INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

Possibilidade de Implementação do Metaverso na Supply Chain

Bárbara Maria Bento Serra Lopes

Mestrado em Gestão de Empresas

Orientador:
Professor Doutor Renato Jorge Lopes da Costa, Professor Auxiliar com Agregação
Iscte – Instituto Universitário de Lisboa

Co-Orientadora:
Professora Doutora Mafalda Correia Piçarra Gonçalves, Professora Assistente Convidada
Iscte – Instituto Universitário de Lisboa

Janeiro, 2026

BUSINESS
SCHOOL

Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

Possibilidade de Implementação do Metaverso na Supply Chain

Bárbara Maria Bento Serra Lopes

Mestrado em Gestão de Empresas

Orientador:
Professor Doutor Renato Jorge Lopes da Costa, Professor Auxiliar com Agregação
Iscte – Instituto Universitário de Lisboa

Co-Orientadora:
Professora Doutora Mafalda Correia Piçarra Gonçalves, Professora Assistente Convidada
Iscte – Instituto Universitário de Lisboa

Janeiro, 2026

Agradecimentos

Quero começar por agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Renato Jorge Lopes da Costa, e à Professora Doutora Mafalda Correia Piçarra Gonçalves, principalmente por me terem incentivado a realizar uma dissertação da qual me orgulho e por me terem apoiado sempre ao longo deste trabalho.

À minha mãe e ao meu pai, ao meu irmão e à minha família, que são pessoas incríveis, o meu maior obrigada por acreditarem sempre em mim e nas minhas capacidades, por todo o apoio e motivação que me deram ao longo deste caminho. Sem eles não seria possível.

Um especial obrigado ao meu namorado Tomás, que esteve sempre presente e me apoiou todos os dias desde o início, com carinho, paciência e incentivos constantes.

Aos meus amigos de sempre, Catarina, Barbosa, Carita, Mateus, Mesquita, Olavo, Ricardo e Rocha, um obrigada muito especial pela amizade, pelo apoio constante e por todos os momentos de descompressão que me deram ao longo deste percurso. Agradecer às minhas amigas Matilde, Nádia e Maria e ao meu amigo Belo, que sempre me apoiaram, motivaram e tiveram um papel muito importante na realização deste trabalho. À minha amiga Dulce, um agradecimento especial por um pilar importante na minha vida académica e pessoal.

Por fim, agradecer a todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

A evolução contínua das tecnologias digitais tem tido um impacto crescente no contexto organizacional, o metaverso é por isso uma das mais recentes inovações com um potencial transformador nos processos empresariais. Atualmente, várias organizações começam a explorar a adoção e aplicação do metaverso em diferentes áreas, sendo uma delas a supplychain, uma área que exige elevados níveis de coordenação, visibilidade e eficiência. Desta forma, é fundamental compreender de que forma o metaverso pode ser implementado na gestão das cadeias de abastecimento e quais são os seus benefícios e desafios.

O presente estudo tem como objetivo analisar a possibilidade de implementação do metaverso na supply chain, identificando os principais benefícios, recursos e competências necessárias, bem como os seus riscos e desafios associados à sua implementação. Neste contexto, foi realizado uma revisão de literatura que permitiu enquadrar teoricamente os conceitos do metaverso e da supply chain, servindo de base ao modelo de investigação.

A base do estudo foi ao encontro de uma abordagem quantitativa, recorrendo à aplicação de um questionário, cujos dados foram analisados através de métodos estatísticos adequados. Os resultados obtidos indicam que o metaverso apresenta diversos benefícios revelantes para a supply chain, nomeadamente a nível de eficiência operacional e suporte à tomada de decisão. Os resultados evidenciaram que a existência de recursos tecnológicos adequados e de competências específicas dos recursos humanos influencia positivamente a possibilidade de implementação. No entanto, foram identificados alguns riscos e desafios, tais como o investimento financeiro, questões relacionadas com a segurança e privacidade dos dados que podem dificultar a sua adoção.

Abstract

The continuous evolution of digital technologies has had an increasing impact on the organizational context, so the metaverse is one of the most recent innovations with transformative potential in business processes. Currently, several organizations are beginning to explore the adoption and application of the metaverse in different areas, one of them being the supply chain, an area that requires high levels of coordination, visibility, and efficiency. In this way, it is essential to understand how the metaverse can be implemented in the management of supply chains and what its benefits and challenges are.

This study aims to analyze the possibility of implementing the metaverse in the supply chain, identifying the main benefits, resources and skills required, as well as their risks and challenges associated with its implementation. In this context, a literature review was carried out that allowed to theoretically frame the concepts of the metaverse and the supply chain, serving as a basis for the research model.

The basis of the study was to meet a quantitative approach, using the application of a questionnaire, whose data were analyzed through appropriate statistical methods. The results obtained indicate that the metaverse has several relevant benefits for the supply chain, namely in terms of operational efficiency and decision-making support. The results showed that the existence of adequate technological resources and specific skills of human resources positively influences the possibility of implementation. However, some risks and challenges have been identified, such as financial investment, issues related to data security and privacy that may hinder its adoption.

Índice

Capítulo 1 Introdução *1*

1.1 Enquadramento **1**

1.2 Problemática da Investigação **2**

1.3 Objetivos da investigação **2**

1.4 Estrutura da Tese **2**

Capítulo 2 – Metaverso *5*

2.1 Metaverso: Conceito e Evolução **5**

2.1.1 Componentes do metaverso 6

2.1.1.1 Realidade Virtual (RV) 7

2.1.1.2 Realidade Aumentada (RA) 7

2.1.1.3 Inteligência Artificial no Metaverso 9

2.1.2 Potenciar o Metaverso através de Dados Massivos e Integração em Tempo Real 10

2.1.3 Infraestruturas Digitais e Interligação no Metaverso 12

2.2 Desafios do Metaverso **13**

Capítulo 3 - Supply Chain *15*

3.1 Supply chain: Conceito **15**

3.1.1 Evolução da Supply Chain 16

Capítulo 4 Implemetacão do Metaverso na Supply Chain *19*

4.1 Potencial do Metaverso na Supply Chain **19**

4.2 Benefícios da Implementação do Metaverso na Supply Chain. **20**

4.2.1 Melhoria na visibilidade e coordenação 20

4.2.2 Eficiência Operacional 21

4.2.3 Sustentabilidade 21

4.2.4 Colaboração e confiança entre stakeholders 21

4.2.5 Suporte à tomada de decisão 21

4.2.6 Experiência imersiva para clientes e parceiros 22

4.2.7 Redução de custos logísticos 22

4.3 Competências dos Recursos Humanos para Implementação do Metaverso na Supply Chain **22**

4.3.1 Competências Técnicas em Tecnologias Emergentes 22

4.3.2 Gestão de Mudanças 23

4.3.3 Literacia Digital Avançada 23

4.3.4 Capacidade Analítica e de Interpretação de Dados 23
4.3.5 Conhecimentos em Cibersegurança e Ética Digital 23
4.3.6 Competências de Comunicação em Ambientes Virtuais 24
4.3.7 Programação e Desenvolvimento de Soluções Virtuais 24
4.4 Riscos e Desafios da implementação do metaverso na supply chain 24
4.4.1 Investimento Financeiro 24
4.4.2 Questões de gestão e segurança 25
4.4.3 Questões de privacidade e proteção de dados 25
4.4.4 Resistência Cultural 25
4.4.5 Dependência de conectividade avançada 25
4.4.6 DepComplexidade técnica na integração 26
4.4.7 Barreiras de competências técnicas 26
Capítulo 5 - Abordagem Teórica 27
5.1 Abordagem Teórica 27
Capítulo 6 – Metodologia 29
6.1 Metodologia 29
6.2 Modelo de investigação 33
6.3 Descrição da amostra 39
Capítulo 7 – Análise de Dados e Resultados 43
7.1 Benefícios, Riscos e desafios, competências necessárias e recursos necessários da possibilidade da implementação do metaverso na supply chain 43
Capítulo 8 – Conclusão 49
8.1 Principais Resultados 49
8.2 Contributos para a Supply Chain 50
8.3 Limitações do estudo 51
8.4 Sugestões para Estudos Futuros 51
Referências 53
Anexos 57

Lista de Figuras

Figura 6.1 - – Desenho do modelo de investigação. Fonte: Elaboração do autor.....32
Figura 6.2 - Modelo conceptual e hipóteses para teste no SmartPLS 4. Fonte: Elaboração do autor. 35
Figura 7.1 - Modelo conceptual testado com o SmartPLS 4 e respetivos valores. Fonte: Elaboração do autor. 47

Lista de Tabelas

Tabela 6.1- Relação entre o objetivo, a questão de investigação, a revisão da literatura, a metodologia e as questões do questionário. 31
Tabela 6.2 - Relação entre as variáveis do modelo conceptual e os itens do questionário..... 35
Tabela 6.3 - Caracterização sociodemográfica da amostra. 40
Tabela 7.1 - Fiabilidade compósita, variância média extraída, correlações e verificação da validade discriminante. 44
Tabela 7.2 - Avaliação do modelo estrutural. 46

Lista de Abreviaturas

AVE – Average Variance Extracted

CR – Composite Reliability

HTMT – Heterotrait-Monotrait Ratio

IA – Inteligência Artificial

IoT – Internet of Things

PLN – Processamento de Linguagem Natural

PLS-SEM – Partial Least Squares Structural Equation Modeling

RA – Realidade Aumentada

RGPD – Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados

RV – Realidade Virtual

SEM – Structural Equation Modelling

VIF – Variance Inflation Factor

Capítulo 1 Introdução

1.1 Enquadramento

O conceito do metaverso, de acordo com (Buhalis et al., 2023), tem vindo a ganhar destaque não só no universo tecnológico, mas também na transformação dos processos empresariais, incluindo na cadeia de abastecimento (supply chain). O metaverso é geralmente definido como um ambiente virtual imersivo que integra de forma fluida os universos físico e digital, permitindo a interação entre utilizadores, objetos e sistemas através de tecnologias como a realidade virtual, realidade aumentada e digital twins. averse as a disruptive technology revolutionising tourism management and marketing.(Buhalis et al., 2023)

Kiarash Sadeghi afirma que a implementação do metaverso na supply chain representa uma evolução significativa ao permitir uma maior colaboração, transparência e eficiência operacional entre todos os intervenientes, desde os fornecedores até os clientes finais. Empresas pioneiras já utilizam ambientes virtuais para simular operações, otimizar fluxos logísticos, monitorizar inventários em tempo real e testar cenários sem riscos físicos, recorrendo a digital twins e outras tecnologias emergentes. (Sadeghi R. et al., 2025)

Esta transformação é impulsionada por fatores como a necessidade de resiliência, transparência e sustentabilidade nas diversas cadeias de abastecimento, bem como pela pressão para responder rapidamente às disrupções e exigências do mercado. A integração de tecnologias do metaverso, como blockchain e IoT, reforça a qualidade e confiança entre parceiros, enquanto a colaboração virtual permite ultrapassar barreiras geográficas e temporais, tornando os processos mais ágeis e colaborativos, afirma (Chen et al., 2023).

Contudo, apesar do potencial, a implementação do metaverso na supply chain ainda enfrenta desafios, nomeadamente a necessidade de investimento tecnológico, a gestão da mudança organizacional e a garantia de segurança e privacidade dos dados. Além disso, a aceitação e o envolvimento dos vários parceiros da cadeia de abastecimento são fatores críticos para o sucesso destas iniciativas, sendo fundamental compreender as motivações e barreiras à adoção destas tecnologias emergentes.

Neste contexto, o grande objetivo deste trabalho visa explorar e analisar as possibilidades de implementação do metaverso na supply chain, procurando contribuir para o desenvolvimento da comunidade científica ao identificar benefícios, desafios e fatores críticos

de sucesso desta integração, numa altura em que o tema ainda se encontra numa fase inicial de investigação e aplicação prática.

1.2 Problemática da Investigação

Sendo o tema da investigação "A possibilidade de implementação do metaverso na supply chain", o presente estudo pretende relacionar a temática do metaverso com a logística e a gestão da cadeia de abastecimento, áreas que enfrentam atualmente grandes desafios relacionados com a transformação digital, integração de tecnologia e gestão interorganizacional. Este estudo procura desmistificar o conceito do metaverso e expor a possibilidade da aplicação prática na gestão da cadeia de abastecimento.

Este estudo pretende perceber como funciona o metaverso, quais as suas características, os seus benefícios de implementação, os recursos necessários para a implementação, as competências necessárias e os possíveis riscos e desafios da implementação, compreendendo assim a aplicabilidade na gestão da cadeia de abastecimento.

1.3 Objetivos da investigação

A presente investigação tem como propósito contribuir com novos conhecimentos e um aprofundamento do conhecimento científico sobre a possibilidade de implementação do metaverso no contexto da gestão da cadeia de abastecimento. O estudo pretende ainda perceber de que forma esta inovação pode contribuir para uma melhoria nos processos logísticos.

Para tal, foram definidos dois objetivos específicos: por um lado, identificar os fatores que influenciam a adoção do metaverso no setor da supply chain, incluindo os desafios técnicos, organizacionais e humanos; por outro, analisar o impacto da implementação desta tecnologia nos recursos humanos, nomeadamente ao nível das competências exigidas, da adaptação ao ambiente virtual e da aceitação por parte dos profissionais envolvidos.

1.4 Estrutura da Tese

A presente dissertação está organizada em oito capítulos, com o objetivo de responder à problemática de investigação e alcançar os objetivos propostos.

O primeiro capítulo corresponde à introdução do presente estudo, onde são apresentados o enquadramento do tema, definida a problemática da investigação, o objetivo do estudo e a estrutura do trabalho. O capítulo 2 é dedicado ao metaverso, abordando o seu conceito e evolução, quais os seus principais componentes bem como os principais desafios associados à

sua implementação. O capítulo 3 foca-se na supply chain, abordando o seu conceito e a sua evolução histórica. O capítulo 4 analisa a possibilidade de implementação do metaverso na supply chain, destacando o seu potencial, os benefícios, as competências necessárias e os riscos e desafios associados à sua implementação. No capítulo 5 é apresentada a abordagem teórica que sustenta o modelo, servindo de base conceptual para a investigação. O capítulo 6 descreve a metodologia utilizada, incluindo um esquema da investigação e o modelo de investigação. O capítulo 7 é dedicado à análise dos dados e apresentação de resultados, incidindo sobre os benefícios, riscos e desafios, competências e recursos necessários associados à possibilidade de implementação do metaverso na supply chain. Por último, o capítulo 8 apresenta as conclusões da investigação, resumindo os principais resultados e contributos da investigação.

Capítulo 2 – Metaverso

2.1 Metaverso: Conceito e Evolução

(Dwivedi et al., 2022) afirma, que o conceito de metaverso consolidou-se na literatura científica como um universo digital tridimensional, imersivo e persistente, no qual utilizadores representados por avatares que interagem entre si executam atividades e conseguem manipular objetos virtuais em tempo real. Embora a raiz do termo provenha do romance "Snow Crash", de Neal Stephenson (1992), a abordagem científica atual caracteriza o metaverso como a convergência de ambientes virtuais colaborativos suportados por tecnologias como realidade virtual, realidade aumentada, inteligência artificial, digital twins, IoT e blockchain. Esta integração tecnológica faz do metaverso um espaço expansivo no qual se dissolvem as fronteiras entre o mundo físico e o digital, promovendo experiências sociais, económicas e produtivas sem precedentes.

De acordo com diversos cientistas, a palavra metaverso tem sido utilizada para descrever um cenário fictício de uma RV, no qual os seus utilizadores podem interagir sem problemas tanto com outros utilizadores como com objetos digitais. Os investigadores interpretam e utilizam a palavra metaverso de diversas formas, que irei abordar seguidamente. O metaverso tem sido reconhecido como sendo a próxima geração de conexão social, referindo-se a um mundo criado, no qual as pessoas podem "viver" segundo (Hwang & Chien, 2022). O metaverso pode ser totalmente ou parcialmente virtual; por exemplo, pode ser um mundo totalmente virtual, como um sistema de realidade virtual (RV), ou um mundo parcialmente virtual, como a utilização de realidade aumentada (RA) em contextos do mundo real.

O metaverso distingue-se também pelo seu potencial para reinventar ecossistemas industriais, promovendo cadeias de valor mais integradas e eficientes. (Jangga et al., 2015) explica que o setor da supply chain, em particular, tem evidenciado benefícios significativos com a adoção destas tecnologias, incluindo a otimização de fluxos operacionais e a colaboração abrangente entre parceiros de negócio. Destaca-se ainda a capacidade do metaverso para fortalecer a resiliência e a agilidade das organizações nos contextos de volatilidade e disrupção.

