, nomeadamente, através de dinâmicas transacionais e os registos destes, surge a necessidade de desenvolver novas políticas e mecanismos de controlo dos mesmos (Oliveira & Peres, 2020).

Com a globalização desta transformação, foram desenvolvidos novos mecanismos como resposta aos novos desafios, como é apresentado por Haber e Stornetta (1991) numa das publicações chave por detrás da tecnologia de registo digital.

Registo de Documentos Digitais

“The prospect of a world in which all text, audio, picture, and video documents are in digital form on easily modifiable media raises the issue of how to certify when a document was created or last changed.” (Haber & Stornetta, 1991)

O desenvolvimento deste mecanismo inicial contribui para a construção da tecnologia *Blockchain* (Lage, 2019), uma base de dados descentralizada que regista trocas de informação.

A conectividade é assegurada através de uma combinação de redes *Peer-to-Peer* (P2P) que garante a troca de dados sem intervenção de um servidor central entre os pontos da rede. A segurança é mantida através de mecanismos de criptografia avançada, encriptando os dados através de chaves públicas e funções *hash*, requerendo um considerável poder computacional para executar qualquer operação ou manipulação da rede (Davidson, Filippi & Potts, 2018).

O modelo de arquitetura P2P resulta da agregação de inúmeros utilizadores, caracterizados por pontos de rede, que, dentro da ligação que estabelecem, têm permissão e capacidade para gerir, de forma autónoma, os procedimentos associados às transações de informação na mesma. Assim, o sistema é controlado por todos os participantes do mesmo, pelo que toda a informação em circulação não pode ser alterada sem o consentimento da maioria, promovendo uma maior validade e segurança dos dados (Lastovetska, 2019).

A Figura 7 espelha as diferenças entre os dois modelos de arquitetura de rede, onde o modelo P2P, na Figura 7a, surge como base para a tecnologia *Blockchain*. Em alternativa existe o mecanismo de servidor central, na Figura 7b, que suporta a arquitetura tradicional da *World Wide Web*, onde as informações são controladas por uma rede de administradores restrita.

Figura 7 – Modelos de Arquitetura: (a) Rede Central; (b) Rede P2P



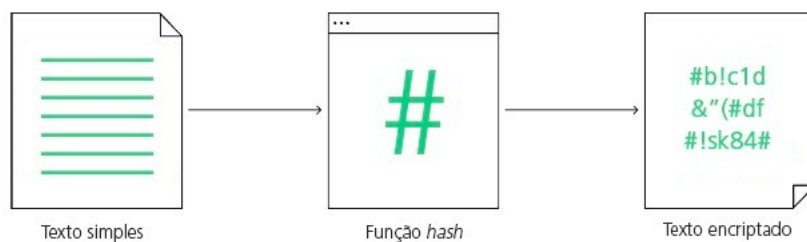
Fonte: Lastovetska, 2019 (Adaptado).

Esta tecnologia permite agregar, de forma descentralizada, diferentes pontos ao longo da rede que podem trocar informação, devidamente distribuída e validada, assegurando os princípios de acessibilidade, disponibilidade e integridade da informação. Com esta característica, a tecnologia *Blockchain* tem o potencial de desbloquear as barreiras inerentes ao processo transformativo do cenário económico, legal e político (Frizzo-Barker et al., 2020).

Cada bloco pode receber diferentes tipos de dados, desde unidades monetárias, registo de propriedade até votos eleitorais, espelhando a versatilidade de aplicações desta tecnologia.

A segurança destes dados é assegurada através de um código *hash*, gerado a partir de um segmento de texto recorrendo a uma função matemática conhecida por *hash*, conforme espelhado na Figura 8. O modelo assegura que seja possível calcular a versão encriptada a partir do conhecimento do segmento de texto e da função matemática, embora utilizando apenas a versão encriptada e a função matemática, não seja possível calcular o segmento de texto (Sobti & Geetha, 2012).

Figura 8 - Ilustração da Função Hash na Tecnologia Blockchain



Fonte: Arias, 2019 (Adaptado); Autor, 2021.

O código *hash* gerado funciona como identificador único do bloco e do seu conteúdo, assegurando que este código é alterado sempre que se verifique alguma modificação. Uma medida de segurança adicional é o registo, em cada bloco, do código *hash* respetivo ao bloco imediatamente anterior, garantindo os objetivos de autenticidade e imutabilidade e da ligação em cadeia.

A inovação resultante deste mecanismo ficou popularizada pelo lançamento da criptomoeda *Bitcoin* (Nakamoto, 2008), introduzida no contexto da crise económica, conhecida por crise do *subprime*, que revelou as fragilidades dos serviços reguladores do cenário financeiro, nomeadamente, a nível da complexidade e dificuldade do processo de rastreamento de ativos, a nível das suas transações e registo de propriedade (Nofer, Gomber, Hinz & Schiereck, 2017).

Considerando estas dificuldades comuns a diversas indústrias, a aplicação desta tecnologia promoveu o desenvolvimento de projetos de implementação de sistemas de gestão de informação assentes nestes mecanismos, dando um passo considerável em direção à visão de Haber e Stornetta (1991).

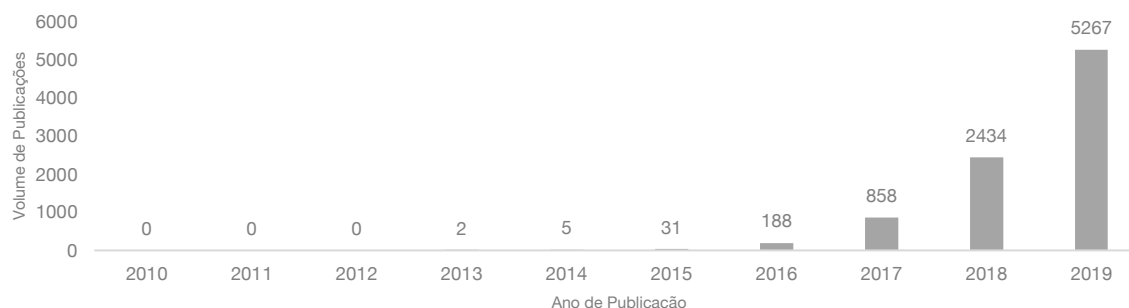
2.3.1.1. O Conceito na Literatura

O conceito de *Blockchain* surge na literatura como uma tecnologia emergente resultado do desenvolvimento dos mecanismos de registo digital, assim como do interesse notório no âmbito das criptomoedas. Na literatura, o conceito de *Blockchain* é explorado tanto na sua dimensão técnica, inicialmente por Yli-Huumo, Ko, Choi, Park e Smolander (2016), assim como potencial mecanismo de disrupção dos processos de negócio de diversas indústrias, como descrito por Segendorf (2014).

O vínculo entre *Blockchain* e a *Bitcoin* é notório considerando que, através de uma análise da literatura, esta tecnologia emergente surge como tema auxiliar à investigação no âmbito dessa criptomoeda. No entanto, importa destacar a tendência crescente para a investigação sobre as potenciais aplicações e funcionalidades da tecnologia *Blockchain*, com um foco nas limitações relacionadas com o nível de privacidade e segurança deste mecanismo (Yli-Huumo et al., 2016).

No Gráfico 2 é apresentado o mapeamento da evolução do número de publicações académicas no âmbito da *Blockchain*, revelando uma tendência crescente no desenvolvimento de investigação sobre esta tecnologia emergente, resultado do esforço da comunidade académica para complementar a perspetiva técnica com potenciais aplicações a cenários económicos, legais e sociais.

Gráfico 2 - Evolução do Número de Publicações com o termo *Blockchain* no Período em Análise (2010-2019)



Fonte: Autor, 2020.

O perfil de tecnologia emergente associado à *Blockchain* justifica o recente desenvolvimento registado nos últimos cinco anos, sendo negligenciável o volume anterior a esse período, alcançando uma taxa de crescimento anual de 271.6%, se for considerado o período temporal a partir das primeiras publicações académicas.

2.3.1.2. O Bloco de Dados

Numa perspetiva histórica, a introdução de livros de arquivo em formato de papel e centralizado nos tempos primordiais do cenário comercial, surge para facilitar o registo acessível e simplificado de detalhes de transações económicas realizadas, posicionando estes instrumentos como fundamentais para a legitimação transacional (Davidson, 2018).

Estas ferramentas registam informação consensual, construída com base na confiança mantida entre as entidades envolvidas na negociação, tanto no âmbito de propriedades, contratos ou valores, assegurando clareza e consistência através da identificação de participantes, mapeamento de locais e momentos temporais.

Com a introdução de ferramentas de base tecnológica, este sistema de arquivo sofreu uma transformação, dando origem ao conceito moderno de livro digital e descentralizado, um mecanismo que mantém as funcionalidades de acesso e de registo por meio de ferramentas e bases de dados virtuais (Xu, Chen & Kou, 2019). Uma característica distintiva face ao sistema físico é o registo de informação consensual sem a necessidade de confiança entre as entidades envolvidas, adequado ao perfil impessoal e distante que caracteriza o comércio na dimensão global (Davidson et al., 2018).

Neste seguimento, surge a tecnologia *Blockchain*, um tipo de base de dados descentralizada conhecido como *Ledger*, onde são armazenadas as informações relevantes de uma transação, de forma segura e permanente, através de um sistema de registo de blocos.

Cada uma destas unidades é caracterizada por três elementos (Kawaguchi, 2019), um código *Hash* exclusivo, um conjunto específico de transações, juntamente com uma identificação temporal, e a chave do bloco anterior.

Os blocos resultam da conjugação de duas componentes essenciais:

- Ponteiros: registam a informação sobre a localização de outras fontes de dados, representado na figura pela ligação colorida (Lastovetska, 2019);
- Listas ligadas: a cadeia de blocos, cada um com um conjunto de dados específico e devidamente ligado ao seguinte através de ponteiros (Lastovetska, 2019).

A Figura 9 ilustra as estruturas de dados que geram um bloco de uma rede *Blockchain*.

Figura 9 - Representação do Bloco de Dados na Rede *Blockchain*



Fonte: Lastovetska, 2019 (Adaptado).

Numa perspectiva simplificada, a construção do bloco permite assegurar que, durante o processo de registo do conjunto específico de dados, existam mecanismos que retêm o momento temporal do mesmo para, posteriormente, ser possível a validação da existência e legitimidade dos dados. A sequência lógica neste processo pode ser descrita em três passos:

- O primeiro passo é a geração de um código *Hash* exclusivo, através de uma função matemática que converte a informação de tamanho arbitrário numa credencial variável de tamanho fixo.
- De seguida, este mecanismo recebe a respetiva chave *Hash* e marca temporalmente os dados, garantindo que as credenciais introduzidas são válidas e que a informação foi registada.
- Por fim, este integra a cadeia existente, recebendo o *Hash* da última unidade registada na cadeia, localizado na ponta, de forma a prevenir tentativas futuras de alteração deste bloco ou qualquer outro anterior (S. Haber, W.S. Stornetta, 1991).

2.3.1.3. Mecanismo de Consenso

Desde o início, cada bloco é submetido a um processo denominado de *Proof-of-Work* (PoW), apresentado por Dwork e Naor (1993) e, mais tarde, introduzido por Nakamoto (2008) no âmbito da criptomoeda *Bitcoin*.

Este procedimento começa com a aplicação da função matemática para gerar, recorrendo a um considerável poder computacional, o código *Hash* necessário para encriptar esta unidade. Este passo pode ser executado por qualquer um dos participantes da rede, sendo conhecido como fase de mineração. Após o seu término, o bloco é encriptado e adicionado à cadeia de blocos existente ou, na sua ausência, gera um novo espaço para popular (Vukolić, 2016).

Este algoritmo é o mais comum desta tecnologia, criando uma barreira de entrada apreciável a novos participantes na rede, considerando que exige que estes tenham os recursos necessários para assegurar a resolução de um *puzzle* criptográfico complexo para a introdução de cada bloco.

Como resposta, surge um novo procedimento denominado de *Proof-of-Stake* (PoS), em alternativa ao PoW. Introduzindo mudanças na distribuição de responsabilidades, este procedimento promove a que a capacidade de mineração de um participante fique condicionada à quantidade de dados que o mesmo tem atualmente nessa rede (Saleh, 2020). Numa perspetiva simplificada, o poder computacional exigido a cada participante depende da quantidade de blocos que este já minerou previamente na rede evitando, assim, que todos os participantes tentem minerar todos os blocos.

A Figura 10 representa uma metáfora conhecida que espelha esta diferença, na qual cada participante troca o depósito e picareta do PoW, com os quais se procura minerar todos os blocos que encontra no seu caminho, pelo cofre digital e a chave do PoS, com os quais se apenas minera os blocos que lhe são atribuídos (Sawhney, 2018).

Figura 10 – Ilustração do Mecanismo de Consenso PoW e PoS.



Fonte: Sawhney, 2018.

A diferença entre estes algoritmos reside no nível de segurança da rede, em que o foco deve ser em assegurar que nenhum participante monopoliza as operações de validação e conseqüente gestão dos dados em circulação.

2.3.1.4. A Gestão de Acessos

Analogamente à construção de um edifício, onde cada tijolo é colocado no momento e com a disposição descrita por um plano anteriormente definido e aprovado, uma rede *Blockchain* é construída através da geração de blocos de dados, assegurando que cada um é colocado no momento certo, através da dinâmica das chaves *Hash*, e com a disposição certa, assegurada pela validação coletiva dos participantes da rede.

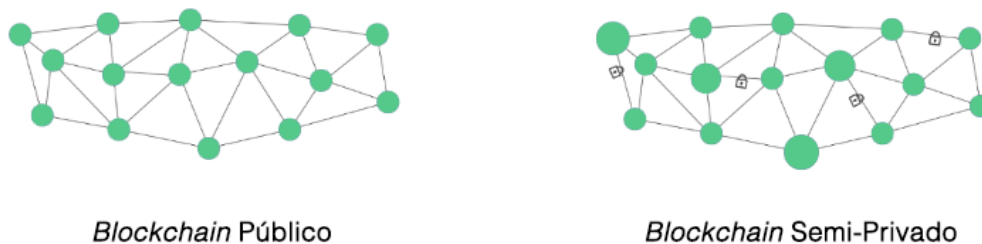
Considerando o papel vital do processo de gestão de dados na rede, importa perceber que a seleção do algoritmo de consenso é determinante para o tipo de *Blockchain* a utilizar, destacando a possibilidade de a rede ser pública, privada, ou gerida em consórcio pelos participantes.

O tipo público, ou *permission-less*, permite o acesso a qualquer participante, garantindo que o mesmo tem a possibilidade de acender a informação da rede, iniciar ou receber transações, assim como estar envolvido na tomada de decisões.

Assentes na descentralização, estas redes atribuem uma cópia do seu registo a cada ponto da rede, assegurando que todos os dados em circulação são validados por um mecanismo de consenso distribuído. Assim, as redes são construídas de forma transparente, sendo reconhecidas como um sistema *open source* pelos participantes que podem estar identificados ou em regime de anonimato. Caso algumas ligações careçam de autenticação ou permissões, a rede passa a ser considerada do tipo semi-privado, ressalvando que a maioria das ligações entre pontos de rede continua a ser aberto a todos os envolvidos.

No cenário das criptomoedas, o tipo de *Blockchain* público, conforme espelhado na Figura 11, é que apresenta maior nível de abrangência, englobando as redes associadas à *Bitcoin* e *Ethereum*.

Figura 11 - Representação do Tipo de *Blockchain* Público e Semi-Privado



Fonte: Hill, Chopra e Valencourt, 2018 (Adaptado).

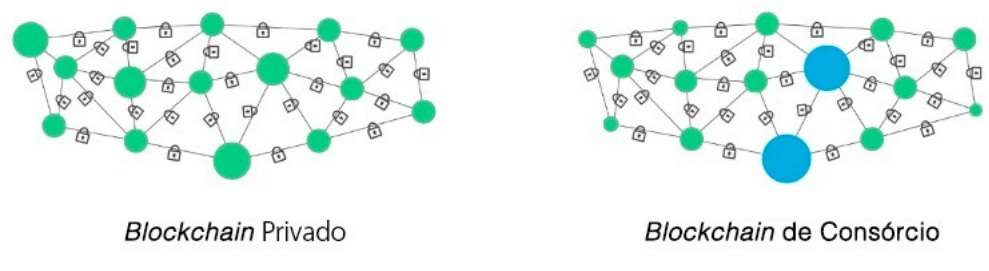
Num contexto mais restritivo, existe o tipo privado que, normalmente, é controlado por uma organização e cujas ligações são assentes em mecanismos de gestão de permissões, sendo que deve existir, pelo menos, um participante autorizado para garantir o consenso da rede, desbloqueando assim a ligação entre os restantes (Hill, Chopra e Valencourt, 2018).

Este tipo de *Blockchain* é utilizado para a gestão de bases de dados ou para processos de auditoria, considerando que o controlo é feito por um participante autorizado que, dependendo da origem do pedido, pode permitir o acesso à informação em circulação (Zhang & Lee, 2020), como espelhado na Figura 12, em detrimento da descentralização da rede.

Numa seguinte iteração surge o tipo de *Blockchain* de consórcio, também na Figura 12, semelhante ao tipo privado com a adição de regras de consenso previamente reconhecidas pela rede para garantir o acesso as informações constantes na mesma (Zhang & Lee, 2020).

Desta forma, é possível que entidades externas façam pedidos para entrar na rede ou obter informações específicas em circulação nesta que, para serem efetivados, necessitam de receber autorização por participantes credenciados para tal, nesta figura, representados pelos pontos azuis. Este modelo é parcialmente descentralizado, no sentido em que cada participante da rede recebe uma cópia da mesma, no entanto, terá de gerir as suas permissões com outros com capacidade para tal.

Figura 12 - Representação do Tipo de Blockchain Privado e de Consórcio.



Fonte: Hill, Chopra e Valencourt, 2018.

Entre os tipos de *Blockchain* apresentados, a principal diferença reside entre o domínio público e o privado, comparáveis com base nos critérios basilares da tecnologia (Zhang & Lee, 2020).

Neste contexto, a Tabela 2 apresenta uma comparação entre o tipo público e o privado, realçando aspetos partilhados por ambos, assim como as principais diferenças. Este conhecimento é essencial para saber identificar a rede a utilizar considerando os requisitos da solução em construção.

