

# **ESTUDO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DOS *SMART LOCKERS* NA LOGÍSTICA DE ÚLTIMA MILHA EM PORTUGAL**

Francisco Tiago Salgueiro Peixoto

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto para  
obtenção do Grau de Mestre em Logística

Orientado por: Professora Doutora Isabel Cristina da Silva Lopes

Porto, 16 de julho de 2025

(FOLHA EM BRANCO)

# **ESTUDO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DOS *SMART LOCKERS* NA LOGÍSTICA DE ÚLTIMA MILHA EM PORTUGAL**

Francisco Tiago Salgueiro Peixoto

Orientado por: Professora Doutora Isabel Cristina da Silva Lopes

Esta Dissertação inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri

Porto, 16 de julho de 2025

## Resumo

A logística de última milha é uma das etapas mais complexas no processo logístico, que se traduz na movimentação de mercadorias desde o ponto de expedição até ao destino final. Embora possa parecer um processo simples, envolve múltiplas variáveis, sendo essencial obter a máxima eficiência no decorrer do processo, conjugando sempre que possível a entrega no menor tempo possível, com um custo reduzido e com a oferta da melhor qualidade de serviço.

Com o aumento ao longo dos anos do comércio eletrónico houve necessidade de criar soluções logísticas urbanas que conseguissem ser cada vez mais eficientes, inovadoras e sustentáveis. A solução passa por encontrar tecnologias que tragam uma maior flexibilidade e conveniência ao consumidor final, aliado cada vez mais a um transporte sustentável.

Em Portugal à semelhança de outros países já existem várias soluções que se encontram a ser implementadas de forma a melhorar a operação logística. A presente dissertação tem como principal objetivo avaliar uma dessas soluções, nomeadamente o processo de implementação do sistema *Smart Lockers* no nosso país, a partir de três vertentes: o contexto da dimensão da rede em comparação com outros países europeus, a relação entre o crescimento do *E-commerce* e a aceitação dos consumidores por esta solução de entrega e o contributo que esta tecnologia traz para a sustentabilidade ambiental.

Após análise e discussão dos resultados, foi possível verificar que em termos ambientais, a centralização das encomendas em *Smart Lockers* revelou-se eficaz na redução da pegada de carbono, mas a baixa densidade da rede aliada à falta de sensibilização limita o seu potencial. Apesar do crescimento do *E-commerce* ter aumentado a expansão da rede, os consumidores portugueses ainda continuam a preferir outros métodos de entrega.

Em suma, de forma a potencializar a utilização deste método de entrega é fundamental investir na sua infraestrutura e promover ações de marketing focadas para a conveniência e sustentabilidade da sua utilização.

Palavras-chave: *Smart Lockers*, Sustentabilidade, Logística de última milha, *E-commerce*

## Abstract

Last-mile logistics is one of the most complex stages in the logistics process. It involves moving goods from the point of dispatch to their destination. Although it may seem like a simple process, it involves multiple variables and it is essential to achieve maximum efficiency throughout the process, combining delivery in the shortest possible time, at a reduced cost, and offering the best quality of service.

As *E-commerce* has grown over the years, there has been a need to create urban logistics solutions that are increasingly efficient, innovative and sustainable. The solution is to find technologies that bring greater flexibility and convenience to the consumer, combined with sustainable transportation.

In Portugal, as in other countries, several solutions are already being implemented to improve logistics operations. The main aim of this dissertation is to evaluate one of these solutions, namely the process of implementing the *Smart Lockers* system in our country, based on three aspects: the size of the network compared to other European countries, the relationship between the growth of *E-commerce* and consumer acceptance of this delivery solution and the contribution that this technology makes to environmental sustainability.

After analyzing and discussing the results, it was possible to see that in environmental terms, the centralization of parcels in *Smart Lockers* has proved to be effective in reducing the carbon footprint, but the low density of the network combined with a lack of awareness limits its potential. Although the growth of *E-commerce* has increased the expansion of the network, Portuguese consumers still prefer other delivery methods.

In short, to boost the use of this delivery method, it is essential to invest in its infrastructure and promote marketing actions focused on the convenience and sustainability of its use.

Keywords: *Smart Lockers*, Sustainability, Last-mile logistics, *E-commerce*

## Resumen

La logística de última milla es una de las etapas más complejas del proceso logístico. Consiste en trasladar las mercancías desde el punto de expedición hasta su destino final. Aunque pueda parecer un proceso sencillo, en él intervienen múltiples variables y es esencial lograr la máxima eficacia en todo el proceso, combinando la entrega en el menor tiempo posible, a un coste reducido y ofreciendo la mejor calidad de servicio.

Con el crecimiento del comercio electrónico a lo largo de los años, ha surgido la necesidad de crear soluciones logísticas urbanas cada vez más eficientes, innovadoras y sostenibles. La solución es encontrar tecnologías que aporten mayor flexibilidad y comodidad al consumidor final, combinadas con un transporte sostenible.

En Portugal, como en otros países, ya se están aplicando diversas soluciones para mejorar las operaciones logísticas. El objetivo principal de esta disertación es evaluar una de estas soluciones, a saber, el proceso de implantación del sistema *Smart Lockers* en nuestro país, basándose en tres aspectos: el tamaño de la red en comparación con otros países europeos, la relación entre el crecimiento del comercio electrónico y la aceptación de esta solución de entrega por parte del consumidor y la contribución que esta tecnología hace a la sostenibilidad medioambiental.

Tras analizar y debatir los resultados, se pudo comprobar que, en términos medioambientales, la centralización de los paquetes en *Smart Lockers* ha demostrado ser eficaz para reducir la huella de carbono, pero la baja densidad de la red, unida a la falta de concienciación, limita su potencial. Aunque el crecimiento del comercio electrónico ha aumentado la expansión de la red, los consumidores portugueses siguen prefiriendo otros métodos de entrega.

En resumen, para impulsar el uso de este método de entrega, es esencial invertir en su infraestructura y promover acciones de marketing centradas en la comodidad y la sostenibilidad de su uso.

## Agradecimentos

Quero aproveitar este momento para agradecer à minha família e à minha companheira, pela ajuda essencial e o apoio que me forneceram a mim ao longo destes anos permitindo chegar onde estou hoje, a eles o meu muito obrigado.

Agradeço igualmente a todo o corpo docente do Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto, pelo conhecimento transmitido e pela partilha das suas experiências pessoais, que levarei comigo no decorrer da minha atividade profissional. Em particular, agradeço à minha orientadora, Professora Doutora Isabel Cristina Lopes, pela disponibilidade, orientação e partilha de conhecimentos. Um agradecimento ao diretor do Mestrado em Logística, Professor Doutor Sérgio Monteiro que têm contribuído para a qualidade deste curso.

Por fim, não me posso esquecer ainda dos amigos, colegas de trabalho e aqueles que, apesar de já não estarem presentes, continuam a marcar a minha memória pelos momentos partilhados.

## Lista de Abreviaturas e Siglas

APM: Automated Parcel Machine

B2B: Business to Business

B2C: Business to Customer

C2C: Consumer to Consumer

CRM: Customer Relationship Management

CSCMP: Council of Supply Chain Management Professional

IA: Inteligência Artificial

IoT: Internet of things

NFC: Near Field Communication

OOH: Out Of Home

PUDO: Pick-Up and Drop-Off Point

QR Code: Quick Response Code

RFID: Radio Frequency Identification

TSP: Traveling Salesman Problem

## Índice

Resumo .....	I
Abstract .....	II
Resumen .....	III
Agradecimentos.....	IV
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	V
Índice de Figuras .....	VIII
Índice de Tabelas .....	IX
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1. Introdução.....	2
<b>CAPÍTULO II</b> .....	4
2. Revisão da Literatura .....	5
2.1 A logística de última milha e sua aplicabilidade nas entregas OOH.....	5
2.1.1 Contextualização do tema.....	5
2.1.2 O conceito de logística de última milha e soluções para a sua eficácia.....	6
2.1.3 Conceito de entregas OOH.....	8
2.1.4 Descrição do sistema <i>Smart Locker</i> e aplicabilidade.....	10
2.2 Impacto do <i>E-commerce</i> na Logística de última milha .....	14
2.2.1 Introdução ao conceito .....	15
2.2.2 A evolução nos últimos anos.....	15
2.2.3 Relação com a logística .....	17
2.3 Logística verde e sustentabilidade .....	19
2.3.1 Introdução ao conceito .....	20
2.3.2 O papel da logística na sustentabilidade .....	21
2.3.3 De que forma o sistema OOH contribui para um aumento da sustentabilidade.....	22
2.4 Comportamento do consumidor e expectativas.....	23
2.4.1 Casos de Estudo .....	24
2.4.3 Pontos em comum e expectativas .....	26
<b>CAPÍTULO III</b> .....	27
3. Metodologia de Investigação.....	28
3.1 Formulação de Hipóteses .....	28
3.2 Recolha de dados .....	29
3.2.1 Retrato de Portugal sobre a implementação da rede <i>Smart Locker</i> .....	29
3.2.2 O <i>E-commerce</i> como Motor da Expansão dos <i>Smart Lockers</i> em Portugal .....	30
3.2.3 A contribuição dos <i>Smart Lockers</i> para reduzir a pegada de carbono.....	31
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	37
4. Apresentação e discussão dos resultados.....	38
4.1 Retrato de Portugal sobre a implementação da rede <i>Smart Locker</i> .....	38

4.2 O <i>E-commerce</i> como Motor da Expansão dos <i>Smart Lockers</i> em Portugal .....	42
4.3 A contribuição dos <i>Smart Lockers</i> para reduzir a pegada de carbono .....	49
<b>CAPÍTULO V</b> .....	59
5. Conclusão .....	60
5.1 Considerações finais .....	60
5.2 Limitações da pesquisa e sugestões para estudos futuros .....	61
Bibliografia .....	62
Anexos .....	67

## Índice de Figuras

Figura 1: Exemplos de soluções de entrega (fonte: DHL, 2018).....	7
Figura 2: Exemplo de opções de entrega ao efetuar uma compra online .....	8
Figura 3: Exemplos de localizações com o serviço PUDO.....	9
Figura 4: Exemplos de Smart Lockers .....	10
Figura 5: Ecrã onde se introduz o número de encomenda.....	11
Figura 6: Ecrã para seleção do utilizador (esquerda) e Ecrã com seleção do movimento a efetuar (direita) .....	11
Figura 7: Comparação entre o método tradicional de entrega e o método através de Smart Locker (fonte: Ranjbari et al., 2023).....	12
Figura 8: Empresas em Portugal com presença no mercado e o respetivo número de pontos OOH em 2023 (fonte: Last Mile Experts, 2024b) .....	14
Figura 9: Utilizadores da Internet que compraram bens e serviços dividido por grupos etários (fonte: Eurostat 2025).....	17
Figura 10: Processo de compra e recebimento no comércio eletrónico (fonte: Retail Economics, 2024) .....	18
Figura 11: Peugeot Partner Standard 100Cv.....	32
Figura 12: Localização do ponto de distribuição.....	32
Figura 13: Fluxograma da Heurística do vizinho mais próximo .....	33
Figura 14: Fluxograma da Heurística 2-opt.....	34
Figura 15: Dados da evolução temporal do sistema OOH em Portugal (pontos únicos) .....	38
Figura 16: Evolução do número de Smart Lockers entre 2020-2023 .....	39
Figura 17: Valores do comércio eletrónico B2C – (Fonte: Adaptado de ACEPI, 2024) .....	42
Figura 18: Indivíduos que utilizam a Internet como forma de comprar bens ou serviços.....	43
Figura 19: Percentagem de empresas com vendas online representativas em mais de 1% do volume de negócios (Portugal e União Europeia) entre 2013 e 2023 .....	44
Figura 20: Evolução em Portugal da rede de Smart Lockers .....	44
Figura 21: Volume de vendas da empresa CTT e DPD entre 2013 e 2023 .....	46
Figura 22: Ilustração com os pontos de paragem para ambos os cenários .....	50
Figura 23: Cenário 1 depois da otimização.....	54
Figura 24: Grafo do cenário 2 .....	55
Figura 25: Cenário 2 depois da otimização.....	57

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Comparativo das várias formas de entrega (fonte: Adaptado de Last Mile Experts 2023)	13
Tabela 2: Cenário comparativo da pegada ecológica entre os pontos OOH e viaturas elétricas (fonte: Last Mile Experts, 2024a)	23
Tabela 3: Tabela com os valores dos parâmetros	35
Tabela 4: Tabela com os dados demográficos do país no ano de 2023 (fonte: Adaptado de Eurostat 2025)	40
Tabela 5: Dados da evolução temporal do sistema OOH em Portugal (pontos partilhados)	45
Tabela 6: Dados dos relatórios dos CTT entre 2020 e 2021 sobre o local desejado para receber as encomendas	46
Tabela 7: Dados dos relatórios dos CTT entre 2022 e 2023	47
Tabela 8: Dados dos relatórios da DPD entre 2021 e 2023	48
Tabela 9: Matriz de distâncias para o cenário 1	51
Tabela 10: Percurso para o cenário 1 através da heurística do vizinho mais próximo	52
Tabela 11: Percursos com os resultados das trocas efetuadas ao percurso do cenário 1	52
Tabela 12: Matriz de distâncias para o cenário 2	55
Tabela 13: Percurso para o cenário 2 através da heurística do vizinho mais próximo	56
Tabela 14: Percursos com os resultados das trocas efetuadas ao percurso do cenário 2	56
Tabela 15: Resultados comparativos para os dois cenários	58

# CAPÍTULO I

## 1. Introdução

Esta dissertação está inserida no segundo ano do Mestrado em Logística pelo Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto em parceria com a Associação dos Institutos Superiores Politécnicos da Região Norte, com a finalidade de obter o grau de Mestre.