É importante notar, de acordo com (Sadeghi R. et al., 2025), que a adoção do metaverso implica enfrentar desafios substanciais, salientando-se questões de investimento inicial, integração tecnológica, compatibilidade entre plataformas, segurança e privacidade dos dados bem como a necessidade de capacitação contínua dos recursos humanos. Estudos recentes

sublinham que, apesar destes desafios, o potencial de transformação do metaverso justifica o investimento organizacional e académico na sua exploração.

Na tabela 1, apresenta-se um quadro resumo das definições de metaverso defendidas pelos autores estudados ao longo da revisão de literatura. Ao analisar estas definições, observa-se que, apesar de abordagens distintas, existe consenso quanto ao metaverso ser um ambiente virtual imersivo e persistente, resultante da integração de múltiplas tecnologias digitais, destinado a promover interações, experiências e colaborações em tempo real. Esta análise evidencia a diversidade conceptual do termo, refletindo a sua natureza multidisciplinar e em evolução contínua.

Autor	Definição do conceito de Metaverso
(Sadeghi R. et al., 2025)	"O metaverso é um ambiente digital imersivo e colaborativo que integra tecnologias como realidade virtual, inteligência artificial e redes digitais, permitindo a interação em tempo real entre os intervenientes da cadeia de abastecimento, promovendo colaboração, transparência e eficiência com foco na sustentabilidade."
(Lee et al., 2024)	"O metaverso é uma convergência do espaço físico e digital, suportada por plataformas tecnológicas avançadas, onde utilizadores podem partilhar experiências, criar conteúdos, negociar ativos e colaborar em tempo real, formando um ecossistema virtual multifuncional."

2.1.1 Componentes do metaverso

Ao clarificar o conceito base do metaverso, é fundamental compreender a estrutura tecnológica que o suporta. O metaverso é constituído por um conjunto de tecnologias integradas, nomeadamente, Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Digital Twins, Supply Chain Intelligence, funcionando de forma articulada para criar experiências imersivas, colaborativas e híbridas entre os mundos físicos e digitais.

2.1.1.1 Realidade Virtual (RV)

A Realidade Virtual é um dos pilares mais robustos do metaverso. Trata-se de uma tecnologia que permite aos utilizadores "entrar" em ambientes tridimensionais totalmente simulados por computador, interagindo com elementos digitais como se estivessem presentes num espaço físico real. Os ambientes imersivos estão acessíveis através de óculos, capacetes sensoriais e sistemas de motion tracking, projetados para envolver não só a visão, mas também a audição, o tato e, mais recentemente, outros sentidos que oferecem uma experiência sensorial holística e envolvente.

(Sadeghi R. et al., 2025) a implementação de uma RV no contexto empresarial e industrial tem revolucionado práticas como a formação técnica, a colaboração remota, o design de produtos e a simulação de cenários raros ou perigosos, eliminando riscos e reduzindo custos de treino ou criação de protótipos. Por exemplo, empresas globais têm adotado plataformas metaversais baseadas na RV para ensaiar operações logísticas, testar respostas a emergências ou envolver equipas geograficamente separadas num ambiente partilhado e persistente.

Além disso, a educação tem sido fortemente impactada pelo avanço da RV, permitindo aulas práticas de laboratório, simulações clínicas e experiências culturais acessíveis independentemente das limitações físicas ou geográficas. Segundo (Lee et al., 2024), destaca-se o aumento comprovado na retenção de conhecimento quando os alunos aprendem ativamente em ambientes virtuais, dado que a sensação de presença e imersão motiva um maior envolvimento emocional e cognitivo. O progresso contínuo nos sistemas de RV e a sua integração com Inteligência Artificial e gémeos digitais têm elevado o grau de realismo e personalização possível nos cenários virtuais, promovendo adaptação dinâmica às necessidades e ao comportamento de cada utilizador.

Em resumo, a Realidade virtual vai muito além de proporcionar experiências digitais inovadoras no metaverso: a RV transforma profundamente a maneira como as pessoas interagem em ambientes digitais, alterando paradigmas em setores tão diversos como a indústria, a educação e o entretinimento. Por essas razões a RV consolida-se como um elemento imprescindível na construção deste novo universo imersivo (Lee et al., 2024).

2.1.1.2 Realidade Aumentada (RA)

A realidade aumentada (RA) destaca-se no universo do metaverso como uma tecnologia fundamental que permite inserir objetos digitais interativos, tais como imagens, vídeos,

instruções, modelos 3D diretamente no ambiente físico do utilizador, em tempo real. Este processo ocorre por meio de dispositivos móveis, tablets ou óculos inteligentes, tornando possível visualizar e interagir com conteúdos digitais sobrepostos à realidade de maneira intuitiva e natural, afirma (Ramadhan et al., 2023).

A principal característica diferenciadora da RA, relativamente à realidade virtual, é manter o utilizador conectado ao mundo físico, criando uma interface híbrida que sobrepõe informação digital ajustada ao contexto real. Segundo (Lee et al., 2024), esta capacidade de potenciar simultaneamente o espaço real e os dados digitais faz da realidade aumentada uma fonte essencial entre o quotidiano presencial e as potencialidades do universo digital, reforçando a utilidade e universalidade do metaverso.

No contexto industrial e empresarial, aplicações de RA têm-se destacado na otimização de processos, operações logísticas e manutenção preditiva. (Sadeghi R. et al., 2025) refere que, por exemplo, operadores de fábricas podem receber diretamente sobre as suas máquinas, via Realidade Aumentada, informações detalhadas sobre procedimentos de manutenção, instruções de montagem ou alertas em tempo real, reduzindo erros, custos e tempo de paragem de produção.

(Marino et al., 2024) demonstra que, na indústria automotiva, a realidade aumentada facilita a identificação rápida de problemas no processo de montagem e torna mais eficiente a formação de equipas técnicas, eliminando a necessidade de manuais físicos e promovendo a capacitação em contexto real.

Em supply chain, a implementação de realidade aumentada permite aos colaboradores visualizarem fluxos de mercadorias, rotas logísticas ou stocks, de forma dinâmica e sobreposta aos ambientes reais de armazém ou expedição, impulsionando a rastreabilidade, a precisão e a rapidez das operações logísticas. (Wiesing et al., 2025) acrescenta que, além disso, a realidade aumentada pode automatizar e agilizar inspeções de qualidade guiando o trabalhador passo a passo e diminuindo a probabilidade do erro humano.

No setor da saúde, a realidade aumentada revoluciona treinamento clínico, diagnóstico e cirurgias assistidas por computador, permitindo que profissionais visualizem modelos anatómicos sobre o paciente, recebam orientações em tempo real e pratiquem procedimentos complexos de forma mais segura(Lee et al., 2024). Na área das educações, estudos têm evidenciado que sistemas de realidade aumentada melhoram significativamente a motivação, o desempenho e a retenção da aprendizagem, tornando o processo mais prático, visual e

interativo, especialmente em áreas como ciências, engenharia e medicina, afirma (Dhar et al., 2021).

Embora a realidade aumentada apresente desafios para a sua implementação global, incluindo os custos da sua implementação, requisitos de formação, barreiras relacionadas com a facilidade de utilização. (Wiesing et al., 2025) A tendência na literatura científica aponta para um crescimento sustentado desta tecnologia nos próximos anos. À medida que os dispositivos se tornam mais acessíveis, os ambientes digitais tornam-se mais intuitivos e as aplicações empresariais e industriais demonstram ganhos claros de produtividade, a realidade aumentada deverá consolidar-se como uma ferramenta indispensável para o aumento de eficiência, precisão e segurança em múltiplos setores, integrando-se gradualmente na rotina operacional das organizações e potencializando a transformação digital do metaverso (Sadeghi R. et al., 2025).

2.1.1.3 Inteligência Artificial no Metaverso

A Inteligência Artificial é reconhecida como uma tecnologia transversal e absolutamente crítica na arquitetura do metaverso, funcionando como um verdadeiro "cérebro digital" que habilita ambientes dinâmicos, adaptativos e altamente personalizados. Segundo (Lee et al., 2024), a Inteligência Artificial no metaverso permite não só a automatização e personalização de experiências, mas também facilita a criação de avatares inteligentes, sistemas de interação automatizada e sistemas que aprendem e evoluem com o comportamento dos utilizadores ao longo do tempo.

(Huynh-The et al., 2023) acrescenta que entre as aplicações mais relevantes, destaca-se o recurso a algoritmos de machine learning e deep learning para reconhecimento de padrões, análise comportamental, criação de experiências imersivas e adaptação em tempo real dos ambientes virtuais às preferências e necessidades individuais. Tais capacidades permitem, por exemplo, que avatares possam reproduzir expressões e emoções humanas, tornando as interações digitais mais autênticas e empáticas, tal como demonstrado em estudos recentes sobre ambientes virtuais educativos e do trabalho colaborativo.

Dentro do metaverso, a inteligência artificial potência ainda sistemas avançados de visão computacional, fundamentais para que os sensores e dispositivos interpretem gestos, rostos, movimentos e contexto ambiental dos participantes, melhorando a interação entre o ser humano e a máquina e a segurança dos utilizadores. O processamento de linguagem natural (PLN), outra subárea-chave, permite a conversação fluida e natural com agentes virtuais ou assistentes

automáticos, tanto em ambientes de socialização como em suporte a serviços ou educação (Lee et al., 2024).

Além disso, mecanismos de aprendizagem por reforço são frequentemente aplicados para treinar agentes virtuais em simulação de comportamentos, resposta adaptativa a diferentes cenários e otimização de processos colaborativos. A IA é igualmente indispensável ao funcionamento dos chamados digital twins, contribuindo para a simulação, diagnósticos e previsão de comportamentos físicos, infraestruturas e até cidades inteligentes no metaverso, suportando decisões em tempo real de alta complexidade.

Apesar do seu potencial transformador, a implementação de inteligência artificial no metaverso não está isenta de desafios. Conforme destacado por (Huynh-The et al., 2023), a integração de sistemas de IA em ambientes virtuais levanta questões técnicas como a necessidade de processar enormes volumes de dados em tempo real e garantir escalabilidade, compatibilidade e a segurança dos algoritmos, como assegurar que os sistemas aprendam e se adaptem de forma natural às dinâmicas do metaverso.

Simultaneamente, (Banaeian Far et al., 2023) afirma que surgem preocupações éticas relevantes, nomeadamente os riscos associados a tendências algorítmicas, falta de transparência, uso indevido de dados pessoais e uma exposição crescente a ameaças de cibersegurança, sobretudo quando se trata de interações entre avatares e agentes virtuais.

Finalmente, a utilização da inteligência artificial visa também garantir segurança, privacidade e moderação ética dos ambientes virtuais, filtrando conteúdos inadequados, prevenindo um comportamento de risco e monitorizando a integridade das interações e transações digitais. O desenvolvimento contínuo de inteligência artificial generativa é capaz de criar gráficos, cenários e até mesmo mundos completos, o que abre novas possibilidades para a geração automática de conteúdos digitais, potenciando a autonomia dos seus utilizadores na construção e personalização dos seus próprios espaços virtuais (Lee et al., 2024).

2.1.2 Potenciar o Metaverso através de Dados Massivos e Integração em Tempo Real

O contínuo avanço das tecnologias digitais e a proliferação de dispositivos inteligentes resultam numa produção de dados sem precedentes, em especial nos ambientes virtuais e nas plataformas do metaverso. Segundo (Pan et al., 2024), estes dados são gerados de múltiplas fontes, sejam elas sensores de IoT, Wearables (acessórios que vestimos como smartwatches, pulseiras fitness, óculos de RA, roupas inteligentes como coletes), interações sociais e

transações digitais e até mesmo interfaces RA/RV que permitem interagir com mundos virtuais ou com elementos digitais no mundo real. Forma-se assim uma teia complexa de informação estruturada e não estruturada essencial para a evolução do ecossistema imersivo.

Ao contrário do paradigma tradicional, (Kumar et al., 2025) explica onde os dados eram tratados de forma separada ou até mesmo isolada, o metaverso exige integração, análise e processamento em tempo real, tirando partido de arquiteturas cloud e edge para garantir baixa latência e resposta imediata a estímulos de utilizadores e sistemas.

A inteligência artificial emerge aqui como um elemento central na valorização dos dados. Como demonstram (Kumar et al., 2025) e (Pan et al., 2024) algoritmos sofisticados de machine learning e análise preditiva, alimentados por volumes massivos de dados, permitem personalizar experiências, ajustar comportamentos de avatares, moderar conteúdos e antecipar a necessidade dos utilizadores do metaverso.

Esta capacidade de criar ambientes virtuais inteligentes é utilizada, por exemplo, na automatização da gestão de recursos, simulação de cenários industriais no metaverso, otimização de cadeias logísticas e identificação de padrões comportamentais para melhorar a segurança, privacidade e rendimento do sistema.

Além disso, a integração em tempo real de dados é o que assegura a continuidade e fluidez entre diferentes plataformas do metaverso: avatares, objetos digitais e transações que podem transitar sem ruturas entre ambientes diferentes, graças aos padrões de compatibilidade e arquiteturas distribuídas esta interação é também vital em setores como educação, entretinimento, indústria e saúde, onde se exige reposta imediata, persistência dos dados e adaptação dinâmica a eventos tanto virtuais como reais.

Contudo, esta abundância e instantaneidade de dados trazem consigo desafios crescentes em termos de cibersegurança, proteção de privacidade, tratamento dos dados e eventualmente normas éticas sobre a sua utilização, sendo desafios amplamente reconhecidos (Kumar et al., 2025) e (Pan et al., 2024) que defendem a implementação de estruturas robustas de tratamento, automatização e proteção de dados, promovendo a confiança dos utilizadores no ecossistema digital.

Ao mesmo tempo, torna-se fundamental garantir a qualidade dos dados recolhidos, uma vez que as decisões e automatizações no metaverso dependem diretamente da integridade e atualização desses dados para assegurar resultados pertinentes e seguros.

Deste modo, potenciar o metaverso através de big data e interação em tempo real não é apenas um imperativo técnico, mas um requisito fundamental para a construção de experiências verdadeiramente inteligentes, seguras e adaptáveis, colocando os dados e a sua gestão responsável no centro da próxima geração de ambientes virtuais.

2.1.3 Infraestruturas Digitais e Interligação no Metaverso

A consolidação do metaverso enquanto ambiente digital unificado e imersivo baseia-se numa infraestrutura digital de elevado desempenho e numa interligação robusta, capaz de suportar a complexidade e escala deste ecossistema. De acordo com (Pan et al., 2024), a integração eficiente de tecnologias de cloud computing, edge computing e redes móveis de última geração (5G e em desenvolvimento o 6G) são fundamentais para garantir um tempo de atraso mínimo e a capacidade de transmissão de dados necessária e a confiança exigida para experiências em tempo real e de alta qualidade visual e interativa.

As redes 5G e 6G possibilitam a transmissão rápida de grandes volumes de dados, permitindo que múltiplos utilizadores interajam simultaneamente em ambientes virtuais com resposta instantânea. Esta capacidade é essencial para usos que vão desde jogos e simuladores até aplicações industriais, onde a precisão e a sincronização são cruciais (Kumar et al., 2025). (Aung et al., 2024) acrescenta, a edge computing complementa este sistema ao processar dados próximos da sua origem, reduzindo a dependência da cloud central e diminuindo o tempo de resposta, o que se traduz numa melhor experiência do utilizador e na eficiência dos recursos tecnológicos.

(Mahdikhani & Meena, 2024) acrescenta, no âmbito dos dispositivos, que o metaverso depende da evolução contínua de hardwares como óculos de realidade virtual e aumentada, sensores de movimento, dispositivos hápticos e wearables, que capturam e transmitem dados essenciais para a interação fluida e conveniente entre humanos e ambientes digitais. Estes dispositivos são complementados por plataformas digitais interligadas e frameworks que asseguram que todos os dados, avatares, ativos digitais e os serviços possam migrar de forma transparente entre os diferentes ambientes virtuais, consolidando a ideia de um metaverso único e coeso.