Tabela 2 - Comparação entre os Tipos de Blockchain Público e Privado

Tipo de Rede	<i>Blockchain</i> Público	<i>Blockchain</i> Privado
Gestão de Acessos	Com ou sem permissões	Com permissões
Grau de Descentralização	Variável	Baixo
Funcionalidade <i>Smart Contracts</i>	Sim	Sim
Funcionalidade <i>Tokens</i>	Sim	Não

Fonte: Zhang & Lee, 2020; Flying Block, 2020 (Adaptado); Autor, 2021.

Através destes atributos, é possível garantir a imutabilidade, em que todas as informações em circulação não são alteradas após a sua introdução. Assim como a segurança numa ligação entre participantes, na qual os dados possam ser transacionados com base no acesso de cada um, restringido apenas a quem for relevante. No global, estes atributos permitem que a rede perpetue o registo das informações em circulação (Lim et al., 2018).

2.3.2. Casos da Indústria: Rastreamento Digital

A literatura destaca o papel que a integração de novas tecnologias como pode ter a nível das várias funções de GCA, revelando que uma das áreas de maior interesse se prende com os sistemas de rastreamento da indústria (Song, Sung & Park, 2019).

O estudo realizado pela *Accenture* no âmbito das soluções de rastreamento digital aplicadas ao nível da indústria alimentar identifica dois casos de referência:

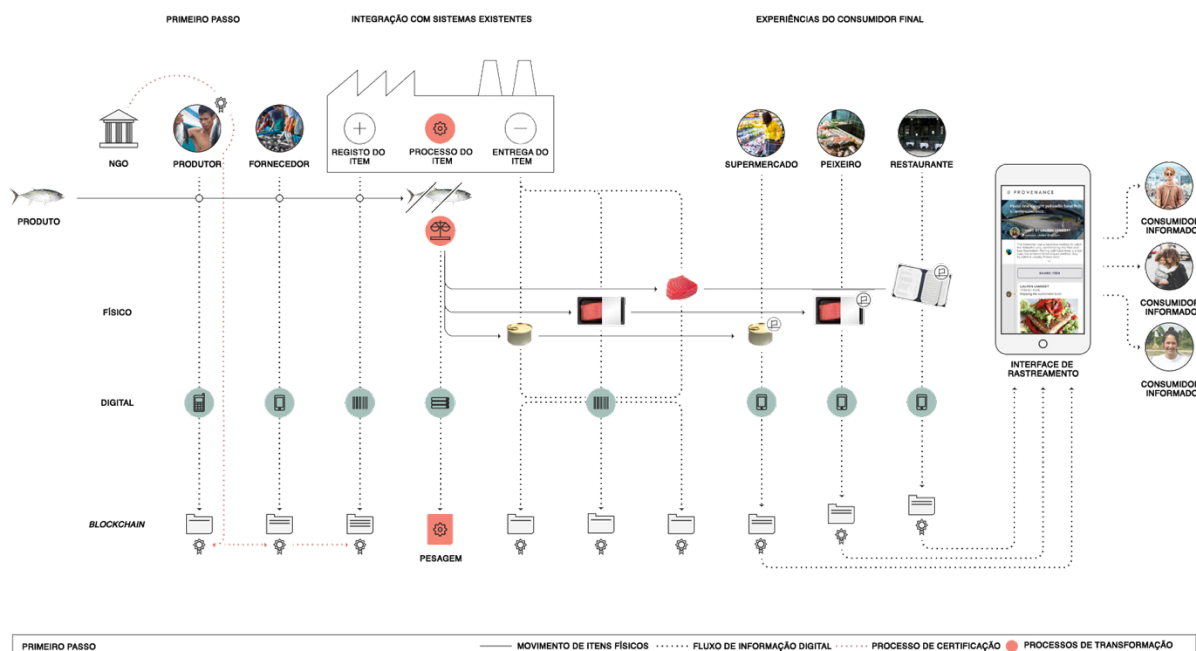
- **Provenance**

A solução *Provenance*, introduzida no mercado em 2013 no contexto de uma CA complexa e vasta associada à atividade piscatória do atum no sudeste asiático, utiliza tecnologia *Blockchain* para permitir o rastreamento de certificações alimentares, assim como outras informações relevantes inerentes aos produtos em circulação na rede, construindo, para cada, um passaporte digital que comprova a sua autenticidade e origem (*Project Provenance Ltd.*, 2015).

Um dos primeiros usos do sistema *Bitcoin*, em 2010, esteve relacionado com um sistema de pagamentos P2P para efetuar o pagamento de uma pizza.

Por outro lado, o sistema *Ethereum* teve como uma das primeiras utilizações, em 2016, o rastreamento de um atum. Através da solução *Provenance*, foi realizado um registo de produtos desde o momento da pesca em Maluku, Indonésia até ao consumidor final, como ilustrado na Figura 13.

Figura 13 - Rastreamento Digital pela Solução Provenance.



Fonte: *Project Provenance Ltd.* (2016)

A primeira fase do processo, relacionada com a recolha e rastreamento da circulação de dados, introduziu um mecanismo de registo da pesca através de mensagens de texto, colocando esta informação na rede *Blockchain*, registada com um IUU, de forma a permitir o acompanhamento digital de todas as transações físicas consequentes.

Assim, ao realizar uma consulta através deste IUU é possível conhecer os detalhes da pesca associada, assim como o seu histórico.

A segunda fase contempla a integração deste registo nos mecanismos de GCA existentes, através de três fases: aceitação de produtos, registo de transformações e aceitação de produtos transformados. Considerando que os dados recolhidos anteriormente criam um histórico do produto que pode ser consultado com uma leitura de etiquetas físicas, como *Quick Response Code (QR)* ou *Radio Frequency Identification (RFID)* (Xu et al., 2018), é importante garantir que, caso exista transformação da pesca em novos produtos, o registo anterior é distribuído.

Para isto, a solução *Provenance* executa um procedimento que contempla as diferentes matérias-primas envolvidas na transformação, colocando estes detalhes no IUU associado aos materiais resultantes que, posteriormente, serão atualizados.

A terceira fase incide na comunicação da jornada do produto ao consumidor, utilizando as etiquetas físicas referidas anteriormente para substituir as impressões tradicionais que se encontram nos produtos.

Desta forma, é possível utilizar a solução *Provenance*, através de uma aplicação móvel, para ler estes identificadores e, rapidamente, confirmar a autenticidade e origem dos mesmos, permitindo a obtenção de um maior conhecimento sobre as operações das marcas e, conseqüentemente, o poder de acelerar a transformação da indústria para uma vertente mais ética e sustentável.

A solução *Provenance* utiliza a *Blockchain* para introduzir os dados recolhidos e processados ao longo da jornada de cada produto. Assim, a informação relevante pode ser partilhada nos vários pontos da CA, permitindo um rastreamento digital desde o início até ao final sem a necessidade de recorrer a outras ferramentas ou interfaces pelos participantes da rede.

A arquitetura da solução combina tecnologia *Ethereum*, uma rede *Blockchain* global e *open-source* utilizada para a construção de aplicações descentralizadas (Buterin, 2013).

Adicionalmente, esta aplicação depende da utilização de *smart tags*, componentes da tecnologia IoT que recolhem dados sobre os produtos físicos ao longo da CA, para assegurar a sua transmissão para a rede, capacitando a análise transparente e em tempo real do seu estado (Huckle, Bhattacharya, White & Beloff, 2016).

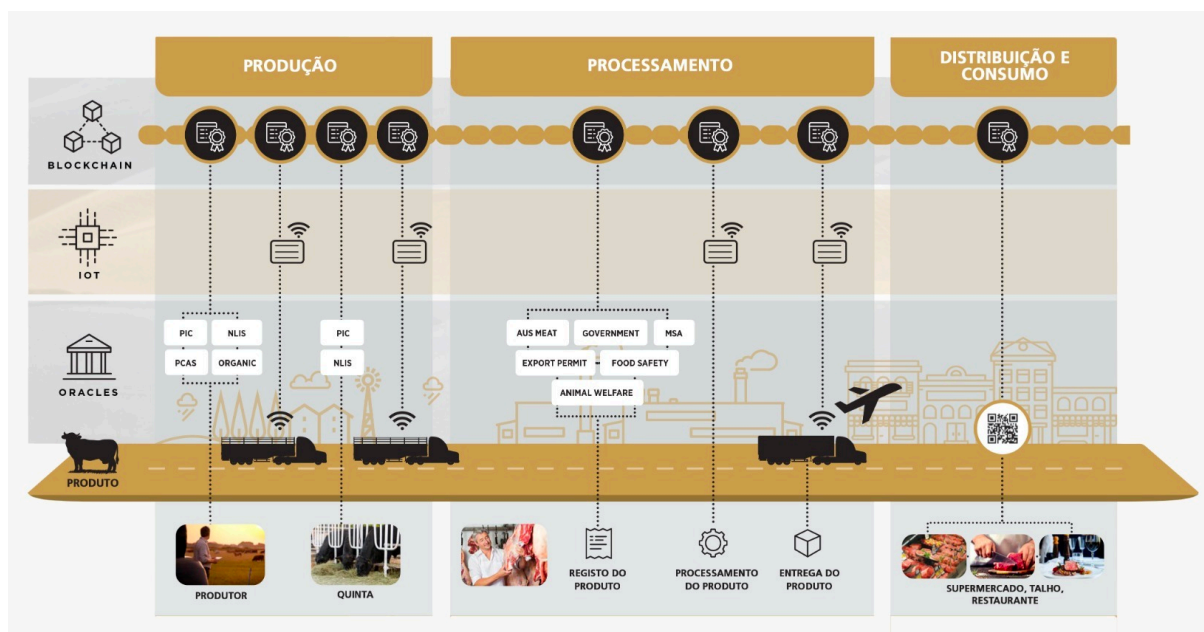
- **Beefledger**

A solução *Beefledger* foi introduzida no mercado australiano em 2019, com o objetivo de monitorizar a CA da carne de vaca de categoria *premium*, acompanhando todas as fases desde a produção até à distribuição e consumo.

Com recurso a uma plataforma com base em tecnologia *Blockchain* e sensores IoT, esta solução reúne fornecedores, produtores e reguladores em torno da emissão e validação de credenciais para os produtos em circulação ao longo da cadeia (*Beefledger*, 2018).

A tecnologia *Blockchain* serve como base para armazenar as informações sobre os produtos, participantes e pagamentos efetuados na rede, fomentando a confiança dentro do ecossistema. A integração de sensores IoT permite a obtenção de informações de forma automática, diminuindo a falta de precisão associada à introdução manual. O esquema está representado na Figura 14.

Figura 14 - Rastreamento Digital pela Solução *Beefledger*



Fonte: *Beefledger*, 2018.

O processo de rastreamento digital alcançado pela solução *Beefledger* tem como base a tecnologia *Blockchain*, através da qual são emitidos os certificados relativos à origem, categoria e outros atributos relevantes dos produtos.

Esta emissão é realizada com recurso a dados obtidos através dos sensores IoT, em específico RFID, colocados nos produtos que acompanham o seu percurso ao longo da cadeia, transmitindo os detalhes necessários. Ainda, as informações são partilhadas, em tempo real, com entidades reguladoras que facilitam a verificação dos conteúdos, oficializando o seu carácter.

A particularidade desta solução recai na dinâmica entre os diversos participantes da rede (Beefledger, 2018), com as seguintes interações:

- Os fornecedores conseguem obter mais valor comercial pelos seus produtos, através da certificação da origem e condições associadas aos mesmos;
- Os produtores têm acesso a uma plataforma que reúne as informações relevantes sobre os produtos em circulação, beneficiando de maior grau de transparência e confiança;
- Os reguladores têm a possibilidade de participar num processo de auditoria da rede, garantindo o cumprimento de regulamentos de qualidade e de segurança, e, ao mesmo tempo, também a satisfação das expectativas das comunidades;
- Os consumidores têm acesso a mais informações sobre os seus produtos, beneficiando de produtos mais seguros e com qualidade certificada.

A um nível geral, os participantes da rede que contribuem com os dados para o processo de certificação beneficiam de uma valorização dos seus sistemas de informação e transição digital, sendo motivados a seguir melhores práticas em termos de desenvolvimento sustentável, muitas vezes, pela comunidade de consumidores que servem (Beefledger, 2020).

Esta solução contempla também um mecanismo de recompensa, através de uma economia baseada em *tokens* denominados de *BEEF*, os quais são utilizados na rede para realizar o pagamento entre quem fornece os dados para a plataforma e os participantes que, posteriormente, os utilizam. A dinâmica de valorização de informação facilita a manutenção da rede, promovendo a partilha ativa e criteriosa, recompensando os participantes pela excelência das suas contribuições (Beefledger, 2020).

3. Definição do Problema

3.1. A Componente Operacional

Os acontecimentos negativos que caracterizaram a história recente da indústria alimentar (Van Dorp, 2004) desempenharam um papel vital na construção do novo perfil do consumidor. Segundo um estudo realizado pelo Instituto de *Marketing Research* (2019), este participa ativamente na construção das tendências que pressionam o mercado em direção à sustentabilidade e transparência.

No seio da transformação, surge um consumidor mais racional e exigente com os produtos e marcas da indústria, com uma preocupação crescente relacionada com a origem dos alimentos que consome (Trienekens, Wognum, Beulens & van der Vorst, 2011). Por um lado, um novo desafio para as empresas convencionais que não embarcarão nesta mudança, por outro, uma oportunidade para todas as que tiverem a capacidade estratégica de explorar novos segmentos de mercado e, desta forma, alargar os limites de abrangência das suas marcas para o cenário comercial que se revela (Gu & Wenzel, 2010).

A presente investigação aborda o segundo caso descrito, considerando uma empresa de referência da indústria alimentar, em particular, no ramo de *Fast-Food*, com operação em Portugal há mais de 25 anos e com mais de 150 estabelecimentos. Ao longo do tempo, esta tem moldando os seus estabelecimentos locais ao gosto português, assim como à produção nacional, promovendo o seu desenvolvimento assente na inovação (Santos, 2015).

A empresa construiu um sistema de rastreamento que mapeia a jornada do ingrediente carne de vaca, o produto com maior circulação na cadeia, desde o percurso do animal até ao caminho da carcaça.

Este sistema coloca esta informação nos lotes expedidos pela produtora para as diferentes localizações, de forma a garantir que, caso seja detetada alguma irregularidade em algum estabelecimento, seja possível bloquear prontamente o restante lote.

Os produtos finais são embalados em caixas e seguem com a informação sobre o momento de produção e de expiração, assim como a origem da carne. Para tal, são identificadas com uma etiqueta e um código de barras, garantindo o seu registo no sistema em vigor antes de seguirem para os estabelecimentos finais (Pimentel, Correia & Amaral, 2015).

Antes da expedição, estes lotes têm de ser armazenados com uma temperatura constante de -18.0°C . Esta condição tem de ser assegurada também no transporte para os dois centros de distribuição que a empresa tem em Portugal, desde o centro de processamento localizado em Espanha. Para tal, são utilizados camiões equipados com câmaras térmicas (Pimentel, Correia & Amaral, 2015).

Com os equipamentos modernos e procedimentos estruturados a assegurar a operacionalidade do processo, é importante referir que esta empresa foi a primeira do ramo a receber a certificação na área da qualidade e segurança alimentar pela Associação Portuguesa de Certificação. Este reconhecimento

confirma a rastreabilidade do ingrediente carne de vaca, assim como a adoção do sistema preventivo de controlo da segurança dos alimentos da *Hazard Analysis and Critical Control Point*, ao longo de toda a cadeia de distribuição alimentar (Santos, 2015; Capela & Figueiredo, 2017).

É possível concluir a função essencial da rastreabilidade durante o transporte dos produtos, monitorizando as condições de fornecimento dos estabelecimentos da marca que dependem do rigor da sua GCA (Pimentel, Correia & Amaral, 2015; Santos, 2015; Capela & Figueiredo, 2017).

3.2. O Investimento no Fornecimento Local

O momento de entrada no mercado português da empresa em estudo foi, inicialmente, suportado por uma CA assente exclusivamente em fornecedores internacionais.

Com o investimento realizado pela mesma, atualmente conta com a presença de mais de 30 parceiros locais que representam cerca de 40.0% das compras realizadas pelos estabelecimentos da rede nacional acumulando, em termos absolutos, mais de 40.0 milhões de euros. Aproveitando a sua presença global, existe também uma estratégia de promoção da exportação destes produtos locais para outros países onde atua (Capela & Figueiredo, 2017).

A um nível mais específico, o fornecedor exclusivo de carne de vaca, o produto mais comum da ementa, está localizado em Espanha. Este produz, por dia, um total superior a 1.5 milhões de hambúrgueres para o mercado ibérico, dos quais cerca de 25.0% são feitos a partir de produção nacional (Pimentel, Correia & Amaral, 2015). Reconhecendo a qualidade da produção nacional, assim como a missão da empresa de expandir a sua rede de parceiros locais (Santos, 2015), a presente investigação surge no âmbito do ingrediente carne de vaca e da sua CA.

O caso prático abordará as fases de produção e distribuição, assim como o transporte necessário, e procura introduzir duas alterações – o rastreamento digital e a nova configuração da CA.

Como suporte visual, o Anexo I apresenta uma perspetiva geral sobre a porção da rede em estudo, destacando os pontos de interação com o produto, assim como a transformação digital proposta.

3.2.1. O Hambúrguer com Sabor Açoriano

A primeira parte do problema está relacionada com o desenvolvimento de uma proposta de nova configuração para a CA da empresa estudo, satisfazendo a sua ambição, devidamente expressada em entrevistas de preparação da investigação, de distribuir carne de vaca com origem na ilha de São Miguel, nos Açores, ao longo da sua rede atual.

Através desta expansão insular, a empresa ambiciona estabelecer parcerias locais que forneçam este produto de excelência, cujas características únicas foram reconhecidas com a atribuição da denominação Indicação Geográfica Protegida (Capela & Figueiredo, 2017).

Considerando o local de origem, o produto será transportado por via marítima até ao continente e, posteriormente, através de meios terrestres até ao ponto de processamento. Ao longo deste percurso, é necessário assegurar a monitorização contínua da temperatura, de forma a garantir as condições exigidas no manual operacional fornecido para consulta por parte da empresa.

Como ponto-chave do sucesso da rede, a empresa indica que é necessário conhecer, em tempo real, os níveis de refrigeração dos produtos, assim como a assegurar a partilha deste conhecimento pelos vários participantes envolvidos na CA.

Esta problemática introduz um dos objetivos da presente investigação, justificando a necessidade de desenvolver um sistema ciberfísico que permita o acompanhamento digital dos produtos físicos, explorando as potenciais transformações a realizar para capacitar a sua implementação.