Neste primeiro capítulo será realizado um enquadramento da estrutura da dissertação. Inicialmente será feita a descrição dos objetivos, a metodologia de investigação utilizada e, por último, a estrutura da dissertação.

Conforme indicado por Sousa & Baptista (2014): “A escolha de o problema deve ser feita de acordo com o interesse pessoal do investigador, tendo que ser um tópico com significação, ou seja, tem de ser algo inovador, tem de ter um sentido de oportunidade e um valor académico e prático”.

O principal objetivo desta dissertação é o de fazer um estudo académico acerca do processo de implementação dos *Smart Lockers* em Portugal como método de entrega de última milha, bem como de que forma as empresas atualmente estão a adotar esta alternativa de entrega e os desafios enfrentados.

Considera-se um tema de interesse académico o aprofundar do conhecimento sobre esta solução logística, os seus desafios, a receptividade por parte dos consumidores e os resultados que as empresas podem obter ao optar pela sua implementação.

De forma a estudar melhor este tema, foram formuladas as seguintes questões de investigação, que posteriormente serão alvo de análise com o objetivo de ser respondidas:

1. Em que fase da implementação de *Smart Lockers* se situa Portugal, em comparação com outros países europeus?
2. O crescimento do *E-commerce* em Portugal tem impulsionado diretamente a expansão da rede de *Smart Lockers* como solução logística relevante?
3. A adoção de *Smart Lockers* contribui para a redução de emissões de carbono com benefícios ambientais replicáveis em Portugal?

No final, é esperado que este trabalho possa trazer mais informação e conhecimento a académicos e público em geral.

A dissertação consistirá numa investigação qualitativa, com uma abordagem multi-metodológica, recorrendo à observação e à análise documental e a técnicas de recolha e análise de dados.

Os dados recolhidos são de natureza secundária, pois provêm de análise documental proveniente de informações já existentes em relatórios científicos, artigos académicos sobre logística de última milha, tecnologias emergentes e alguns casos documentados de empresas que já implementaram o sistema de *Smart Lockers*.

Esta dissertação foi redigida e dividida em cinco capítulos. O capítulo I engloba os objetivos desta dissertação, a metodologia usada para a sua realização e uma explicação da sua estrutura.

No capítulo II será feita uma revisão de literatura recorrendo a artigos científicos, livros, relatórios e demais fontes consideradas úteis para o enriquecimento da investigação e enquadramento ao tema proposto. Inicialmente será feita uma abordagem ao tema da logística de última milha, referência ao sistema OOH (*Out Of Home*) e como o sistema *Smart Lockers* se insere no mesmo. Depois será discutido o tema do *E-commerce*, referenciando a sua evolução e de que forma a logística se encontra inserida nesta atividade. O terceiro tema a ser tratado será a relação da sustentabilidade com a logística de última milha sem esquecer qual o papel dos *Smart Lockers* neste assunto. No final do capítulo será investigada a forma sobre como este método de entrega está a ser recebido pelos consumidores, recorrendo para o efeito à compilação de alguns casos de estudo recolhidos através de artigos e revistas científicas.

O capítulo III vai ser dedicado à abordagem metodológica. Neste capítulo, irão ser formuladas as hipóteses a investigar, acompanhadas da descrição do procedimento de recolha de dados, que posteriormente vão ser alvo de análise no capítulo seguinte.

No capítulo IV vão ser apresentados e discutidos os resultados obtidos pela investigação iniciada no capítulo III, nomeadamente os resultados das hipóteses propostas e verificar se as mesmas são válidas ou não. Vai se recorrer à análise de gráficos, tabelas, comparação de dados e uso de uma heurística.

Por fim, no capítulo V, será redigida a conclusão do estudo do tema desta dissertação, para além de sintetizar os conhecimentos obtidos serão também descritas lacunas e recomendações para estudos futuros.

# CAPÍTULO II

## 2. Revisão da Literatura

Neste capítulo serão compiladas informações de diversas fontes, tais como artigos científicos, livros, relatórios e outras fontes pertinentes para o objetivo do estudo.

Conforme indicado por Sousa & Baptista (2014), é importante recorrer a várias fontes de informação e fazer o cruzamento desse conteúdo, de modo que várias fontes relatem o mesmo acontecimento e provem a sua veracidade.

Inicialmente será abordada a questão da logística de última milha, fazendo referência ao sistema de entrega OOH, incluindo as opções de entrega que o mesmo inclui e em que consiste. Depois será abordado o impacto que o *E-commerce* tem tido na logística nestes últimos anos e de que forma contribuiu para o desenvolvimento deste novo sistema de entregas. Outro ponto a ser discutido será o tema da sustentabilidade na logística, desde o seu conceito até ao contributo que o modo de entrega de última milha que se encontra em estudo acrescenta para a promoção de uma logística mais verde.

### 2.1 A logística de última milha e sua aplicabilidade nas entregas OOH

Nesta secção serão definidos e explorados os principais desafios da logística de última milha, que é a parte mais crítica e que mais custos acarreta na logística; serão apresentadas também as novas soluções existentes atualmente que estão a transformar o modo de entrega.

#### 2.1.1 Contextualização do tema

Antes de iniciar essa exploração será abordada de forma breve em que consiste a gestão logística e a cadeia de abastecimento:

Segundo Vitasek (2013): *“A gestão logística faz parte da gestão da cadeia de abastecimento que planeia, implementa e controla de forma eficiente e eficaz os fluxos diretos e inversos, bem como os pontos de paragem desses fluxos, quer se trate de bens, quer de serviços quer, ainda, de informação relacionada, desde os pontos de origem ao consumo, esperando-se, por meio desta gestão, um elevado serviço ao cliente.”*

Carvalho et al. (2023) indica que a gestão logística consiste num conjunto de atividades que permite fazer chegar o produto certo ao cliente certo, na quantidade certa, na condição certa, no lugar certo, no tempo certo e ao custo certo.

Perante estas duas afirmações é possível resumidamente interpretar que a gestão logística nada mais é do que um processo constituído por três etapas: a primeira corresponde ao planeamento, a segunda à implementação e a última ao controlo; Este processo deve ser concluído da forma mais

eficiente e com eficácia desde as entradas até às saídas dos bens ou serviços tendo em conta também tudo o que ocorre durante esse mesmo processo logístico. Quando se fala de eficiência considera-se como a otimização dos recursos disponíveis de forma a atingir os objetivos, enquanto, que a eficácia é a conclusão dos objetivos independentemente de como são obtidos. Se formos eficientes automaticamente estamos a ser eficazes; já o contrário não é garantido.

Acerca da gestão da cadeia de abastecimento Vitasek (2013) define como: *“Compreende o planeamento e a gestão de todas as atividades de sourcing, procurement e transformação, física ou não, e ainda todas as atividades de gestão logística. Inclui igualmente, coordenação e colaboração com os parceiros de cadeia de abastecimento e que podem ser fornecedores, intermediários, prestadores de serviços logísticos e clientes, entre outros. Em essência, a gestão da cadeia de abastecimento integra o abastecimento e a procura (supply and demand) no contexto das empresas e entre empresas e organizações.”*

É concluído assim que a cadeia de abastecimento consiste num processo global com o objetivo de trazer satisfação para os clientes através da criação de uma cadeia de valores que integra, de forma otimizada, todos os intervenientes que estão na origem da execução de um produto ou de um conjunto de produtos; de forma sintetizada é possível interpretar que é um processo que começa no fornecedor e só finaliza quando chega ao cliente.

De forma a existir uma Cadeia de Abastecimento resiliente deve existir também uma aposta na transformação digital, conforme o estudo de Ricárdez-Estrada et al. (2024) essa evolução continua a avançar, mas para que exista sucesso na sua implementação é necessário que todas as partes envolvidas da Cadeia de Abastecimento desenvolvam as suas competências digitais e que criem capacidades para se manterem competitivas.

Recorrendo a um estudo da autoria de Jacay-Aldui & Candela-Pomé (2022) concluiu-se que as empresas devem continuar a apostar na implementação destas ferramentas tecnológicas desenvolvendo pesquisas internas de forma a adaptar os processos logísticos às suas próprias necessidades.

### 2.1.2 O conceito de logística de última milha e soluções para a sua eficácia

Após os conceitos definidos anteriormente avançaremos para o conceito principal do capítulo nomeadamente a logística de última milha que conforme indica Demir (2022) é a parte mais complicada na rede de abastecimento, lida desde o momento em que a mercadoria sai do armazém de distribuição para o consumidor final.

A movimentação dos fluxos físicos de materiais é um foco importante na logística, sendo o transporte de mercadorias um elemento essencial para uma Cadeia de Abastecimento, com um impacto

significativo na estrutura de custos e na capacidade das empresas em reagirem à procura (Carvalho et al., 2023).

Atualmente o sistema das entregas de última milha tem vindo a sofrer alterações tanto a nível do tipo de transportes como a nível da transformação tecnológica, nomeadamente com a utilização da *Internet of things* (IoT) e a Inteligência Artificial (IA) (He et al., 2022).

Na figura 1 encontra-se representadas algumas soluções de entrega de logística de última milha que atualmente são disponibilizadas para além do tradicional uso de carrinhas, nomeadamente a utilização de veículos elétricos, pontos PUDO (*Pick-Up & Drop-Off*) e *Smart Lockers*.



Figura 1: Exemplos de soluções de entrega (fonte: DHL, 2018)

Para Demir (2022) o aumento da população e o crescimento urbano faz com que esta etapa se torne cada vez mais importante necessitando por isso que a mesma seja o mais eficiente possível com o menor custo associado.

A inteligência artificial trouxe várias vantagens para a logística, nomeadamente a otimização da gestão do inventário e previsão de procura em que recorrendo a dados históricos e algoritmos é possível que as empresas consigam fazer previsões mais acertadas reduzindo os custos de inventário. Esta tecnologia também é uma ferramenta usada na logística de última milha em que é possível fazer uma otimização de rotas com várias variáveis (condições de tráfego, capacidade do veículo, janela horária) resultando numa redução de custos de transporte e melhorando os tempos de entrega (Soumpenioti & Panagopoulos, 2023).

Para as autoras Alvarez & Afonso (2024), como solução para as entregas de última milha, as empresas devem apostar num sistema que traga uma maior velocidade para entregar as encomendas aliada a uma previsão de entrega o mais fiável possível. Também é indicado que deve existir uma maior visibilidade e comunicação online no decorrer desta etapa fazendo uso de tecnologias como o *track & trace*.

No estudo de Ding et al. (2020) é mencionado que as *Smart deliveries* consistem no uso da tecnologia IoT na logística, desde o seu transporte, ao armazenamento e entrega, e, devido à possibilidade de fazer o rastreamento em tempo real do produto a entregar tornam o serviço de

entrega mais seguro e preciso, aumentando assim a satisfação do cliente ao saber a localização da encomenda.

A logística urbana tem vindo a encontrar soluções disruptivas, nomeadamente tecnologias de robotização e automatização como, por exemplo, drones, veículos autónomos e *Smart Lockers*. Estas soluções trazem flexibilidade e conveniência à população nos centros urbanos, acrescentando que a solução não passa por criar mais centros logísticos nem colocar mais carros a fazer distribuição porta-a-porta (He et al., 2022).

### 2.1.3 Conceito de entregas OOH

Após falarmos acerca da logística de última milha, será agora abordado o conceito de entregas OOH e quais as opções que estão disponíveis atualmente.

As autoras Alvarez & Afonso (2024) fazem referência a três tendências nas entregas de última milha de forma a cativar e dar flexibilidade aos clientes finais. São elas a *Free Delivery* em que o custo de entrega está incorporado no preço de venda, a *Fast Delivery* em que como o próprio nome indica são entregas no tempo mais rápido possível como no próprio dia ou no dia a seguir e por último a tendência *Flexible Delivery* que consistem em opções de entrega mais convenientes para os clientes finais: são assim referidas as entregas em loja/*click & collect*, em pontos de conveniência e em cacifos automáticos/*Smart Lockers*.

**CAPAS DE TELEMÓVEIS**

Carrinho > Informações > Envio > Pagamento > Revisão

Contato: [Alterar](#)

Envio para: [Alterar](#)

Método de envio

<input checked="" type="radio"/> Correio Verde (2 a 3 dias uteis sem tracking)	2,50 €
<input type="radio"/> Correio Normal (6 a 9 dias uteis sem tracking)	1,50 €
<input type="radio"/> InPost Entrega em Pontos de recolha (1 a 3 dias uteis)	3,50 €
<input type="radio"/> Correio Registado (1 a 2 dias uteis com tracking)	4,00 €
<input type="radio"/> Correos Express (1 dias uteis com tracking) Encomendas até as 16 horas	5,00 €
<input type="radio"/> DHL - Envio Expresso (1 dias uteis com tracking) Encomendas até as 17 horas	6,50 €
<input type="radio"/> Envio a cobrança / Pagamento no destinatário( com tracking)	9,50 €

Tem um código promocional? Clique aqui.