Além de aspetos puramente tecnológicos, as infraestruturas digitais necessitam de ser resilientes, seguras e sustentáveis. O controlo de acessos, a proteção contra ciberataques, a encriptação das comunicações e o tratamento ético dos dados são elementos intrínsecos que definem a confiança dos utilizadores neste universo digital. Na perspetiva de sustentabilidade,

a otimização do consumo energético nos centros de dados, a promoção de tecnologias verdes e a eficiência dos recursos associados são desafios presentes, mas cruciais para a escalabilidade e longevidade do metaverso. (Mosharraf, 2025)

No domínio da sustentabilidade, o desenvolvimento e a operação das infraestruturas digitais requerem uma abordagem que minimize o impacto ambiental associado. (Ertz et al., 2024) destaca que a otimização do consumo energético dos centros de dados e o investimento em tecnologias energéticas eficientes são fundamentais para viabilizar o crescimento do metaverso a longo prazo, alinhando o progresso tecnológico com a responsabilidade ambiental. Assim, o metaverso pode consolidar-se como um espaço digital inovador e sustentável, assentando numa infraestrutura tecnológica resiliente e amiga do ambiente.

2.2 Desafios do Metaverso

Após apresentar o potencial do metaverso na cadeia de abastecimento e as variáveis relevantes para a sua implementação, importa abordar os principais desafios e riscos identificados por estudos recentes. Segundo (Mahdikhani & Meena, 2024), apesar das oportunidades oferecidas, existem múltiplas barreiras que colocam sérios obstáculos à adoção e implementação do metaverso na supply chain, nomeadamente em termos financeiros, técnicos, humanos, normativos e culturais.

Um dos desafios mais salientes corresponde ao investimento financeiro necessário. Implementar o metaverso envolve custos avultados na aquisição de hardware, desenvolvimento de software, infraestruturas de conectividade (como 5G e cloud computing), integração com sistemas legados e expansão da capacidade de armazenamento e processamento de dados (Sadeghi 2025). Para muitas organizações, sobretudo de menos dimensões, esta barreira financeira é crítica e pode travar projetos promissores mesmo antes da sua execução.

Segue-se a complexidade técnica na integração. De acordo com (Mahdikhani & Meena, 2024), a conciliação do metaverso com sistemas de gestão já existentes nas empresas, muitas vezes baseados em arquiteturas antigas, exige competências técnicas específicas e elevada maturidade em engenharia de sistemas, o que tende a criar dependências tecnológicas e operacionalizações pesadas. Sem uma integração eficaz, torna-se impossível garantir a compatibilidade, a continuidade e a confiança dos processos logísticos.

Ao nível das competências necessárias, destacam-se lacunas em literacia digital avançada, domínio de tecnologias de realidade aumentada (RA), programação para ambientes virtuais,

cibersegurança e ética digital. Estudos recentes frisam a escassez de perfis com estas características nas empresas e o impacto direto desse fator na velocidade e qualidade de adoção do metaverso (Mahdikhani & Meena, 2024). A isto acresce uma preocupação transversal referente à gestão da mudança e resistência cultural, onde muitos profissionais encaram estas tecnologias com receio ou desconhecimento, dificultando a integração orgânica nas práticas diárias.

No campo dos riscos organizacionais e normativos, a literatura destaca a necessidade de garantir elevados padrões de cibersegurança, gestão, privacidade e proteção de dados. O processamento de grandes volumes de informação sensível em ambientes virtuais aumenta o risco de ataque, fugas e usos indevidos, tema abordado por (Mosharraf, 2025), que enfatiza a necessidade de políticas robustas de gestão e controlo de dados, alinhados com os regulamentos internacionais de proteção de dados.

A dependência de conectividade avançada e infraestruturas robustas é outro desafio apontado. Qualquer falha de ligação em tempo real pode colocar em causa a tomada de decisão, o acompanhamento e o funcionamento dos processos críticos, prejudicando toda a cadeia de abastecimento (Sadeghi R. et al., 2025). Complementarmente, permanecem riscos técnicos ligados à própria capacidade de expansão e à sustentabilidade das plataformas, uma vez que os centros de dados necessários para operacionalizar o metaverso exigem elevados consumos energéticos, colocando questões ambientais cada vez mais relevantes (Ertz et al., 2024)

.Por último, (Mahdikhani & Meena, 2024) afirma que a resistência cultural e as barreiras de competências técnicas surgem como fatores humanos incontornáveis. O medo de mudanças, a incerteza sobre o futuro dos postos de trabalho e o défice formativo dificultam a adoção, criando contextos de rejeição ou apropriação superficial destas ferramentas.

Todos estes desafios, de acordo com (Sadeghi R. et al., 2025), estão espalhados na estrutura analítica validada pela literatura, sendo imprescindível abordá-los de forma holística para que a transição para o metaverso ocorra com sucesso, valor real e mitigação dos riscos inerentes.

Capítulo 3 - Supply Chain

3.1 Supply chain: Conceito

A cadeia de abastecimento (supply chain), de acordo com (Al-Mudimigh et al., 2004) é uma rede interligada de organizações, pessoas e processos que visa garantir o fluxo eficiente de bens, informações e recursos desde os fornecedores das matérias-primas até ao cliente final. Esse conceito evoluiu para englobar atividades como planeamento, compras, produção, armazenamento, transporte, distribuição e gestão de informação, exigindo coordenação e colaboração entre todos os participantes para maximizar valor e minimizar custos.

No contexto atual, a supply chain destaca-se pela crescente integração de processos e colaboração entre empresas. Tal integração é primordial para assegurar operações sincronizadas e transparentes, permitindo que os diversos elos da cadeia acompanhem, em tempo real, o movimento de mercadorias e informações. Para (MacCarthy et al., 2022), esta coordenação global, assente em tecnologia digital e análise de dados, promove a criação de valor e a capacidade de antecipar riscos, representando uma evolução significativa face aos modelos logísticos tradicionais.

Devido ao avanço digital, as cadeias de abastecimento tornaram-se ainda mais colaborativas e transparentes, integrando dados em tempo real para antecipar riscos e aprimorar a eficiência operacional, afirma (Chai et al., 2025).

A transformação digital é hoje um dos grandes aceleradores da evolução das cadeias de abastecimento. (Li & Zhao, 2024)esclarece que ferramentas como inteligência artificial, análise avançada de dados e integração de IoT proporcionam maior controlo e transparência, ligando fornecedores e clientes em ambientes colaborativos. Esta digitalização contribui para a diversificação das operações, aumenta a experiência do cliente, fortalecendo a capacidade de adaptação a eventos disruptivos e mudanças rápidas do mercado.

Paralelamente, (Singh, 2024) afirma que a sustentabilidade é cada vez mais central. Cadeias de abastecimento sustentáveis adotam práticas circulares, reduções de resíduos, otimização de recursos e padrões éticos nas relações, gerando um valor sustentável, reputação positiva e cumprimento das normas legais e requisitos de mercado. Pesquisas recentes demonstram que as cadeias de abastecimento contribuem para uma maior vantagem competitiva e resposta eficaz às expectativas de stakeholders.

A ligação dos elementos da cadeia de abastecimento potência práticas de sustentabilidade. De acordo com (Lahmar et al., 2025), estratégias inovadoras como economia circular, flexibilidade dos sistemas de informação e digitalização contribuem decisivamente para o sucesso das cadeias sustentáveis, aumentando a reputação e complexidade das organizações. A inclusão de práticas éticas e ambientais nas decisões de supply chain tornou-se uma prioridade estratégica, acompanhando as exigências dos consumidores e investidores (Singh, 2024).

A logística, elemento central da cadeia de abastecimento, compreende o planeamento, implementação e controlo do fluxo de bens desde o ponto de origem até o ponto final de consumo, englobando as funções como transporte, gestão de armazéns e redução de custos. Segundo (Drljaca & Sesar, 2023), o transporte conecta todas as fases da cadeia, desde a entrega de matérias-primas até à produção, armazenamento e distribuição ao consumidor final, tornando-se fundamental na gestão integrada e na resposta ágil às demandas do mercado.

A transformação digital é o vetor que impulsiona a supply chain para novos patamares de inovação, eficiência e resiliência. Segundo (Chai et al., 2025), as tecnologias como inteligência artificial, análise avançada de dados e IoT possibilitam maior rastreabilidade e transparência das operações logísticas, expandindo o alcance da cadeia de abastecimento para além-fronteiras tradicionais e promovendo uma adaptação a cenários de crise global.

No contexto atual, a supply chain precisa de ser simultaneamente eficiente, resiliente, sustentável, digital e colaborativa. O desafio consiste em integrar fluxos, pessoas, tecnologias e estratégias fazendo a cadeia de abastecimento uma plataforma de geração contínua de valor e vantagem competitiva(Pan et al., 2024).

3.1.1 Evolução da Sup ply Chain

A cadeia de abastecimento teve uma evolução significativa nas últimas décadas, deixando de ser vista como um processo linear tradicional para tornar-se numa rede dinâmica e colaborativa. Inicialmente, as cadeias de abastecimento estavam focadas na movimentação física dos produtos, priorizando a eficiência dos fluxos logísticos básicos, como o armazenamento e transporte (MacCarthy et al., 2022). No entanto, com o avanço dos mercados globais e o aumento da complexidade das operações, tornou-se imprescindível integrar informações, processos e parceiros para obter uma visão holística na cadeia.

Nos últimos anos, a transformação digital foi um dos principais propulsores dessa evolução, permitindo que a cadeia de abastecimento passasse a operar de forma mais transparente, colaborativa e baseada em dados em tempo real. Tecnologias como IoT, blockchain, inteligência artificial e big data tornaram-se ferramentas essenciais para conectar todas as partes da cadeia, antecipar possíveis riscos e responder de forma rápida às variações na procura ou falhas operacionais. (Khedr & S, 2024) and (MacCarthy et al., 2022). Esta digitalização trouxe ainda a possibilidade de simular operações e otimizar recursos via gêmeos digitais, contribuindo para uma gestão mais eficaz e inovadora.

Paralelamente, a crescente preocupação com a sustentabilidade impulsionou a necessidade de aplicar práticas verdes e socialmente responsáveis dentro das cadeias de abastecimento. Essa mudança de paradigma considera as cadeias como agentes ativos na luta contra as alterações climáticas, estimulando reduções na pegada de carbono, reutilização e reciclagem, e gestão ética da cadeia de abastecimento (Hossan Chowdhury & Quaddus, 2021) Deste modo, a cadeia de abastecimento moderna é encarada como um sistema que, além de eficiente, precisa de ser resiliente, sustentável e adaptável.

Além disso, a globalização dos mercados e a complexidade das redes de fornecedores necessitam de estratégias de diversificação e flexibilidade. A resiliência tornou-se uma característica-chave para lidar com crises recentes, como o caso da pandemia do COVID-19, que evidenciou a vulnerabilidade das cadeias de abastecimento tradicionais (Guo et al., 2025). Atualmente, o foco está no desenvolvimento de cadeias capazes de se adaptar e resistir a eventos disruptivos, garantindo continuidade operacional e competitividade.

Este processo evolutivo trouxe consigo uma maior independência entre funções diversas, como planeamento, produção, logística, vendas e atendimento ao cliente, configurando um ecossistema empresarial. O futuro da supply chain aponta para a expansão desses conceitos, com a incorporação crescente de automatização, análises preditivas e soluções sustentáveis, reforçando a sua posição como um diferencial competitivo imprescindível para organizações de sucesso global.

Capítulo 4 Implemetacão do Metaverso na Supply Chain

4.1 Potencial do Metaverso na Supply Chain

O metaverso emerge como uma das inovações tecnológicas mais disruptivas, integrando realidade virtual, realidade aumentada, inteligência artificial, gêmeos digitais e blockchain, configurando-se como um ambiente virtual imersivo onde os mundos físico e digital convergem (Lee et al., 2024). Aplicado à supply chain, o metaverso ultrapassa as limitações das interações tradicionais, criando espaços colaborativos tridimensionais em que os múltiplos agentes económicos, sendo eles produtores, fornecedores, operadores logísticos e consumidores finais, interagem simultaneamente em tempo real, fornecendo um modelo revolucionário para a gestão e otimização dos processos de abastecimento.

A implementação do metaverso na gestão da cadeia de abastecimento facilita a simulação de forma precisa das operações por meios de gêmeos digitais, modelos virtuais que replicam fisicamente sistemas, linhas de produção e processos logísticos em ambiente controlado. Essa capacidade permite testar diferentes cenários de produção, identificar constrangimentos (*bottlenecks),* otimizar layouts de armazéns e os fluxos logísticos sem incorrer nos cistos e riscos físicos, aumentando assim a segurança e eficiência das operações (Chen et al., 2023). Por exemplo, empresas do setor automóvel líderes no mercado têm investido em plataformas de metaverso para planeamento colaborativo de fábricas e manutenção preditiva, de forma a reduzir tempos de paragem e custos operacionais.

Outra dimensão estratégica do metaverso está no aumento da transparência e rastreabilidade da cadeia de abastecimento, sendo um elemento crucial para assegurar conformidade perante as normas legais e sustentabilidade ambiental. Ao permitir o acompanhamento por meio de sensores IoT integrados e uma análise de dados em tempo real, o metaverso possibilita que toda a rede visualize o fluxo de materiais, desde a origem das matérias-primas até à entrega do produto final ao consumidor, reforçando a confiança entre vendedores e consumidores (Mahdikhani & Meena, 2024). Essa monitorização é um diferencial competitivo, alinhado às demandas por cadeias mais ecológicas e socialmente responsáveis.

Além disso, o metaverso potencializa a colaboração interorganizacional ao eliminar barreiras geográficas e temporais, permitindo a reunião de equipas distintas em ambientes virtuais com avatares que favorecem a comunicação intuitiva e a tomada de decisão conjunta (Modgil et al., 2021). Esse modelo de colaboração dinâmica é essencial para o aumento da

resiliência da cadeia de abastecimento, especialmente num contexto global marcado por volatilidade, mudanças rápidas no mercado e crises imprevisíveis. O acesso remoto e simultâneo a informações críticas possibilita respostas mais ágeis, reduzindo um impacto negativo e permitindo um aceleramento nos processos de recuperação em situações adversas.

No âmbito logístico, o metaverso vem revolucionar a gestão do transporte e armazenamento ao proporcionar visões panorâmicas e detalhadas dos armazéns digitais, da localização dos veículos e indicadores de desempenho operacionais. Estes recursos facilitam o planeamento de rotas, a gerir a cadeia de frio e a otimização dos recursos, garantindo maior rapidez e confiança nos processos de entrega(Drljaca & Sesar, 2023). A combinação entre gêmeos digitais e análise de dados preditiva orientada por inteligência artificial permite antecipar riscos logísticos, minimizar atrasos e melhorar a experiência do consumidor final.

No entanto, apesar dos avanços promissores, a adoção do metaverso na supply chain enfrenta desafios significativos, entre eles a alta complexidade tecnológica, custos iniciais elevados, necessidade de formação dos recursos humanos e questões relativas à segurança informática e proteção de dados (Modgil et al., 2021). O envolvimento de múltiplas tecnologias que suportam o metaverso necessita de investimentos robustos e estratégias de gestão clara para evitar fragmentação e garantir compatibilidade entre os sistemas.

Por fim, a expansão do metaverso na gestão da supply chain inaugura um novo paradigma no ecossistema empresarial, onde a inovação contínua, aliada ao potencial de digitalização profunda, oferece oportunidades para cadeias de abastecimento mais sustentáveis, colaborativas e adaptativas. Pesquisas indicam que as organizações que adotarem o metaverso de forma estratégica conseguirão aumentar a sua capacidade competitiva, melhorando a eficiência operacional e a satisfação dos stakeholders em um ambiente globalizado e digital (Pan et al., 2024).

4.2 Benefícios da Implementação do Metaverso na Supply Chain.

4.2.1 Melhoria na visibilidade e coordenação

A criação de réplicas virtuais de uma rede de abastecimento no metaverso permite uma visão unificada de fornecedores, armazéns, transportes e clientes, aumentando a transparência e a coordenação entre os diferentes intervenientes. (Dolgui & Ivanov, 2023) mostra que estas representações digitais facilitam o acompanhamento em tempo real de inventário, fluxos e desempenho, permitindo detetar rapidamente *Bottlenecks* e ajustar planos de produção e

distribuição. De acordo com (Mahdikhani & Meena, 2024), a visualização integrada da cadeia de abastecimento promove um melhor alinhamento entre parceiros e reduz assimetrias de informação, reforçando a sincronização das operações.