3.2.2. A Fábrica Nacional

A segunda parte do problema procura reconfigurar a CA em vigor para a carne de vaca proveniente de fornecedores do território de Portugal Continental, a qual depende exclusivamente de um único centro de localizado em Toledo, Espanha (Pimentel, Correia & Amaral, 2015).

Em linha com os objetivos propostos, a implementação de um sistema de rastreamento digital nesta nova configuração proposta servirá para avaliar as vantagens e desvantagens que possam ser identificadas, tanto a nível ambiental, económico e social.

A ambição da empresa passa por analisar a viabilidade da transferência desta função para instalações situadas em território nacional, considerando o impacto global desta nova configuração.

Um conjunto de fornecedores localizados em Portugal Continental envia cerca de 375 mil quilos de carne de vaca de origem nacional para a unidade de produção localizada a mais de 600 quilómetros da capital do país (Pimentel, Correia & Amaral, 2015). Desta forma, representando um custo considerável a nível do transporte, além do impacto ambiental e elevado risco operacional.

A presente investigação irá contemplar esta potencial complementaridade de operações de produção em território nacional, apresentando uma nova configuração de CA resultante. Posteriormente, a mesma carece de uma análise a nível financeiro e operacional, permitindo a avaliação do impacto desta adaptação no desempenho da empresa, assim como dos fornecedores envolvidos.

4. Metodologia

4.1. Construção Teórica

Na construção do enquadramento teórico, foi realizada uma *Systematic Literature Review*, com base em materiais publicados em fontes académicas indicadas no Anexo II, com o objetivo de cobrir as noções fundamentais dos conceitos em estudo (Tranfield, Denyer & Smart, 2003).

A pesquisa foi conduzida de forma compreensiva, incluindo publicações de carácter mais conceptual, assim como mais específicos a práticas relevantes para a investigação. Não tendo sido realizado um procedimento de avaliação formal dos materiais. Em alternativa, foi realizada uma triagem com base nas fontes e em critérios auxiliares detalhados de seguida.

A pesquisa de material relevante para a investigação foi realizada com recurso à Biblioteca do Conhecimento Online baseada no serviço *EBSCO*. Os materiais consultados nesta plataforma têm origem nos diferentes fornecedores de conteúdos, sendo que as fontes académicas selecionadas são as que têm relevância no contexto de Engenharia e Gestão Industrial, conforme listadas no Anexo II.

A pesquisa foi realizada com os critérios apresentados na Tabela 3, ressalvando a exclusão dos anos de 2020 e 2021 para evitar efeitos de variabilidade de informação durante a realização da investigação.

Tabela 3 - Critérios de Pesquisa Selecionados

Critérios de Pesquisa	Intervalo Temporal	Resultados
Título: Supply Chain	2000-2019	41 562
Abstract: Supply Chain		
Título: Blockchain	2000-2019	8 785
Abstract: Blockchain		

Fonte: Autor, 2021.

Considerando a especificidade dos tópicos de pesquisa, foi elaborado o seguinte conjunto de questões para a realização de uma segunda triagem dos conteúdos:

- A publicação espelha um enquadramento teórico ou aplicação prática relevante para alguma das questões da investigação?
- Os autores da publicação apresentam uma característica geográfica ou temporal distinta face ao conjunto de materiais existente?

Com base nestes critérios auxiliares, o material de pesquisa incluído na presente investigação contempla uma dispersão temporal e geográfica acentuada, incluindo diferentes perspectivas partilhadas pelos autores, assegurando o grau de cobertura do enquadramento teórico. Em termos temporais, é possível verificar uma predominância de conteúdos recentes, com um foco direcionado a publicações datadas da década imediatamente anterior à presente investigação.

4.2. Aplicação Prática

O desenvolvimento dos tópicos mais específicos relacionados com o rastreamento e a transformação digital permitiram a construção de um caso prático em linha com os objetivos propostos para a presente investigação, com os seguintes entregáveis:

- Modelo para o sistema de rastreamento digital ao longo da CA com detalhes relativos aos participantes, tecnologia e mecanismos a utilizar em cada ponto da rede;
- Mapa da CA proposta com detalhes relativos à distribuição geográfica dos diferentes pontos da rede, assim como a caracterização dos meios de transporte utilizados;
- Uma análise estratégica da nova configuração proposta suportada em três critérios – ambiental, económico e social.

A aplicação prática destes conceitos passou pela criação de um modelo conceptual de um sistema de rastreamento digital, no qual são incluídos detalhes sobre as funcionalidades estudadas da tecnologia *Blockchain*. Este entregável é detalhado com recurso a linguagens de modelagem próprias.

Foi desenvolvido um modelo que espelha a nova configuração da CA, considerando as ambições partilhadas pela empresa em estudo. Este entregável foi desenvolvido com base na análise estratégica das mudanças propostas, considerando as práticas de desenvolvimento sustentáveis apresentadas por Elkington (1998), conhecidas como *Tripple Bottom Line* (TBL).

Relativamente à construção da vertente prática da presente investigação, foram utilizados como base os casos de referência identificados, reconhecendo o seu papel na dimensão operacional e a nível da função de rastreamento digital ao longo da CA.

De forma conclusiva a este enquadramento, foi construída uma prova de conceito que visa juntar ambos os modelos apresentados, resultando num exemplo prático de aplicação do sistema de rastreamento proposto, de forma a solucionar os obstáculos identificados pela empresa e que limitam a sua transição para a configuração da CA que esta ambiciona.

5. Modelo Conceptual de Rastreamento Digital

5.1. Introdução

A constante evolução da dimensão digital permite construir soluções que, muitas vezes, desafiam a capacidade limitada de processamento oriunda do modelo humano desenvolvido num contexto físico, baseado na percepção e cognição (Johnson & Henderson, 2002).

Neste sentido, importa assegurar que, antes de avançar para a construção do sistema de rastreamento ao longo desta secção, os seus utilizadores entendam o que é este sistema, assim como os elementos inerentes à sua representação.

Neste seguimento, são introduzidos os conceitos:

- Sistema: objeto sobre o qual se pretende realizar um estudo, associado à implementação de um sistema de rastreamento digital (Preece, Rogers & Preece, 2007);
- Modelo: representação do objeto em estudo, associado à proposta deste sistema de rastreamento digital (Preece, Rogers & Preece, 2007).

Reconhecendo que o objetivo da construção deste modelo é representar adequadamente o sistema em estudo, este é uma versão conceptual que contempla a integração tecnológica necessária para o seu desenvolvimento. Como tal, este é baseado no conjunto de interações funcionais desempenhadas pelos utilizadores numa potencial aplicação à dimensão operacional de uma CA (Johnson & Henderson, 2002), resultando num modelo conceptual que será utilizado ao longo da investigação.

5.2. Contexto de Desenvolvimento

A construção de um sistema de rastreamento digital baseado em *Blockchain* promove o desenvolvimento de uma rede descentralizada que conecta vários participantes através de uma gestão de acessos adequada ao contexto de implementação. Desta forma, permite a introdução e utilização de dados relevantes para o contexto operacional dos mesmos, garantindo, em simultâneo, um nível de segurança que salvaguarde os participantes (Azaria, Ekblaw, Vieira & Lippman, 2016).

Neste sentido, é apresentado um modelo conceptual de uma rede *Blockchain* com um mecanismo que gere os acessos consoante o papel de cada participante, definidos mais à frente, permitindo a introdução, validação e utilização dos dados em circulação. Recorrendo às funcionalidades da tecnologia, este sistema não carece de uma gestão centralizada por parte da empresa, fomentando a democratização dos dados, não só através da envolvimento dos participantes, como também recorrendo a incentivos que promovem a sua participação ativa (Erhan, Tarhan & Ozsoy, 2019).

Concretizando a visão global apresentada anteriormente e, em linha com a investigação realizada por outros autores (Xia et al., 2017; Cruz et al., 2018; Desai et al., 2018; Ozyilmaz et al., 2018; Kabi et al., 2018; Erhan et al., 2019), o modelo conceptual engloba três tipos de participantes de acordo com os seus papéis específicos e recompensas associadas:

- **Fornecedor:** insere informações sobre produtos em circulação na CA na base de dados do sistema de rastreamento digital, definindo a gestão de acesso de outros participantes aos conteúdos submetidos, tendo controlo exclusivo sobre os seus próprios dados e a circulação dos mesmos. A recompensa deste participante é atribuída quando as informações submetidas são consultadas por um utilizador de dados.
- **Verificador:** valida as informações inseridas pelo fornecedor de dados, garantindo a fiabilidade dos conteúdos para a consulta realizada por um utilizador de dados. A recompensa deste participante é atribuída após a realização da verificação e validação do conteúdo em revisão, conforme as normas definidas na rede.
- **Utilizador:** consulta as informações na base de dados da rede, acedendo aos conteúdos partilhados pelos fornecedores de dados e validados pelos verificadores de dados. Este participante desempenha um papel vital na manutenção do mecanismo de recompensas, contribuindo para o mesmo para aceder aos dados no sistema.

O desenvolvimento deste sistema de rastreamento digital é baseado em três pilares essenciais – descentralização, segurança e transparência. Neste, os participantes são incentivados por confiança e por potenciais recompensas a receber, construindo relações através de interações funcionais entre si e com a componente tecnológica, descritas em maior detalhe nas secções seguintes.

5.2.1. Interação Funcional

A definição genérica dos papéis de cada tipo de participante na rede é o primeiro passo para a idealização das interações funcionais que podem ser realizadas no modelo conceptual proposto (Erhan et al., 2019). Neste passo, são introduzidas as responsabilidades associadas, assim como a relação entre cada uma das funções, desenvolvidas em detalhe ao longo desta secção.

Com o intuito de integrar este enquadramento inicial de funções e responsabilidades no modelo conceptual em construção é necessário recorrer a uma linguagem de modelação com uma sintaxe orientada para a compreensão do utilizador (Tucker, 1975).

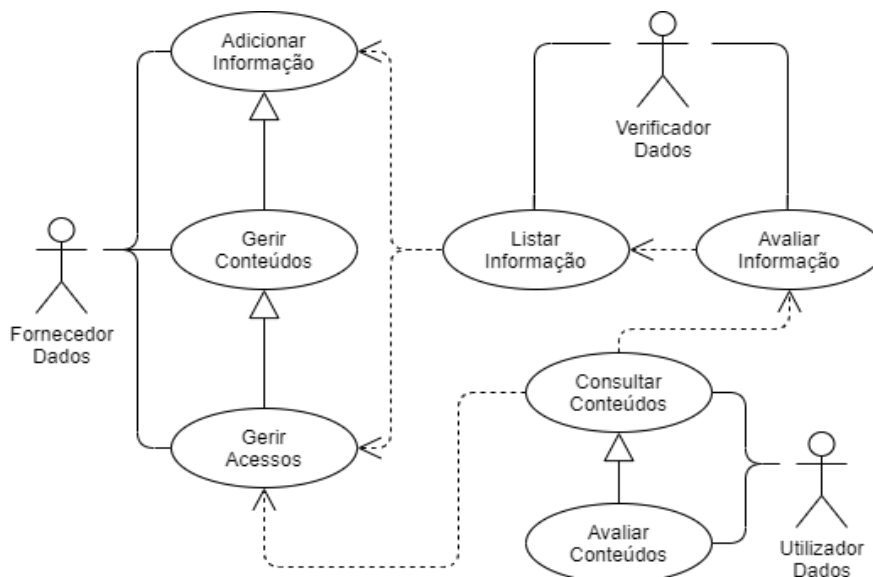
Através da *Unified Modelling Language* (UML), uma das linguagens de modelação mais utilizadas no contexto de estruturação de projetos de *software* (Kim & Laskowski, 2018), é possível associar, a cada

tipo de participante, o conjunto de ações que poderão realizar no sistema, detalhando a relação entre os perfis destes membros com a interligação das operações realizadas por cada um.

A Figura 15 apresenta um diagrama de use-case, utilizado em UML para representar comportamentos do sistema (Waykar, 2015), que relaciona os diferentes tipos de funções com o conjunto de ações respectivo, mapeando a dependência entre as operações possíveis de realizar através da notação:

- Linha Contínua (—): a relação entre o participante que desempenha uma função específica – fornecedor, verificador ou utilizador de dados – e as potenciais ações a realizar no sistema.
- Seta Interrompida (--->): a relação entre uma ação condicionada (⊃) pela realização necessária de outra (>), o sentido direcional espelha a relação de dependência entre ações.
- Seta Contínua (—>): a relação entre uma ação complementada (▷) pela realização opcional de outra (→), o sentido direcional espelha a relação complementar entre ações.

Figura 15 - Diagrama UML das Interações Funcionais Participante-Participante.



Fonte: Erhan et al., 2019 (Adaptado); Autor, 2021.

Este diagrama expõe a dependência do sistema em relação à participação ativa destes três tipos de perfil – fornecedor, verificador e utilizador – no âmbito da manutenção das informações submetidas e, posteriormente, dos conteúdos em circulação na rede. À semelhança de uma CA, os conteúdos são integrados após um percurso definido que requer as seguintes intervenções:

- Fornecedor: tem de alimentar a rede com dados relevantes, assim como definir a política de partilha dos mesmos, estabelecendo a fase inicial do percurso dos conteúdos até integrarem a rede, sendo o único perfil que não apresenta ações condicionadas.

- Verificador: tem de selecionar os dados submetidos pelos fornecedores para circular na rede, estando dependente da política de partilha definida inicialmente por estes. Esta função é cumulativa, sendo que apenas pode ser desempenhada por fornecedores de dados, assegurando que estes têm acesso às novas informações submetidas por outros participantes com esse perfil, permitindo a avaliação e consequente seleção de conteúdos para integração.
- Utilizador: pode utilizar os dados em circulação na rede, estando dependente da política de partilha associada aos mesmos, permitindo a avaliação dos mesmos após a sua utilização, alimentando o mecanismo de seleção contínua dos conteúdos em circulação. Este perfil aparece na fase final, com o início da sua atividade dependente de ações condicionadas.

Este sistema autorregulado é caracterizado pela sua segurança e transparência, escudando os seus participantes com mecanismos que promovem a seleção contínua de informação com um nível elevado de fiabilidade (Azaria et al., 2016).

Após a descrição das interações funcionais entre os participantes do sistema, a próxima secção incide sobre a dinâmica entre os participantes e o sistema, englobando as funcionalidades de *Blockchain*, incluindo outras referências tecnológicas que possam acrescentar valor à rede (Huckle et al., 2016).

5.2.2. Interação Tecnológica

As interações podem ser encapsuladas no formato de transações, de forma a criar um registo da circulação das informações no sistema, no qual são detalhados os participantes envolvidos e os momentos temporais em que estas foram utilizadas (Nakamoto, 2008).

O conceito de transação proposto em investigações realizadas por outros autores (Azaria et al., 2016; Cruz et al., 2017; Xia et al., 2017; Cruz et al., 2018; Desai et al., 2018; Ozyilmaz et al., 2018; Kabi et al., 2018; Erhan et al., 2019) relaciona as componentes tecnológicas que completam a perspetiva funcional do sistema, sendo necessário apresentar os seguintes conceitos:

- Base de Dados: agrega todas as informações em circulação na rede, disponibilizando a informação que foi submetida e devidamente verificada pelos participantes para consulta.
- Controlo de Acessos: gere os acessos à informação em circulação na rede de acordo com as políticas de partilha definidas pelo fornecedor de dados que colocou os conteúdos no sistema.
- Mecanismo de Recompensa: incentiva a manutenção da informação em circulação, atribuindo *tokens* aos participantes de acordo com a realização das tarefas específicas ao seu tipo de perfil.
- *Tokens*: uma subcomponente, associada ao Mecanismo de Recompensa, com a função de ativo financeiro digital específico à rede *Blockchain* do sistema e que pode ser trocado entre participantes ou convertido em fundos de moeda fiduciária.

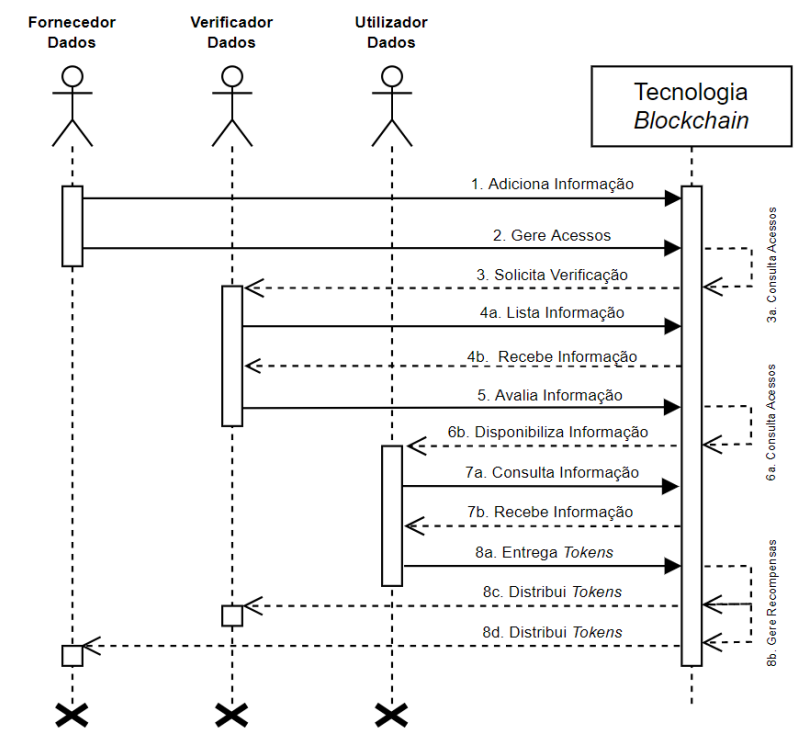
A integração destas componentes da tecnologia *Blockchain* cria um sistema suportado por uma base de dados descentralizada que agrega as informações em circulação na rede, garantindo a segurança do acesso às mesmas recorrendo ao mecanismo de controlo de acessos que atua consoante as políticas de partilha de dados definida pelo respetivo fornecedor dos mesmos (Azaria et al., 2016), garantindo que membros com diferentes níveis de autorização participem.

Na perspetiva global, esta dinâmica promove um ciclo de retroalimentação positivo no qual:

- Os fornecedores são recompensados em relação à qualidade dos seus conteúdos.
- Os verificadores são recompensados apenas por validar conteúdos relevantes.
- Os utilizadores recompensam os outros perfis com base na utilidade dos conteúdos.