Subtotal	14,90€
Envio	2,50€
<b>Total</b>	<b>17,40€</b>

(inclui 2,79€ IVA 23%)

Figura 2: Exemplo de opções de entrega ao efetuar uma compra online

Como é possível verificar na figura 2, temos o exemplo de uma empresa que disponibiliza várias opções de entrega de forma a ir ao encontro das necessidades dos clientes, desde a opção de receber numa morada à opção de entrega num ponto de recolha.

Estas soluções de entrega alternativa ao domicílio, que genericamente também se designam por soluções OOH, têm vindo a ganhar peso crescente na sua adesão por parte dos *e-buyers*, em particular nos países onde o *E-commerce* se encontra mais desenvolvido. São constituídos por pontos PUDO e *Smart Lockers*, também designados APM (*automated parcel machines*) (Alvarez & Afonso, 2024).

O relatório Last Mile Experts (2024b) caracteriza mais concretamente em que consiste uma entrega OOH, pode ser considerado como: «*O ato de entregar uma encomenda num ponto ou máquina localizada no espaço mais conveniente para o consumidor*».

Posto isto, o consumidor pode assim escolher o local onde deseja receber uma encomenda, podendo ser um local que lhe seja conveniente e na altura do dia em que achar mais vantajoso. Como falado anteriormente existem duas formas de escolha para este tipo de entrega, no decorrer deste capítulo irá ser recolhida informação acerca destes dois métodos e quais as diferenças em relação a outros métodos tradicionais.

Os pontos PUDO's são localizações como lojas de conveniência, papelarias e certos estabelecimentos; as encomendas são entregues primeiramente a um colaborador que depois guarda a encomenda até o consumidor que a comprou chegar. Como desvantagem principal este sistema apenas está disponível dentro do horário de serviço do local onde se encontra a funcionar, e também está restrito a um determinado peso e tamanho (Retail Economics, 2024).



*Figura 3: Exemplos de localizações com o serviço PUDO*

A figura 3 ilustra dois comércios tradicionais que para além do seu negócio principal também disponibilizam este serviço de recolha de encomendas.

A segunda escolha, denominada por *Smart Locker*, são armários automatizados onde são guardadas as encomendas pelo distribuidor, sem existir nenhuma interação com outra pessoa. À semelhança dos pontos PUDO's estes também estão restringidos ao nível do tamanho e do peso de cada encomenda (Retail Economics, 2024).

Em ambas as soluções OOH referenciadas, também existe a possibilidade para o consumidor final de entregar uma encomenda que não lhe tenha correspondido àquilo que tenha comprado, ou que

se encontre danificada. Conforme descrito por Alvarez & Afonso (2024) as devoluções no *E-commerce*, suportadas em logística inversa, são uma experiência totalmente diferente para o consumidor (por exemplo, ter de imprimir uma etiqueta e enviar de volta, em vez de ir à loja devolver).

De forma breve, Vitasek (2013) define a logística inversa como um: «*Segmento especializado da logística que se centra na movimentação e gestão de produtos após a venda e após a entrega ao cliente. Inclui devoluções de produtos para reparação*»

É possível concluir que este formato denominado por OOH permite a consolidação de várias encomendas aumentando o nível de eficiência das entregas, isto porque, ao deixar várias encomendas no mesmo local, reduz o número de paragens e evita entregas malsucedidas, ao contrário de entregar na morada de um cliente final (Last Mile Experts, 2024b).

Na secção a seguir será abordado mais ao pormenor o método de entrega em *Smart Lockers*.

#### 2.1.4 Descrição do sistema *Smart Locker* e aplicabilidade

Nesta secção será estudado mais profundamente em que consiste este modo de entrega.

Um *Parcel Locker* ou vulgarmente conhecido como *Smart Locker* é um dispositivo usado para enviar e recolher encomendas, é dividido em vários compartimentos com tamanhos diferentes para ir ao encontro do tamanho das encomendas que poder-se-á guardar. Este dispositivo encontra-se a funcionar 24h por dia e 7 dias por semana. Internamente tem um sistema operativo que faz uso da IoT permitindo a possibilidade de monitorizar quais os compartimentos que se encontram ocupados ou livres, assim como, atualizar o estado de uma encomenda. Para aceder a um compartimento é através de *QR code (Quick Response Code)*, *Bluetooth* ou uma aplicação móvel. (Last Mile Experts, 2024b)

Na figura 4 é possível verificar dois exemplos do que são *Smart Lockers*:



Figura 4: Exemplos de *Smart Lockers*

Fazendo uma referência ao sistema informático é possível verificar nas figuras 5 e 6 que se trata de um sistema simples e intuitivo.

Na figura 5 é possível ver o ecrã de um *Smart Locker*, onde, na primeira janela, é dada a possibilidade de inserir manualmente o número da encomenda ou de passar um *QR code* no leitor ótico. Este será o primeiro passo para iniciar o processo.

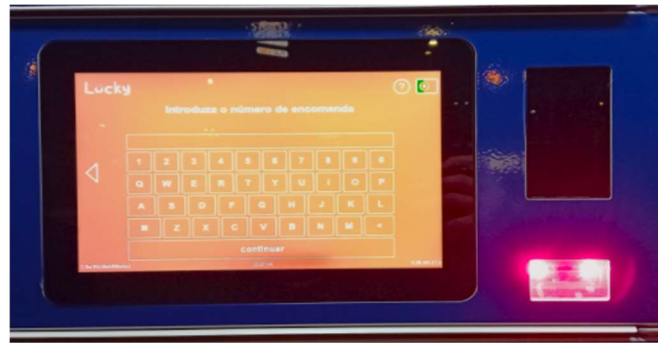


Figura 5: Ecrã onde se introduz o número de encomenda

Depois, na figura 6 temos dois ecrãs, no ecrã do lado esquerdo visualiza-se a opção de escolha para podermos definir se somos a transportadora ou se somos um cliente final, no ecrã do lado direito é dado a escolher entre a opção de depositar uma encomenda ou levantar.

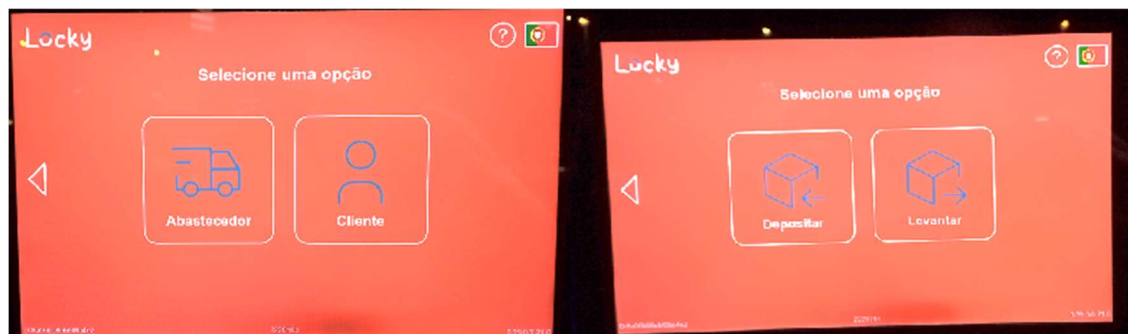


Figura 6: Ecrã para seleção do utilizador (esquerda) e Ecrã com seleção do movimento a efetuar (direita)

Após estas opções é aberta a gaveta correspondente à encomenda a levantar ou recolher.

No que toca à segurança do sistema *Smart Locker* é verificado que a integração com tecnologias como a IoT traz benefícios em termos de segurança, eficiência e facilidade de uso. A adoção de tecnologias como NFC (*Near Field Communication*) e RFID (*Radio Frequency Identification*) traz melhorias no controlo de acesso e reduz falhas e riscos de segurança (Kladius et al., 2024).

A localização destes dispositivos é por norma em locais de fácil acesso e em zonas que têm bastante tráfego de pessoas (por exemplo, lojas, *shoppings*, paragens de transportes públicos e em postos de abastecimento). Assim, o utilizador pode escolher qual o local que lhe seja mais conveniente onde possa deixar ou recolher a encomenda.

Este sistema tem como desvantagem algumas restrições das encomendas que os *Smart Lockers* podem receber, nomeadamente existem limites no que concerne ao peso e tamanho da encomenda.

Também o facto de certos locais mais rurais não terem este sistema é considerado uma desvantagem (Kawa, 2020).

Recorrendo a um estudo real realizado numa zona urbana em Seattle cujo objetivo foi investigar o impacto da instalação de *Lockers* em edifícios residenciais, verificou-se que o tempo de entrega dos distribuidores dentro dos edifícios teve uma redução entre 50% a 60%. A aceitação por este sistema entre moradores foi positiva, houve um decréscimo de encomendas perdidas e roubadas, e facilitou o trabalho de ter de receber as encomendas presencialmente no hall de entrada dos edifícios (Ranjbari et al., 2023).

Na figura 7 encontra-se representado de forma gráfica um comparativo da logística de última milha com e sem a presença de *Smart Lockers*. É possível verificar a diferença a nível operacional para uma transportadora, o facto de deixar várias encomendas ao mesmo tempo no mesmo local aumenta a eficiência e reduz os custos de transporte. (Ranjbari et al., 2023)

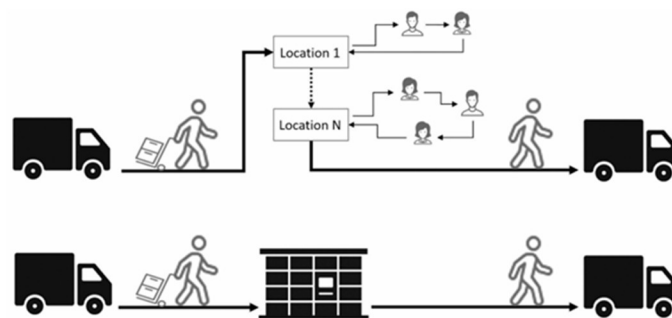


Figura 7: Comparação entre o método tradicional de entrega e o método através de *Smart Locker* (fonte: Ranjbari et al., 2023)

Verifica-se na tabela 1 as principais diferenças entre os *Smart Lockers* e as entregas presenciais e por outros métodos. Estas diferenças encontram-se divididas em diversas categorias, nomeadamente em termos de eficiência, custos operacionais e impacto ambiental.

Tabela 1: Comparativo das várias formas de entrega (fonte: Adaptado de Last Mile Experts 2023)

Categoria	Entrega Presencial	Caixa do Correio	Fechadura Inteligente/Acesso Controlado	APM (Locker)	PUDO (Ponto de Acesso)
Operação realizada por	Transportadora	Transportadora	Transportadora	Destinatário	Destinatário
Presença do Destinatário	Sim	Não	Não	Não	Não
Produtos Transportados	Todos	Correio Expresso/Mercadorias não perecíveis	Correio Expresso/Mercadorias não perecíveis/Frescos	Correio Expresso/Mercadorias não perecíveis/Frescos (restrito ao tamanho)	Correio Expresso/Mercadorias não perecíveis/Frescos (restrito ao tamanho)
Sucesso na Primeira Entrega	Alto	Depende do tamanho	Depende do tamanho	Geralmente acima de 99%	Geralmente acima de 99%
Janela de Entrega	Fixa (definida pelo transportador)	Horário de operação do transportador	Horário de operação do transportador	24/7 ou horário da localização	Horário da localização do PUDO
Custos de Infraestrutura Pacote	Médio	Baixo	Baixo	Médio/Baixo	Médio/Baixo
Custo de Entrega por Pacote	Alto	Médio	Médio	Mais Baixo	Baixo
Problemas Operacionais	Entregas falhadas	Limitado ao espaço de abertura da caixa do correio	Problemas de segurança	O destinatário precisa de se deslocar	O destinatário precisa de se deslocar
Redução de Carbono vs Entrega Porta a Porta	Não Aplicável	Moderado	Moderado	Mais Alto	Alto

Enquanto as entregas presenciais dependem da presença do destinatário, os *Smart Lockers* eliminam essa exigência, oferecendo funcionamento 24 horas por dia e reduzindo os custos operacionais das transportadoras. No entanto, o consumidor precisa se deslocar até o ponto de recolha. Os pontos PUDO apresentam vantagens semelhantes, embora a necessidade de respeitar o horário de funcionamento do estabelecimento possa ser uma desvantagem.

As entregas presenciais são mais flexíveis quanto ao tamanho das encomendas transportadas, mas os *Smart Lockers* continuam a destacar-se em outros aspetos, especialmente no que diz respeito ao impacto ambiental, proporcionando uma maior redução nas emissões de carbono em comparação com as demais modalidades. Por outro lado, as entregas presenciais não oferecem benefícios relevantes nessa categoria.

Conforme indica Zurel et al. (2018) o mercado dos *Smart Lockers* continuará a ter um impacto crescente no modelo tradicional de entregas para a próxima década. A impulsionar essa mudança estão entre vários fatores, a crescente urbanização, o congestionamento das cidades e a poluição. É apontado como uma alternativa sustentável para substituir parte de uma rede de serviço postal tradicional trazendo melhorias também a nível financeiro.

De acordo com os dados divulgados em junho de 2024 sobre o número de pontos OOH em Portugal, o relatório Last Mile Experts (2024b) registou um total de 7 856 pontos, dos quais 6 693 são PUDO's e 1 163 *Smart Lockers*. A nível nacional, a empresa que mais se destaca é os CTT. Na figura 8 encontra-se um gráfico com os números de pontos de diversas empresas em operação a nível nacional. Os números apresentados dizem respeito tanto ao conjunto de pontos únicos da rede quanto aos que são partilhados por outros fornecedores de serviços.