4.2.2 Eficiência Operacional

O metaverso possibilita simular cenários logísticos, testar alternativas de layout de armazém, rotas de transporte e políticas de stock antes da implementação física, reduzindo erros e desperdícios. (Mahdikhani & Meena, 2024) evidencia que o uso de gêmeos digitais e ambientes imersivos permite deteção rápida de estrangulamentos, otimização de rotas e gestão mais precisa de inventário, traduzindo-se em ganhos de produtividade e redução de tempos de ciclo. (Chen et al., 2023) Acrescenta que estas capacidades contribuem para manter eficiência operacional mesmo em contextos de elevada incerteza, graças ao apoio de análises preditivas e simulação em tempo real.

4.2.3 Sustentabilidade

A tecnologia do metaverso pode apoiar estratégias de sustentabilidade ao permitir a análise antecipada do impacto ambiental de diferentes decisões logísticas. (Mahdikhani & Meena, 2024) Demonstra que a visualização do ciclo de vida do produto em 3D facilita a avaliação de emissões, consumo de energia e desperdícios associados a várias configurações de transporte e armazenamento. (Sadeghi R. et al., 2025) destaca ainda que a possibilidade de reuniões, formações e inspeções em ambientes virtuais reduz viagens físicas e, consequentemente, a pegada de carbono associada às operações da supply chain.

4.2.4 Colaboração e confiança entre stakeholders

Ambientes imersivos permitem que parceiros de toda a cadeia: fabricantes, fornecedores, operadores logísticos e clientes interajam como se estivessem numa mesma sala, partilhando dados e modelos virtuais em tempo real. (Chen et al., 2023) mostra que este tipo de interação aumenta a confiança e incentiva a partilha de conhecimento, o que fortalece a resiliência da supply chain em situações de disrupção. (Mahdikhani & Meena, 2024) refere que a transparência gerada por visualizações 3D do fluxo de materiais melhora a cooperação, reduz conflitos e facilita decisões conjuntas ao longo da cadeia.

4.2.5 Suporte à tomada de decisão

A integração de dados operacionais, análise avançada e simulações em ambientes virtuais fornece aos gestores um contexto rico para avaliar alternativas e tomar decisões informadas. (Laiz-Ibanez et al., 2025) sublinha que o metaverso permite combinar indicadores em tempo real com cenários "What-if", ajudando a quantificar riscos e benefícios de diferentes opções logísticas. (Chen et al., 2023) Demonstra ainda que a experiência imersiva melhora simultaneamente o envolvimento emocional e a avaliação racional, contribuindo para decisões mais consistentes em situações complexas.

4.2.6 Experiência imersiva para clientes e parceiros

O metaverso oferece novas formas de interação com clientes e parceiros, que podem visitar virtualmente armazéns, acompanhar o estado das encomendas e compreender processos logísticos de forma visual e intuitiva. (Chen et al., 2023) indica que estes ambientes fortalecem o sentimento de proximidade e comunidade, melhorando a experiência do utilizador e a perceção de valor do serviço logístico. Mostra também que estas experiências imersivas também podem ser utilizadas para formação conjunta, demonstrações técnicas e desenvolvimento de soluções, reforçando o relacionamento de longo prazo entre parceiros de cadeia.

4.2.7 Redução de custos logísticos

De acordo com (Mahdikhani & Meena, 2024), sobre a implementação do metaverso na gestão da cadeia de abastecimento, a possibilidade de testar virtualmente alterações de processos antes da sua implementação física permite evitar decisões operacionais ineficazes, reduzindo custos associados a refazer trabalho, paragens inesperadas e utilização ineficiente de recursos. Esta combinação entre planeamento imersivo, simulação de cenários e monitorização contínua cria condições para uma estrutura de custos logísticos mais simples, direta e previsível ao longo de toda a cadeia de abastecimento.

4.3 Competências dos Recursos Humanos para Implementação do Metaverso na Supply Chain.

4.3.1 Competências Técnicas em Tecnologias Emergentes

Na supply chain digital, dominar tecnologias como a realidade virtual, aumentada, inteligência artificial e gêmeos digitais é essencial para operar ambientes logísticos inovadores. A integração de ferramentas colaborativas do metaverso exige que as equipas compreendam desde simulações 3D até sensores de IoT, garantindo flexibilidade para modelar operações,

antecipar falhas e otimizar processos logísticos. Estudos indicam que profissionais tecnicamente preparados aceleram a adoção do metaverso, aumentando a eficiência operacional e capacidade de resposta estratégica. (Mahdikhani & Meena, 2024)

4.3.2 Gestão de Mudanças

A implementação do metaverso na supply chain provoca mudanças profundas na cultura organizacional e nos processos internos.(Chen et al., 2023) e (Butt et al., 2025) destacam a importância do envolvimento ativo da liderança para orientar equipas, diminuir resistências e promover aceitação das novas tecnologias. Estratégias de change management, como formações focadas e comunicação aberta sobre benefícios e desafios, mostraram-se eficazes para transformar barreiras culturais em oportunidades de inovação. O suporte dos gestores é apontado como um pilar fundamental para o sucesso desta transformação.

4.3.3 Literacia Digital Avançada

A literacia digital transcende o domínio básico das ferramentas informáticas, incluindo a capacidade de interpretar painéis digitais, gerir big data e operar sistemas analíticos em tempo real. O domínio dessas competências permite decisões rápidas e acertadas, uma vantagem competitiva crucial numa supply chain digitalizada. Falhas neste domínio podem gerar erros operacionais e dificultar a identificação de riscos ou oportunidades de otimização, segundo (Chen et al., 2023). Empresas líderes investem em formação contínua para maximizar rendimento logístico e estratégico.

4.3.4 Capacidade Analítica e de Interpretação de Dados

Espaços imersivos do metaverso proporcionam acesso a volumes massivos de dados, capturados por sensores, sistemas de simulação e plataformas colaborativas. Profissionais capazes de analisar estas informações podem antecipar roturas, prever a procura e propor soluções logísticas baseadas em modelos de previsão avançados. (Mahdikhani & Meena, 2024) confirma que esta competência é determinante para empresas que pretendem extrair vantagem do metaverso, promovendo agilidade e eficácia nas respostas aos desafios do mercado.

4.3.5 Conhecimentos em Cibersegurança e Ética Digital

A segurança dos dados e práticas éticas na sua gestão são imperativos na digitalização da supply chain, especialmente com a integração do metaverso. (Laiz-Ibanez et al., 2025) afirma que os profissionais devem ser qualificados para implementar protocolos robustos de proteção,

gerir acessos e identificar vulnerabilidade em ambientes virtuais, assegurando conformidade com as normas internacionais como o RGPD. Estudos recentes alertam que ambientes imersivos e colaborativos ampliam os riscos de ataques cibernéticos, invasão digital e fuga de dados sensíveis, o que exige políticas rigorosas de segurança e formação contínua das equipas em boas práticas de gestão digital. É fundamental promover a ética digital, garantindo que a recolha, o processamento e a troca de dados respeitem os padrões legais e morais, prevenindo riscos à credibilidade e assegurando a confiança entre parceiros da cadeia de abastecimento.

4.3.6 Competências de Comunicação em Ambientes Virtuais

A colaboração em tempo real através de avatares, reuniões digitais e plataformas multimédia exige o domínio de uma comunicação adaptada a ambientes virtuais. (Saeed et al., 2024) afirma que equipas competentes em negociação e tomada de decisão virtual asseguram um maior alinhamento operacional e confiança entre os parceiros logísticos globais. O uso estratégico dessas ferramentas maximiza o potencial colaborativo do metaverso, reforçando a robustez e agilidade das cadeias logísticas digitais.

4.3.7 Programação e Desenvolvimento de Soluções Virtuais

Equipas especializadas em programação e integração desenvolvem aplicações customizadas que tornam o metaverso funcional para diferentes operações e setores. De acordo com (Mahdikhani & Meena, 2024), este conhecimento permite integrar sistemas digitais com o planeamento dos recursos da empresa, aplicando um sistema de gestão integrada, promovendo soluções flexíveis e escaláveis que respondem rapidamente às exigências da supply chain moderna. A personalização técnica e a agilidade na implementação de novas funções representam uma diferença competitiva que reflete diretamente no sucesso organizacional.

4.4 Riscos e Desafios da implementação do metaverso na supply chain

4.4.1 Investimento Financeiro

A implementação do metaverso na supply chain exige investimento significativo em hardware imersivo, infraestrutura de rede, desenvolvimento de plataformas virtuais e integração com sistemas exigentes. O que pode representar uma barreira relevante sobretudo para organizações com recursos limitados. (Mahdikhani & Meena, 2024)afirma que além do custo inicial, é necessário considerar despesas recorrentes da atualização tecnológica, manutenção, licenças de software e uma formação contínua das equipas, aumentando a pressão sobre o retorno do investimento a curto prazo. Esta exigência financeira faz com que muitas empresas optem por

projetos-piloto restritos, adiando a adoção em larga escala até que os benefícios estejam claramente comprovados.

4.4.2 Questões de gestão e segurança

De acordo com(Saeed et al., 2024), a implementação do metaverso torna o ecossistema da supply chain mais complexo, exigindo novos modelos de gestão, controlo de acessos e coordenação entre múltiplos atores que interagem em ambientes virtuais partilhados. Falhas de gestão como ausência de políticas claras, processos mal definidos ou responsabilidades difusas podem amplificar riscos operacionais e gerar dependência excessiva de fornecedores tecnológicos. Além disso, a necessidade de monitorizar continuamente a integridade das plataformas, garantir a disponibilidade dos serviços e gerir incidentes técnicos torna a função de gestão e segurança um desafio acrescido para as organizações.

4.4.3 Questões de privacidade e proteção de dados

O uso do metaverso no contexto da supply chain implica uma intensificação da recolha e tratamento de dados, o que torna as questões de privacidade e proteção de dados ainda mais críticas. (Laiz-Ibanez et al., 2025) Sublinha que ambientes imersivos aumentam a superfície de exposição a ameaças, exigindo mecanismos robustos de encriptação, autenticação, gestão de controlo e conformidade com regulamentações como o RGPD. A falta de controlo adequado sobre o ciclo de vida dos dados pode resultar em fugas de informação, sanções legais e perda de confiança por parte dos clientes e parceiros, comprometendo a legitimidade do uso do metaverso na cadeia de abastecimento (Mahdikhani & Meena, 2024)

4.4.4 Resistência Cultural

A adoção do metaverso exige uma mudança de mentalidade e de rotinas de trabalho, o que pode desencadear resistência por parte de colaboradores e gestores habituados a processos tradicionais. (Mahdikhani & Meena, 2024) afirma que estudos sobre a transformação digital na cadeia de abastecimento mostram que problemas relacionados com a perda de controlo, aumento da complexidade, exposição tecnológica ou até ameaça ao posto de trabalho influenciam negativamente a aceitação das tecnologias imersivas. Sem uma gestão estruturada, formação adequada e comunicação transparente dos benefícios, esta resistência cultural pode levar ao aproveitamento limitado das plataformas, reduzindo a eficácia dos investimentos realizados.

4.4.5 Dependência de conectividade avançada

O funcionamento fluido do metaverso depende de ligações de internet de alta velocidade, baixa latência e elevada fiabilidade, bem como de infraestruturas cloud capazes de suportar grandes volumes de dados em tempo real. (Chen et al., 2023) afirma que limitações de conectividade, especialmente em regiões remotas ou infraestruturas carentes, podem degradar a qualidade da tomada de decisão. Esta dependência tecnológica aumenta a vulnerabilidade da supply chain a falhas de rede, ciberataques a provedores de serviços e interrupções de infraestrutura crítica.

4.4.6 DepComplexidade técnica na integração

De acordo com (Mahdikhani & Meena, 2024), integrar o metaverso com sistemas de planeamento, transporte, armazém já existentes é um desafio técnico de elevada complexidade, que envolve interoperabilidade de dados, desenvolvimento de interfaces, padronização de formatos e testes exaustivos. Estudos em gestão de operações mostram que integrações mal conduzidas podem gerar inconsistências entre o que é simulado no ambiente virtual e o que ocorre na operação real, originando decisões incorretas ou atrasos na resposta operacional. Adicionalmente, a necessidade de garantir escalabilidade e desempenho em tempo real torna a arquitetura de sistemas um fator crítico de risco.

4.4.7 Barreiras de competências técnicas

A adoção do metaverso é ainda condicionada pela disponibilidade de profissionais com competências em desenvolvimento 3D, ciência de dados, cibersegurança, integração de sistemas e gestão de plataformas imersivas, afirma (Alsmadia et al., 2022). A escassez de talento especializado aumenta a dependência de consultores externos e customização das soluções. Esta lacuna de contenciosidade pode atrasar a implementação, limitar o uso avançado das ferramentas e dificultar a captura plena dos benefícios associados ao metaverso na supply chain, afirma (Mahdikhani & Meena, 2024)

Capítulo 5 - Abordagem Teórica

5.1 Abordagem Teórica

No decorrer da revisão de literatura desenvolvida nos capítulos 2, 3 e 4 desta dissertação, foram apresentados diferentes contributos científicos sobre o papel do metaverso e das tecnologias digitais emergentes nas organizações e, em particular, na gestão da cadeia de abastecimento. Estes estudos permitiram identificar tanto o potencial transformador destas tecnologias ao nível da visibilidade, coordenação, eficiência e sustentabilidade como um conjunto de desafios associados à sua adoção, tais como requisitos tecnológicos, competências humanas, riscos de segurança e barreiras organizacionais. A partir desta análise crítica emergiram as principais questões de investigação que orientam o presente trabalho, centradas na possibilidade de implementação do metaverso na supply chain na perceção de valor da utilização de tecnologias digitais emergentes na gestão de stock e armazenamento.

A questão de investigação foi formulada com base na convergência entre os conceitos de metaverso e supply chain analisados nos capítulos 2, 3 e 4, bem como nos estudos que discutem as aplicações práticas do metaverso em contextos logísticos e operacionais. Investigações recentes sublinham que o metaverso, suportado por uma realidade virtual, gêmeos digitais, cloud computing e conectividade avançada, pode criar réplicas virtuais de redes logísticas, permitindo simular cenários, monitorizar fluxos em tempo real e apoiar a tomada de decisão colaborativa entre múltiplos atores de cadeia de abastecimento. Em simultâneo, a literatura evidencia que a adoção desta tecnologia depende de condições estruturais, nomeadamente infraestruturas digitais adequadas, integração com sistemas exigentes e modelos de governação que assegurem segurança, privacidade e alinhamento estratégico. Assim, a questão de investigação deste estudo é: **Quais são os benefícios, recursos e competências necessárias, riscos e desafios que estão envolvidos na possibilidade de implementação do metaverso na supply chain?**

Esta questão constitui a base para a construção do modelo de investigação e para a definição da metodologia apresentada no capítulo seguinte, permitindo testar, em contexto empírico, até que ponto as oportunidades e limitações descritas pela literatura encontram correspondência nas perceções dos inquiridos e nas condições reais de implementação do metaverso na cadeia de abastecimento.

Capítulo 6 – Metodologia

6.1 Metodologia

Segundo (Tarski, 1942), a metodologia da investigação é uma disciplina oriunda da lógica que tem como objetivo o estudo do método científico, isto é, o conjunto de processos sistemáticos reconhecidos pela comunidade científica como válidos para a exposição e confirmação de uma dada teoria. Nesta perspectiva, o método científico corresponde a um encadeamento de práticas planeadas que permite formular, testar e discutir hipóteses de forma rigorosa e transparente. À luz do critério de classificação de pesquisa proposto por Vergara (2006) e Vilelas (2020), a metodologia utilizada nesta dissertação pode ser caracterizada quanto aos fins e quanto aos meios. Quanto aos fins, trata-se de uma investigação aplicada e exploratória, uma vez que procura compreender o potencial e as condições de implementação do metaverso na supply chain, bem como o valor percebido na utilização de tecnologias digitais emergentes em processos de gestão de stock e armazenamento. Quanto aos meios, a investigação assenta num estudo de campo suportado por um inquérito por questionário e numa pesquisa bibliográfica que recorre a livros, relatórios e, sobretudo, a artigos científicos indexados em bases de dados internacionais.

No capítulo anterior foram apresentadas duas questões de investigação principais (i) se existe a possibilidade de implementação do metaverso na supply chain; e (ii) em que medida os decisores veem valor na utilização de tecnologias digitais emergentes, como inteligência artificial, realidade virtual e realidade aumentada, para otimizar a gestão de stock e armazenamento. Para responder a estas interrogações optou-se por uma abordagem predominante quantitativa, operacionalizada através da elaboração de um inquérito em formato estruturado.