A Figura 16 apresenta um diagrama de sequência, utilizado em UML para descrever as interações entre os participantes e o sistema (Waykar, 2015), acrescentando mais detalhe às interações funcionais descritas anteriormente.

Figura 16 - Diagrama UML da Sequência de Interações Participante-Sistema



Fonte: Erhan et al., 2019 (Adaptado); Autor, 2021.

Este diagrama espelha a sequência de ações numa interação entre os diferentes perfis de participantes e o sistema (Azaria et al., 2016; Cruz et al., 2017; Xia et al., 2017; Cruz et al., 2018; Desai et al., 2018; Ozyilmaz et al., 2018; Kabi et al., 2018; Erhan et al., 2019), construindo um cenário constituído pelas seguintes fases:

1. O fornecedor de dados adiciona informação à rede, acrescentando os dados ao conjunto de conteúdos pendentes de revisão por parte dos verificadores de dados.
2. O fornecedor de dados gere os acessos à informação adicionada, definindo uma política de partilha que restringe os participantes que poderão ter acesso. Para garantir a verificação do conteúdo é necessário permitir o acesso a um participante com perfil de fornecedor de dados.
3. É realizada através das seguintes subfases:
 - a. O sistema seleciona os participantes com o perfil de fornecedor de dados que têm acesso aos conteúdos de acordo com a política de partilha indicada.
 - b. O sistema notifica os participantes selecionados sobre a existência de informações pendentes e solicita a verificação das mesmas, passando a acumular o perfil de verificador de dados para poder executar o processo.
4. É realizada através das seguintes subfases:
 - a. Um ou mais verificadores de dados, dentro do conjunto selecionado anteriormente, lista as informações pendentes de verificação.
 - b. O sistema entrega a informação pendente de verificação para avaliação por parte de um ou mais dos verificadores de dados selecionados.
5. Um dos verificadores de dados termina o processo de avaliação. No caso de resultado positivo, a informação é integrada no sistema. Caso contrário, a informação é colocada para revisão do fornecedor respetivo.
6. É realizada através das seguintes subfases:
 - a. O sistema integra a informação no sistema, analisando a respetiva política de partilha de forma a selecionar o conjunto de participantes com o perfil de utilizador de dados que pode consultar os conteúdos adicionados.
 - b. O sistema comunica a disponibilidade da informação adicionada para o conjunto de participantes selecionado.
7. É realizada através das seguintes subfases:
 - a. O utilizador de dados consulta a informação em circulação no sistema, selecionando os conteúdos relevantes para a sua operação.
 - b. O sistema entrega os conteúdos ao utilizador de dados respetivo, requerendo a entrega de *tokens* de acordo com a política de recompensa definida inicialmente.
8. É realizada através das seguintes subfases:
 - a. O utilizador de dados entrega a quantidade de *tokens* requisitada pelo sistema.

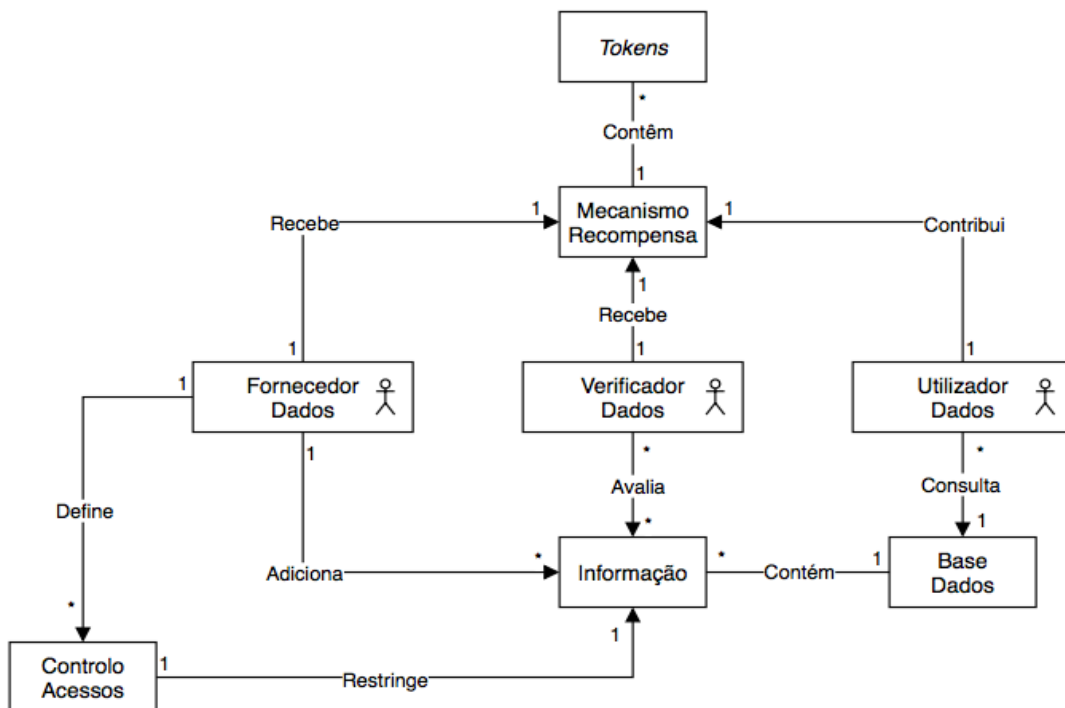
- b. O sistema determina os níveis de recompensa a atribuir aos participantes envolvidos na transação de informação de acordo com a política de recompensa.
- c. O sistema entrega os *tokens* correspondentes ao participante que atuou como verificador de dados.
- d. O sistema entrega os *tokens* correspondentes ao participante que atuou como fornecedor de dados.

A secção seguinte apresenta uma perspetiva global que resulta da interligação da dimensão tecnológica e funcional, sendo o primeiro passo para entender melhor o sistema de rastreamento digital proposto na presente investigação.

5.3. Representação Gráfica

Em linha com as representações apresentadas anteriormente e com estudos realizados por diversos autores (Azaria et al., 2016; Cruz et al., 2017; Xia et al., 2017; Cruz et al., 2018; Desai et al., 2018; Ozyilmaz et al., 2018; Kabi et al., 2018; Erhan et al., 2019), a Figura 17 apresenta um diagrama de objetos para descrever as componentes do sistema e as interações entre estas (Waykar, 2015), englobando as duas dimensões desenvolvidas nas secções anteriores.

Figura 17 - Diagrama UML do Modelo Conceptual



Fonte: Erhan et al., 2019 (Adaptado); Autor, 2021.

Neste diagrama, as entidades estão relacionadas através de ligações direcionais, partindo de um participante em torno de um mecanismo da tecnologia em utilização.

Desta forma, o sistema revela o seu condicionamento à intervenção de qualquer um dos participantes na rede, com a notação:

- O número “1” representa que, na respetiva relação, existe apenas uma versão da entidade.
- O símbolo “*” representa que, na respetiva relação, existe zero ou mais versões da entidade.

Esta terminologia, padrão em UML, permite uma leitura simplificada das ligações representadas, as quais podem ser descritas de acordo com a entidade que as inicia:

- Um (1) fornecedor de dados pode adicionar zero ou mais (*) informações, podendo definir zero ou mais (*) de políticas de partilha que, cada uma (1) por si, restringem uma (1) informação específica. No final, recebendo uma (1) recompensa distribuída pelo (1) mecanismo em vigor.
- Zero ou mais (*) de verificador de dados podem avaliar zero ou mais (*) informações, recebendo uma (1) recompensa distribuída pelo (1) mecanismo em vigor.
- Zero ou mais (*) utilizador de dados podem consultar uma (1) base de dados que, por si, contem zero ou mais (*) informações, contribuindo para um (1) sistema de recompensa.
- Um (1) mecanismo de recompensa contém zero ou mais (*) *tokens*.

A solução requer uma implementação de *Blockchain* que permita introduzir os mecanismos vitais para a manutenção do sistema – controlo de acessos e recompensa – influenciando a escolha do tipo de rede entre o conjunto apresentado na secção anterior referente às dinâmicas de gestão de acessos na tecnologia (Erhan et al., 2019).

6. Modelo de Configuração da Cadeia de Abastecimento

6.1. Introdução

A expansão progressiva das empresas desde o nível local, regional e nacional com o objetivo de alcançar uma presença global, tem sido impulsionada pela transformação das redes comerciais. Esta mudança tem despoletado novas oportunidades de negócio que apresentam novos desafios, transformando o cenário de competição tradicionalmente baseado em fatores económicos, introduzindo considerações ambientais e sociais (Sabri, Micheli & Nuur, 2018).

Considerando as inovações tecnológicas consequentes, assim como as tendências de sustentabilidade que influenciam a dinâmica de diversos setores (Baker, 2014; Ball, 2015; Thomas, 2015; Jervell, 2015), a alteração da configuração da CA proposta pela empresa em estudo deve também considerar estes fatores, seguindo algumas das medidas que a MCD, empresa líder do setor de *Fast-Food*, tem colocado em prática face aos novos desafios de sustentabilidade (Sturcken, 2018).

Começando com a descrição da configuração atual da CA da empresa em estudo, assim como a representação da versão proposta como base da presente investigação. Nesta secção é conduzida uma análise ao contexto operacional das alternativas, em linha com os princípios definidos por Elkington (1998) – “*people, planet and profit*” – notórios no âmbito do seu impacto na GCA (Srivastava, 2007; Brandenburg, Govindan, Sarkis & Seuring, 2014; Fahimnia & Jabbarzadeh, 2016).

6.2. Representação Gráfica

6.2.1. Configuração Atual

A empresa em estudo suporta as suas operações no território nacional através da gestão de CA específicas para os vários ingredientes que compõem a ementa dos seus restaurantes.

No contexto da investigação, o foco será a carne de vaca que circula na CA de produtos congelados, conhecida como *Cold Chain* e pela qual a empresa é reputada (Capela & Figueiredo, 2017).

Como referido anteriormente, os produtos que circulam nesta dimensão exigem um nível de refrigeração que permita o seu transporte e armazenamento com uma temperatura compreendida entre os -18.0°C e -25.0°C (Pimentel, Correia & Amaral, 2015).

Neste sentido, as sucessivas etapas da CA – fornecimento, processamento e distribuição – carecem de um controlo rigoroso de temperatura, sendo este um fator fundamental para garantir a integridade dos bens perecíveis em circulação.

A especificidade desta rede requer a colaboração de diversas empresas nacionais de transporte, assim como a localização estratégica dos centros logísticos associados às várias fases (Santos, 2015).

Neste sentido, com uma análise da CA baseada em investigações realizadas por outros autores (Pimentel, Correia & Amaral, 2015; Santos, 2015; Capela & Figueiredo, 2017), é possível identificar, para cada uma das fases indicadas, os seguintes locais ao longo da rede:

○ **Fornecimento:**

A empresa em estudo afirma que mais de 25% da carne de vaca dos seus produtos é nacional, destacando três entidades:

- Campicarn (Vila Nova de Famalicão, Portugal).
- Central Carnes, Grupo Primor (Vila Nova de Famalicão, Portugal).
- Linda Rosa (Barcelos, Portugal).

○ **Processamento:**

A empresa em estudo trabalha com um fornecedor exclusivo para a produção de hambúrgueres – OSI *Food Solutions* (Toledo, Espanha).

○ **Distribuição:**

A empresa em estudo trabalha com um fornecedor exclusivo para a gestão dos centros de distribuição, assegurando também as entregas de encomendas dos restaurantes – HAVI *Global Solutions* – que mantém duas localizações:

- Centro de Distribuição Sul (Carregado, Portugal)
- Centro de Distribuição Norte (Canelas, Portugal)

Neste contexto, apenas foi considerado o meio rodoviário, por ser considerado como o mais indicado para realizar este tipo de circulação (Greaves, 1994), além de não ser viável explorar outras opções que serão consideradas na próxima configuração, devido às ligações entre entidades serem terrestres.

A Tabela 4 detalha a distância, em quilómetros (km), entre estes pontos da rede, assim como os meios de transporte disponíveis, incluindo também uma duração estimada, em horas.

Tabela 4 - Distâncias entre Pontos Estratégicos da Configuração Atual da CA da Empresa em Estudo

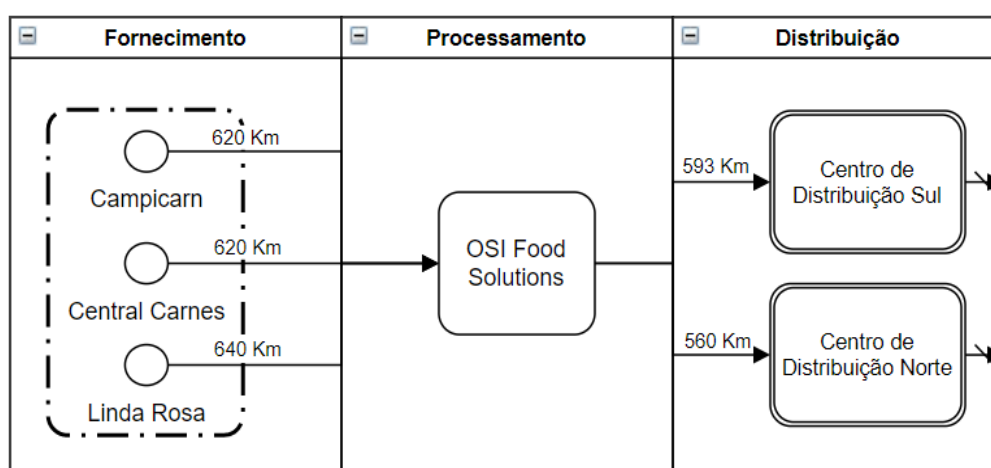
Fase	Origem	Destino	Transporte	Distância	Duração
Fornecimento	Vila Nova de Famalicão	Toledo	Rodoviário	620 km	12 horas
	Barcelos	Toledo	Rodoviário	640 km	12 horas
Processamento	Toledo	Carregado	Rodoviário	593 km	12 horas
	Toledo	Canelas	Rodoviário	560 km	12 horas
Entrega aos Restaurantes (HAVI Global Solutions)					

Fonte: Adaptado de Google Maps, 2021.

O mapeamento revela a distância e o intervalo temporal considerável inerente ao percurso desta rede, justificando a proposta apresentada para investir numa nova localização para a fase de processamento, a etapa mais remota no modelo da configuração atual da CA.

De forma a aprofundar esta reflexão sobre a rede e, analogamente à secção anterior, é utilizada outra linguagem de modelagem de alto-nível – *Business Process Management and Notation (BPMN)* – para representar processos no contexto operacional de uma empresa (Chinosi & Trombetta, 2012), resultando no modelo espelhado na Figura 18.

Figura 18 - Representação do Modelo de Configuração Atual da CA da Empresa em Estudo



Fonte: Autor, 2021.

Uma análise à representação na Figura 18 revela que, com a localização do processamento na cidade de Toledo, em Espanha, existe uma extensão significativa do percurso, em termos de distância e de tempo, desde o fornecimento até à distribuição nacional.

Reconhecendo que é um fator que influencia diretamente o desempenho da empresa, esta observação motivou a apresentação de propostas de alteração à configuração em vigor, considerando a introdução de uma nova localização mais acessível a partir dos outros pontos estratégicos, apresentada com mais detalhe ao longo da secção seguinte.

6.2.2. Configuração Proposta

Em linha com o enquadramento realizado sobre a proposta de alteração da configuração apresentada pela empresa em estudo, é necessário criar um modelo que permita as seguintes integrações:

- Novo Fornecedor: adição de uma nova entidade na fase de fornecimento que esteja localizada na ilha de São Miguel, nos Açores.
- Nova Localização: alteração do local da fase de processamento para território nacional, assegurando uma maior acessibilidade por parte das restantes entidades envolvidas.

Com o objetivo de construir a tabela com as informações atualizadas sobre as distâncias a percorrer entre os novos pontos da rede e as localizações identificadas anteriormente, são assumidas as seguintes considerações:

- O novo fornecedor estará localizado em São Miguel, na ilha dos Açores, sendo que o transporte dos produtos até Portugal Continental será realizado através de transporte marítimo.
- O novo local de processamento ficará na Plataforma Logística de Leixões, devido à proximidade de infraestruturas como o Porto e o Terminal Ferroviário (Associação Empresarial de Portugal, 2021), assim como a facilidade de acesso por parte das restantes entidades envolvidas.

Contrariamente à situação da configuração atual da CA, este novo modelo pode incluir mais meios de ligação, nomeadamente, introduzindo a via marítima e ferroviária (Greaves, 1994).

A Tabela 5 detalha a distância entre estes novos pontos a rede, assim como os meios de transporte disponíveis para assegurar o transporte entre estes.

Tabela 5 - Distâncias entre Pontos Estratégicos da Configuração Proposta para a CA da Empresa em Estudo

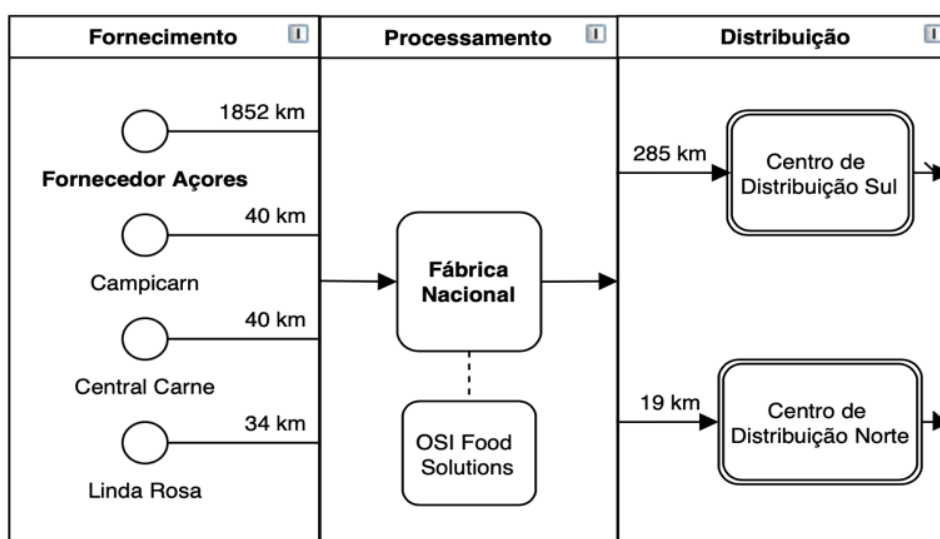
Fase	Origem	Destino	Transporte	Distância	Duração
Fornecimento	Ponta Delgada	Leixões	Marítimo	1852 km	48 horas
	Vila Nova de Famalicão	Leixões	Rodoviário	40 km	1 hora
	Barcelos	Leixões	Rodoviário	34 km	1 hora
Processamento	Matosinhos	Carregado	Rodoviário	285 km	4 horas
	Matosinhos	Canelas	Rodoviário	19 km	1 hora
Entrega aos Restaurantes (HAVI Global Solutions)					

Fonte: Adaptado de Google Maps, 2021.