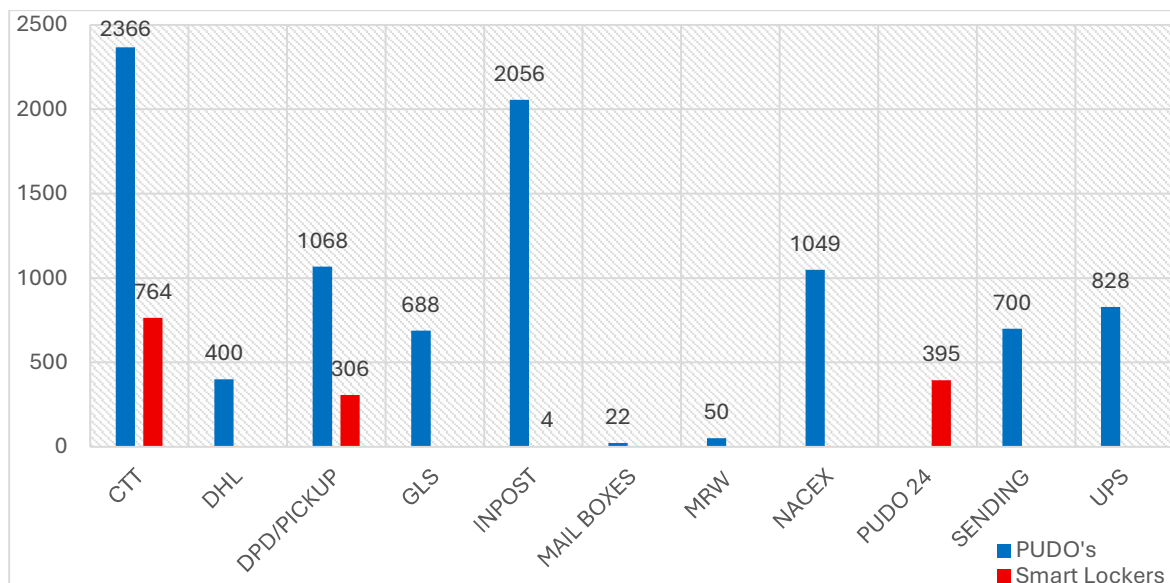


Figura 8: Empresas em Portugal com presença no mercado e o respetivo número de pontos OOH em 2023 (fonte: Last Mile Experts, 2024b)

Contabilizando a rede OOH com os pontos únicos e pontos partilhados do relatório obtém-se a quantidade de 9 227 PUDOs e 1 469 *Smart Lockers* em território nacional para o ano de 2023.

Mais à frente será abordado de forma mais exaustiva como está a ocorrer o processo de implementação em Portugal em comparação com outros países, mas antes fazer uma breve referência ao seguinte inquérito, realizado pela empresa portuguesa CTT (2024, p. 41), que indica que cerca de 82.8% dos compradores ainda prefere receber as encomendas em casa, como segunda opção de escolha encontra-se a entrega em PUDO's, por fim como quarta opção encontra-se a escolha de receber as encomendas nos *Smart Lockers*.

No capítulo a seguir será estudado de que forma o *E-commerce* tem tido influência na logística de última milha.

## 2.2 Impacto do *E-commerce* na Logística de última milha

Neste capítulo será inicialmente abordado em que consiste o *E-commerce*, o seu crescimento nestes últimos anos e de que forma transformou a logística. No final será explicado quais as expectativas para quem compra e de que forma o método OOH veio cumprir com essas mesmas expectativas.

### 2.2.1 Introdução ao conceito

Antes de abordar o crescimento do *E-commerce* e a sua influência na logística, será explicado brevemente em que consiste.

Segundo Shettar (2023), o comércio eletrônico de bens (compra e venda de produtos através da Internet), envolve uma variedade de dados, ferramentas e sistemas que servem tanto os compradores como os vendedores. Este tipo de comércio é conhecido pelo nome de *E-business* e divide-se em dois modelos: B2B (*Business to Business*) e B2C (*Business to Customer*). Nesta dissertação será dada relevância a este último modelo visto retratar-se da relação comercial entre a empresa vendedora e o cliente final que compra determinado produto.

Hortinha (2001) citado por (Carvalho et al., 2023) define *E-commerce* como «a comercialização de bens e serviços, utilizando a Internet e outros meios digitais».

O panorama da logística do *E-commerce* consiste em três atores económicos, são eles: o *e-buyer* (comprador online), o *e-seller* (o vendedor online) e o operador de logística (Alvarez & Afonso, 2024).

De forma a uma empresa ter sucesso neste comércio certos princípios devem ser adotados sendo que a tecnologia é o motor de qualquer negócio eletrônico, deve por isso haver espaço para a inovação e melhorar a experiência com o consumidor final desde que faz uma encomenda até que a recebe (Dias & Carvalho, 2000).

Shettar (2023) enumera alguns desafios enfrentados pelas empresas que ambicionam tornar-se competitivas neste negócio, nomeadamente a experiência de utilizador ao navegar no website, quanto mais fluída e personalizável for a experiência mais utilizadores conseguirá reter de forma a conseguir que essas visitas se transformem em vendas; outro dos desafios prende-se com as políticas de trocas e devoluções em que é necessário criar uma flexibilidade neste sistema de forma a aumentar a satisfação do cliente.

### 2.2.2 A evolução nos últimos anos

Vem existindo um aumento exponencial do *E-commerce* nestes últimos anos: desde o ano 2000 o mercado chinês assistiu a um enorme crescimento de compradores tornando-se um dos maiores mercados do mundo. Erisman (2017) justifica-o devido a um maior melhoramento a nível das infraestruturas de pagamentos e uma maior eficiência logística, o que acabou por tornar a China num dos maiores mercados a nível mundial; Para além da China também outros mercados se tornaram emergentes, entre eles a Índia e a América do Sul (Erisman, 2017).

Bentz (2021) considera que nestes últimos anos o crescimento do *E-commerce* acabou por ter uma maior dimensão com a expansão do vírus COVID-19 por todo o mundo.

Este acontecimento a nível mundial alterou a forma como os serviços logísticos operam, aumentou a procura pelas compras online traduzindo-se num aumento dos serviços logísticos de última milha (Last Mile Experts, 2024b).

Acerca de Portugal, segundo dados do Instituto Nacional de Estatística (2020) obtidos pelo inquérito realizado em Portugal entre os meses de abril e agosto de 2020, foi registado um aumento de 3% em relação ao período homólogo de 2019 de utilizadores da Internet; este período refere-se à fase em que se verificava o confinamento devido à Covid-19. Acerca da percentagem de utilizadores de comércio eletrónico em Portugal, o ano de 2020 verificou um aumento de 7% em relação ao ano anterior com um aumento também na quantidade encomendada por utilizador.

A nível europeu, a tendência foi igual. Conforme dados do Eurostat (2021), a popularidade do *E-commerce* nas compras online na União Europeia em 2020 também seguiu a mesma tendência de crescimento, existindo cerca de 72% de *e-buyers* em comparação com os 68% do ano de 2019. Os países que mais se destacaram foram a Holanda (91%) e a Dinamarca (90%). Os artigos mais comprados online foram roupas, calçados e acessórios.

Bentz (2021), recorrendo a um relatório da *Logistics Management*, indica que a empresa UPS contratou no início do ano de 2020 cerca de 39 000 novos colaboradores e a FedEx cerca de 70 000 de forma a fazer face ao volume de encomendas. Conforme Bentz (2021), este volume gerado pela pandemia não vê fim de acabar fazendo com que as empresas testem e invistam em novas maneiras alternativas (drones, carros autónomos).

É esperado que no período pós-pandemia a atividade *E-commerce* continue a crescer de forma mais estável e organizada, com uma maior diversificação a nível dos pagamentos, prevê-se uma reestruturação no sistema logístico para ir de encontro a uma maior comodidade e facilidade melhorando assim a experiência do consumidor (Silva et al., 2022).

Conforme a figura 9, o crescimento do *E-commerce* ainda se mantém, a percentagem de crescimento do número de *e-buyers* passou de 59% em 2014 para 77% no ano passado na União Europeia, este crescimento foi mais acentuado na fase da pandemia e assim têm continuado no ano de 2024. (Eurostat, 2025)

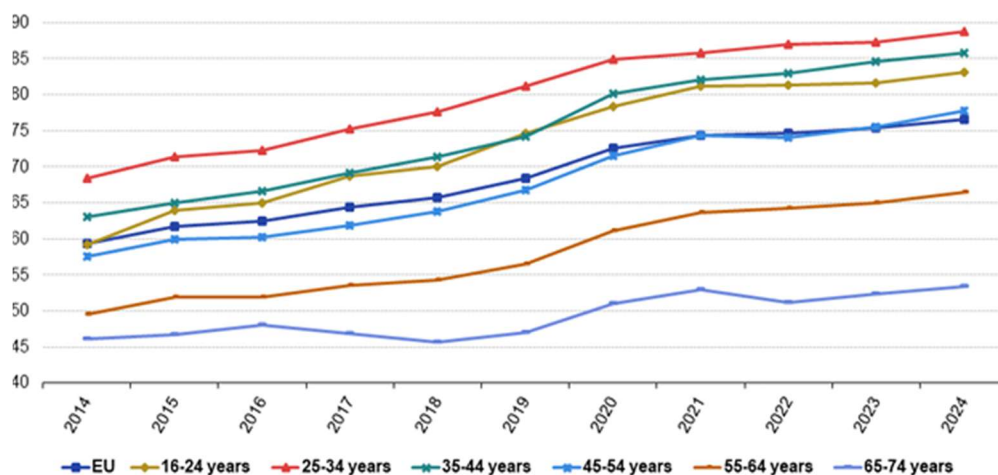


Figura 9: Utilizadores da Internet que compraram bens e serviços dividido por grupos etários (fonte: Eurostat 2025)

A faixa etária que mais contribui para este volume de negócio situa-se entre os 25-34 e 35-44 anos de idade. Na comercialização de bens as roupas continuam a ser um dos artigos mais procurados.

Sonet (2024) escreve que existem vários sinais de que o comércio eletrónico manterá uma dinâmica positiva. O comércio eletrónico provou ser altamente resistente, com muito espaço para um crescimento adicional na Europa. Acrescenta também que o mercado de segunda mão será certamente uma fonte de crescimento contínuo para os próximos anos com um foco na inovação.

Na próxima secção falar-se-á de como a logística de última milha em específico nas entregas OOH se relaciona com o *E-commerce*.

### 2.2.3 Relação com a logística

Segundo Dias & Carvalho (2000), o negócio eletrónico não pode falhar nem a nível de processamento de pagamentos nem a de entregas; como tal, é necessário no que toca às entregas de que as empresas consigam ter uma capacidade de resposta eficiente de forma a evitar a existência de entregas falhadas, sem paradeiro ou até mesmo trocadas;

As principais razões de abandono de compras online no checkout muitas vezes estão relacionadas com as entregas e devoluções, nomeadamente o tempo de entrega, a imprevisibilidade da data de entrega e o facto de terem de estar presencialmente em determinado local para receber a encomenda (Alvarez & Afonso, 2024).

Para fazer face a estes desafios é necessário que a gestão logística de uma empresa tenha a capacidade de se adaptar de forma a poder cumprir com as encomendas de forma eficiente, Gomes et al. (2023) conclui acerca deste tema algumas medidas que as empresas devem apostar, tais

como o investimento em infraestruturas de armazenamento mais eficientes, a adoção de estratégias de gestão de *stocks* com o objetivo de garantir que determinado produto não entre em rutura de *stock* e uma maior flexibilidade no método de entrega.

Após explicarmos em que consiste o *E-commerce* e de que forma a logística tem um papel nesta forma de negócio é importante referir o termo *e-fulfillment* que Carvalho et al. (2023) explica como sendo parte do sistema logístico de uma empresa e que está encarregue por localizar o *stock* dos produtos bem como preparar e proceder à entrega das encomendas.

Para recorrer a uma outra definição: “É o ato de cumprir uma ordem de compra. Inclui a gestão do pedido de encomenda, o seu picking, embalagem e expedição” (Vitasek, 2013).

Fazendo referência ao estudo de Campino & Branquinho (2023) em que são identificadas as principais variáveis que influenciam a intenção de compra online uma das hipóteses que os autores propuseram foi descobrir se os diferentes tipos de entregas, assim como, os prazos estão relacionados com a intenção de compra online. As conclusões do estudo, revelaram que a variável "entrega" não apresenta relevância na intenção de compra online. Foi dado destaque a outros fatores pelos inquiridos, tais como, a confiança no site e a proposta de valor. Ainda assim, a rapidez na entrega foi destacada como uma prioridade para muitos inquiridos, especialmente em compras que exigem prazos curtos.

Na figura 10 observa-se o processo que descreve as diferentes fases do processo de entrega no contexto do comércio eletrónico. Após fase de pesquisa e respetiva compra de determinado produto por parte do consumidor, inicia-se a jornada de entrega da encomenda, que se estende desde a empresa distribuidora até ao cliente final. Este percurso pode assim incluir as opções já faladas anteriormente do sistema OOH (*Smart Lockers* ou PUDO) ou as opções de entrega tradicionais, como a entrega ao domicílio ou no local de trabalho.