De acordo com Bhattacherjee (2012), o questionário é um instrumento que organiza um conjunto de questões padronizadas com o objetivo de recolher respostas comparáveis entre diferentes participantes, sendo particularmente adequado quando a unidade de análise são pessoas e se pretende medir perceções, atitudes e expectativas. Vilelas (2020) realça que este método é amplamente utilizado na área da gestão, pois permite recolher dados de forma económica, obter amostras de maior dimensão e facilitar o tratamento estatístico, reduzindo erros associados à recolha manual de informação.

Tal como referem Carmo e Ferreira (2008), no inquérito por questionário o investigador está ausente no ato de inquirição, o que contribui para reduzir a influência direta do investigador

nas respostas. As questões foram formuladas com um grau elevado de clareza, recorrendo a um questionário estruturado composto maioritariamente por perguntas fechadas, de modo a garantir que os itens eram compreensivos e não ambíguos para os inquiridos. À semelhança da tipologia proposta por Carmo e Ferreira (2008), o instrumento integra perguntas de identificação (género, idade, habilitações académicas e experiência profissional na área de supply chain ou gestão), perguntas de informação (relativamente ao conhecimento do metaverso e tecnologias emergentes na supply chain) e perguntas de centro, focadas nas perceções sobre benefícios, riscos, recursos necessários e competências necessárias de adoção do metaverso. Nas questões relativas à avaliação de opiniões e atitudes, recorreu-se a uma escala tipo Likert de sete pontos, permitindo aos inquiridos indicar o seu grau de concordância ou discordância face a afirmações sobre o potencial do metaverso, desafios de implementação e valor na otimização de processos logísticos, método considerado adequado para captar informação submetia como perceções e atitudes (Cohen et al., 2017)

À semelhança do que defendem (Goyder & de Vaus, 1987) e Carmo e Ferreira (2008), definiu-se em primeiro lugar a população-alvo e, numa fase subsequente, a amostra. A população-alvo desta investigação corresponde a profissionais e estudantes com ligações às áreas de supply chain, logística, gestão ou tecnologias digitais, uma vez que estes grupos detêm conhecimento ou experiência relevantes para avaliar a possibilidade de adoção do metaverso na cadeia de abastecimento. A investigação assume um cariz pragmático ou **indutivo**[1], pois procura, a partir das respostas recolhidas, identificar padrões e revelações entre variáveis que possam clarificar as condições e o valor percecionado da implementação destas tecnologias. A amostra foi selecionada através de um método não probabilístico por **conveniência**[2], constituída de acordo com a disponibilidade e a acessibilidade dos elementos abordados (Carmo e Ferreira, 2008). Tal como sustenta Battaglia (2008), este tipo de amostragem é frequentemente exploratório pela rapidez na obtenção de respostas; contudo, (Saunders et al., 2009) alerta que a sua natureza não aleatória torna as amostras mais suscetíveis a vieses e limita a possibilidade de generalizar rigorosamente os resultados à população.

[1] Não se pretende chegar a conclusões verdadeiras a partir de premissas igualmente verdadeiras (método dedutivo), mas pelo meio da indução mensurar um conjunto de fenómenos sociais em estudo a fim de se chegar a um conjunto de probabilidades que permitam fazer comparações e descobrir relações existentes entre eles.

[2] Este tipo de amostragem não é representativa da população. Ocorre quando a participação é voluntária ou os elementos da amostra são escolhidos por uma questão de conveniência. Neste caso, o processo amostral foi constituído por um conjunto de indivíduos aos quais lhes foi pedido que respondessem a um conjunto de questões de um questionário e que apenas alguns o fizeram. Ou seja, a amostra foi constituída pelos elementos que colaboraram, não podendo por isso ser representativa, pelo que os resultados desta investigação terão de ser lidos com muitas cautelas a fim de se poderem generalizar à população em geral.

No âmbito desta dissertação, o processo metodológico seguiu, de forma sequencial, três grandes etapas. Numa primeira fase, foi desenvolvida a revisão da literatura sobre metaverso, supply chain e tecnologias digitais emergentes, a partir de bases de dados científicas internacionais, com destaque para editoras como Elsevier, permitindo identificar conceitos-chave, benefícios, riscos e recursos necessários à adoção do metaverso. Numa segunda fase, com base na literatura e nas questões de investigação, procedeu-se à construção do questionário, à sua pré-testagem em pequeno grupo para verificação de clareza e, posteriormente, à sua aplicação à amostra definida. Numa terceira fase, os dados recolhidos foram tratados por meio de técnicas de análise quantitativa descritiva e, quando pertinente, os resultados foram discutidos à luz dos contributos teóricos anteriormente apresentados.

É importante destacar que a investigação adota uma abordagem pragmática e indutiva e foi conduzida através de um método de amostragem não probabilístico por conveniência. O objetivo passava por recolher perceções de profissionais e estudantes com experiência ou contacto relevante com a área da supply chain e gestão da cadeia de abastecimento. Assim, a amostra não é representativa de toda a população, uma vez que foi selecionada com base na relevância e acessibilidade dos participantes face ao tema de investigação. O enquadramento metodológico foi estruturado como o mais adequado para alcançar o objetivo definido e responder à questão de investigação: "Quais são os principais benefícios, riscos e desafios, competências e recursos necessários para a implementação do metaverso na supply chain?". A relação entre o objetivo, a questão de investigação, a revisão de literatura, metodologia e as questões do questionário encontra-se sintetizada na tabela 6.1

Tabela 6.1- Relação entre o objetivo, a questão de investigação, a revisão da literatura, a metodologia e as questões do questionário.

Objetivo	**Questão**	**Revisão de Literatura**	**Metodologia**	**Questões do Questionário**
Identificar os fatores que influenciam a possibilidade de implementação	Quais são os benefícios, riscos e desafios, competências e recursos	Treiblmaier et al., 2025; Chen et al., 2023 ; Sadeghi R. et al., 2025 ; Laiz-Ibanez et al.,	Abordagem quantitativo, SmartPLS 4	Secção 3 a 7 do questionário

do metaverso na supply chain.	necessários envolvidos na implementação do metaverso na supply chain?	2025; Mahdikhani et al., 2024 ; Saleem Butt et al., 2025 ; Aldi et al., 2024.		

Fonte: Elaboração do Autor

A figura 6.1 apresenta a estrutura sintetizada que orientou o presente estudo. Tal como ilustrado, a investigação foi organizada em três fases principais. Numa primeira fase, foi realizada a revisão de literatura, centrada no conceito e nas tecnologias do metaverso, na evolução história e digitalização da supplay chain e nos potenciais pontos de interseção entre estes dois domínios.

Numa segunda fase, procedeu-se ao trabalho de campo através da elaboração de um questionário estruturado, constituído com base na questão de investigação previamente definida. Por fim, na terceira fase, os dados recolhidos foram submetidos a uma análise quantitativa, com o propósito de identificar as competências de recursos humanos requeridas, os recursos tecnológicos e organizacionais necessários, os benefícios esperados, bem como os riscos e desafios associados à implementação do metaverso na supply chain.

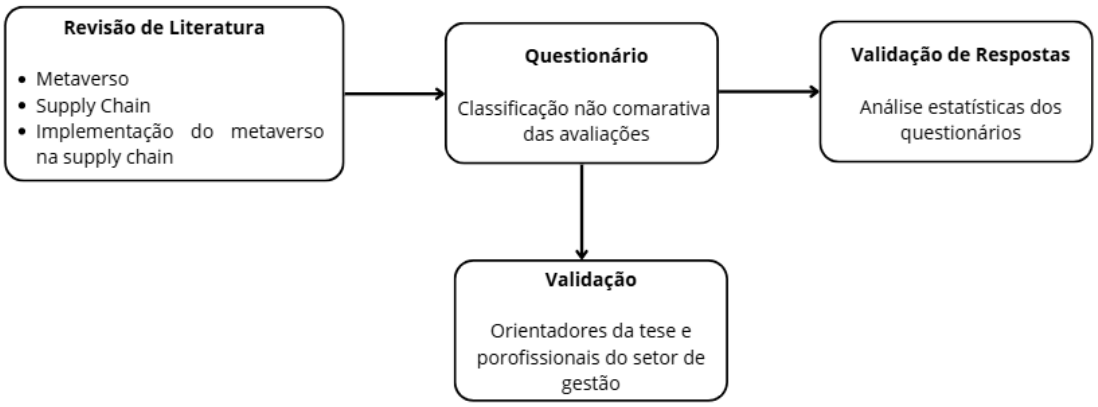


Figura 6.1 - Desenho do modelo de investigação. Fonte: Elaboração do autor.

No que diz respeito à validade externa, isto é, ao grau em que os resultados podem ser generalizados para outros contextos ou amostras, importa salientar que o presente estudo é limitado pelo seu carácter exploratório. O objetivo central consiste na investigação de um fenómeno emergente para oferecer uma primeira aproximação à implementação do metaverso

na supply chain, uma área em que tanto o conhecimento atual permite aferir, ainda não existem estudos consolidados sobre o tema.

6.2 Modelo de investigação

Tal como referido nos capítulos anteriores, para responder à questão de investigação "Quais são os principais benefícios, riscos e desafios, competências e recursos necessários para a implementação do metaverso na supply chain?", foi realizada uma abordagem quantitativa, com a criação de um questionário, esta abordagem constituiu uma base fundamental para a tomada de decisão informada, de forma a permitir recolher dados empíricos, mensuráveis e comparáveis, a partir dos quais se podem avaliar relações entre as variáveis e identificar padrões de resposta em população especificas, afirma (Bhattacherjee, 2012). Neste contexto, o uso de um questionário é particularmente adequado, afirma Vilelas (2020), uma vez que possibilita a recolha de informações associadas a um número de participantes, com custos reduzidos e maior facilidade no tratamento estatístico dos dados.

No presente estudo, o questionário foi desenhado predominantemente com perguntas fechadas, o que facilita a análise e a interpretação dos resultados, garantindo, simultaneamente, maior objetividade nas respostas, afirma Vilelas (2020). De acordo com Carmo e Ferreira (2008), a utilização de questões fechadas num questionário estruturado contribuiu para uma maior padronização das respostas, compreendidas pelos inquiridos e não dúbias. O Questionário continha perguntas de identificação, com o objetivo de identificar o inquirido através de grupos sociais (como género, idade, habilitações académicas, área de trabalho e experiência profissional), e perguntas de informação, com o objetivo de recolher dados sobre factos e opiniões do inquirido (Carmo e Ferreira, 2008). De acordo com(Marshall, 2005) este tipo de questionário permite aos participantes responder de forma autônoma e em momentos temporalmente convenientes, o que tende a aumentar a taxa de resposta e a promover maior honestidade nas respostas, sobretudo quando é assegurado o anonimato.

Relativamente ao questionário utilizado neste estudo, foi desenvolvido com base na revisão de literatura apresentada nos capítulos 2, 3 e 4 e desenhado através do recurso da Microsoft Forms, que, após a validação dos orientadores do presente estudo, foi partilhado por um link. O questionário era composto por oito secções, a primeira secção era formada por uma questão com o objetivo de identificar o idioma em que o inquirido preferia responder ao questionário (português ou inglês). A segunda secção incluía uma questão de filtragem destinada a confirmar se o inquirido era maior de idade, as secções três a sete tinham o objetivo de abordar

a questão principal da investigação, incidindo sobre a possibilidade de implementação do metaverso na supply chain. As questões apresentadas nestas secções foram estruturadas e de resposta fechada, garantindo clareza e facilidade de interpretação por parte dos inquiridos. Os inquiridos foram convidados a indicar o seu nível de concordância utilizando uma escala de Likert de sete pontos, variando de "Discordo totalmente" (nível 1) a "Concordo totalmente" (nível 7), permitindo uma recolha de informação complexa e subjetiva, nomeadamente perceções, preferências e atitudes (Carmo e Ferreira, 2008). A oitava secção integrou perguntas de escolha múltipla destinadas à recolha de informação sociodemográfica, incluindo género, idade, habilitações académicas e experiência profissional.

As respostas foram recolhidas entre novembro de 2025 e dezembro de 2025, tendo sido obtidas 105 respostas. De seguida os dados foram extraídos em formato Excel e introduzidos no software SmartPLS 4 (Ringle et al., 2024). Este programa permite a modelação de equações estruturais (SEM), um conjunto de técnicas multivariadas, inicialmente desenvolvido por Sewall Wright, que combina aspetos de análise fatorial e da regressão, possibilitando ao investigador identificar tendências de desenvolvimento e explorar relações de causa-efeito entre as variáveis em estudo (Hair et al., 2017). Esta abordagem estatística baseia-se num conjunto de equações cujos parâmetros são estimados a partir de observações empíricas, permitindo a avaliação simultânea de padrões complexos e múltiplas relações entre as variáveis diretas (como benefícios, riscos, desafios, competências e recursos necessários).

Para a aplicação da SEM, os investigadores recomendam frequentemente uma abordagem em duas etapas, com o objetivo de avaliar de forma completa o ajustamento e a validade do modelo (Anderson & Gerbing, 1988). Numa primeira fase, procede-se à avaliação do modelo de medida e da validade dos construtos, garantindo que as variáveis são corretamente representadas. Numa segunda etapa, de acordo com os mesmos autores, é testado o modelo estrutural, incluindo a análise significativa das relações entre as variáveis e a avaliação das interações e dos efeitos entre construtos. (Hair et al., 2017) Reforça que o modelo estrutural deve apenas ser testado após a confirmação de uma avaliação prévia do modelo de medida e dos construtos, uma vez que, na ausência desta validação, não é possível compreender corretamente o significado dos construtos analisados. A figura 6.2 e a tabela 6.2 apresentam, em detalhe, o modelo conceptual desenvolvido para responder à questão de investigação deste estudo, bem como a estrutura de relações proposta entre os construtos, que será testada através da modelação de equações estruturais. Com base nesse modelo, foram formuladas as seguintes hipóteses:

H1: Os benefícios estão associados positivamente à possibilidade de implementar o metaverso na supply chain.

H2: Os recursos necessários estão associados positivamente à possibilidade de implementar o metaverso na supply chain.

H3: Os riscos e desafios estão associados negativamente à possibilidade de implementar o metaverso na supply chain.

H4: As competências necessárias estão associadas positivamente à possibilidade de implementar o metaverso na supply chain.

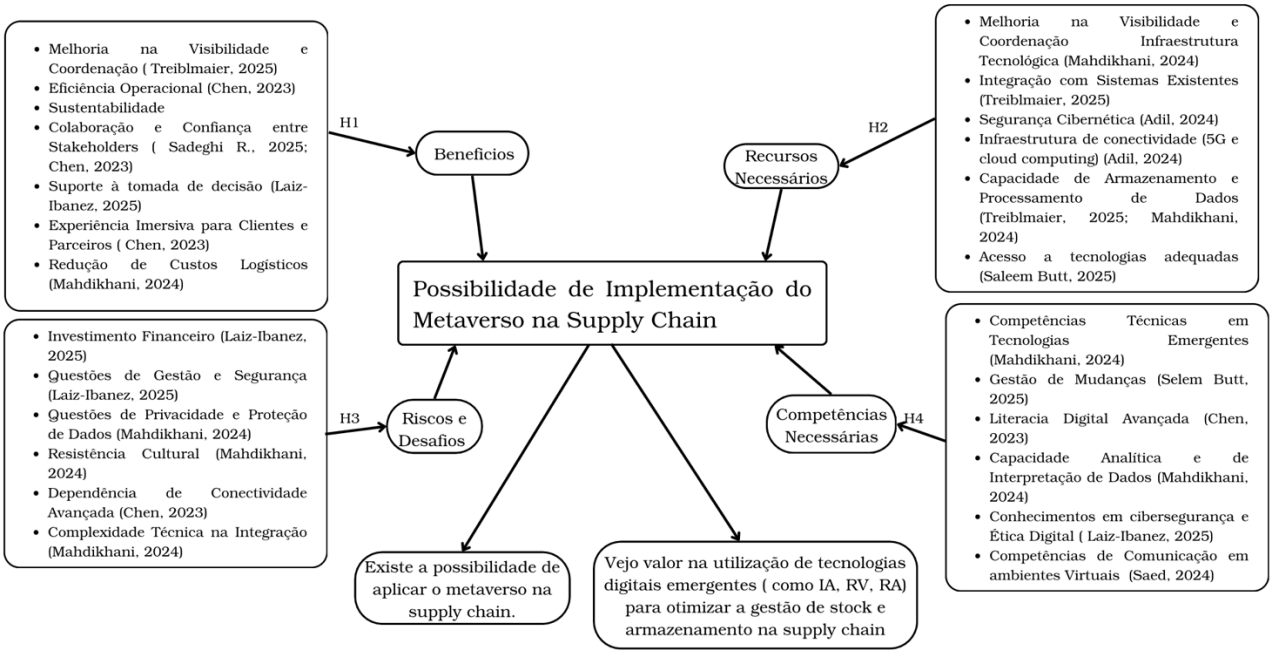


Figura 6.2 - Modelo conceptual e hipóteses para teste no SmartPLS 4. Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 6.2 - Relação entre as variáveis do modelo conceptual e os itens do questionário.