Comparativamente ao modelo anterior, é possível constatar que a distância e o intervalo temporal entre as entidades participantes nas várias fases da CA reduziram significativamente. No novo modelo são adicionados o novo fornecedor e a fábrica de processamento localizada em território nacional.

Recorrendo à mesma linguagem de modelagem utilizada, a Figura 19 espelha a nova configuração proposta para a CA da empresa em estudo.

Figura 19 - Representação do Modelo de Configuração Proposta para a CA da Empresa em Estudo



Fonte: Autor, 2021.

Analisando a representação na Figura 19, a mudança de localização do processamento para o território nacional reduz – em aproximadamente 7.6% - a extensão do percurso da CA. Desta forma, melhorando a distância percorrida entre todas as localizações na configuração atual de 2413 km para 2230 km, apenas contabilizando os fornecedores atuais da empresa. A introdução do fornecedor nos Açores introduz um novo meio de transporte a considerar, discutido na construção da Tabela 4.

Através da representação detalhada da CA da empresa em estudo, neste caso, apenas focando nas fases relevantes para o tema da investigação, é possível avançar com uma análise especializada em termos económicos, ambientais e sociais, recorrendo às localizações, distâncias e intervalos temporais utilizados como referência na construção dos modelos ao longo desta secção.

6.3. Contexto Operacional

6.3.1. Dimensão Económica

Utilizando as configurações descritas na secção anterior como base para realizar uma análise comparativa entre ambas, o ponto de partida é a dimensão económica – medida em Euros (€) – na qual serão considerados os custos que variam entre os modelos apresentados. Neste caso, a principal alteração está relacionada com a variação de distância entre pontos da CA, incluindo, também, um novo meio de transporte – via marítima.

Como tal, o pilar económico da análise será baseado no cálculo dos custos relacionado com o transporte, tanto via terrestre como marítima, de cerca de 1.6 mil toneladas (ton) de carne de vaca enviadas a partir de fornecedores portugueses para a unidade de produção espanhola (Pimentel, Correia & Amaral, 2015). Para este fim, são incluídos custos por ton/km que resultam de uma extensiva pesquisa de mercado, considerados, no presente estudo, como valores de referência para o transporte para o meio, tipo de carga e capacidade indicada, estando emparelhados com as localizações da rede que servem.

6.3.1.1. Transporte Terrestre

No âmbito do transporte terrestre, foi realizado um estudo de mercado para determinar o custo de referência por ton/km, recorrendo ao simulador da *World Freight Rates*, uma consultora dedicada à área de logística.

Através desta ferramenta, é possível simular o custo de transporte da carne de vaca entre as várias localizações, assegurando as condições de refrigeração necessárias, dando origem à Tabela 6, na qual são detalhadas as opções analisadas.

Tabela 6 - Detalhes da Simulação de Custos para Transporte Terrestre

Meio	Tipo de Carga	Capacidade	Equipamento	Custo
Terrestre	Full Truckload	22 ton	Sem Refrigeração	0.02€ por ton/km
			Com Refrigeração	

Fonte: World Freight Rates, 2021.

Ambas as configurações apresentadas contemplam transporte rodoviário, como tal, o fator de diferenciação será a distância percorrida entre as entidades englobadas nas diversas fases da CA. Nesse sentido, a análise procura estimar o impacto económico da redução da distância máxima terrestre de 1 233 km, na configuração atual, para os 325 km, no modelo proposto.

Para este fim, as distâncias entre localizações em cada uma destas configurações, retratadas na Tabela 3 e Tabela 4 respetivamente, serão multiplicadas pelo custo de referência para concluir uma perspetiva dos gastos com o transporte.

A Tabela 7 apresenta os resultados dos custos envolvidos no transporte terrestre de um contentor refrigerado com capacidade de 22 ton, assim como a variação observada entre modelos.

Tabela 7 - Custos de Transporte Terrestre de um Contentor em cada Modelo

Fase	Modelo Atual	Modelo Proposto	Varição (Modelos)
Fornecimento	827.2€	50.2€	- 93.9%
Processamento	507.3€	133.8€	- 73.6%
Total _{TERRESTRE}	1 334.5€	183.9€	- 86.2%

Fonte: World Freight Rates, 2021.

Através dos cálculos efetuados que podem ser consultados no Anexo III, é possível observar que a redução de 7.6% da distância total percorrida entre todas as localizações nos modelos resulta numa diminuição de 86.2% de custos envolvidos no transporte terrestre de um contentor refrigerado de 22 ton entre as localizações da CA.

É notória a alteração acentuada dos custos relativos à fase de fornecimento, justificada por ser a dimensão com maior redução em termos de distância percorrida.

6.3.1.2. Transporte Marítimo

A introdução de um novo fornecedor insular no modelo proposto acarreta a inclusão do meio de transporte marítimo, complementando a análise económica espelhada na Tabela 6. Recorrendo à mesma fonte de dados referida anteriormente, o estudo de mercado revelou o custo de referência por ton/km apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Detalhes da Simulação de Custos para Transporte Marítimo

Meio	Tipo de Carga	Capacidade	Equipamento	Custo
Marítimo	Full Container	22 ton	Sem Refrigeração	0.02€ por ton/km
			Com Refrigeração	0.03€ por ton/km

Fonte: World Freight Rates, 2021.

Apenas o modelo proposto contempla este tipo de transporte, como tal, a distância considerada nos cálculos será entre as localizações referentes ao novo fornecedor insular e a fábrica em território nacional, multiplicadas pelo custo de referência, analogamente ao meio terrestre.

A Tabela 9 apresenta os resultados dos custos envolvidos no transporte marítimo de um contentor refrigerado com capacidade de 22 ton, assim como a variação observada, incluindo, em última análise, a perspetiva global dos custos de transporte para cada modelo.

Tabela 9 - Custos Económicos de Transporte de um Contentor em cada Modelo

	Modelo Atual	Modelo Proposto
Total TERRESTRE	1 334.5€	183.9€
Total MARÍTIMO	-	1222.3€
Total	1 334.5€	1 406.2€

Fonte: Autor, 2021.

Através dos cálculos efetuados que podem ser consultados no Anexo III, é possível observar que o modelo proposto, introduzindo um novo meio de transporte, resulta em custos ligeiramente mais elevados – aproximadamente 5.4% - que o modelo atual.

Com este ponto de partida, é então necessário analisar as restantes dimensões consideradas ao abrigo da teoria TBL para facilitar uma comparação entre modelos a nível de impactos globais – a combinação dos três pilares analisados.

6.3.2. Dimensão Ambiental

Após os resultados da dimensão económica, na qual o modelo proposto resultou em custos de transporte ligeiramente acima do modelo atual, é necessário considerar o impacto ambiental – medida em ton/km de emissões poluentes (CO₂) – da variação de distância total percorrida entre todas as localizações da CA observada em ambos os modelos.

Neste sentido, foi utilizado como referência um estudo da consultora McKinsey & Company (2009), realizado no âmbito de potenciais estratégias para reduzir as emissões poluentes.

Este estudo de mercado serve para obter um fator de emissão poluente, medido em quilogramas (kg) por cada ton/km, assim como o custo da sua neutralização, ambos na Tabela 10.

Tabela 10 - Detalhes do Estudo sobre Fatores de Emissão por Meio de Transporte e Custos de Neutralização

Meio	Fator de Emissão (CO ₂)	Custo de Neutralização
Terrestre	2.00 kg por cada 1€	18€ por ton de CO ₂
Marítimo	0.01 kg por ton/km	150€ por ton de CO ₂

Fonte: McKinsey & Company, 2009; Gillingham & Stock, 2018; Olhager & Eriksson, 2020.

Neste sentido, a análise procura estimar o impacto ambiental destes fatores diferenciadores, utilizando as distâncias entre localizações em cada uma destas configurações, retratadas na Tabela 3 e Tabela 4 respetivamente, incluindo, no caso do modelo proposto, o percurso marítimo entre o novo fornecedor insular e a fábrica nacional.

A Tabela 11 apresenta a quantidade de emissões poluentes geradas no transporte de um contentor através de ambos os meios considerados, providenciando uma perspetiva sobre os custos associados à sua neutralização, uma medida considerada relevante no âmbito da teoria TBL (Slaper & Hall, 2011).

Tabela 11 - Custos Ambientais de Transporte de um Contentor em cada Modelo

	Modelo Atual		Modelo Proposto	
	Emissão	Custo	Emissão	Custo
Total TERRESTRE	2.7 ton CO ₂	48.1€	0.4 ton CO ₂	6.6€
Total MARÍTIMO	-	-	0.4 ton CO ₂	61.1€
Total	2.7 ton CO ₂	48.1€	0.8 ton CO ₂	67.7€

Fonte: Autor, 2021.

Através dos cálculos efetuados que podem ser consultados no Anexo III, é possível observar que o modelo proposto tem um consideravelmente menor impacto ambiental, com uma redução de 70.4% face ao modelo atual.

Face à análise exclusivamente económica entre modelos, a consideração de outros fatores como o impacto ambiental revela a complexidade inerente ao processo de decisão do modelo de configuração de CA para a empresa em estudo. Como tal, será considerado o impacto social como última dimensão da análise global proposta.

6.3.3. Dimensão Social

Complementando o pilar económico e ambiental, é adicionada uma variável da dimensão social, nomeadamente, o potencial número de empregos a gerar com a introdução da nova fábrica a nível nacional, de forma a entender se seria um obstáculo à adoção do novo modelo.

Este estudo é relevante para a empresa em estudo considerado que a mesma emprega mais de seis mil pessoas a nível nacional (Pimentel, Correia & Amaral, 2015), dos quais quase 60% pertencem à faixa etária dos 18 aos 25 anos de idade.

Utilizando como referência a fábrica incluída na configuração atual da CA, foi realizado um estudo de mercado para identificar a quantidade de colaboradores que asseguram as operações na localização de Toledo. Neste âmbito, é possível referir que este ponto da rede emprega entre 100 e 249 empregados, consoante os relatórios publicados pela empresa publicamente (OSI Group, 2021).

Num universo de mais de seis mil pessoas, a contratação deste número de reforços para a equipa atual – menos de 4.2% da presente dimensão – é considerado um processo exequível, não se revelando como um obstáculo a esta alteração para o novo modelo proposto, segundo os detalhes indicados pela empresa em estudo.

7. Prova de Conceito: Rastreamento Digital na Cadeia de Abastecimento

7.1. Introdução

A definição do modelo que representa o sistema de rastreamento digital em estudo e a sua consequente aplicação na configuração proposta para a CA possibilitam a elaboração de uma prova de conceito, uma fase descrita como crítica no processo de inovação, em particular, relativamente à dimensão de GCA. (Bendavid & Cassivi, 2016).

Reconhecendo o papel estratégico da prova de conceito e em linha com os métodos seguidos na área de inovação (Leminen, Turunen & Westerlund, 2015), o objetivo desta ferramenta é ilustrar os passos vitais do ciclo de vida da solução em estudo, entre os quais temos os seguintes:

- Caracterização da implementação do modelo teórico construído;
- Demonstração das capacidades inerentes à aplicação prática;

A caracterização do sistema de rastreamento digital é baseada no modelo teórico apresentado, incluindo detalhes técnicos relativamente à tecnologia em utilização.

Ao longo desta secção será também descrita a interligação com outras soluções emergentes como a IoT, reconhecendo o seu papel vital para as capacidades requeridas no cenário de aplicação proposto.

7.2. Modelo de Implementação

7.2.1. Caracterização do Sistema

No caso em estudo, a implementação do sistema de rastreamento digital apresenta requisitos que podem ser classificados como *Soft* e *Hard*. A definição é feita de acordo com as convenções da área de investigação operacional que se referem a restrições que podem ou não ser satisfeitas, no caso do primeiro conjunto, e outras que têm de ser correspondidas, no caso do segundo (Kendall, 1975).

Neste sentido, durante o processo de implementação é necessário ter em consideração os seguintes conjuntos, identificados em reunião com a empresa em estudo:

- **Soft:** entre os quais se encontram os custos ambientais, funcionalidades transacionais, gestão das várias entidades.
- **Hard:** entre os quais se encontram os custos económicos, monitorização da carne de vaca, participação das várias entidades.

Aplicando estes conjuntos à Tabela 2, que compara os tipos de rede público e privado, é possível perceber que o sistema poderá ser construído com base em ambos, dependendo, principalmente, do mecanismo de consenso em prática, considerando o seu impacto energético e de velocidade.

Ainda assim, reconhecendo o caráter experimental desta solução, será assumido um tipo público, como a rede *Ethereum* (Buterin, 2013), para simplicidade de construção na fase inicial (Azevedo, 2019).

Com a tecnologia base identificada, é necessário construir a ligação entre os bens físicos e a correspondente informação digital, nomeadamente, através de uma ferramenta que permita a sua captura de forma automática e contínua, garantindo resultados fidedignos.

A nível dos bens físicos são utilizadas duas tecnologias semelhantes, embora as suas características exclusivas as façam mais apropriadas para diferentes fases.

Começando pelo fornecedor e pelo transporte da carne de vaca não processada, é utilizada a etiqueta QR nas embalagens em que se transporta a carne processada, considerando que permite a leitura e escrita de dados digitais sobre o bem físico, além de ser um identificador mais robusto e com reduzidos encargos financeiros.

A nível da informação digital, surge a interligação com IoT, instalando sensores nos pacotes de transporte dos bens, permitindo a coleção e registo de dados essenciais como a temperatura interior e exterior em tempo real.

Este ecossistema autónomo vai reduzir a necessidade de intervenção por parte dos participantes, assegurando a viabilidade da implementação e, em simultâneo, também a validade das informações partilhadas com a rede.

A combinação de todas as tecnologias em utilização em simultâneo criam o conceito de *smart box*, um pacote de transporte que permite a monitorização digital dos bens físicos, tanto a nível de localização como de condição atual.

A Figura 20 apresenta o diagrama da aplicação prática do modelo de sistema de rastreamento digital.

Figura 20 - Diagrama do Sistema de Rastreamento Digital Proposto



Fonte: Autor, 2021.

7.2.2. Caracterização da *Smart Box*

7.2.2.1. Identidade Digital

A primeira fase da solução consiste em criar uma identidade digital para cada mercadoria em circulação ao longo da cadeia.

Este passo é realizado no âmbito do fornecimento, registando cada vaca no sistema, assim como as suas informações, através de um IUU, conforme espelhado na Figura 20. Desta forma, é criado o espaço digital onde serão armazenados os dados relativos ao percurso efetuado por cada mercadoria, permitindo uma consulta eficiente das atividades operacionais e transações comerciais consequentes.

Com a dimensão digital em aberto, a associação física é feita através da utilização da colocação de sensores de temperatura conectados à rede, assim como uma etiqueta QR para facilitar a leitura e escrita de dados relevantes ao longo da CA.

Nas diferentes fases, são criando novos IUU para novos produtos que sejam colocados em circulação, devidamente associados aos IUU da carne de vaca utilizada para a sua génese. Estas alterações são realizadas recorrendo a uma aplicação móvel dedicada que será acessível pelos participantes da rede.

A conjugação destas duas ferramentas cria o conceito proposto na presente investigação de *smart box*, representada na Figura 21, que para além de identificar digitalmente a mercadoria física, capacita as restantes funcionalidades relacionadas com a monitorização de condições e rastreamento.

Figura 21 - Funcionalidades da *Smart Box*: (a) Identidade Digital da *Smart Box*; (b) Transmissão de Dados



Autor: Autor, 2021.

7.2.2.2. Transmissão de Dados

A segunda fase da solução contempla a transmissão contínua de dados essenciais ao transporte do ingrediente em estudo, nomeadamente, a temperatura durante a movimentação.

Considerando que se trata de uma condição que tem de ser assegurada ao longo de toda a CA, esta monitorização é feita através dos sensores colocados na *smart box* que, estando ligados à rede *Blockchain*, permitem a recolha automática da temperatura e a sua consulta em tempo real.

A utilização destes sensores baseados em tecnologia IoT facilitam o controlo contínuo, assim como a criação de alertas que assinalem mercadorias que foram transportadas, tanto parcial- como completamente, fora das condições necessárias. Sendo um recurso eficaz, a colocação destes sensores permite o acompanhamento remoto de cada *smart box*, por parte da entidade emissora, transportadora e entidade recetora, permitindo a leitura dos níveis de temperatura da mercadoria, como o rastreamento da sua localização, através da aplicação móvel associada.

Relativamente ao caso em estudo, a colocação destes sensores, dependentes de bateria, ligação à Internet e sem necessidade de manutenção posterior, em cada *smart box*, conforme representado na Figura 21b, é uma solução económica para o acompanhamento remoto das temperaturas de transporte por via marítima. Principalmente, por ser o meio mais prolongado e no qual, devido às quantidades possíveis de transportar, o custo de dispensar uma carga seria mais elevado.

7.2.3. Caracterização da Aplicação Móvel

7.2.3.1. Gestão de Identidade Digital

Na dimensão de utilizador do sistema, o acesso à identidade digital das mercadorias em circulação é conferido através de uma aplicação móvel dedicada que permite conferir todos os detalhes registados previamente com recurso à tecnologia proposta para a *smart box*.

Por um lado, a leitura da etiqueta QR embutida no pacote de transporte permite a consulta de dados essenciais sobre a mercadoria, recolhendo do sistema todas as informações armazenadas para um IUU e, caso seja aplicável, para os restantes IUU inerentes no caso de um produto transformado.

Desta forma, é possível consultar detalhes relacionados com o produto e as atividades realizadas ao longo da cadeia, em linha com os conceitos de rastreamento de Moe (1998), apresentados anteriormente na Tabela 1.

Por outro lado, é possível escrever novos dados na etiqueta associada, registando informações suficientes para a construção do histórico do produto. Em linha com o exemplo prático apresentado anteriormente no âmbito do projeto *Provenance* (2015), a edição destas etiquetas assegura que existe um rastreamento ao longo da cadeia, desde a circulação de produtos para processar, ao registo das transformações efetuadas e a consequente movimentação de mercadorias finais.