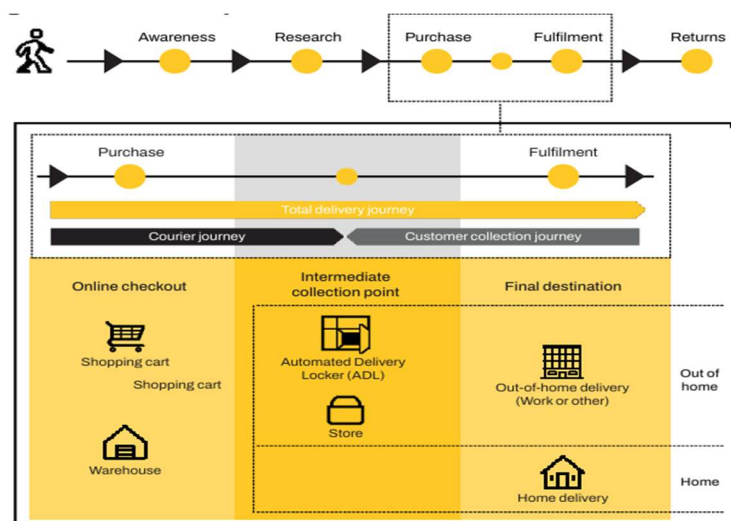


Figura 10: Processo de compra e recebimento no comércio eletrónico (fonte: Retail Economics, 2024)

No caso de escolha da opção de entrega de última milha OOH, assistimos a um maior envolvimento do consumidor neste processo, visto que, o mesmo precisa de se deslocar até o ponto OOH escolhido por si para recolher a encomenda.

A discussão sobre o design de uma rede de logística de *E-commerce* centra-se na necessidade de posicionar os *stocks* próximos dos consumidores para garantir entregas rápidas e a um custo mais baixo. As tendências futuras apontam para a entrega gratuita, rápida, flexível e sustentável como elementos cruciais para a competitividade no *E-commerce* (Alvarez & Afonso, 2024).

A principal recomendação para os gestores de *E-commerce* deve passar por ampliar as opções de entrega, indo além do modelo tradicional porta a porta. Isso não só melhora a experiência do cliente, mas também reduz os custos operacionais e o impacto ambiental (Kawa, 2020).

Para o líder da Cadeia de Abastecimento do Leroy Merlin, José Miranda, quando questionado acerca das vantagens da crescente oferta de *Smart Lockers* em Portugal para os *e-sellers* respondeu: *“As recolhas através de cacifos têm registado um crescimento exponencial nos últimos anos, com os nossos indicadores de NPS a mostrar que os clientes apreciam este serviço pela conveniência, fluidez e simplicidade. A jornada autónoma tornou-se uma tendência clara, especialmente valorizada pelo cliente digital, que reconhece nesta solução uma experiência totalmente omnicanal”* (CTT, 2024, p. 42).

Verifica-se, assim de que forma a logística acrescenta valor ao mercado *E-commerce*. A capacidade das empresas se adaptarem às diferentes tendências de procura, aliada a uma oferta de opções de entrega flexíveis e uma boa gestão de *stocks* são um bom caminho para garantir entregas mais rápidas. Foi visto também que a conveniência e rapidez são cada vez mais uma valorização por parte do consumidor, logo soluções de entrega como a OOH são uma oportunidade para melhorar a experiência de compra.

Na secção a seguir falar-se acerca do conceito de logística verde e prática da sustentabilidade nesta área.

### 2.3 Logística verde e sustentabilidade

Nesta secção serão abordadas algumas práticas para tornar a logística sustentável e de que forma os *Smart Lockers* contribuem para essa sustentabilidade, onde primeiro começar-se-á por definir o que é a logística verde e a prática de sustentabilidade.

### 2.3.1 Introdução ao conceito

Não existe uma definição oficial para a logística verde, mas é compreendida como o foco na economia do retorno com um efeito positivo no meio ambiente. (Last Mile Experts, 2024a)

Guirong et al. (2010) explica que o conceito de logística verde deve ser visto como a preocupação com a restrição de danos para o meio ambiente durante todo o processo logístico, contribuindo como um dos princípios para o desenvolvimento sustentável.

Segundo Carvalho et al. (2023) «*O conceito de Desenvolvimento Sustentável centra-se no compromisso geracional de garantir o presente sem hipotecar o futuro para as gerações vindouras e é, em si mesmo, uma garantia de maior eficiência e inovação empresarial remetendo, simultaneamente, a gestão para a necessidade de promover a sustentabilidade dos negócios, as expectativas dos acionistas e dos trabalhadores.*»

A sustentabilidade tem impacto em toda a Cadeia de Abastecimento sendo a etapa das entregas de última milha a fase que mais destaque tem, sendo por isso necessário uma maior ação por parte dos operadores logísticos (Alvarez & Afonso, 2024).

Ficamos assim com uma ideia do conceito nomeadamente a necessidade de criar um compromisso no que toca à atividade logística para com o meio ambiente, com o objetivo de minimizar a pegada ecológica no decorrer de todo o processo logístico.

No relatório Last Mile Experts (2024a) a topologia de logística de última milha verde é categorizada em três tipos. A primeira categoria é chamada de operacional que inclui veículos de baixa emissão, otimização de rotas e gestão de entregas. A segunda categoria é a da infraestrutura que faz parte o já referido sistema OOH e a inclusão de instalações mais ecológicas. A última categoria chamada de administrativa é referente à monitorização das emissões e auditoria dos processos.

Em termos de políticas ambientais, a nível europeu, a iniciativa "*Green Deal: Greening freight for more economic gain with less environmental impact*" é uma proposta da Comissão Europeia que visa tornar o transporte de mercadorias mais eficiente e sustentável. Esta estratégia está alinhada com o objetivo do Pacto Ecológico Europeu de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa no setor dos transportes em 90% até 2050 (European Commission, 2023).

A seguir será analisada a relação da logística com a sustentabilidade.

### 2.3.2 O papel da logística na sustentabilidade

Após os conceitos anteriormente referidos passaremos para a análise da relação entre a logística e a sustentabilidade.

Como em qualquer atividade, as operações logísticas provocam efeitos negativos no meio ambiente, como explica Guirong et al. (2010) que enumera certos pontos negativos da atividade, como exemplo o impacto do transporte nomeadamente a poluição sonora e a poluição do ar, impacto esse que pode aumentar devido a um mau planeamento de rotas ou a uma rede de distribuição fraca. Outro ponto negativo passa pelo impacto das embalagens usadas para enviar as encomendas.

Referindo o relatório Last Mile Experts (2024a), as entregas de última milha e as embalagens são responsáveis por cerca de 40% das emissões que derivam do *E-commerce*.

Com o aumento do *E-commerce* foram levantados importantes desafios a nível ambiental que carecem de responsabilidade conforme alertado por Erisman (2017). O autor reconhece os benefícios que o *E-commerce* traz nos mercados emergentes, dando o exemplo da China e da Índia no crescimento e progresso de uma pequena empresa, mas também realça que o consumo em massa não se torna sustentável para o ambiente, pois quanto maior for o fluxo de veículos nos centros urbanos, maior a poluição produzida.

As empresas que investem na inovação para a sustentabilidade quer seja pela introdução de novas tecnologias, processos e novas formas de organização acabam por diferenciar-se e reposicionar-se no mercado, acabando assim por gerar novas propostas de valor e relacionamento com os consumidores (Carvalho et al., 2023).

Guirong et al (2010) indicam algumas medidas para que uma empresa possa se tornar mais sustentável a nível operacional, começando por exemplo na construção de um sistema de transporte mais verde, onde se aposte em realizar uma otimização de rotas, um repensar dos centros de distribuição e por último a aposta no uso de embalagens com material reciclado.

As conclusões retiradas do estudo de Kotzab et al. (2024) são de que embora os consumidores desejem entregas mais rápidas e convenientes, há também um crescente interesse por opções sustentáveis, como embalagens reutilizáveis e veículos elétricos. Considera como um desafio no futuro tanto o *E-commerce* como a logística conciliarem da melhor forma a conveniência e sustentabilidade, garantindo entregas rápidas sem comprometer o meio ambiente.

Para Inês Condeço (Diretora de Marketing e Comunicação da FNAC Portugal) quando questionada acerca das medidas tomadas pela empresa no que se refere à sustentabilidade, a mesma responde que existe a prática de utilização de trajetos otimizados para as lojas do grupo e pontos de entrega, a eliminação do plástico nas encomendas, através de enchimento reciclado caso seja necessário e o uso de embalagens à medida da encomenda. Também existe uma campanha de incentivo por

parte da empresa em promover a recolha em loja ou pontos de entrega, como o caso dos *Smart Lockers* (CTT, 2024, p. 42).

Em suma, com base no que foi descrito anteriormente, conclui-se que a inovação com o propósito de promover uma maior sustentabilidade nas operações logísticas tornou-se um fator estratégico para as empresas se diferenciarem no mercado. Na secção seguinte vamos verificar de que forma o sistema OOH se enquadra nesse propósito.

### 2.3.3 De que forma o sistema OOH contribui para um aumento da sustentabilidade

Os operadores logísticos já começaram a desenvolver e implementar medidas para ir de encontro à sustentabilidade nas suas operações nomeadamente através do investimento em veículos elétricos, na utilização de embalagens recicláveis e ou reutilizáveis, otimização dinâmica das rotas de transporte e entregas, e concentração das entregas em pontos OOH (Alvarez & Afonso, 2024).

Bonomi et al. (2022) indica que a implementação de cacifos pode ser uma solução viável para reduzir emissões, mas o seu sucesso depende fortemente do comportamento dos consumidores e da sua disposição em adotar práticas sustentáveis. Quanto mais estiverem dispostos a percorrer pequenas distâncias a pé ou de bicicleta, maior será o impacto ambiental positivo.

Segundo Green Generation (2021), citado em (Last Mile Experts, 2024a) refere que ao centralizar entregas em Lockers localizados estrategicamente, as emissões podem ser reduzidas em até dois terços em áreas urbanas. Na Polónia, por exemplo, 37% dos consumidores recolhem as encomendas a pé e cerca de 67% quando voltam do trabalho ou de uma ida a um centro comercial.

A tabela 2 apresenta um comparativo da pegada ecológica em diferentes cenários de aplicação do sistema OOH e do uso de carros elétricos na logística de última milha, verifica-se que uma combinação da adoção de veículos elétricos com soluções OOH constitui o cenário mais eficiente. O cenário intermediário, onde se pratique uma adoção de 50% de veículos elétricos e os outros 50% com o método de entrega OOH também proporciona benefícios relevantes, embora não atinja o mesmo nível de eficiência.

Tabela 2: Cenário comparativo da pegada ecológica entre os pontos OOH e viaturas elétricas (fonte: Last Mile Experts, 2024a)

EV adoption \ OOH adoption	No adoption parcels delivered by EVs in 2032: 0%	Intermediate adoption parcels delivered by EVs in 2032: 50%	High adoption parcels delivered by EVs in 2032: 100%
No adoption parcels delivered in lockers or PUDOs in 2032: 0%	<b>Worst-case scenario</b>		<b>EV-only scenario</b>
Intermediate adoption parcels delivered in lockers or PUDOs in 2032: 50%		<b>Base-case scenario</b>	
High adoption parcels delivered in lockers or PUDOs in 2032: 100%	<b>OOH-only scenario</b>		<b>Best-case scenario</b>

Em 2032, estima-se que o volume de encomendas nos países da União Europeia alcance o valor de cerca de 40 bilhões, impulsionado pelo crescimento do comércio eletrônico. A adoção combinada desses dois sistemas de entrega representa o cenário mais eficiente, permitindo uma redução de aproximadamente 510.400 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> em comparação com a ausência dessas soluções (Last Mile Experts, 2024a).

Segundo o estudo realizado por Lachapelle et al. (2018), um dos principais resultados retirados relacionados com a implementação do sistema *Smart Lockers* pela empresa *Australia Post*, cujo um dos focos foi a sustentabilidade, defende que a empresa devia expandir as suas instalações de *Smart Lockers* em locais próximos a estações de transporte público de forma a tornar as deslocações mais sustentáveis.

No próximo capítulo será estudado o comportamento do consumidor e expectativas do mesmo acerca do sistema de entrega de última milha nos *Smart Lockers*.

## 2.4 Comportamento do consumidor e expectativas

Neste último capítulo da revisão de literatura realizou-se uma recolha de alguns estudos académicos realizados em vários países com o objetivo de no final reunir quais os pontos em comum no que leva os consumidores a optarem por este modo de entrega.

A experiência do consumidor é importante em qualquer área e em logística não é diferente. Conforme Last Mile Experts (2024b) um dos fatores a ter em conta é um bom software que seja igualmente intuitivo, fácil de usar e não apresente falhas. Acrescenta-se que, para as entregas OOH

funcionarem bem, deve existir um sistema interconectado, de forma que os consumidores tenham uma experiência uniforme e interativa independentemente de irem recolher ou deixar uma encomenda.

#### 2.4.1 Casos de Estudo

Nesta secção reuniu-se os seguintes estudos académicos.