Variável dependente	Afirmação
Possibilidade de implementação do metaverso na supplay chain	Existe a possibilidade de aplicar o metaverso na supply chain.
	Vejo valor na utilização de tecnologias digitais emergentes (como inteligência artificial, realidade virtual e realidade aumentada) para otimizar a gestão de stock e armazenamento na supply chain.

Variavel Independente	Indicador	Afirmação
Benefícios da implementação do metaverso na Supply Chain	Melhoria na Visibilidade e Coordenação	Melhoria na Visibilidade e Coordenação é um benefício da implementação do metaverso na supply chain.
	Eficiência Operacional	Eficiência Operacional é um benefício da implementação do metaverso na supply chain.
	Sustentabilidade	Sustentabilidade é um benefício da implementação do metaverso na supply chain.
	Colaboração e Confiança entre Stakeholders	Colaboração e confiança em stakeholders é um benefício da implementação do metaverso na supply chain.
	Suporte à tomada de decisão	Suporte à tomada de decisão é um benefício da implementação do metaverso na supply chain
	Experiência Imersiva para Clientes e Parceiros	Experiência Imersiva para Clientes e Parceiros é um benefício da implementação do metaverso na supply chain.
	Redução de Custos Logísticos	Redução de custos logísticos é um benefício da implementação do metaverso na supply chain.
Recursos Necessários Para a Implemetação do	Infraestrutura Tecnológica	Infraestruturas tecnológicas são um recurso necessário

metaverso na Supply Chain		para a implementação do metaverso na supply chain.
	Integração com Sistemas Existentes	Integração com sistemas existentes é um recurso necessário para a implementação do metaverso na supply chain.
	Segurança Cibernética	Segurança cibernética é um recurso necessário para a implementação do metaverso na supply chain.
	Infraestrutura de conectividade (5G e cloud computing)	Infraestrutura de conectividade (5G e cloud computing) é um recurso necessário para a implementação do metaverso na supply chain.
	Capacidade de Armazenamento e Processamento de Dados	Capacidade de Armazenamento e Processamento de Dados é um recurso necessário para a implementação do metaverso na supply chain.
	Acesso a tecnologias adequadas	Acesso a tecnologias adequadas é um recurso necessário para a implemnetação do metaverso na supply chain.
Competências Necessárias	Competências Técnicas em Tecnologias Emergentes	Competências Técnicas em Tecnologias Emergentes é uma competência necessária para a

		implementação do metaverso na supply chain.
	Gestão de Mudanças	Gestão de Mudanças é uma competência necessária para a implementação do metaverso na supply chain.
	Literacia Digital Avançada	Literacia Digital Avançada é uma competência necessária para a implementação do metaverso na supply chain.
	Capacidade Analítica e de Interpretação de Dados	Capacidade Analítica e de Interpretação de Dados é uma competência necessária para a implementação do metaverso na supply chain.
	Conhecimentos em cibersegurança e Ética Digital	Conhecimentos em cibersegurança e Ética Digital é uma competência necessária para a implementação do metaverso na supply chain.
	Competências de Comunicação em ambientes Virtuais	Competências de comunicação em ambientes Virtuais é uma competência necessária para a implementação do metaverso na supply chain.
	Programação e Desenvolvimento de Soluções Virtuais	Programação e Desenvolvimento de Soluções Virtuais é uma competência necessária para a implementação do metaverso na supply chain.

Riscos e Desafios	Investimento Financeiro	Investimento Financeiro é um risco e um desafio para a implementação do metaverso na supply chain.
	Questões de Gestão e Segurança	Questões de governação e Segurança é um risco e um desafio para a implementação do metaverso na supply chain.
	Questões de Privacidade e Proteção de Dados	Questões de privacidade e Proteção de Dados é um risco e um desafio para a implementação do metaverso na supply chain.
	Resistência Cultural	Resitência Cultural é um risco e um desafio para a implementação do metaverso na supply chain.
	Dependência de Conectividade Avançada	Dependência de Conectividade Avançada é um risco e um desafio para a implementação do metaverso na supply chain.
	Complexidade Técnica na Integração	Complexidade Técnica na Integração é um risco e um desafio para a implementação do metaverso na supply chain.

Fonte: Elaboração do autor.

6.3 Descrição da amostra

A amostra do presente estudo é composta por 105 inquiridos. Tal como referido anteriormente, trata-se de uma amostra não probabilística, uma vez que os participantes foram selecionados com base na sua disponibilidade e enquadramento no contexto do estudo. Os inquiridos

apresentam formações académicas e experiências profissionais bastante diversificadas, permitindo recolher diferentes perspetivas relevantes para a análise da possibilidade de implementação do metaverso na supply chain. Foi realizada uma análise das variáveis sociodemográficas, com o intuito de caracterizar os respondentes em função do género, idade, área de estudo e anos de experiência profissional, de forma a compreender o perfil académico e profissional da amostra. Os resultados encontram-se na tabela 6.2.

Relativamente ao género, 55 inquiridos (53%) identificam-se como do sexo masculino e 49 (47%) como do sexo feminino. Quanto à idade, a maioria dos participantes situa-se no grupo etário dos 18-25 anos (55 inquiridos; 53%), seguida dos 26 aos 35 anos (12 respostas;12%), dos 36 aos 45 anos (10;10%), dos 46 aos 55 anos (19, 18%) e dos 56 aos 65 anos (8,8%). Quanto à área de estudo, podemos concluir que a área de gestão, finanças e economia contém a maior percentagem de respostas com 42% e 44 respostas, de seguida Marketing (13 respostas, 13%), logo de seguida Ciência de Dados/ Estatística (10,10%), logística e supply chain (8,8%) e Engenharia (8,8%). As áreas de tecnologia da informação representam 3% da amostra (3 respostas), enquanto a categoria outro inclui 18 respostas (17%).

No que diz respeito aos anos de experiência profissional, 34 respondestes (33%) possuem mais de 10 anos de experiência, 30 (29%) apresentam entre 1 e 3 anos de experiência, 26 (25%) têm menos de 1 ano de experiência, 8 (8%) situam-se entre os 4 e 6 anos de experiência, e 6 (6%) apresentam entre 7 e 10 anos de experiência profissional. Resumindo, a amostra caracteriza-se por uma diversidade etária, académica e profissional o que contribui para uma análise mais abrangente e equilibrada das diferentes perceções relativas à implementação do metaverso na supply chain.

Tabela 6.3 - Caracterização sociodemográfica da amostra.

Variável	Categoria	R	%
Género	Feminino	49	47
	Masculino	55	53
	Outro	0	0
	Prefiro não dizer	0	0
Idade	18-25	55	53

	26-35	12	12
	36-45	10	10
	46-55	19	18
	56-65	8	8
	66+	0	0
Área de Estudo	Gestão, Economia, Finanças	44	42
	Tecnologia da Informação	3	3
	Logística / Supply chain	8	8
	Engenharia	8	8
	Ciência de Dados / Estatística	10	10
	Marketing	13	13
	Outro	18	17
Anos de experiência profissional	Menos de 1 ano	26	25
	1 – 3 anos	30	29
	4 – 6 Anos	8	8
	7 – 10 anos	6	6
	Mais de 10 anos	34	33

Fonte: Elaboração do autor.

Capítulo 7 – Análise de Dados e Resultados

7.1 Benefícios, Riscos e desafios, competências necessárias e recursos necessários da possibilidade da implementação do metaverso na supply chain

Para analisar o modelo conceptual, de acordo com (Hair et al., 2017), utilizou-se a técnica de mínimos quadrados parciais (PLS), uma abordagem de modelação baseada na variância, através do software SmartPLS (Ringle et al., 2024). A análise e interpretação dos resultados seguiram uma análise de duas etapas, recomendada por (Anderson & Gerbing, 1988). Primeiro, foram avaliadas a fiabilidade e a validade do modelo de medição e, em seguida, o modelo estrutural foi avaliado.

Numa primeira análise, e em linha com as recomendações de (Hair et al., 2017), a qualidade do modelo de medida foi avaliada através da análise da fiabilidade dos indicadores individuais (ou seja, carga dos indicadores), da fiabilidade da consistência interna, da validade convergente e da validade discriminante. Os resultados apresentam valores superiores ao limiar mínimo recomendado de 0,60 (Hair et al., 2017), conforme ilustrado na figura 7 do modelo estrutural, além disso, todas as cargas fatoriais revelaram-se estatisticamente significativas ($p < 0,001$), confirmando a fiabilidade individual dos indicadores.

A confiabilidade da consistência interna foi confirmada através dos valores de Cronbach's alfa e consistência composta CR superiores ao limiar de 0,70 (Hair et al., 2017). Conforme observado por (Hair et al., 2017), embora o construtor Possibilidade de implementação apresente um valor de Cronbach’s alpha ligeiramente inferior a 0,70 ($\alpha = 0,679$), este valor é considerado aceitável em estudos de natureza exploratória, sendo ainda reforçado pelos elevados valores de consistência CR = 0,862, o que valida a fiabilidade deste construto (Hair Jr et al, 2021)

A validade convergente foi avaliada através da variância média extraída (average variance extracted – AVE). De acordo com (Bagozzi & Yi, 1988) os valores de AVE devem ser superiores a 0,50, de forma a garantir que os construtos explicam uma parte significativa da variância dos seus indicadores. Como é possível observar na tabela 4.1, todos os construtos apresentam valores de AVE superiores ao limiar mínimo recomendado, nomeadamente *Benefícios* (0,551), *Competências Necessárias* (0,569), *Possibilidade de implementação* (0,757), *Recursos Necessários* (0,536) e *Riscos e Desafios* (0,619), confirmando a validade convergente do modelo.

A validade discriminante foi avaliada através de duas abordagens. Numa primeira análise, recorreu-se ao critério de Fornell-Larcker, segundo o qual a raiz quadrada da AVE de cada construto (valores apresentados a negrito na diagonal da tabela 7.1) deve ser superior às correlações desse construto com os restantes. Conforme observado na tabela 7.1, este critério é cumprido para todos os construtos, evidenciando que cada variável latente é empiricamente distinta das restantes. Além disso, a validade discriminante também foi analisada através do critério do HTMT (heterotrait-monotrait ratio), conforme recomendado por (Hair et al., 2017), oferecendo uma recomendação mais sensível ao comparar as correlações médias entre os construtos (Henseler et al., 2015). De acordo com estes autores, os valores de HTMT devem ser inferiores a 0,85 de modo a garantir uma validade discriminante adequada. Os resultados obtidos encontram-se de modo geral dentro dos valores recomendados, reforçando a validação discriminante do modelo de medição.

Neste estudo, todos os resultados obtidos demonstram que o modelo de medição apresenta níveis adequados de fiabilidade e validade, permitindo avançar para a análise do modelo estrutural. Ainda assim, importa realçar que entre os construtos benefícios e possibilidade de implementação, é possível observar uma relação elevada, refletida num valor de HTMT ligeiramente superior ao limiar de aceite. Contudo, esta proximidade pode ser considerada teoricamente expectável, uma vez que a percepção dos benefícios está diretamente associada à percepção da possibilidade de implementação do metaverso. Os restantes critérios de validade discriminante são cumpridos e todos os construtos apresentam níveis adequados de validade convergente, de modo a não serem postas em causa mais preocupações relevantes quanto à qualidade do modelo de medição.

Tabela 7.1 - Fiabilidade compósita, variância média extraída, correlações e verificação da validade discriminante.

Construtos	α	CR	AVE	1	2	3	4	5
Benefícios (1)	0,861	0,883	0,551	**0,742**	0,632	0,731	0,689	0,465
Competências (2)	0,852	0,866	0,569	0,737	**0,755**	0,557	0,755	0,611
Possibilidade de Implementação (3)	0,679	0,679	0,757	0,933	0,689	**0,870**	0,610	0,455
Recursos Necessários (4)	0,822	0,844	0,536	0,823	0,870	0,791	**0,732**	0,624
Riscos e desafios (5)	0,874	0,891	0,610	0,522	0,668	0,558	0,703	**0,781**

Nota: *α = alfa de Cronbach; CR = fiabilidade composta; AVE = variância média extraída. Os valores a negrito na diagonal correspondem às raízes quadradas da AVE. Abaixo da diagonal encontram-se as correlações entre os construtos; acima da diagonal estão apresentados os rácios HTMT. A indicação "n/a" refere-se a valores não aplicáveis a construtos de item único, para os quais não são calculados os valores de α, CR e AVE.*

Fonte: *Elaboração da Autor.*

Antes da análise das relações estruturais, foi igualmente verificada a inexistência de problemas de colinearidade através do Variance Inflation Factor (VIF); estes valores variam de 1,339 a 3,074, bem abaixo do limiar crítico de 5, indicando a ausência de problemas de multicolinearidade que possam comprometer a interpretação do modelo estrutural (Hair et al., 2017).

Relativamente ao modelo estrutural, este foi avaliado em três etapas, de acordo com (Hair et al., 2017). Primeiro são analisados o sinal, a magnitude e a significância dos coeficientes do caminho estrutural. Em seguida, de forma a conseguir medir a precisão preditiva do modelo, foi avaliado o valor do R^2 das variáveis endógenas e, por fim, o valor Q^2 de Stone-Geisser foi tido em consideração como um indicador de relevância preditiva. Os resultados são apresentados na tabela 7.2.

Em relação à capacidade explicativa do modelo, os valores de R^2 indicam que a possibilidade de implementação do metaverso na supply chain explica 53,5% da variância dos Benefícios, 31,1% das Competências Necessárias, 37,3% dos Recursos Necessários e 20,7% dos riscos e Desafios, evidenciando uma capacidade explicativa moderada a substancial. (hair et al., 2017).

Relativamente às relações diretas entre os construtos, os resultados apresentados na tabela 7.2 demonstram que a Possibilidade de Implementação provoca um efeito positivo e estatisticamente significativo sobre todas as variáveis endógenas analisadas. No caso dos Benefícios verifica-se um forte efeito sobre a hipótese H1 ($\beta = 0{,}731$; $p < 0{,}001$). É possível observar igualmente efeitos positivos e significativos sobre os Recursos Necessários ($\beta = 0{,}610$; $p < 0{,}001$) e sobre as Competências Necessárias ($\beta = 0{,}557$; $p < 0{,}001$), permitindo confirmar as hipóteses H3 e H2, respetivamente. Por último, os Riscos e Desafios apresentam um efeito positivo e significativo ($\beta = 0{,}455$; $p < 0{,}001$) sobre a possibilidade de implementação, confirmando a hipótese H4.

Os resultados do modelo estrutural validam todas as hipóteses formuladas e evidenciam o papel central da Possibilidade de Implementação do Metaverso na Supply Chain no modelo conceptual proposto.

Tabela 7.2 - Avaliação do modelo estrutural.

Hipóteses: Relação	Path Coefficient	STDEV	T statistics	P-Values	Conclusão
H1: Benefícios → Possibilidade de Implementação	0,731	0,044	16,497	0,000	H1 suportada
H2: Competências necessários → Possibilidade de Implementação	0,557	0,068	8,155	0,000	H2 Suportada
H3: Recursos necessários → Possibilidade de Implementação	0,610	0,063	9,756	0,000	H3 Suportada
H4: Riscos e Desafios → Possibilidade de Implementação	0,455	0,076	5,953	0,000	H4 Suportada

Fonte: elaboração do autor.