A dinâmica escrita/leitura edifica o papel fundamental da etiqueta QR no contexto da solução a implementar, considerando que é o principal veículo de transmissão de informação entre participantes

da CA, e com a rede *Blockchain* implementada. Todas as informações recolhidas são armazenadas no espaço reservado ao IUU de cada produto, centralizando os dados recolhidos de várias fontes descentralizadas, tanto por intervenção humana, no caso dos participantes, como automática, no caso dos sensores IoT aplicados.

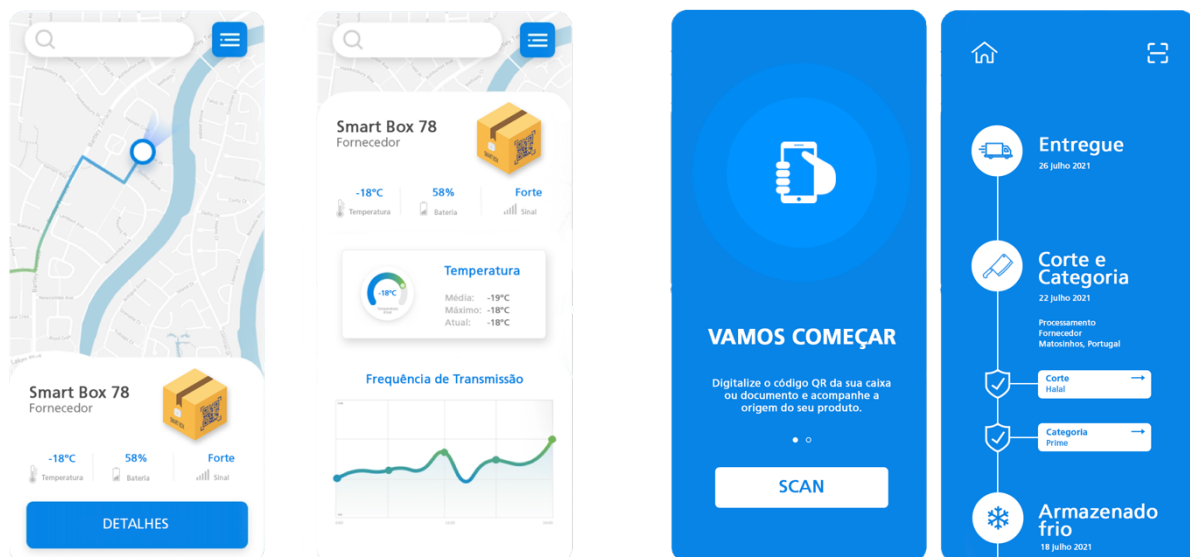
7.2.3.2. Monitorização de Transporte

A aplicação de sensores conectados à rede permite a recolha contínua de dados relativos à localização e às condições de transporte das mercadorias, nomeadamente, a temperatura média e em tempo real registada durante a circulação entre pontos da cadeia e no percurso total, conforme necessário.

Com a transmissão permanente de dados para a rede *Blockchain*, é possível utilizar a aplicação móvel dedicada para consultar, com base no IUU pretendido, as informações em tempo real sobre determinado produto. Para tal, o utilizador tem de realizar a leitura do QR associado à *smart box* que pretende rastrear, sendo direcionado para uma interface representada, em contexto de protótipo, na Figura 23a, na qual é apresentada a localização e as condições relevantes do transporte em curso.

O recurso à aplicação como meio de interação com o sistema permite a sua escalabilidade, facilitando a introdução de fatores relevantes para monitorização, tanto numa perspetiva global da CA ou localmente à operação dos participantes da rede. Numa perspetiva ecológica, seria possível incluir uma calculadora de custos ambientais, relacionada com a emissão de poluentes durante o transporte, seguindo o procedimento que foi realizado na análise da nova configuração proposta para a CA.

Figura 22 - Funcionalidade da Aplicação Móvel: (a) Monitorização; (b) Certificação de Proveniência



Fonte: Autor, 2021.

7.2.3.3. Certificação de Proveniência

Na ótica do cliente de qualquer um dos mais de 150 estabelecimentos da empresa em estudo em Portugal, a crescente procura por transparência pode ir para além das habituais visitas às cozinhas organizadas pelas equipas, chegando a abranger também a CA associada.

Isto porque, para cada consumidor dos mais de 2 mil hambúrgueres vendidos, em média, por dia em cada localização, é possível aceder ao mapa da jornada do produto desde a sua origem, utilizando, para isso, a simples etiqueta QR que estará na embalagem do produto.

Realizando esta leitura, recorrendo à aplicação móvel dedicada com permissões de apenas visualização, o cliente terá à sua disposição a interface representada, em contexto de protótipo, na Figura 23b, onde poderá confirmar a autenticidade da caracterização do produto que está a consumir, ficando também a par das atividades necessárias para a sua transformação.

Numa perspetiva de continuar o investimento na dimensão ética por parte da empresa em estudo, seria também relevante incluir outros detalhes indiretamente ligados aos produtos vendidos. Em particular, é possível destacar a emissão de poluentes, conforme incluído na análise realizada à nova configuração proposta para a CA, assim como o consumo de recursos hídricos e energéticos, entre outros que permitam um maior conhecimento da dimensão operacional.

8. Conclusão

8.1. Sumário de Investigação

Seguindo as linhas orientadoras da presente investigação, as secções anteriores retrataram a contextualização relevante sobre sistemas de rastreamento, a tecnologia aplicável e as condições da sua implementação.

Utilizando o conteúdo resultante, este sumário apresenta uma resposta para as questões em estudo:

QI.1. Quais são os mecanismos necessários para adaptar a CA para a nova realidade ciberfísica?

Resposta: A transformação digital da CA permite a monitorização digital dos recursos físicos em circulação na rede, através da integração de tecnologias emergentes como *Blockchain* e IoT, reconhecendo o seu papel disruptivo a nível da conectividade e transparência.

A tecnologia *Blockchain* atua como base de dados para as informações sobre os produtos, participantes e pagamentos efetuados na rede, fomentando a confiança dentro do ecossistema. Como complemento, a integração de sensores IoT permite a recolha de dados de forma automática, diminuindo a falta de precisão associada à introdução manual por parte dos participantes.

Este novo paradigma é descrito por Büyüközkan e Göçer (2018) pela expressão “*data centers replace physical warehouses, bits replace the physical boxes*”.

QI.2. Como implementar um sistema de rastreamento no contexto da CA da empresa em estudo?

Resposta: O sistema de rastreamento proposto utiliza a tecnologia *Blockchain* como plataforma de gestão de dados, recorrendo a sensores inteligentes de IoT para assegurar a transmissão contínua de informação sobre as condições e localizações em tempo real dos produtos físicos.

Este sistema contempla três tipos de participantes que se encontram relacionados através de dependências de ações, envoltos num ciclo de *feedback* positivo que permite que os fornecedores sejam recompensados em relação à qualidade dos seus conteúdos, os verificadores pela validação dos mesmos e os utilizadores alimentam este mecanismo com base na utilidade dos conteúdos-

O acesso a este sistema é realizado através de uma aplicação móvel que permite consultar dados operacionais, relevantes para os fornecedores, e dados do produto, direcionados para os consumidores.

QI.3. Quais são as vantagens e desvantagens de implementar as alterações propostas para a CA?

Resposta: A solução proposta permite a monitorização das condições de transporte de produtos ao longo da *Cold Chain*, desbloqueando a inclusão do novo fornecedor localizado nos Açores.

As alterações propostas para a CA da empresa em estudo refletem uma redução de aproximadamente 70.4% de custos ambientais, relacionados com o volume de emissões poluentes e a sua neutralização, estando, portanto, alinhado com a missão inicial de reforçar a posição sustentável da empresa.

Por outro lado, a nova configuração representa um aumento de 5.4% de custos económicos, consequência da introdução de um novo meio de transporte.

8.2. Perspetiva de Aplicabilidade

A visão primordial de Porter (1985) - “*Competition is at the core of the success or failure of firms*” – revela que, apenas num meio de competição, as atividades de uma empresa produzem um impacto no seu desempenho.

Aplicando esta premissa à realidade atual, Porter e Heppelmann (2015) referem que “*the evolution of products into intelligent [and] connected devices [...] is radically reshaping companies and competition*”. Uma nota que, certamente, engloba a introdução da tecnologia *Blockchain* no contexto empresarial, retratada em estudos recentes como uma promessa no âmbito da descentralização, segurança e transparência (Laosa & Relvas, 2019).

A aplicação desta tecnologia no contexto da GCA é percecionada como vantajosa para melhorar as bases de dados atualmente usadas como suporte dos sistemas operacionais, não só pela capacidade de descentralizar os acessos a vários participantes, como pela dificuldade acrescida relacionada com a eventual falsificação das informações partilhadas (Laosa & Relvas, 2019).

Esta dinâmica é comprovada pelo crescimento acentuado de volume de mercado deste tipo de solução de, aproximadamente, 800 milhões de euros em 2020 para 11 700 milhões de euros em 2022, alcançando uma taxa composta anual de crescimento de 73.2% sendo que, exclusivamente no espaço do rastreamento digital, este número aumente para 76.2% (Deloitte, 2017).

Com o foco no caso de estudo da presente investigação, a utilização de *Blockchain* permite a construção de um sistema de rastreamento de informação e produtos assente na partilha segura e transparente de dados, refletindo uma melhoria da competitividade da empresa em análise. A aplicação deste sistema permite que seja incluído um novo participante na rede localizado nos Açores, o que, atualmente, foi desconsiderado face aos obstáculos identificados.

Sendo assim, é possível concluir que a aplicabilidade desta tecnologia, em especial no contexto de GCA, capacita a expansão das operações das empresas, assegurando, em simultâneo, a criação de uma fonte de dados fidedigna para um aprimorado controlo de gestão, potencialmente melhorando o seu desempenho a nível interno, nas suas atividades e processos, e externo, na confiança e reputação junto do consumidor (Khan & Turowski, 2016).

8.3. Perspetivas Futuras

Como uma tecnologia emergente, a *Blockchain* revela potenciais aplicações em diversas indústrias (Oliveira & Peres, 2020; Oliveira & Peres, 2021; Oliveira, Matos & Peres, 2021), pelo que é relevante explorar áreas de investigação adicionais para contribuir para um melhor entendimento das capacidades digitais deste mecanismo. Em simultâneo, estudar a aplicação desta tecnologia em áreas complementares ao tema central da presente investigação enriquece a revisão de literatura realizada, adicionando conteúdos sobre o papel que esta tecnologia desempenha nos tópicos selecionados.

Com esta abordagem, foi possível conduzir uma pesquisa mais ampla e, como consequência, apresentar uma visão mais ampla da necessidade das vantagens da tecnologia *Blockchain* no contexto de GCA, considerando outras aplicações para além do sistema de rastreamento digital proposto na presente investigação.

As áreas de investigação adicionais foram selecionadas de acordo com: (i) relevância temática para as conferências académicas a ocorrer durante o período de realização da presente investigação, (ii) complementaridade com a área de GCA e existência de aplicações práticas na indústria e (iii) a expressividade da literatura disponível nas fontes consultadas.

8.3.1. Responsabilidade Social Corporativa

O impacto da Responsabilidade Social Corporativa nas dinâmicas empresariais tem promovido a adoção de estratégias sustentáveis que produzam um impacto positivo na comunidade envolvente. Em particular, este tópico tem sido associado à área de GCA, com uma forte presença na literatura (Feng, Zhu & Lai, 2017), debatendo práticas responsáveis ao longo das várias fases da CA.

Com a tendência crescente de integração tecnológica neste cenário e em linha com a presente investigação, foi conduzido um estudo paralelo com o objetivo de mapear o papel que a tecnologia *Blockchain* pode desempenhar, considerando as suas aplicações a nível do rastreamento e validação.

O enquadramento teórico foi construído com base em artigos académicos (Martínez-Ferrero & García-Sánchez, 2017; Chitkara, 2019; Vogel & Kurak, 2019) selecionados do universo de literatura disponível no âmbito de Responsabilidade Social Corporativa e *Blockchain*. Desta forma, foi possível identificar as ligações entre ambas as dimensões refletidas no Anexo IV, utilizando, como suporte, o modelo de pirâmide apresentado por Carroll (1991), uma referência basilar na área.

Como conclusão deste estudo, é possível referir que a integração de tecnologias emergentes no desenvolvimento de práticas responsáveis reflete um impacto significativo no desempenho das empresas, nomeadamente, permitindo um maior e mais informado envolvimento por parte dos diversos agentes e entidades associadas às operações das empresas (de Oliveira & Peres, 2020).

8.3.2. Marketing de Contexto

No panorama dinâmico e de competição constante pela atenção que marca o tecido empresarial e que, como consequência, molda a configuração da CA e estratégias de gestão implementadas (Min & Mentzer, 2000), as empresas recorrem, cada vez mais, a tecnologias que promovam a entrega do conteúdo adequado, ao indivíduo certo, no momento correto.

Sendo uma dimensão relevante para explorar no contexto da presente investigação, foi realizado um mapeamento do papel que a tecnologia *Blockchain* pode ter a nível da segurança de dados recolhidos sobre os participantes de uma CA, tanto a nível empresarial como particular. Desta forma, apresentando uma solução para alguns dos maiores desafios atuais em *Marketing*, nomeadamente, a privacidade na recolha e a transparência no tratamento dos mesmos (Cui et al., 2021).

O enquadramento teórico foi construído com base em artigos académicos (Kim, Han & Schultz, 2004; Rangaswamy & van Bruggen, 2005; Rocco & Bush, 2016; Iansiti & Lakhani, 2017; Ertemel, 2018; Cui et al., 2021) selecionados do universo de literatura disponível no âmbito de *Marketing*, em particular de contexto, e tecnologia de *Blockchain*, identificando ligações relevantes incluídas no Anexo V.

Como conclusão, é possível referir que a gestão de dados assente em *Blockchain* aumenta o sentimento de segurança e promove o interesse na partilha de informações relevantes ao contexto operacional, permitindo que as empresas entreguem mais valor aos seus clientes através de abordagens comerciais bem direcionadas (Oliveira & Peres, 2021).

8.3.3. Personalização de Produtos

A transformação digital permitiu a génese de estratégias baseadas em dados que, no contexto da presente investigação, estão por detrás da personalização contínua das CA com base nas mudanças de perfil e exigências dos participantes de rede. Este processo, conhecido por *smart customization* na literatura (Zhang, Chen, Tao & Liu, 2019), depende de dados precisos para a introdução de novos produtos ou serviços.

Considerando esta nova linha de desenvolvimento digital, o objetivo foi realizado um mapeamento do papel que a tecnologia *Blockchain* pode desempenhar na construção de um sistema de gestão de dados que é capaz de proteger o conteúdo compartilhado, ao mesmo tempo que incentiva os participantes da rede com recompensas pelas suas contribuições regulares, espelhado no Anexo VI.

Analogamente às áreas anteriores, o enquadramento teórico foi construído com base em artigos académicos (Huckle, Bhattacharya, White & Beloff, 2016; Dogru, Mody & Leonardi, 2018; Calvaresi, Leis, Dubovitskaya, Schegg, & Schumacher, 2019; Chang, Iakovou & Shi, 2020) selecionados do universo de literatura disponível no âmbito de *Blockchain*.

8.4. Limitações da Investigação

Ao longo da presente investigação, as principais limitações identificadas são as seguintes:

- **Acesso a Dados Operacionais:**

A construção do modelo de configuração da CA em estudo requer acesso a informações internas à esfera da empresa em estudo que, para efeitos da condução da presente investigação, não foi possível obter. A estratégia de mitigação seguida foi consultar dados públicos, através de artigos académicos, apresentações corporativas e notícias para reunir a maior quantidade de informação, tendo sido realizada uma triagem junto da empresa em estudo.

- **Casos de Referência:**

A identificação de casos de referência no âmbito de GCA e de tecnologia *Blockchain* foi conduzida com base na relevância dos mesmos para a presente investigação, sendo possível encontrar outros exemplos no vasto conjunto de casos existentes na indústria. A estratégia de mitigação seguida foi utilizar apenas casos que fossem relacionados com a dimensão operacional internacional, no caso de GCA e, no âmbito tecnológico, apenas casos que reflitam soluções de rastreamento digital alimentar.

- **Modelos Conceptuais:**

A construção de uma solução baseada em modelos conceptuais permite uma visão global sobre os requisitos necessários ao seu desenvolvimento, assim como potenciais aplicações, sem a necessidade de acrescentar a fase complexa de especificar o seu código fonte ou outras informações de cariz técnico. A estratégia de mitigação seguida foi incluir conhecimento obtido através da consulta de outras investigações académicas conduzidas a um nível técnico, incluídas como anexo, com o objetivo de complementar a abordagem da presente investigação.

- **Pesquisa de Localizações:**

A seleção de uma localização para a nova fábrica de processamento contempla uma análise ao vasto conjunto de áreas industriais em Portugal Continental que, no âmbito da presente investigação, acrescentaria complexidade em grau superior ao valor que acrescentaria. A estratégia de mitigação seguida foi consultar a empresa em estudo relativamente à opção de localização escolhida, neste caso, a Plataforma Logística de Leixões.