Tsai & Tiwasing (2021) realizou um inquérito na Tailândia com o objetivo de concluir de que forma é influenciada a intenção de usar o sistema *Smart Lockers* tendo por base os seguintes fatores, nomeadamente: a conveniência, a fiabilidade, a privacidade, a compatibilidade, a vantagem relativa e a complexidade. Foi possível observar que para existir uma intenção de utilizar este serviço não basta o mesmo ser entendido como uma nova tecnologia é necessário que os utilizadores interpretem essa tecnologia como sendo algo que traga vantagem quando utilizada em detrimento das outras formas de entrega disponíveis no mercado, acresce também a intenção de o serviço ser alinhado com as necessidades e os diferentes estilos de vida dos consumidores tailandeses. Os autores do estudo descrevem algumas conclusões sugestivas que as empresas devem adotar para melhorar o serviço, são eles um design simples e intuitivo dos *Lockers*, a fiabilidade tanto a nível do funcionamento do *Locker* como ao nível da segurança e proteção de dados, a criação de “necessidade” em usar este tipo de opção de entrega e por último a localização dos *Lockers* em locais estratégicos de forma a ser compatíveis com as rotinas dos consumidores.

Tang et al. (2021) no estudo realizado numa localidade chinesa, com o objetivo de descobrir quais os fatores que influenciam a satisfação dos consumidores em relação à adoção de *Smart Lockers*, estudo este que foi dividido em cinco aspetos de investigação: preço de serviço, fiabilidade do serviço, conveniência, capacidade de resposta a avarias e diversidade de serviço. Os resultados revelaram que o preço de serviço afeta negativamente a satisfação do consumidor e os restantes aspetos tem um efeito positivo na satisfação do consumidor, com especial destaque para a fiabilidade e diversidade de serviço. São aspetos como estes que acabam por servir como sugestões do que deve ser um serviço de qualidade sob o ponto de vista dos consumidores.

Lachapelle et al. (2018) descreve no artigo de sua autoria, sobre a implementação do sistema de *Smart Locker* na cidade Australiana de Queensland por parte da empresa *Australia Post*, foi identificado que a localização habitual passa por ser em centros urbanos onde existe grande dimensão populacional e maior acesso à Internet; a empresa aposta por isso em localizações como centros comerciais, ruas urbanas de grande tráfego e zonas suburbanas com bastante estacionamento. A luminosidade do local foi um dos fatores avaliados tendo como resultado de que os locais menos iluminados eram menos usados à noite em detrimento de outras instalações da

empresa. Uma estratégia apontada pela empresa passará pela instalação perto de campus universitários, visto que os estudantes universitários em especial os de *Erasmus* são vistos como potenciais clientes para a empresa *Australia Post*, e melhorar a visibilidade e segurança nos locais onde se encontram as instalações deste sistema.

Kolasińska-Morawska et al. (2022) centrou o seu estudo no mercado polaco, com o objetivo de compreender as preferências e percepções dos consumidores relativamente às tecnologias sustentáveis aplicadas à logística de última milha. Os resultados demonstraram que os consumidores valorizam soluções que se apresentem como sendo úteis, eficientes e amigas do ambiente. As tecnologias como IoT, inteligência artificial, *drones* e *Smart Lockers* foram identificadas como soluções de otimização da logística de última milha, estas tecnologias permitem a redução de custos operacionais e contribuem para um aumento da sustentabilidade, visto que os consumidores estão conscientes da importância de existir mais práticas logísticas sustentáveis a adoção das empresas por tecnologias que vão de acordo com o que o mercado exige é uma boa estratégia empresarial. A investigação também concluiu que tecnologias como os *Smart Lockers* são aceites como convenientes, seguras e com um impacto positivo no ambiente, pois contribuem para a redução de emissões de CO<sub>2</sub>, evitam que os transportadores tenham encomendas não entregues devido à ausência do destinatário. Enquanto sugestões para as empresas, os autores recomendam um maior investimento em infraestruturas de *Smart Lockers* para atender com a crescente procura, bem como a sua adaptação para incluir painéis fotovoltaicos, reforçar a sustentabilidade deste sistema. Adicionalmente sugerem a implementação de pontos de rede partilhados em que várias transportadoras teriam acesso aos mesmos *Smart Lockers* reduzindo assim os custos operacionais, aumentando a conveniência e a sustentabilidade.

Machado (2023) fez uma análise à intenção dos consumidores portugueses em relação à intenção e adoção dos *Smart Lockers*. Os dados recolhidos correspondem a um universo de 226 indivíduos portugueses, deste estudo foram obtidas as seguintes observações. Cerca de 35.8% das pessoas não estão familiarizadas com este conceito de entrega e cerca de 86.3% não tem interesse em usar. A autora propõe assim que deva existir uma maior publicidade e a criação de necessidade nos potenciais consumidores de forma a utilizar este modo de entrega. Outro dado obtido referente à possível adoção dos portugueses a este modo de entrega é de que 92% dos inquiridos indicam que podem optar por este modo de entrega caso o mesmo tenha um custo aceitável. No que refere à segurança e privacidade foi encontrada uma relação positiva entre a privacidade e a intenção do uso desta tecnologia, provando assim a necessidade de investir num bom sistema de segurança de forma a transmitir uma mensagem positiva para os utilizadores de que os seus dados estão seguros. Acerca da melhor localização dos *Smart Lockers* foi indicado as zonas residenciais, supermercados e shoppings sendo que os pontos de abastecimento não estão nas preferências no que toca à localização deste sistema.

### 2.4.3 Pontos em comum e expectativas

Por fim, após analisar os estudos anteriores é possível identificar pontos em comum da intenção de uso por parte dos consumidores, assim como as suas expectativas.

Os fatores que influenciam a adoção dos *Smart Lockers* são:

- ✚ Conveniência: Os estudos acima referidos apontam como fator decisivo a facilidade de acesso e uso desta tecnologia.
- ✚ Fiabilidade: Um serviço fiável a nível operacional e de segurança é uma mais-valia para aumentar a satisfação do utilizador.
- ✚ Localização estratégica: A escolha de locais movimentados, como os centros comerciais, supermercados e locais próximos de transportes públicos promovem a utilização do serviço.
- ✚ Segurança e privacidade: A proteção dos dados dos utilizadores e a segurança do sistema dos *Smart Lockers* é um ponto fundamental.
- ✚ Custo do serviço: O preço continua a ser um fator determinante em qualquer serviço e a escolha por este meio de entrega OOH não é diferente, é demonstrado que a um custo acessível a intenção de escolha por parte dos utilizadores aumenta.

Acerca do tema da Sustentabilidade é analisado que os consumidores valorizam soluções sustentáveis, considerando este modo de entrega uma alternativa viável para reduzir as emissões de carbono.

O uso de tecnologias como a IoT, a inteligência artificial e a energia solar é sugerido para tornar o serviço mais eficiente e ambientalmente responsável.

Acerca da necessidade de campanhas de publicidade é referido que a ampliação do serviço passa por tornar os Lockers mais atraentes, melhorando o design, a segurança e a diversificação dos serviços, no caso de Portugal é verificado que grande parte dos utilizadores ainda desconhece ou não tem interesse em usar este modo de entrega, indicando assim uma necessidade para as empresas em fazer uma divulgação do serviço.

Em suma, é verificado assim que os estudos acima enunciados destacam que a aceitação dos *Smart Lockers* depende de várias combinações de fatores entre eles a combinação entre conveniência, segurança e custo-benefício, além da necessidade de adaptação do serviço às rotinas dos consumidores.

## **CAPÍTULO III**

### 3. Metodologia de Investigação

Neste terceiro capítulo, inicialmente será apresentado uma descrição do tipo de estudo a ser realizado. Em seguida, proceder-se-á à recolha de dados para as três hipóteses formuladas e investigadas. Após essa etapa, será dada a devida apresentação dos dados obtidos, assim como, uma análise dos mesmos.

*“A metodologia de investigação consiste num processo de seleção da estratégia de investigação, que condiciona, por si só, a escolha das técnicas de recolha de dados, que devem ser adequadas aos objetivos que se pretendem atingir”* (Sousa & Baptista, 2014)

#### 3.1 Formulação de Hipóteses

*“As hipóteses são uma resposta prévia ao problema proposto... estas não são necessariamente verdadeiras, pois as mesmas são formuladas para que no final da investigação sejam consideradas verdadeiras ou falsas”* (Sousa & Baptista, 2014)

Como consequência da revisão de literatura realizada no capítulo II que contemplou vários temas acerca do estudo do sistema OOH com incidência nos *Smart Lockers*, propõe-se agora as seguintes hipóteses:

**Hipótese 1:** *“Portugal situa-se numa fase inicial da implementação de Smart Lockers, em comparação com outros países europeus.”*

A hipótese proposta surgiu da necessidade de ir em encontro ao tema central desta dissertação, nomeadamente em que contexto Portugal se encontra na implementação deste formato de entrega em comparação com outros países.

Para se poder validar a primeira hipótese será realizada uma recolha de dados recorrendo ao relatório Last Mile Experts do ano de 2020 até 2023 inclusive, este relatório agrupa vários dados pertencentes a vários países europeus inclusive o Reino Unido, dados referentes a empresas que disponibilizam como serviço de entrega a opção pelo modelo OOH.

**Hipótese 2:** *“O crescimento do E-commerce em Portugal tem impulsionado positivamente a expansão da rede de Smart Lockers como solução logística relevante.”*

Conforme verificado anteriormente na revisão de literatura, tem-se assistido a um crescimento do *E-commerce* nos últimos anos, o que gerou por parte das empresas logísticas um aumento na procura de soluções mais eficientes para as suas atividades. O que se pretende com a hipótese proposta é verificar se esse crescimento tem impulsionado diretamente a expansão da rede de *Smart Lockers* e avaliar a sua adoção enquanto solução logística por parte dos consumidores. Será

assim adotada uma abordagem quantitativa/comparativa para verificar a validade da hipótese no nosso país.

**Hipótese 3:** “*A adoção de Smart Lockers contribui para a redução de emissões de carbono com benefícios ambientais replicáveis em Portugal*”

Atualmente vivemos uma época em que cada vez mais se fala das alterações climáticas e de que forma o nosso clima está a modificar devido ao aquecimento global e aumento dos gases de estufa, sendo o setor logístico uma área que envolve o uso de meios de transporte de mercadorias que recorrem a consumo de combustíveis com origem fóssil é por isso necessário as empresas pensarem em soluções mais amigas do ambiente. O surgimento de modelos matemáticos para o cálculo da pegada de carbono tornou-se uma ferramenta essencial para fazer uma avaliação do impacto ambiental de diferentes tipos de abordagens.

Pretende-se assim, na hipótese proposta verificar se a opção por esta forma de entrega ajuda a reduzir as emissões.

### 3.2 Recolha de dados

Neste capítulo vai ser indicado de que forma se vai proceder à recolha dos dados para cada uma das três hipóteses a desenvolver.

#### 3.2.1 Retrato de Portugal sobre a implementação da rede *Smart Locker*

Para validar a Hipótese 1, a recolha dos dados será focada nos pontos únicos de *Smart Lockers*, visto que irá demonstrar a expansão real da rede para cada país analisado, traduzindo-se assim numa melhor interpretação dos resultados.

Os dados a recolher são a partir da fonte estatística Eurostat, considerando o ano de 2023, por ser o mais recente disponível até à data da redação desta dissertação de mestrado e possibilitar a comparação com os dados do relatório anual já mencionado.

Para uma análise mais abrangente, a comparação incluirá Portugal e quatro outros países: Polónia, República Checa, Estónia e Espanha. A escolha destes países baseia-se em características demográficas específicas: a Polónia, com uma população significativamente maior que a de Portugal; a Estónia, com uma população inferior à nossa; a República Checa, cuja dimensão da população é similar à população portuguesa; e a Espanha pela proximidade com o nosso país.

A fórmula (1) vai ser utilizada para o cálculo da densidade:

$$\text{Densidade de Smart Lockers} = \frac{\text{Número de Smart Lockers}}{\text{População Total}} \times 10.000 \quad (1)$$

Assim é calculada a densidade, através da divisão do número de pontos únicos de *Smart Lockers* pela população total do país, depois será multiplicado pelo fator de 10.000 habitantes.

Para realizar uma melhor comparação no processo de implementação, será calculada a densidade de *Smart Lockers* por cada 10.000 habitantes, permitindo assim um melhor enquadramento do estado atual da implementação ao considerar o tamanho do país como um fator relevante para responder à hipótese proposta.

A escolha deste fator deveu-se ao facto de ser um valor de referência encontrado no relatório Last Mile Experts (2024b). Além disso, o uso deste fator torna o resultado mais legível, evitando valores demasiados pequenos ou expressos com várias casas decimais, o que ocorreria se fosse utilizado um fator menor, como 1.000 habitantes.

### 3.2.2 O *E-commerce* como Motor da Expansão dos *Smart Lockers* em Portugal

Para a segunda hipótese proposta, começar-se-á a recolher os dados do *E-commerce* entre os anos de 2020 a 2023. Os dados a recolher dizem respeito ao volume de vendas e à variação percentual do crescimento nesse período. Para obter essa informação, utilizar-se-á como fontes os sites com dados estatísticos, nomeadamente o do Eurostat (2025) e o do ACEPI (2024). Para fazer a recolha de dados financeiros das maiores empresas do ramo em Portugal usou-se a plataforma SABI informa (2025).

Em seguida, os dados a recolher dizem respeito ao número de *Smart Lockers* em Portugal no período anteriormente referido. Os números obtidos são os dos pontos partilhados pelas empresas presentes no mercado de entregas OOH em Portugal, desta forma é possível avaliar de que forma é que se verifica a acessibilidade com que os consumidores têm a este sistema. Para esta análise, será referenciado os relatórios Last Mile Experts (2021), (2022), (2023) e de (2024b).