Conforme referido anteriormente, o modelo conceptual em análise foi testado através do software SmartPLS 4 (Ringle et al., 2024), em linha com o objetivo desta investigação focada em identificar os fatores que influenciam a possibilidade de implementação do metaverso na supply chain. Com base nos resultados apresentados na figura 7, verifica-se que a Possibilidade de Implementação desempenha papel central no modelo, sendo influenciada diretamente por todos os construtos endógenos analisados. Os benefícios surgem como o fator positivo mais influente ($\beta = 0,731$), destacando o valor atribuído pelos profissionais à perceção das vantagens associadas à adoção do metaverso. Observam-se igualmente efeitos positivos expressivos ao nível dos recursos Necessários ($\beta = 0,610$) e das Competências Necessárias ($\beta = 0,557$), sugerindo que a viabilidade percebida da implementação está diretamente associada ao reconhecimento das capacidades organizacionais precisas. Por outro lado, o efeito positivo sobre os riscos e desafios ($\beta = 0,455$) indica que quanto maior é a perceção de viabilidade da implementação, maior é a consciencialização dos riscos associados à implementação. Estes

resultados reforçam o papel fundamental associado à possibilidade de implementação do metaverso na supply chain.

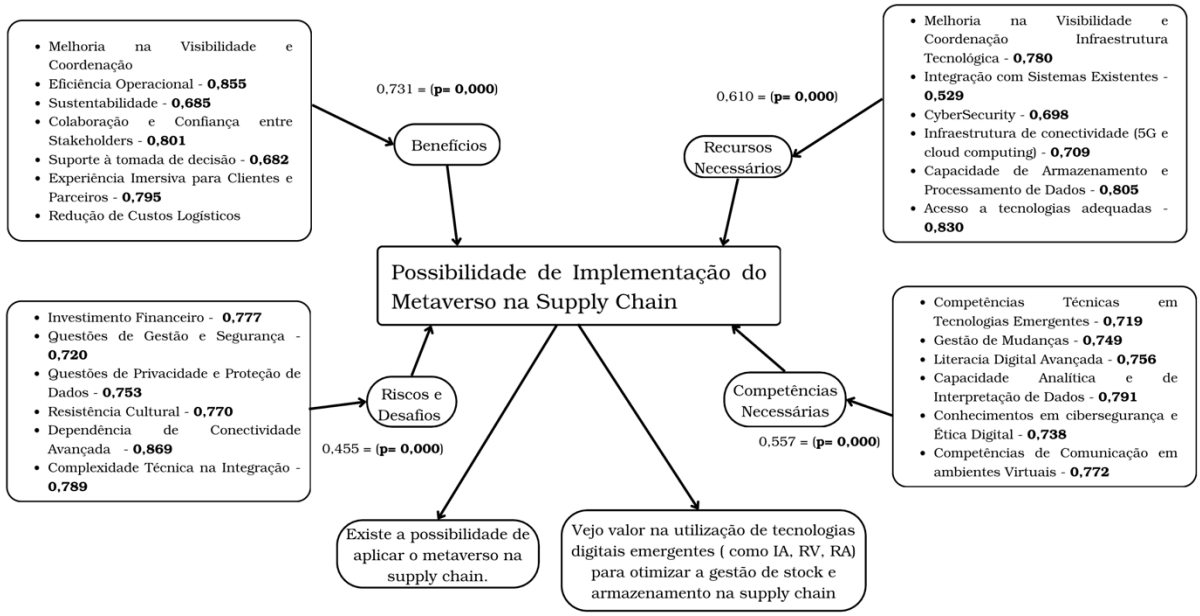


Figura 7.1 - Modelo conceptual testado com o SmartPLS 4 e respetivos valores. Fonte: Elaboração do autor.

A análise realizada permite aprofundar quais são os indicadores específicos, dentro de cada construto, que apresentam maior peso, contribuindo diretamente para responder à questão central de investigação deste estudo; "Quais os principais benefícios, recursos e competências necessárias, riscos e desafios associados à implementação do metaverso na supply chain?". Dentro do construto Recursos Necessários, os indicadores mais relevantes foram associados ao investimento em tecnologias emergentes e à integração/interoperabilidade dos sistemas, evidenciando que a disponibilidade de infraestruturas tecnológicas adequadas e a capacidade de integração entre plataformas digitais constituem fatores fundamentais para a viabilidade de implementação do metaverso. Estes resultados estão alinhados com estudos recentes que reforçam a importância do investimento para apoiar a transformação digital nas cadeias de abastecimento.(Treiblmaier et al., 2025) (Chen et al., 2023)(Laiz-Ibanez et al., 2025)

Relativamente ao construto Benefícios, os indicadores mais relevantes estão associados à melhoria da eficiência operacional, à otimização dos processos logísticos e ao aumento da fiabilidade e transparência da informação, refletindo uma forte orientação para aumento de desempenho e controlo ao longo da supply chain. O foco nos benefícios operacionais e estratégicos do metaverso é consistente com a revisão de literatura, que destaca o seu potencial para melhorar a coordenação, a visibilidade e a tomada de decisão em ambientes logísticos mais complexos (Mahdikhani & Meena, 2024) (Butt et al., 2025).

No que diz respeito às Competências Necessárias, os indicadores mais expressivos dizem respeito à capacidade de liderança, à gestão de mudança e à adaptação organizacional, reforçando a ideia de que a implementação do metaverso não depende exclusivamente de competências técnicas, mas também da capacidade das organizações em gerir processos de mudança e alinhar a cultura organizacional com novas exigências tecnológicas. Estes resultados vão ao encontro dos estudos que salientam o papel central das competências humanas e organizacionais na adoção de tecnologias digitais mais avançadas. (Israr et al., 2024)(Sadeghi R. et al., 2025).

Por último, no construto Riscos e Desafios, destacam-se os indicadores relacionados com questões de segurança, privacidade dos dados e dependência tecnológica, evidenciando que, apesar do potencial do metaverso, ainda existem preocupações relevantes que podem condicionar a sua adoção. A literatura tem vindo a alertar para estes riscos, sublinhando a necessidade de abordagens preventivas e estratégicas de modo a garantir uma implementação segura e sustentável.(Treiblmaier et al., 2025) (Chen et al., 2023)

Estes resultados indicam que a possibilidade de implementação do metaverso na supply chain é reforçada pela percepção clara de benefícios, pela disponibilidade de recursos tecnológicos adequados e pelo desenvolvimento de competências organizacionais bem estruturadas. Contudo, os riscos e desafios identificados continuam a representar desafios relevantes que devem ser geridos de modo a assegurar uma adoção eficaz e sustentável desta tecnologia emergente.

Capítulo 8 – Conclusão

8.1 Principais Resultados

Este estudo identifica os fatores que influenciam a viabilidade da implementação do metaverso na supply chain, contribuindo para um tema ainda pouco explorado empiricamente. Para responder a esse objetivo, foi realizado um estudo empírico com base num questionário aplicado a profissionais com experiência na área, tendo sido obtidas 105 respostas válidas. Os construtos analisados foram adaptados da literatura sobre o metaverso e aplicados ao contexto da supply chain, sendo um tema caracterizado por elevados níveis de complexidade e exigências tecnológicas. Os resultados obtidos mostram que todas as hipóteses formuladas foram suportadas, evidenciando a robustez do modelo conceptual proposto. A análise do modelo estrutural demonstra que a possibilidade de implementação do metaverso assume um papel fundamental, influenciando de forma positiva e estatisticamente significativa todos os construtos endógenos analisados, nomeadamente Benefícios, Recursos Necessários, Competências necessárias e Riscos e Desafios.

Os Benefícios destacam-se como o fator mais influente pela possibilidade de implementação, sugerindo que as vantagens associadas ao metaverso desempenham um papel determinante na avaliação da sua viabilidade. Os resultados indicam que indicadores como a melhoria da eficiência operacional, a otimização dos processos e o aumento da fiabilidade da informação são elementos fundamentais na forma como os profissionais encaram a adoção desta tecnologia emergente. (Treiblmaier et al., 2025)(Chen et al., 2023)(Mahdikhani & Meena, 2024)

Os Recursos Necessários surgem como o segundo fator mais influente, sugerindo que a implementação do metaverso está fortemente associada à disponibilidade de infraestruturas tecnológicas adequadas e à capacidade de integração entre sistemas digitais. Este resultado reforça a necessidade de investimento contínuo em inovação e a interoperabilidade dos sistemas são condições fundamentais para possibilitar a adoção do metaverso na supply chain. (Butt et al., 2025)(Treiblmaier et al., 2025) (Israr et al., 2024). As Competências necessárias apresentam igualmente uma influência positiva, destacando a importância das capacidades organizacionais e humanas no processo de implementação. Os resultados demonstraram que competências relacionadas com liderança, gestão de mudanças e adaptação organizacional são fatores importantes para apoiar a integração do metaverso. (Mahdikhani & Meena, 2024)(Butt et al., 2025)(Laiz-Ibanez et al., 2025)

Por fim, os Riscos e Desafios revelam um efeito positivo significativo, provando que à medida que aumenta a perceção de viabilidade da implementação, aumenta também a necessidade de consciencialização relativa aos riscos associados, sugerindo que os profissionais reconhecem o potencial do metaverso e da mesma forma os seus desafios inerentes à sua adoção, nomeadamente em termos de segurança, dependência tecnológica e impacto organizacional.(Laiz-Ibanez et al., 2025)(Chen et al., 2023)(Mahdikhani & Meena, 2024)

Resumindo, os principais resultados deste estudo indicam que a possibilidade de implementação do metaverso é influenciada de forma positiva através dos benefícios, pela disponibilidade de recursos adequados e pelo desenvolvimento de competências organizacionais, sendo acompanhada por uma crescente conscientização de possíveis riscos e desafios associados. Os resultados obtidos confirmam a importância do modelo proposto e contribuem para uma melhor compreensão dos fatores que influenciam a adoção do metaverso neste contexto.

8.2 Contributos para a Supply Chain

Este estudo contribui para colmatar uma lacuna na literatura ao analisar, de forma exploratória, a possibilidade de implementação do metaverso na supply chain, uma vez que é um tema ainda pouco abordado empiricamente. Embora as discussões sobre o metaverso tenham ganho destaque nos últimos anos, existe uma limitação no que toca ao trabalho empírico que avalia a sua viabilidade num contexto tão fortemente regulado e orientado para a inovação. Ao fornecer um enquadramento conceptual e empírico, o estudo aumenta a compreensão do potencial do metaverso num contexto caracterizado por uma elevada complexidade operacional e exigências tecnológicas.

O modelo proposto disponibiliza um contributo prático para gestores, permitindo que avaliem o grau de preparação das organizações para a implementação do metaverso. Os resultados apresentados, reforçam que os benefícios, recursos e competências necessárias atuem como fatores impulsionadores da implementação, ao contrário dos riscos e desafios que atuam como potenciais barreias, apoiando uma avaliação mais estruturadas e informada da implementação do metaverso

Este estudo contribui tanto para a investigação académica como para a prática organizacional, reforçando a necessidade de investigação futura que analise de forma mais

profunda as oportunidades e os desafios associados à implementação do metaverso na supply chain.

8.3 Limitações do estudo

Embora este estudo apresente contributos relevantes para a compreensão dos fatores que influenciam o metaverso na supply chain, apresenta algumas limitações que devem ser reconhecidas.

Em primeiro lugar, a escassez de investigação empírica que relaciona o metaverso diretamente à supply chain, levou à adaptação de construtos provenientes da literatura mais geral sobre o metaverso e de estudos aplicados a outros setores. Embora esta abordagem assegure fundamentação teórica, poderá haver limitações de alguns resultados no contexto particular da supply chain. A componente empírica apresenta limitações de natureza metodológica. A utilização de uma amostragem não probabilística provoca uma redução representativa da amostra e, consequentemente, limita a generalização dos resultados. Apesar da maioria dos participantes possuírem experiência profissional relevante, a concentração geográfica dos inquiridos poderá ter condicionado a diversidade das perspetivas recolhidas.

Importa ainda referir que o metaverso é um conceito complexo e em evolução, ainda em fase de consolidação, tanto a nível académico como prático. Esta natureza dinâmica dificulta a captação de todas as potenciais implementações em um único modelo conceitual. Variáveis de natureza tecnológica, organizacional ou regulatória, não incluídas no estudo, poderão igualmente influenciar a possibilidade de implementação do metaverso na supply chain.

8.4 Sugestões para Estudos Futuros

Com base nas limitações identificadas no presente estudo, podem ser formuladas várias sugestões para investigações futuras. Futuras investigações deverão aprofundar a análise da implementação do metaverso na supply chain, explorando diferentes setores e contextos organizacionais. A utilização de uma amostra mais ampla e diversificada, bem como a realização de estudos comparativos entre países, poderá contribuir para uma maior generalização dos resultados e para a compreensão de fatores que impactam as organizações. Adicionalmente, o desenvolvimento de estudos longitudinais permitirá acompanhar a evolução das perceções, competências e estratégias de adoção do metaverso ao longo do tempo. Por último, a combinação de abordagens quantitativas e qualitativas oferece uma visão mais

aprofundada dos desafios organizacionais, de liderança e da adaptação cultural associados à implementação do metaverso.

Referências

Al-Mudimigh, A. S., Zairi, M., & Ahmed, A. M. M. (2004). Extending the concept of supply chain: The effective management of value chains. *International Journal of Production Economics*, *87*(3). https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.08.004

Alsmadia, A., Al-Gasaymehb, A., & Alrawashdehc, N. (2022). Uncertain Supply Chain Management. *British Journal of Marketing Studies*, *12*.

Anderson, J. C., & Gerbing, D. W. (1988). Structural Equation Modeling in Practice: A Review and Recommended Two-Step Approach. *Psychological Bulletin*, *103*(3). https://doi.org/10.1037/0033-2909.103.3.411

Aung, N., Dhelim, S., Chen, L., Ning, H., Atzori, L., & Kechadi, T. (2024). Edge-Enabled Metaverse: The Convergence of Metaverse and Mobile Edge Computing. *Tsinghua Science and Technology*, *29*(3). https://doi.org/10.26599/TST.2023.9010052

Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (1988). On the evaluation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *16*(1). https://doi.org/10.1007/BF02723327

Banaeian Far, S., Imani Rad, A., Hosseini Bamakan, S. M., & Rajabzadeh Asaar, M. (2023). Toward Metaverse of everything: Opportunities, challenges, and future directions of the next generation of visual/virtual communications. In *Journal of Network and Computer Applications* (Vol. 217). https://doi.org/10.1016/j.jnca.2023.103675

Buhalis, D., Leung, D., & Lin, M. (2023). Metaverse as a disruptive technology revolutionising tourism management and marketing. In *Tourism Management* (Vol. 97). https://doi.org/10.1016/j.tourman.2023.104724

Butt, A. S., Alghababsheh, M., & Awan, U. (2025). Barriers to the adoption of the Metaverse in digital supply chains. *Journal of Enterprise Information Management*. https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2024-0500

Chai, L., Lai, K. hung, & Zong, L. (2025). How digital transformation enhances supply chain transparency? Based on the perspective of information improvement and resource optimization. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *201*. https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104256

Chen, P. K., Ye, Y., & Huang, X. (2023). The metaverse in supply chain knowledge sharing and resilience contexts: An empirical investigation of factors affecting adoption and acceptance. *Journal of Innovation and Knowledge*, *8*(4). https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100446

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2017). Research Methods in Education. In *Research Methods in Education*. https://doi.org/10.4324/9781315456539

Dhar, P., Rocks, T., Samarasinghe, R. M., Stephenson, G., & Smith, C. (2021). Augmented reality in medical education: students' experiences and learning outcomes. In *Medical Education Online* (Vol. 26, Number 1). https://doi.org/10.1080/10872981.2021.1953953

Dolgui, A., & Ivanov, D. (2023). Metaverse supply chain and operations management. *International Journal of Production Research*, *61*(23). https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2240900

Drljaca, M., & Sesar, V. (2023). Supply chain transportation management. *Transportation Research Procedia*, *74*. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.153

Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Baabdullah, A. M., Ribeiro-Navarrete, S., Giannakis, M., Al-Debei, M. M., Dennehy, D., Metri, B., Buhalis, D., Cheung, C. M. K., Conboy, K., Doyle, R., Dubey, R., Dutot, V., Felix, R., Goyal, D. P., Gustafsson, A., Hinsch, C., Jebabli, I., … Wamba, S. F. (2022). Metaverse beyond the hype:

Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, *66*. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542

Ertz, M., Ouerghemmi, C., & Njika, Y. N. (2024). Impact of the metaverse on sustainability in the construction industry. In *Sustainable Futures* (Vol. 8). https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100335

Goyder, J., & de Vaus, D. A. (1987). Surveys in Social Research. *Canadian Journal of Sociology / Cahiers Canadiens de Sociologie*, *12*(4). https://doi.org/10.2307/3340954

Guo, Y., Liu, F., Song, J. S., & Wang, S. (2025). Supply chain resilience: A review from the inventory management perspective. In *Fundamental Research* (Vol. 5, Number 2). https://doi.org/10.1016/j.fmre.2024.08.002

Hair, J. F., Tomas, H. G., Ringle, C. M., & Marko, S. (2017). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). *International Journal of Research & Method in Education*, *38*(2).