Referências

- Agência para a Competitividade e Inovação (IAPMEI). (2017). *Indústria 4.0 – Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia*. Retirado de <https://www.iapmei.pt/Paginas/Industria-4-0.aspx>
- Apple Inc. (2019). «Supplier List», *Apple Supplier Responsibility*: 1 – 33. Retirado de <https://www.apple.com/supplier-responsibility/pdf/Apple-Supplier-List.pdf>
- Ahram, T., Sargolzaei, A., Sargolzaei, S., Daniels, J. & Amaba, B. (2017). *Blockchain technology innovations*. IEEE Technology and Engineering Management Society Conference, TEMSCON: pp. 137–141.
- Apte, S.; Petrovsky, N. (2016). *Will blockchain technology revolutionize excipient supply chain management?* J. Excip. Food Chem (7): pp. 76–78.
- Arias, D. (2019). *Hashing Passwords: One-Way Road to Security*. Auth0. Retirado de: <https://auth0.com/blog/hashing-passwords-one-way-road-to-security/>
- Atzori, M. (2016). *Blockchain- Based Architectures for the Internet of Things: A Survey*.
- Associação Empresarial de Portugal. (2021). Plataforma Logística do Porto de Leixões. Retirado de: https://www.apdl.pt/plataforma_logistica
- Azaria, A., Ekblaw, A., Vieira, T. & Lippman, A. (2016). *MedRec: Using Blockchain for Medical Data Access and Permission Management*. 2nd International Conference on Open and Big Data pp. 25-30.
- Azevedo, P. (2019). Supply Chain Traceability Using Blockchain. Instituto Superior de Economia e Gestão. Retirado de: <https://www.iseg.ulisboa.pt/aquila/getFile.do?fileId=1307348&method=getFile>
- Ball, J. (2015). *Lisa Jackson on Apple's Green Initiatives*. Wall Street Journal. Retirado de: <http://www.wsj.com/articles/lisa-jackson-on-apples-green-initiatives-1427770864>.
- Baker, G. (2014). *Wal-Mart's Green Initiative: Status Report*. Wall Street Journal. Retirado de: <http://www.wsj.com/articles/SB10001424052702304432604579473453226974252>.
- Beefledger. (2018). *Beefledger: The First Blockchain Solution for the Australian Beef Supply Chain*. Retirado de: <https://beefledger.io/wp-content/uploads/2018/08/BeefLedger-Booklet-Web.pdf>
- Beefledger. (2020). *BEEF Token Economics and Liquidity: Guidelines to Inform the BeefLedger Community*. Retirado de: <https://beefledger.io/wp-content/uploads/2018/08/BeefLedger-Token-Distribution-Guidelines-V0.5.pdf>
- Bendavid, Y., & Cassivi, L. (2012), *A 'living laboratory' environment for exploring innovative RFID-enabled supply chain management models*. International Journal of Product Development, 17:1-2, 94-118. <https://doi.org/10.1504/IJPD.2012.051150>

Bertolini, M., Bevilacqua, M., & Massini, R. (2006). *FMECA approach to product traceability in the food industry*. *Food Control* 17: 137 - 145. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.09.013>

Beulens, A. J. M., Broens, D. F., Folstar, P., & Hofstede, G. J. (2005). *Food safety and transparency in food chains and networks*. *Food Control* 16 (6): 481 - 486. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2003.10.010>

Bharadwaj, S. (2019). *The Engineering Behind a Successful Supply Chain Management Strategy: An Insight into Amazon.com*. *International Journal of Scientific & Technology Research* Vol. 8, Issue 10.

Biblioteca do Conhecimento Online. (2021). *A b-on*.

Bowersox, D., Closs, D. and Cooper, B. (2002). *Supply Chain Logistics Management*. McGraw Hill.

Brandenburg, M., Govindan, K., Sarkis, J., Seuring, S. (2014). *Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions*. *European Journal of Operations Research* Eco-Efficient Green Supply Chain Management (233): pp. 299-312. www.doi.org/10.1016/j.ejor.2013.09.032

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). *How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An industry 4.0 perspective*. *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*.

Buterin, V. (2013). *Ethereum Whitepaper*. Ethereum. Retirado de: <https://ethereum.org/en/whitepaper/>

Calvaresi, D., Leis, M., Dubovitskaya, A., Schegg, R., Schumacher, M. (2019). *Trust in tourism via blockchain technology: results from a systematic review*. *Information and Communication Technologies in Tourism*, pp. 304–317.

Capela, A. & Figueiredo, N. (2017). *Case Study: McDonald's*. *Lean Management Supply Chain*.

Carroll, Archie B. (1991). *The Pyramid of Corporate Social Responsibility: Toward the Moral Management of Organizational Stakeholders*. *Business Horizons* 34: pp. 39–48.

Casey, M.; Wong, P. (2017). *Global supply chains are about to get better, thanks to blockchain*. *Harvard Business Review*.

Chang, Y., Iakovou, E. & Shi, W. (2020). *Blockchain in global supply chains and cross border trade: a critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities*, *International Journal of Production Research*, 58:7, 2082-2099.

Chinosi, M. & Trombetta, A. (2012). *BPMN: An introduction to the standard*. *Computer Standards & Interfaces* (34): 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>.

Cooke, J. (2013). *Horsemeat found in Ikea meatballs in Czech Republic*. *BBC News*. Retirado de: <https://www.bbc.com/news/world-europe-21569645?print=true>

- Cooper, M., Lambert, D. & Pagh, J. (1997). *Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics*. *The International Journal of Logistics Management* 8 (1): 1–14. <https://doi.org/10.1108/09574099710805556>.
- Corominas, A. (2013). *Supply Chains: What They Are and the New Problems They Raise*. *International Journal of Production Research* 51 (23–24): 6828–6835. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.852700>.
- Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP). (2013). *Supply Chain Management Terms and Glossary*. Retirado de <https://cscmp.org/CSCMP/Educate>
- Cruz, J.P., Kaji, Y. (2015). *The Bitcoin Network as Platform for Trans-Organizational Attribute Authentication*. The Third International Conference on Building and Exploring Web Based Environments (WEB).
- Cruz, J. P., Kaji, Y., Yanai N. (2018). *RBAC-SC: Role-Based Access Control Using Smart Contract*. *IEEE Access* (6): 12240-12251.
- Cui, T. H., Ghose, A., Halaburda, H., Iyengar, R., Pauwels, K., Sriram, S., Tucker, C., & Venkataraman, S. (2021). *Informational Challenges in Omnichannel Marketing: Remedies and Future Research*. *Journal of Marketing*, 85(1), 103–120.
- Davidson, S., Primavera, D., & Potts, J. (2018). *Blockchains and the Economic Institutions of Capitalism*. *Journal of Institutional Economics* 14 (4): 639–658. <https://doi.org/10.1017/S1744137417000200>.
- Deloitte. (2017). *Using Blockchain and Internet-of-Things in Supply Chain Traceability*. Continuous Interconnected Supply Chain.
- Dierksmeier C. e Seele P. (2020). *Blockchain and Business Ethics*. *Business Ethics: A European Review* 29, n. 2.
- Dogru, T., Mody, M., Leonardi, C. (2018). *Blockchain technology & its implications for the Hospitality Industry*. *Boston Hospitality Review*, pp 1–12.
- Dwork, C., Naor, M. (1992). *Pricing via Processing or Combating Junk Mail*. *Advances in Cryptology – Crypto 92*: 139-147. https://doi.org/10.1007/3-540-48071-4_10
- Durães, P. (2016). *Breve História da Presença do Mcdonald's em Portugal*. *Meios e Publicidade*. Retirado de: <https://www.meiosepublicidade.pt/2016/08/breve-historia-da-presenca-do-mcdonalds-em-portugal/>
- Early, R. (1995). *Guide to Quality Management Systems for the Food Industry*. Blackie Academic & Professional.

- Ebnother, M., Rivera, M., Sawayda, J., Ferrel, O. & Ferrel L. (2014). *IKEA Address Ethical and Social Responsibility Challenges*. Daniels Fund Ethics Initiative, University of New Mexico. Retirado de <https://danielsethics.mgt.unm.edu/pdf/ikea.pdf>
- Elkington, J. (1998). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Oxford: New Society.
- Ertemel, A. (2018). *Implications of Blockchain Technology on Marketing*. Journal of International Trade, Logistics and Law, v. 4, n. 2, p. 35-44.
- Fahimnia, B., Jabbarzadeh, A. (2016). *Marrying supply chain sustainability and resilience: a match made in heaven*. Transportation Research Review. (91): pp. 306-324. www.doi.org/10.1016/j.tre.2016.02.007
- Feller, A., Shunk, D., & Callarman, T. (2006). *Value Chains versus Supply Chains*. BPTrends: 7. Retirado de: <http://www.bptrends.com/publicationfiles/03-06-ART-ValueChains-SupplyChains-Feller.pdf>
- Feng, Y., Zhu, Q., Lai, K. (2017). Corporate social responsibility for supply chain management: A literature review and bibliometric analysis. Journal of Cleaner Production, 158: pp 296-307. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.018>.
- Forrester JW. (1958). *Industrial dynamics: a major breakthrough for decision makers*. Harvard Business Review 36 (4): 37-66. <https://doi.org/10.4236/jssm.2017.101004>
- Gapper, J. (2013). *Business Must Take the Lead on Bangladesh's Working Conditions*. Financial Times. Retirado de: <https://www.ft.com/content/614f6e1c-b19d-11e2-b324-00144feabdc0>
- Gerbert, P., & Justus, J. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*, 16. Retirado de: <https://www.bcg.com/publications/2015>
- Germany Trade & Invest. (2014). *Industrie 4.0 - Smart Manufacturing for the Future*. Retirado de: <https://www.manufacturing-policy.eng.cam.ac.uk/documents-folder/policies/germany-industrie-4-0-smart-manufacturing-for-the-future-gtai/view>
- Gillingham, K., Stock, J. (2018). *The Cost of Reducing Greenhouse Gas Emissions*. Journal of Economic Perspectives.
- Golan, E., Krissoff, B., Kuchler, F., Calvin, L., Nelson, K., & Price, G. (2004). *Traceability in the U.S. food supply: Economic theory and industrial studies*. Agricultural Economic Report Number 830. Retirado de: <https://ageconsearch.umn.edu/record/33939/>
- Greaves, R. (1994). Transport by Sea, Air, Road and Rail. *The International and Comparative Law Quarterly*, 43(3), 716-721. <http://www.jstor.org/stable/760660>

- Greenberg, A. (2011). *Crypto Currency*. Forbes. Retirado de: <https://www.forbes.com/forbes/2011/0509/technology-psilocybin-bitcoins-gavin-andresen-crypto-currency.html?sh=6a47fbf5353e>
- Griswold, M., Youssef, M., Stiffler, D., Becker, K., Meyer, S., Ennis, K., ... Aronow, S. (2020). *Supply Chain Leaders Exhibit Adaptability and Resiliency, Especially during Times of Disruption. The Gartner Supply Chain Top 25 Highlights Companies Possessing These and Other Differentiating Capabilities, and Provides People, Process and Technology Insights That CSCOs Can Use to Compete*, 45. Retirado de: <https://www.gartner.com/en/supply-chain/trends/the-gartner-supply-chain-top-25-for-2020>
- Gu, Y. & Wenzel, T. (2010). *Transparency, price-dependent demand, and product variety*. Discussion Paper (4), Düsseldorf Institute for Competition Economics.
- Haber, S., & Stornetta, W. (1991). *How to Time-Stamp a Digital Document*, *Journal of Criptology*, 3: 99 - 111. <https://doi.org/10.1007/BF00196791>
- Hanifan, G., Sharma, A., Newberry, C. (2014). *The Digital Supply Network: A new paradigm for supply chain management*. Retirado de: https://www.accenture.com/t20150708t025455_w_fr-fr/acnmedia/accenture/conversion-assets/dotcom/documents/local/fr-fr/pdf_5/accenture-digital-supply-network-new-standard-modern-supply-chain-management.pdf
- Hau, L., Melvin, S. (2015). *Everything is Connected: A New Era of Sustainability at Li & Fung*. Stanford Graduate School of Business.
- Hill, B., Chopra, S., Valencourt, P. (2018). *Blockchain Quick Reference: A guide to exploring decentralized blockchain application development*. Packt Publishing.
- Houlihan, J. (1985). *International Supply Chain Management*, *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, Vol. 15 (1): 22 – 38 <http://dx.doi.org/10.1108/eb014601>
- Huckle, S., Bhattacharya, R., White, M., Beloff, N. (2016). *Internet of Things, Blockchain and Shared Economy*. International Workshop on Data Mining in IoT Systems, *Procedia Computer Science* 98: 461-466. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.074>
- Iansiti, M., & Lakhani, K. R. (2017). *The truth about Blockchain*. *Harvard Business Review*, 95(1), 118-127.
- Instituto de Marketing Research (IMR). (2019). *Os Novos Paradigmas do Consumo Alimentar*. Retirado de: <https://www.imr.pt/pt/noticias/os-novos-paradigmas-do-consumo-alimentar>
- International Data Corporation (IDC). (2018). *IDC's Worldwide Semiannual Blockchain Spending Guide Taxonomy, 2H17: 1-24*. Retirado de: https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC_P37345
- International Standard Organization (ISO). (2015). *Quality management systems – Fundamentals and vocabulary*. ISO 9000:15. Retirado de: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:en>

- Jervell, E. (2015). *Adidas Moves to Address Environmental Worries*. Wall Street Journal. Retirado de: <http://www.wsj.com/articles/adidas-moves-to-address-environmental-worries-1443075134>.
- Johnson, J. & Henderson, A. (2002). *Conceptual Models*. ACM IX 1. Retirado de: <https://interactions.acm.org/archive/view/january-2002/conceptual-models1>
- Johnson, T. (2020). *How the Amazon Supply Chain Strategy Works*. Tinuiti: 11. Retirado de: <https://tinuiti.com/blog/amazon/amazon-supply-chain/>
- Kabi, O.R., Franqueira, V.N.L. (2018). *Blockchain-Based Distributed Marketplace*. In: Abramowicz W., Paschke A. (2018). *Business Information Systems Workshops*. Lecture Notes in Business Information Processing (339). Springer.
- Kawaguchi, N. (2019). *Application of Blockchain to Supply Chain: Flexible Blockchain Technology*. Procedia Computer Science 164: 143–148. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.166>.
- Kendall, J. (1975). *Hard and soft constraints in linear programming*. Omega Vol. 3, Issue 6: pp. 709–715. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(75\)90073-0](https://doi.org/10.1016/0305-0483(75)90073-0).
- Khan, A. & Turowski, K. (2016). *A survey of current challenges in manufacturing industry and preparation for Industry 4.0*. First International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry”: pp.15–26.
- Khandelwal, R. (2019) *McDonald’s Supply Chain: A Must-Know for Investors*. Market Realist: 8. Retirado de: <https://marketrealist.com/2019/11/must-know-mcdonalds-supply-chain-2/>
- Kim, H.M., Fox, M.S. and Gruninger, M. (1995). *An Ontology of Quality for Enterprise Modelling*. Proceedings of the Fourth Workshop on Enabling Technologies: Infrastructures for Collaborative Enterprises. IEEE Computer Society Press: 105 – 116. Retirado de: <http://www.eil.utoronto.ca/wp-content/uploads/enterprise-modelling/papers/Kim-WETICE95.pdf>
- Kim, I., Han, D. e Schultz, D. E. (2004), "Understanding the diffusion of integrated marketing communications", Journal of Advertising Research, Vol. 44 No. 1, pp. 31-45.
- Kim, H.M., Laskowski, M. (2018). *Toward an Ontology-driven Blockchain Design for Supply-chain Provenance*. Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management 25: 18– 27. <https://doi.org/10.1002/isaf.1424>
- Krabbe, M. (2007). *Leverage supply chain innovation*. Industrial Engineering 39 (12): 26–30.
- Lage, O. (2019) *Blockchain: From Industry 4.0 to the Machine Economy*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.88694>.
- Lambert, D. (2010). *Supply Chain Management – Processes, Partnerships, Performance*. Dimensionen Der Logistik: 553–572. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-6515-8_29.

- Lambert D., Emmelhainz M., Gardner J. (1996). *Developing and implementing supply chain partnerships*. International Journal of Logistics Management 7 (2): 1–17. <https://doi.org/10.1108/09574099610805485>
- Laosa, B. & Relvas, S. Blockchain Within Logistics: a SWOT analysis. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Instituto Superior Técnico.
- Larson, P. & Rogers, D. (1998). *Supply chain management: definition growth and approaches*. Journal of Marketing Theory and Practice, Vol. 6 (3), pp. 1-5. <https://doi.org/10.1080/10696679.1998.11501805>
- Leminen, S., Turunen, T., & Westerlund, M. (2015). *The Grey Areas Between Open and Closed in Innovation Networks*. Technology Innovation Management Review, 5(12): 6-18. <http://doi.org/10.22215/timreview/948>
- Leosa, B. & Relvas, S. (2019). Blockchain Within Logistics: a SWOT analysis. Instituto Superior Técnico.
- Liu, K., Desai, H., Kagal, L., Kantarcioglu, M. (2018). *Enforceable Data Sharing Agreements Using Smart Contracts*. Retirado de: <https://arxiv.org/pdf/1804.10645.pdf>.
- Lockamy, A. (2017). *An Examination of External Risk Factors in Apple Inc.'s Supply Chain*. Supply Chain Forum: An International Journal 18 (3): 177–188. <https://doi.org/10.1080/16258312.2017.1328252>.
- McKinsey. (2009). *Pathways to a Low-Carbon Economy*. Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve: Version 2.
- McKinsey Digital. (2015). *Industry 4.0 – How to Navigate Digitization of the Manufacturing Sector*. Retirado de: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/industry-four-point-o-how-to-navigae-the-digitization-of-the-manufacturing-sector>
- Min, S., & Mentzer, T. (2000). *The role of marketing in supply chain management*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 30(9), 765–787. <https://doi.org/10.1108/09600030010351462>
- Montet, Didier & Dey, Gargi. (2018). *History of Food Traceability*.
- Näslund, D., & Williamson, S. (2013). *What Is Management in Supply Chain Management? - A Critical Review of Definitions, Frameworks and Terminology*, 19.
- Nath, K., Saha, P., & Salehi-Sangari, E. (2008). *Transforming Supply Chains in Digital Content Delivery: A Case Study in Apple*. Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems II, 255: 1079–1089. https://doi.org/10.1007/978-0-387-76312-5_32.
- OCDE & Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>.

- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity Press, New York.
- Olhager, J. & Eriksson, E. (2020). *Physical Distribution of Cosmetic Products to India*. International Physical Distribution, Lund University.
- Oliveira, R., Peres, C. (2020). *Tecnologia na Responsabilidade Social Corporativa: Uma Visão Geral de Aplicação de Blockchain*. Book of Abstracts. XI Postgraduate Conference: 49.
- Oliveira, R. e Peres, C. (2021). *A Tecnologia e o Marketing de Contexto: Uma Visão Geral da Aplicação de Blockchain*. Book of Abstracts. International Forum on Management.
- Oliver, K. & Webber, M. (1982). *Supply Chain Management: logistics catches up with strategy*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-27922-5_15
- Ong, L. L. (1997). *Burgernomics: The Economics of the Big Mac Standard*. Journal of International Money and Finance, 16: 865-878. [https://doi.org/10.1016/S0261-5606\(97\)00032-6](https://doi.org/10.1016/S0261-5606(97)00032-6)
- Orlicky, J. (1975). *Materials requirements planning*. McGraw-Hill.
- OSI Group. (2021). *A World of Food Solutions*. Retirado de: <https://www.osigroup.com/locations/>
- Özyilmaz, K.R., Doğan M., Yurdakul A. (2018). *IDMoB: IoT Data Marketplace on Blockchain*. Crypto Valley Conference on Blockchain Technology: 11-19
- Peres, B., Barlet, N., Loiseau, G., & Montet, D. (2007). *Review of the current methods of analytical traceability allowing determination of the origin of foodstuffs*. Food Control 18: 228 - 235. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.09.018>
- Pimentel, A., Correia, A., Amaral, H. (2015). *Sabe como (e de que) são feitos os hambúrgueres da McDonald's?* Retirado de: <https://observador.pt/especiais/sabe-como-e-de-que-sao-feitos-os-hamburgueres-da-mcdonalds/>
- Porter, M. (1985). *The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. NY: Free Press.
- Porter, M., Heppelmann, J. (2015) *How Smart, Connected Products Are Transforming Companies*. Harvard Business Review October 2015 Issue: 96–112. Retirado de: <https://hbr.org/archive-toc/BR1510>
- Preece, J., Rogers, Y., & Preece, J. (2007). *Interaction design: Beyond human-computer interaction*. Chichester: Wiley.
- Probst, L., Frideres, L. & Pedersen, B. (2015). *Traceability Across the Value Chain Advanced Tracking Systems*. Business Innovation Observatory.

- Project Provenance Ltd. (2015). *Blockchain: the solution for transparency in product supply chains*. Retirado de <https://www.provenance.org/whitepaper>
- Project Provenance Ltd. (2016). *From shore to plate: Tracking tuna on the blockchain*. Retirado de <https://www.provenance.org/tracking-tuna-on-the-blockchain>
- Rangaswamy, A. e van Bruggen, G. H. (2005), *Opportunities and challenges in multichannel marketing: An introduction to the special issue*. Journal of Interactive Marketing, Vol. 19 No. 2, pp. 5-11.
- Regattieri, A., Gamberi, M., & Manzini, R. (2007). *Traceability of food products: general framework and experimental evidence*. Journal of Food Engineering 81(2): 347 - 356. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.032>
- Reuters. (2019). *Amazon adds warehouse network closer to cities to speed up same-day delivery*. Retirado de <https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-delivery/amazon-adds-warehouse-network-closer-to-cities-to-speed-up-same-day-delivery-idUSKBN20Q0T3>
- Rocco, R. A. e Bush, A. J. (2016). *Exploring buyer-seller dyadic perceptions of technology and relationships: Implications for Sales 2.0*. Journal of Research in Interactive Marketing, Vol. 10 No. 1, pp. 17-32.
- Sabri, Y., Micheli, G. & Nuur, C. (2018). *Exploring the Impact of Innovation Implementation on Supply Chain Configuration*, Journal of Engineering and Technology Management (49): 60-75. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2018.06.001>.
- Safi, M., Rushe, D. (2018). *Rana Plaza, Five Years On: Safety of Workers Hangs in Balance in Bangladesh*. The Guardian. Retirado de: <https://www.theguardian.com/global-development/2018/apr/24/bangladeshi-police-target-garment-workers-union-rana-plaza-five-years-on>
- Saleh, F. (2020). *Blockchain without Waste: Proof-of-Stake*. The Review of Financial Studies. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhaa075>
- Santos, A. (2015). *McDonald's Portugal*. Associação Portuguesa de Compras e Aprovisionamento.
- Sawhney, R. (2018). *Proof of Work vs Proof of Stake*. Hackernoon. Retirado de: <https://hackernoon.com/proof-of-work-vs-proof-of-stake-78fac56933c7>
- Schmidt, B., Rutkowsky, S., Petersen, I., Klötzke, F., Wallenburg, C., Einmahl, L. (2015). *Digital Supply Chains: Increasingly Critical for Competitive Edge*. A.T. Kearney / WHU – Otto Beisheim School of Management. Retirado de: <https://www. Kearney.com/operations-performance-transformation/>
- Schmidt, Günter & Wilhelm, Wilbert. (2000). *Strategic, Tactical and Operational Decisions in Multi-national Logistics Networks: A Review and Discussion of Modeling Issues*. International Journal of Production Research - INT J PROD RES. 38. 1501-1523. <https://doi.org/10.1080/002075400188690>

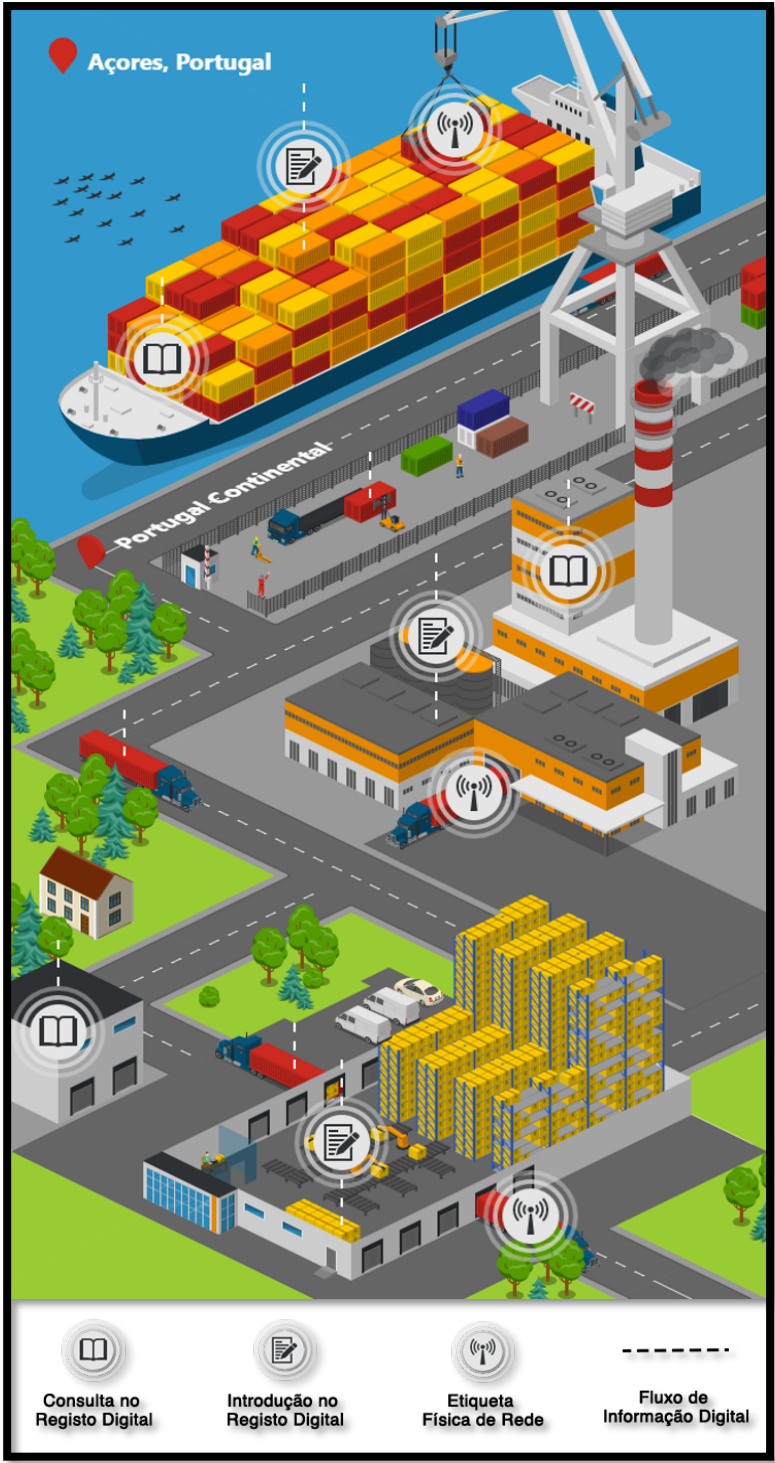
- Schiavi, G. S., & Behr, A. (2018). Emerging technologies and new business models: a review on disruptive business models. *Innovation & Management Review*. <https://doi:10.1108/inmr-03-2018-0013>
- Schrauf, S., Bertram, P. (2016). *Industry 4.0: How Digitization Makes the Supply Chain More Efficient, Agile, and Customer-focused*. PwC Strategy&. Retirado de: <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/2016/digitization-more-efficient.html>
- Segendorf, B. (2014). *What is Bitcoin?* Sveriges Riksbank Economic Review, 2: 71–87. Retirado de: http://archive.riksbank.se/Documents/Rapporter/POV/2014/2014_2/rap_pov_artikel_4_1400918_eng.pdf
- Shi, Min, and Wei Yu. 2018. *Market Reactions to Supply Chain Management Excellence*. *Journal of Risk and Financial Management* 11, no. 4: p. 62. <https://doi.org/10.3390/jrfm11040062>
- Slaper, T. & Hall, T. (2011). *The Triple Bottom Line: What Is It and How Does It Work?* Indiana Business Research Center.
- Srivastava, S. (2007). *Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review*. *International Journal of Management Review* (9): pp. 53-80.
- Stock, J. & Boyer, S. (2009). *Developing a Consensus Definition of Supply Chain Management: A Qualitative Study*. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 39 (8): 690–711. <https://doi.org/10.1108/09600030910996323>.
- Stock, J., Boyer, S. & Harmon, T. (2010). *Research Opportunities in Supply Chain Management*. *Journal of the Academy of Marketing Science* 38 (1): 32–41. <https://doi.org/10.1007/s11747-009-0136-2>.
- Sturcken, E. (2018). *I'm Lovin' It: McDonald's Exemplifies A Sustainability Leader*. *Forbes*. Retirado de: <https://www.forbes.com/sites/edfenergyexchange/2018/03/30/im-lovin-it-mcdonalds-exemplifies-a-sustainability-leader/?sh=3c4110b13f0d>
- Thomas, D. (2015). *The Luxury Sector Now Focusing on a Sustainable Future*. *The New York Times*. Retirado de: <http://www.nytimes.com/2015/12/02/fashion/luxury-brands-focusing-on-a-sustainable-future.html>.
- Tranfield, D., Denyer, D & Smart, P. (2003). *Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review*. *British Journal of Management* 14(3), 207-222. <http://dx.doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- Trienekens, J. H., Wognum, P. M., Beulens, A. J. M., & van der Vorst, J. G. A. J. (2012). *Transparency in complex dynamic food supply chains*. *Advanced Engineering Informatics*, 26 (1): pp. 55–65. <https://doi:10.1016/j.aei.2011.07.007>

- Trienekens, J., & Zuurbier, P. (2008). *Quality and safety standards in the food industry, developments, and challenges*. International Journal of Production Economics 113 (1): pp. 107 - 122. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.02.050>
- Trón, V., Scher, A., Nagy, D.A., Felföldi Z., Johnson, N. (2016). *Swap, Swear and Swindle: Incentive system for Swarm*. Retirado de: <https://swarm-gateways.net/bzz:/theswarm.eth/ethersphere/orange-papers/1>.
- Tucker, A. (1975). Very High-level Language Design: A Viewpoint, Computer Languages, Vol. 1: 3-16. [https://doi.org/10.1016/0096-0551\(75\)90004-1](https://doi.org/10.1016/0096-0551(75)90004-1).
- UNESCO Institute for Statistics estimates (UIS). (2020). *Global Investments in R&D*. UIS Fact Sheet 59. Retirado de: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/fs59-global-investments-rd-2020-en.pdf>
- Van Dorp, C. (2004). *Reference-data modeling for tracking and tracing*. Wageningen University. Retirado de: <https://edepot.wur.nl/121536>
- Vitasek, K. (2016). *McDonald's "Secret Sauce" for Success*. Supply Chain Management Review: 4-9. Retirado de: <https://www.scmr.com/article/mcdonalds-secret-sauce-for-supply-chain-success>
- Vukolić, M. (2016). *The Quest for Scalable Blockchain Fabric: Proof-of-Work vs. BFT Replication, in Open Problems in Network Security*. Lecture Notes in Computer Science, Springer.
- Waykar, Yashwant. (2015). *Role of Use Case Diagram in Software Development*. International Journal of Management and Economics.
- Wisner, J., Tan, K.C. and Leong, G.K., 2012. *Principles of Supply Chain Management: A Balanced Approach*. 3rd edition. Mason: South-Western Cengage Learning.
- Wittenstein, J. & Martin, M. (2020). *Apple Tops Saudi Aramco as World's Most Valuable Company*, Bloomberg, 3. Retirado de: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-07-31/apple-briefly-tops-saudi-aramco-as-world-s-most-valuable-company-kdae1naa>
- World Freight Rates. (2021). Freight Calculator. Retirado de: <https://worldfreightrates.com>
- Xia, Q., Sifah, E.B., Asamoah, K.O., Gao, J., Du, X., Guizani, M. (2017). *MeDShare: Trust-Less Medical Data Sharing Among Cloud Service Providers via Blockchain*. IEEE Access (5): 14757-14767.
- Xu, L., Xu, E. & Li, L. (2018). *Industry 4.0: State of the Art and Future Trends*. International Journal of Production Research 56 (8): 2941-62. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>.
- Xu, M., Chen, X. & Kou, G. (2019). *A systematic review of blockchain*. Financial Innovation (5): p. 27. <https://doi.org/10.1186/s40854-019-0147-z>

Anexos

Anexo I – Representação do Caso Prático

Figura 23 - Representação Gráfica do Caso Prático



Fonte: Autor, 2020.

Anexo II. Fontes Consultadas de Revistas Acadêmicas

Tabela 12 - Instituições de Investigação Científica e Tecnológica e do Ensino Superior

Academic Search Complete	American Chemical Society
American Institute of Physics	Annual Reviews
Association for Computing Machinery	Association for Computing Machinery
Business Source Complete	Coimbra University Press
Current Contents	Elsevier
Essencial Science Indicators	Education Resources Information Center
Institute of Electrical and Electronics Engineers	Institute of Physics
Journal Citation Reports	Lista
Nature	Royal Society of Chemistry
Sage	Society for Industrial and Applied Mathematics
Springer	Taylor & Francis
Web of Science	Wiley

Fonte: Biblioteca do Conhecimento Online, 2021.

Anexo III. Cálculos de Custos: Dimensão Económica e Ambiental

Tabela 13 – Cálculos Efetuados para Configuração Atual da Empresa em Estudo

Fase	Origem	Destino	Transporte	Distância (km)	Duração	Custo (€)	Emissões (ton CO ₂)	Neutralização (€)
Fornecimento	Vila Nova de Famalicão	Toledo	Rodoviário	620	8 horas	545.60	1.09	19.64
	Barcelos	Toledo	Rodoviário	640	8 horas	281.60	0.56	10.14
Processamento	Toledo	Carregado	Rodoviário	593	8 horas	260.92	0.52	9.39
	Toledo	Canelas	Rodoviário	560	8 horas	246.40	0.49	8.87
Total						1334.52	2.67	48.04

Fonte: Autor, 2020.

Tabela 14 - Cálculos Efetuados para Configuração Proposta para a Empresa em Estudo

Fase	Origem	Destino	Transporte	Distância (km)	Duração	Custo (€)	Emissões (ton CO ₂)	Neutralização (€)
Fornecimento	Ponta Delgada	Leixões	Marítimo	1852	48 horas	1222.32	0.41	61.12
	Vila Nova de Famalicão	Leixões	Rodoviário	40	1 hora	35.20	0.07	1.27
	Barcelos	Leixões	Rodoviário	34	1 hora	14.96	0.03	0.54
Processamento	Matosinhos	Carregado	Rodoviário	285	4 horas	125.40	0.25	4.51
	Matosinhos	Canelas	Rodoviário	19	1 hora	8.36	0.02	0.30
Total						1406.24	0.78	67.74

Fonte: Autor, 2020.

Anexo IV – Blockchain na Área de Responsabilidade Social Corporativa

Figura 24 - Aplicação de Tecnologia Blockchain na área de Responsabilidade Social Corporativa



Filantropo

A utilização de plataformas baseada em Blockchain para causas solidárias permite que, tanto o doador como o recetor, assegurem a transparência e rastreamento necessário para medir e certificar o impacto da doação e do projeto em causa.



Ético

O acesso transparente a informação fidedigna permite o escrutínio das operações das empresas, facilitando a elaboração de relatórios com dados financeiros e não-financeiros que despistam acusações de *greenwashing* ou *bluwashing*.



Legal

A integridade das informações emitidas pelas empresas no contexto das suas operações podem ser validadas de forma digital, de forma a prevenir declarações falsas e vantagens competitivas assentes na desinformação dos reguladores.



Económico

Através de aplicações baseadas em Blockchain, as empresas conseguem monitorizar as atividades ao longo da cadeia de abastecimento, conquistando acesso à informação em tempo real sobre os movimentos transacionais.

Fonte: Martínez-Ferrero & García-Sánchez, 2017; Chitkara, 2019; Vogel & Kurak, 2019; Autor, 2021.

Anexo V – Blockchain na Área de Marketing de Contexto

Figura 25 - Aplicação da Tecnologia Blockchain na área de Marketing de Contexto



Relação entre Participantes

A *Blockchain* permite a monitorização em tempo real da utilização de dados em circulação na rede, eliminando a necessidade de existir confiança entre participantes.



Credibilidade das Entidades

Com uma solução baseada em *Blockchain*, recorrendo à prova de identidade, é possível o rastreamento e validação da identidade real e, portanto, a credibilidade do conteúdo e do autor, em particular, no contexto de *e-commerce*.



Reputação de Marca

A incerteza sobre as promessas da marca é reduzida pela *Blockchain*, garantindo uma visão real sobre as operações das empresas, através da rastreabilidade dos dados partilhados.

Fonte: Iansiti & Lakhani, 2017; Ertemel, 2018; Cui et al., 2021; Autor, 2021.

Anexo VI – Blockchain na Área de Personalização de Produtos

Figura 26 - Aplicação de Tecnologia Blockchain na área de Personalização de Produtos



Dimensão da Empresa

A *Blockchain* permite a criação de uma base de dados integrada que recolhe informações dos vários pontos da rede. Com esta ferramenta, é possível criar identidades globais que permitam uma identificação precisa dos participantes e a tomada de decisões complexas baseadas nesses dados.



Dimensão do Participante

Com uma solução baseada em *Blockchain*, os participantes de rede podem partilhar os seus dados de forma segura, acompanhando a recolha, tratamento e utilização dos mesmos. Ainda, existem incentivos para que os participantes contribuam regularmente com dados para a rede.

Fonte: Dogru, Mody & Leonardi, 2018; Chang, Iakovou & Shi, 2020; Autor, 2021.