Entre as empresas logísticas presentes no nosso país que disponibilizam este modo de entrega, selecionou-se a CTT Expresso – Serviços Postais e Logística, S.A., e a DPD Portugal – Transporte Expresso, S.A. A escolha justifica-se pelo facto de ambas investirem na rede *Smart Locker* desde que há registo no nosso país, ao contrário de outras empresas que implementaram este sistema mais tardiamente. Para se conhecer a quota de mercado destas duas empresas procedeu-se à recolha de informação do valor do volume de vendas desde o ano de 2013 ao ano de 2023 através da plataforma SABI informa (2025).

Com os dados disponíveis online das duas empresas referidas anteriormente, cuja fonte bibliográfica encontra-se identificada devidamente, foi analisado os relatórios disponibilizados por ambas, que incluem estudos sobre o mercado de *E-commerce*. Esta informação é relevante, visto que, permite compreender como funciona o mercado e as tendências de comportamento dos consumidores, o que para as empresas permite interpretar o mercado e ajustar as estratégias consoante o mesmo. Para o objetivo da hipótese proposta a recolha de dados desses relatórios vai ser focada na utilização dos *Smart Lockers* pelos utilizadores entre o período de 2020 a 2023.

Por fim, vão ser interpretados e comparados os dados relativos à rede de *Smart Lockers* em Portugal e à sua adoção pelos consumidores entre 2020 e 2023, com o objetivo de validar ou não a hipótese enunciada.

### 3.2.3 A contribuição dos *Smart Lockers* para reduzir a pegada de carbono

Para validar a hipótese 3, foi adotada uma metodologia quantitativa com o objetivo de calcular as emissões de carbono associadas às entregas realizadas pelas carrinhas de distribuição, comparando dois cenários: entregas diretamente nas residências dos clientes finais e entregas centralizadas em *Smart Lockers*.

Além disso, a metodologia aplicada será a heurística do vizinho mais próximo, visando determinar uma rota otimizada.

Para este estudo escolheu-se uma empresa com forte presença no mercado e nacional nomeadamente os CTT - Correios de Portugal, S.A.

Para efeitos de simulação serão criados dois cenários fictícios em que o ponto de partida e chegada é o mesmo local, no primeiro cenário irá ser realizada uma rota com sete entregas aleatórias que representa moradas de clientes finais enquanto no segundo cenário a rota definida contém pontos de paragem com três localizações representados por *Smart Lockers* onde o distribuidor irá deixar as encomendas. A ferramenta que será usada para esta simulação é o Google Maps através do endereço: [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps).

Nos dois cenários simulados vai ser considerado o veículo Peugeot Partner Standard 100Cv, igual ao da figura 11, cujo consumo (litros/km) encontra-se descrito na tabela 3 (PEUGEOT, 2025).



Figura 11: Peugeot Partner Standard 100Cv

O ponto inicial e final da distribuição foi definido para ambos os cenários como o centro de distribuição dos CTT nas Devesas (Vila Nova de Gaia) localizado na R. Visc. das Devesas 453, 4400-999 Vila Nova de Gaia.

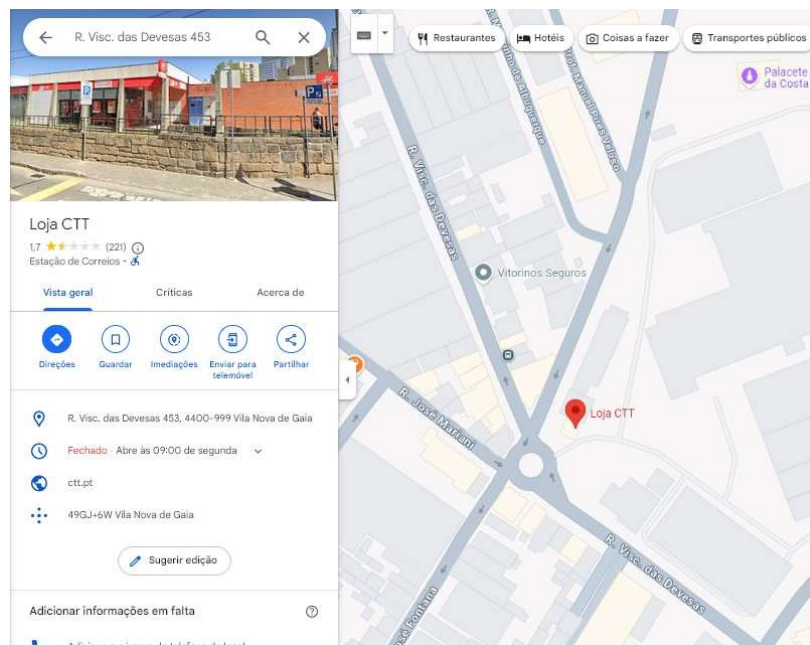


Figura 12: Localização do ponto de distribuição

A abordagem utilizada para determinar qual a melhor rota para os cenários acima propostos é um problema de otimização, pretende-se minimizar a distância total percorrida de forma a otimizar o uso do veículo de entrega. Este tipo de problema de otimização denomina-se de TSP (*Traveling Salesman Problem*), e consiste em encontrar o caminho mais curto para visitar um conjunto de cidades e retornar ao ponto de origem ( Applegate et al., 2011).

A heurística mais indicada para a resolução deste problema será do tipo construtiva, em concreto a heurística do vizinho mais próximo que, apesar de não garantir a solução ótima é útil para encontrar boas soluções num curto espaço de tempo. Inicialmente parte-se do ponto de partida e adiciona-se

um novo ponto que seja o mais o próximo do ponto inicial ( $k$ ) e que ainda não tenha sido escolhido, após a escolha desse ponto ( $k + 1$ ) não se poderá retornar novamente, mas deve-se continuar a procurar um novo ponto vizinho que se situe o mais perto possível deste, no fim será feita a ligação entre o último ponto e o ponto de partida, após todos os pontos serem selecionados a heurística está terminada (Goldbarg & Luna, 2005).

De forma a visualizar melhor o processo da heurística do vizinho mais próximo recorreu-se a criação de um fluxograma conforme representado na figura 13.

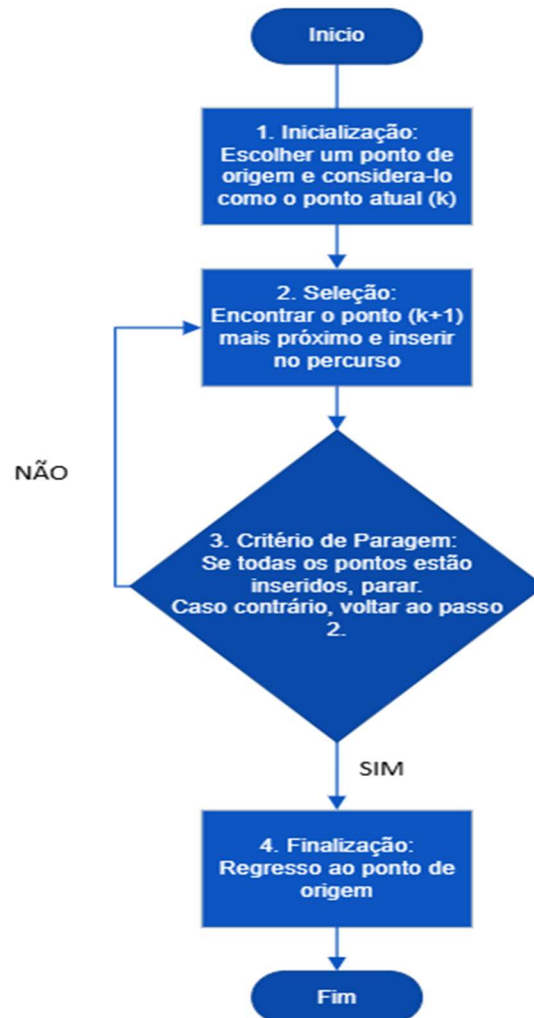


Figura 13: Fluxograma da Heurística do vizinho mais próximo

O objetivo será no final obter a melhor otimização de rota para ambos os cenários. Para ajudar a cumprir o objetivo vamos recorrer a uma tabela de matriz de distâncias simétricas ( $d_{(i,j)} = d_{(j,i)}$ ) onde será registada a distância entre cada par de pontos a visitar, após a matriz estar completa com todas as distâncias, será criado um grafo de forma a ajudar na interpretação e visualização da rota com menor distância. Para a criação do grafo foi usado o website: <https://graphonline.top/pt/>.

Por fim, será analisada a necessidade ou não da rota ser otimizada através da heurística k-opt, em específico a heurística 2-opt que consiste em retirar 2 arestas, para originar uma solução alternativa.

A figura 14 demonstra através de um fluxograma os passos deste processo:

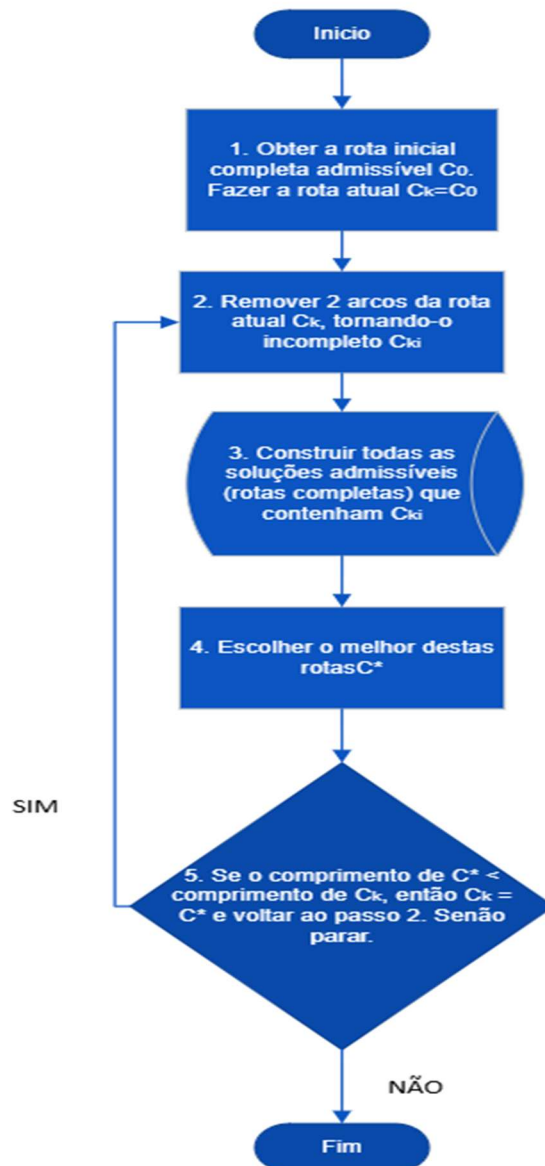


Figura 14: Fluxograma da Heurística 2-opt

Conforme é possível verificar na figura 14, inicialmente começamos com uma rota inicial denominada por  $C_0$ , que representa uma solução para o problema. A rota que vamos desenvolver é definido como a rota  $C_k$ . Em seguida, remove-se 2 arestas, resultando numa versão incompleta da rota  $C_{ki}$ . A partir dessa versão, vai ser gerada todas as trocas possíveis que podem ser formadas a partir de  $C_{ki}$ .

Entre essas novas soluções, vai se selecionar a que apresentar a menor distância possível denominando-a como  $C^*$ . Se a solução  $C^*$  for melhor que a rota  $C_k$ , então a rota atual fica  $C_k = C^*$  e retorna-se ao passo 2. Caso contrário o processo de otimização termina, assumindo de que não é possível uma melhoria na distância percorrida.

Na tabela 3 são inseridos os dados correspondentes aos parâmetros de cada cenário:

Tabela 3: Tabela com os valores dos parâmetros

Parâmetro	Cenário 1 – sem utilização de <i>Smart Lockers</i>	Cenário 2 – com utilização de <i>Smart Lockers</i>
Número de pontos de entregas	7	3
Consumo do veículo (litros/km)	0,054	0,054
Fator de emissão (kg CO <sub>2</sub> /litro)	2,68	2,68
Preço p/litro do combustível	1,80 €	1,80 €

O consumo do veículo e o fator de emissão são constantes para ambos os cenários uma vez que em ambos os cenários o veículo considerado é o mesmo.

Relativamente ao número de pontos de entrega, no cenário 1 foram considerados 7 pontos correspondentes aos nossos clientes finais, enquanto no cenário 2 foram definidos 3 pontos de entrega, que correspondem aos *Smart Lockers*. A distinção no número de pontos de paragem visa evidenciar as diferenças entre uma rota com entregas em moradas individuais e uma rota com entregas centralizadas em *Smart Lockers*.

As métricas a comparar para cada cenário são as seguintes:

- Pegada de carbono
- Distância percorrida
- Custo do combustível gasto
- Tempo de viagem

A fórmula (2) usada em análises ambientais e de sustentabilidade, vai permitir calcular a pegada de carbono dos cenários acima propostos.

$$Emissões\ Produzida = Dist.Total\ Percorrida \times Consumo\ do\ Veículo \times Fator\ de\ Emissão \quad (2)$$

Em que:

Emissões Produzidas – O resultado do produto da distância total percorrida pelo consumo do veículo e do fator de emissão. A unidade de medida é em *kg CO<sub>2</sub>*.

Distância total percorrida – Representa a distância percorrida pela carrinha de distribuição desde que sai do armazém até retorno da mesma. A unidade de medida é expressa em *km*.