Hair Jr et al. (2021). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: A workbook (p. 197). Springer Nature. In *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal* (Vol. 30, Number July).

Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *43*(1). https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8

Hossan Chowdhury, M. M., & Quaddus, M. A. (2021). Supply chain sustainability practices and governance for mitigating sustainability risk and improving market performance: A dynamic capability perspective. *Journal of Cleaner Production*, *278*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123521

Huynh-The, T., Pham, Q. V., Pham, X. Q., Nguyen, T. T., Han, Z., & Kim, D. S. (2023). Artificial intelligence for the metaverse: A survey. In *Engineering Applications of Artificial Intelligence* (Vol. 117). https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105581

Hwang, G. J., & Chien, S. Y. (2022). Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *3*. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100082

Israr, Adil, Yang, Q., & Israr, Ali. (2024). Cost-efficient microgeneration renewable energy provision dimensioning for sustainable 5G heterogeneous network. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, *39*. https://doi.org/10.1016/j.segan.2024.101493

Jangga, R., Ali, N. M., Ismail, M., & Sahari, N. (2015). Effect of Environmental Uncertainty and Supply Chain Flexibility Towards Supply Chain Innovation: An exploratory Study. *Procedia Economics and Finance*, *31*. https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)01228-9

Khedr, A. M., & S, S. R. (2024). Enhancing supply chain management with deep learning and machine learning techniques: A review. In *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* (Vol. 10, Number 4). https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100379

Kumar, A., Lovén, L., Arshad, M. T., Pirttikangas, S., & Tarkoma, S. (2025). Towards a data fabric framework for industrial metaverse integration. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, *47*. https://doi.org/10.1016/j.suscom.2025.101132

Lahmar, A., Zekhnini, K., Masmoudi, M., & Siddiqui, A. A. (2025). Navigating the sustainable supply chain realm: Revolutionizing from 3.0 to 5.0. *Computers and Industrial Engineering*, *208*. https://doi.org/10.1016/j.cie.2025.111380

Laiz-Ibanez, H., Mendaña-Cuervo, C., & Carus Candas, J. L. (2025). The metaverse: Privacy and information security risks. *International Journal of Information Management Data Insights*, *5*(2). https://doi.org/10.1016/j.jjimei.2025.100373

Lee, L. H., Braud, T., Zhou, P. Y., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., Kumar, A., Bermejo, C., & Hui, P. (2024). All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, *18*(2). https://doi.org/10.1561/1100000095

Li, P., & Zhao, X. (2024). The impact of digital transformation on corporate supply chain management: Evidence from listed companies. *Finance Research Letters*, *60*. https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104890

MacCarthy, B. L., Ahmed, W. A. H., & Demirel, G. (2022). Mapping the supply chain: Why, what and how? *International Journal of Production Economics*, *250*. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108688

Mahdikhani, M., & Meena, P. (2024). Metaverse applications and supply chain innovation: insights from text mining. *Journal of Innovation and Knowledge*, *9*(4). https://doi.org/10.1016/j.jik.2024.100591

Marino, E., Barbieri, L., Bruno, F., & Muzzupappa, M. (2024). Assessing user performance in augmented reality assembly guidance for industry 4.0 operators. *Computers in Industry*, *157–158*. https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104085

Marshall, G. (2005). The purpose, design and administration of a questionnaire for data collection. In *Radiography* (Vol. 11, Number 2). https://doi.org/10.1016/j.radi.2004.09.002

Modgil, S., Gupta, S., Sivarajah, U., & Bhushan, B. (2021). Big data-enabled large-scale group decision making for circular economy: An emerging market context. *Technological Forecasting and Social Change*, *166*. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120607

Mosharraf, M. (2025). Data governance in metaverse: Addressing security threats and countermeasures across the data lifecycle. *Technology in Society*, *82*. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2025.102910

Pan, Z., Yan, J., Takeda, H., Lu, H., Liu, S., Huang, W., Mou, J., & Westland, J. C. (2024). Data- and management-driven metaverse research. In *Data Science and Management* (Vol. 7, Number 2). https://doi.org/10.1016/j.dsm.2023.11.003

Ramadhan, A., Suryodiningrat, S. P., & Mahendra, I. (2023). The Fundamentals of Metaverse: A Review on Types, Components and Opportunities. *Journal of Information and Organizational Sciences*, *47*(1). https://doi.org/10.31341/jios.47.1.8

Sadeghi R., K., Ojha, D., Kaur, P., Mahto, R. V., & Dhir, A. (2025). Metaverse technology in sustainable supply chain management: Experimental findings. *Decision Support Systems*, *191*. https://doi.org/10.1016/j.dss.2025.114423

Saeed, A., Ali, A., & Ashfaq, S. (2024). Employees' training experience in a metaverse environment? Feedback analysis using structural topic modeling. *Technological Forecasting and Social Change*, *208*. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123636

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, a. (2009). Research Methods for Business Students. In *Business* (Vol. 5th).

Singh, R. K. (2024). Building sustainable supply chains: Role of supply chain flexibility in leveraging information system flexibility and supply chain capabilities. *Sustainable Futures*, *8*. https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100368

Tarski, A. (1942). Introduction to Logic and to the Methodology of the Deductive Sciences. *The Modern Schoolman*, *20*(1). https://doi.org/10.5840/schoolman194220114

Treiblmaier, H., Rejeb, A., Tan, T. M., & Ongena, G. (2025). Editorial: Blockchain-driven business models. In *Digital Business*. https://doi.org/10.1016/j.digbus.2025.100154

Vergara, S. C. (2006). Projectos e relatórios de pesquisa em administração. Atlas.

Wiesing, M., Comadran, G., & Slater, M. (2025). Confusing virtual reality with reality – An experimental study. *IScience*, *28*(6). https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.112655

Anexos

Anexo A – questionário

Este estudo é realizado no âmbito do programa de Mestrado em Gestão de Empresas (Master of Business Administration- MSc) no ISCTE Business School, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), para a conclusão do grau de mestre. O estudo destina-se a perceber a possibilidade de implementação do metaverso na Supply chain.

Obrigada pela sua participação!

Para contexto, o metaverso pode ser definido como uma rede massiva e interoperável de mundos virtuais 3D renderizados em tempo real, que podem ser experienciados de forma síncrona e constante por um número ilimitado de utilizadores.

Instruções: As suas respostas devem ser o mais sinceras e reais possíveis, pois todas as respostas são consideradas válidas e não existem respostas erradas. Respeite a ordem e as indicações presentes nas perguntas ao longo de todo o questionário, sendo obrigatório a resposta a todas estas. Os dados recolhidos serão utilizados exclusivamente para fins académicos, garantindo-se o anonimato de todos os participantes.

Para qualquer questão ou informação adicional, por favor contacte a autora do estudo, Bárbara Serra Lopes, através do seguinte endereço de e-mail: bmbsl@iscte-iul.pt

Secção 1

Language

- Portuguese
- English

Secção 2

Idade

Tem mais de 18 anos?

- Sim
- Não

Secção 3

Possibilidade de implementação do metaverso na supplay chain

Numa escala de 1 a 7 em que 1- Discordo Totalmente e 7- Concordo Totalmente, responda como avalia as seguintes afirmações:

- Concorda com a seguinte afirmação: "Existe a possibilidade de aplicar o metaverso na supply chain."
- Concorda com a seguinte afirmação: "Vejo valor na utilização de tecnologias digitais emergentes (como inteligência artificial, realidade virtual e realidade aumentada) para otimizar a gestão de stock e armazenamento na supply chain."

Seção 4

Benefícios da utilização

Numa escala de 1 a 7 em que 1- Discordo Totalmente e 7- Concordo Totalmente, responda como avalia as seguintes afirmações:

- A eficiência operacional são um benefício da implementação do metaverso na supply chain:
- A Melhoria na Visibilidade e Coordenação são um benefício da implementação do metaverso na supply chain:
- A sustentabilidade é um benefício da implementação do metaverso na supply chain:
- O Suporte à tomada de decisão é um benefício da implementação do metaverso na supply chain:
- A experiência Imersiva para Clientes e Parceiros são um benefício da implementação do metaverso na supply chain:
- A Redução de custos Logísticos a longo prazo são um benefício da implementação do metaverso na supply chain:

Secção 5

Recursos Necessários

Numa escala de 1 a 7 em que 1- Discordo Totalmente e 7- Concordo Totalmente, responda como avalia as seguintes afirmações:

- Infraestruturas Tecnológicas são um recurso necessário para a implementação do metaverso na supply chain:
- A Integração com Sistemas Existentes é um recurso necessário para a implementação do metaverso na supply chain:

- A Segurança Cibernética é um recurso necessário para a implementação do metaverso na supply chain:
- Infraestruturas de conectividade (por exemplo: 5G e cloud computing) são um recurso necessário para a implementação do metaverso na supply chain:
- A capacidade de armazenamento e processamento de dados são um recurso necessário para a implementação do metaverso na supply chain:
- O Acesso a tecnologias adequadas é um recurso necessário para a implementação do metaverso na supply chain:

Secção 6

Competências Necessárias

Numa escala de 1 a 7 em que 1- Discordo Totalmente e 7- Concordo Totalmente, responda como avalia as seguintes afirmações:

- As Competências Técnicas em Tecnologias Emergentes são uma competência necessária para a implementação do metaverso na supply chain:
- A literacia digital avançada é uma competência necessária para a implementação do metaverso na supply chain:
- A capacidade analítica e de interpretação de dados é uma competência necessária para a implementação do metaverso na supply chain:
- Conhecimentos em cibersegurança e ética digital é uma competência necessária para a implementação do metaverso na supply chain:
- Competências de comunicação em ambientes virtuais é uma competência necessária para a implementação do metaverso na supply chain:
- Programação e desenvolvimento de soluções virtuais é uma competência necessária para a implementação do metaverso na supply chain:

Secção 7

Riscos e Desafios

Numa escala de 1 a 7 em que 1- Discordo Totalmente e 7- Concordo Totalmente, responda como avalia as seguintes afirmações:

- O investimento financeiro é um risco e um desafio para a implementação do metaverso na supply chain:

- Questões de gestão e segurança são um risco e um desafio para a implementação do metaverso na supply chain:
- A resistência cultural é um risco e um desafio para a implementação do metaverso na supply chain:
- A dependência de conectividade avançada é um risco e um desafio para a implementação do metaverso na supply chain:
- A complexidade técnica na integração é um risco e um desafio para a implementação do metaverso na supply chain:
- As barreiras de competências técnicas são um risco e um desafio para a implementação do metaverso na supply chain:

Secção 8

Dados demográficos

Com que género se identifica?

- Feminino
- Masculino
- Outro
- Prefiro não dizer

Qual a sua idade?

- 18 – 25
- 26 – 35
- 36 – 45
- 46 – 55
- 56 – 65
- 66+

Qual a sua área de estudo?

- Gestão, Economia, Finanças
- Tecnologia da Informação
- Logística/ Supply chain
- Engenharia
- Ciência de dados/ Estatística

- Marketing
- Outro

Se respondeu “outro” na pergunta anterior, diga qual.

Qual o seu nível de escolaridade concluído?

- Ensino básico
- Secundário
- Curso técnico profissional~
- Licenciatura
- Pós-graduação
- Mestrado
- Doutoramento

Quantos anos de experiência profissional possui?

- Menos de 1 ano
- 1 – 3 anos
- 4 – 6 anos
- 7 – 10 anos
- Mais de 10 anos

Anexo B – questionário (inglês)

This study is carried out within the scope of the Master of Business Administration (MSc) program at ISCTE Business School, University Institute of Lisbon (ISCTE-IUL), for the conclusion of the master's degree. The study aims to understand the possibility of implementing the metaverse in the Supply chain.

Thank you for your participation!

For context, the metaverse can be defined as a massive, interoperable network of 3D virtual worlds rendered in real-time, which can be experienced synchronously and constantly by an unlimited number of users.

Instructions: Your answers should be as sincere and real as possible, as all answers are considered valid and there are no wrong answers. Respect the order and indications present in the questions throughout the questionnaire, and it is mandatory to answer all of them. The data

collected will be used exclusively for academic purposes, ensuring the anonymity of all participants.

For any questions or additional information, please contact the author of the study, Bárbara Serra Lopes, at the following email address: bmbsl@iscte-iul.pt

Section 1

Language

- Portuguese
- English

Secção 2

Age

Are you over 18 years old?

- Yes
- No

Section 3

Possibility of implementing the metaverse on the supplay chain

On a scale of 1 to 7 where 1- Strongly Disagree and 7- Strongly Agree, answer how you rate the following statements:

- He agrees with the following statement: "There is a possibility of applying the metaverse in the supply chain."
- He agrees with the following statement: "I see value in using emerging digital technologies (such as artificial intelligence, virtual reality and augmented reality) to optimize stock and storage management in the supply chain."

Section 4

Benefits of using it

On a scale of 1 to 7 where 1- Strongly Disagree and 7- Strongly Agree, answer how you rate the following statements:

- Operational efficiency is a benefit of implementing the metaverse in the supply chain:

- Improved Visibility and Coordination are a benefit of implementing the metaverse in the supply chain:
- Sustainability is a benefit of implementing the metaverse in the supply chain:
- Decision-making support is a benefit of implementing the metaverse in the supply chain:
- The Immersive Experience for Customers and Partners is a benefit of implementing the metaverse in the supply chain:
- Long-term Logistics cost reduction is a benefit of implementing the metaverse in the supply chain.

Section 5

Required Resources

On a scale of 1 to 7 where 1- Strongly Disagree and 7- Strongly Agree, answer how you rate the following statements:

- Technology Infrastructures are a necessary resource for the implementation of the metaverse in the supply chain:
- Integration with Existing Systems is a necessary feature for implementing the metaverse in the supply chain:
- Cybersecurity is a necessary resource for the implementation of the metaverse in the supply chain:
- Connectivity infrastructures (e.g., 5G and cloud computing) are a necessary resource for implementing the metaverse in the supply chain:
- Data storage and processing capacity is a necessary resource for the implementation of the metaverse in the supply chain:
- Access to appropriate technologies is a necessary resource for the implementation of the metaverse in the supply chain:

Section 6

Required Skills

On a scale of 1 to 7 where 1- Strongly Disagree and 7- Strongly Agree, answer how you rate the following statements:

- The Technical Skills in Emerging Technologies are a necessary competency for the implementation of the metaverse in the supply chain:
- Advanced digital literacy is a necessary skill for the implementation of the metaverse in the supply chain:
- Analytical and data interpretation skills are a necessary skill for the implementation of the metaverse in the supply chain:
- Knowledge in cybersecurity and digital ethics is a necessary skill for the implementation of the metaverse in the supply chain:
- Communication skills in virtual environments is a necessary skill for the implementation of the metaverse in the supply chain:
- Programming and development of virtual solutions is a necessary skill for the implementation of the metaverse in the supply chain:

Section 7

Risks and Challenges

On a scale of 1 to 7 where 1- Strongly Disagree and 7- Strongly Agree, answer how you rate the following statements:

- Financial investment is both a risk and a challenge for the implementation of the metaverse in the supply chain:
- Management and security issues are a risk and a challenge for the implementation of the metaverse in the supply chain:
- Cultural resistance is a risk and a challenge for the implementation of the metaverse in the supply chain:
- Reliance on advanced connectivity is a risk and challenge for implementing the metaverse in the supply chain:
- Technical complexity in integration is a risk and a challenge for the implementation of the metaverse in the supply chain:
- Technical skills barriers are a risk and a challenge for the implementation of the metaverse in the supply chain:

Section 8

Demographics

What gender do you identify with?

- Women
- Male
- Other
- I prefer not to say

How old are you?

- 18 – 25
- 26 – 35
- 36 – 45
- 46 – 55
- 56 – 65
- 66+

What is your area of study?

- Management, Economics, Finance
- Information Technology
- Logistics/ Supply chain
- Engineering
- Data Science/ Statistics
- Marketing
- Other

If you answered "other" in the previous question, say which one.

What is your level of education completed?

- Basic education
- Secondary
- Professional technical course~
- Bachelor's degree
- Postgraduate
- Master's Degree
- PhD

How many years of professional experience do you have?

- Less than 1 year
- 1 – 3 years
- 4 – 6 years
- 7 – 10 years
- More than 10 years