Consumo do veículo – Consumo médio por quilómetro do veículo usado. Expresso em *litros/km*.

Fator de emissão – Este fator é baseado em medições científicas da quantidade de dióxido de carbono emitido aquando da queima de combustíveis fósseis. Para o gasóleo o valor é de *2.68 kg CO<sub>2</sub>/litro*. (Ministry for the Environment, 2015)

A fórmula (3) é usada para o cálculo do custo de combustível

$$\text{Custo do combustível} = \text{Dist.Total Percorrida} \times \text{Consumo do Veículo} \times \text{Preço p/litro} \quad (3)$$

Em que:

Preço p/litro do combustível – É um preço que é variável todas as semanas, para efeitos práticos vai ser considerado o valor de 1.80 €/litro.

Acerca do tempo de viagem, vai ser considerado o tempo obtido através do *google maps* quando for definida uma rota otimizada para cada cenário, acresce que não vai ser considerado o tempo entre paragens nem o do trânsito rodoviário.

Após a recolha dos dados anteriores das três hipóteses acima descritas será realizado o seu tratamento e os resultados apresentados encontram-se no próximo capítulo.

**CAPÍTULO IV**

#### 4. Apresentação e discussão dos resultados

Neste capítulo será apresentado os resultados obtidos do capítulo anterior para as hipóteses em estudo. Após apresentação desses resultados será realizada a sua interpretação.

*“É o processo de decomposição de um todo nos seus elementos, procedendo posteriormente à sua examinação – de uma forma sistemática – parte por parte. Em termo de processo de investigação, corresponde à etapa onde se registam, analisam e interpretam os dados.”* (Sousa & Baptista, 2014)

##### 4.1 Retrato de Portugal sobre a implementação da rede *Smart Locker*

Para iniciar a discussão da validade ou não da hipótese em estudo os dados recolhidos foram tratados e foi criado um gráfico para auxiliar na análise ao nosso país.

Conforme observado na figura 15 verifica-se que existe um crescimento lento e de certa forma tímido de *Smart Lockers* entre 2020 e 2023. O cenário muda no que diz respeito à implementação dos pontos PUDO que conforme se verifica é muito maior, assumindo-se assim como uma solução e preferência de método de entrega OOH em Portugal. De notar que a quebra verificada em 2022 referente ao número de pontos PUDO poderá se dever a uma variação devido à falta de disponibilidade de dados que determinada empresa poderá não ter fornecido ou um desinvestimento que alguma empresa fez no ano de 2022 nesta opção de entrega.

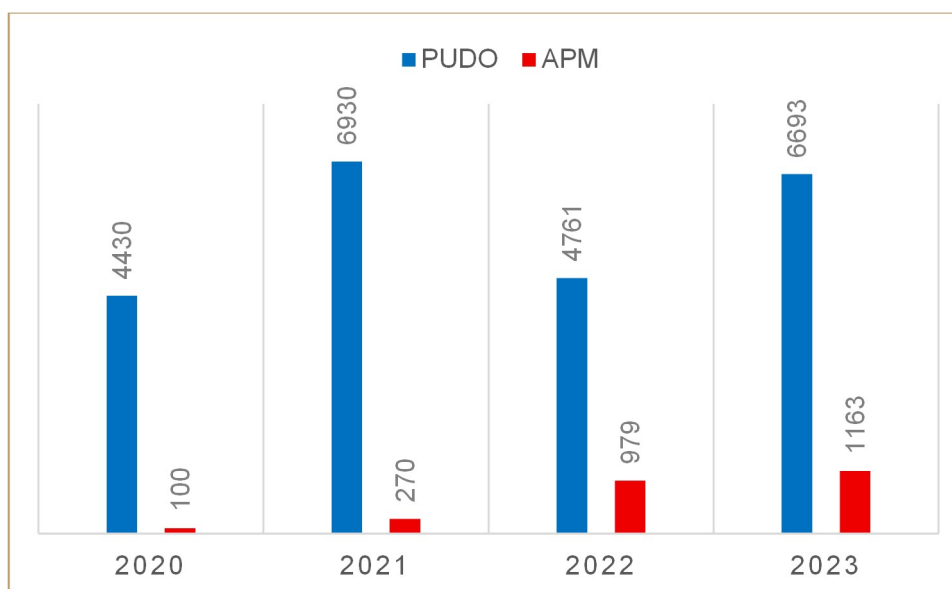


Figura 15: Dados da evolução temporal do sistema OOH em Portugal (pontos únicos)

Para apurar se o panorama do nosso país se encontra numa fase inicial em comparação outros países europeus, conforme a figura 16, verifica-se que há discrepâncias na rede de *Smart Lockers* entre os vários países europeus.

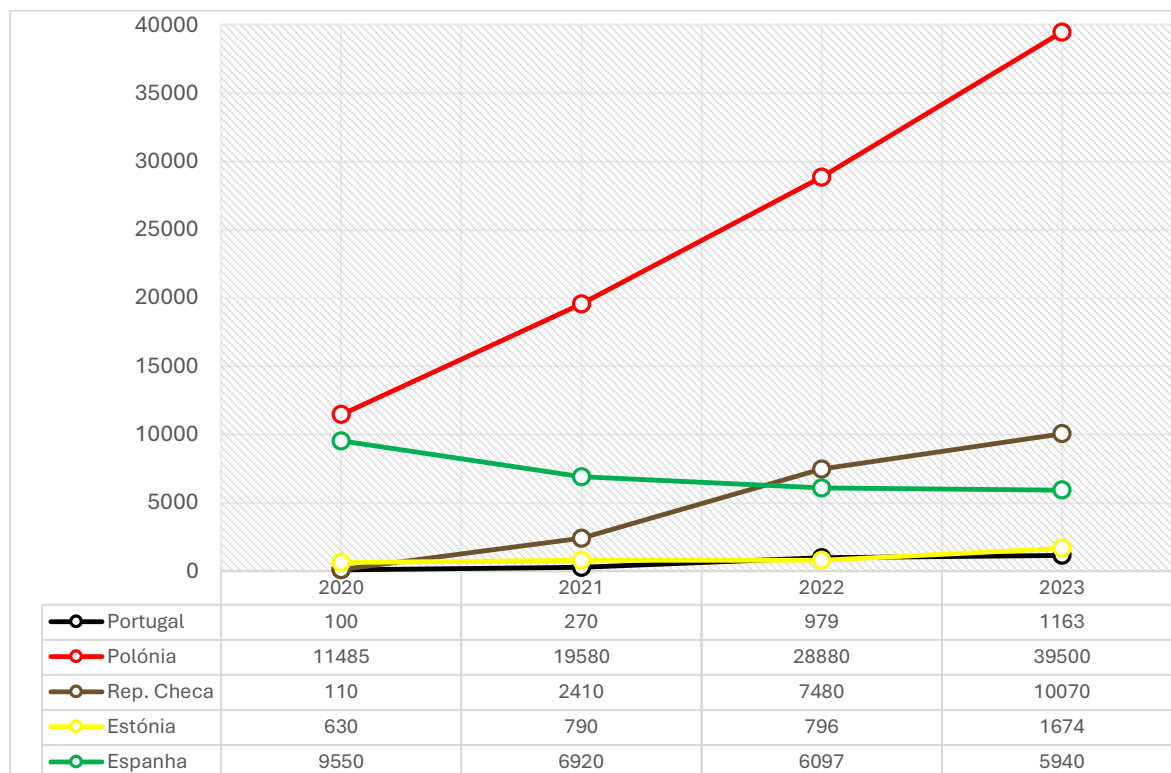


Figura 16: Evolução do número de *Smart Lockers* entre 2020-2023

Verifica-se assim que todos os países (à exceção de Espanha) se encontram em fase de crescimento na implementação deste sistema, mas apesar dessa tendência geral verifica-se alguns cenários diferentes de implementação. A Polónia, que é o país que lidera na implementação desta solução de entrega de última milha, nota-se que se encontra numa fase avançada de crescimento; entretanto países como a Estónia e Portugal, apesar de apresentarem também uma evolução entre 2020-2023, a mesma é de menor expressão.

Na etapa a seguir será calculada a densidade de *Smart Lockers* por cada 10 000 habitantes. Conforme falado no capítulo anterior, foi escolhida uma característica de cada um desses países a fim de poder comparar melhor a implementação dos *Smart Lockers*, visto que o número absoluto pode ser enganador se não for considerado o tamanho do país.

Na tabela 4 observa-se os dados retirados do site da Eurostat (2025), onde os valores representam o número de pessoas residentes no país no ano de 2023.

Tabela 4: Tabela com os dados demográficos do país no ano de 2023 (fonte: Adaptado de Eurostat 2025)

PAÍS	Nº de habitantes em 2023
Espanha	48 085 361
Estónia	1 365 884
Polónia	36 753 736
Portugal	10 516 621
República Checa	10 827 529

Através dos dados da tabela 4 conseguimos calcular por cada 10.000 habitantes qual a densidade de *Smart Lockers* correspondente. Para isso calcular-se-á com base na fórmula (1) descrita no capítulo anterior, a seguir apresentar-se-á os cálculos dos quatro países.

Espanha:

Nº de *Smart Lockers*: 5 940

População Total: 48 085 361

$$\text{Densidade de Smart Lockers} = \frac{5\,940}{48\,085\,361} \times 10.000 \approx 1.24 \quad (4)$$

Estónia:

Nº de *Smart Lockers*: 1 674

População Total: 1 365 884

$$\text{Densidade de Smart Lockers} = \frac{1\,674}{1\,365\,884} \times 10.000 \approx 12.26 \quad (5)$$

Polónia:

Nº de *Smart Lockers*: 39 500

População Total: 36 753 736

$$\text{Densidade de Smart Lockers} = \frac{39\,500}{36\,753\,736} \times 10.000 \approx 10.75 \quad (6)$$

Portugal:

Nº de *Smart Lockers*: 1 163

População Total: 10 516 621

$$\text{Densidade de Smart Lockers} = \frac{1\,163}{10\,516\,621} \times 10.000 \approx 1.11 \quad (7)$$

República Checa:

Nº de *Smart Lockers*: 10 070

População Total: 10 827 529

$$\text{Densidade de Smart Lockers} = \frac{10\,070}{10\,827\,529} \times 10.000 \approx 9.30 \quad (8)$$

Após analisarmos os dados obtidos para esta primeira hipótese é possível verificar de forma perceptível, que a rede de *Smart Lockers* em Portugal é reduzida em comparação com outros países europeus. O número de locais cresceu a um ritmo lento, situando-se, no final de 2023 em pouco mais de 1 100 unidades, muito abaixo dos patamares de outros líderes europeus.

Após o cálculo da densidade de *Smart Lockers* para os cinco países em estudo, numa primeira observação verificamos que Portugal é o país com menor densidade desta tecnologia com apenas 1.11 *Smart Lockers* por cada 10 000 habitantes. Em termos comparativos de densidade populacional com o nosso país é verificado que a República Checa apresenta um valor mais elevado correspondente a 9.30, em contraste com a Polónia que apresenta um valor de 10.75 verificando-se como sendo dois países com rede de *Lockers* bem desenvolvida; enquanto que a Estónia que apesar de ter um baixo número populacional apresenta uma maior densidade deste sistema de entrega comparativamente com os outros países com uma valor de 12.26 evidenciando uma elevada aceitação e aposta nesta tecnologia pelas empresas e os consumidores. A vizinha Espanha apresenta uma densidade de *Smart Lockers* superior à de Portugal, embora de forma relativamente próxima. Apesar de, em 2023, a população espanhola ser superior à da Polónia, o país continua ainda bastante aquém do potencial que este mercado oferece em termos de possíveis consumidores.

Pode-se assim verificar a validade da hipótese, uma vez que, pelos dados obtidos, Portugal ainda se encontra numa fase inicial de implementação em comparação com outros países europeus. Como demonstrado, um país como a Estónia, com uma população muito inferior à de Portugal, revela uma grande adoção deste sistema, comprovando que um mercado pequeno pode ser altamente eficiente a nível logístico. Comparando com um país de população semelhante à nossa, verifica-se que a aposta em Portugal é ainda inferior, sendo que a República Checa ultrapassa Portugal na adoção desta tecnologia e aproxima-se da Polónia, o país que é líder no número de

*Smart Lockers* instalados, apesar de, curiosamente, não ser líder em termos de densidade de *Smart Lockers* por cada 10 000 habitantes.

Em suma, apesar de se verificar um crescimento no mercado dos *Smart Lockers* em Portugal nestes últimos anos, este não é comparável ao de outros países europeus que inclusive são menores em termos populacionais. Em Portugal, existe um mercado forte no sistema de entrega em pontos PUDO's que tem registado um aumento significativo nos últimos anos, tornando-se uma das principais soluções de entrega. Caso continue a seguir a tendência que se tem verificado é provável que nos próximos anos continue a ocorrer um aumento na instalação de *Smart Lockers*, mas para tal é necessário que as empresas continuem a investir na tecnologia criando estratégias para aumentar a adoção por parte dos consumidores e a implementação de redes, reduzindo assim os custos de implementação.

#### 4.2 O E-commerce como Motor da Expansão dos *Smart Lockers* em Portugal

Na figura 17 é possível observar um crescimento do comércio eletrónico B2C em Portugal desde 2012. Estes valores representam o volume de euros movimentado em vendas entre empresas e consumidores.

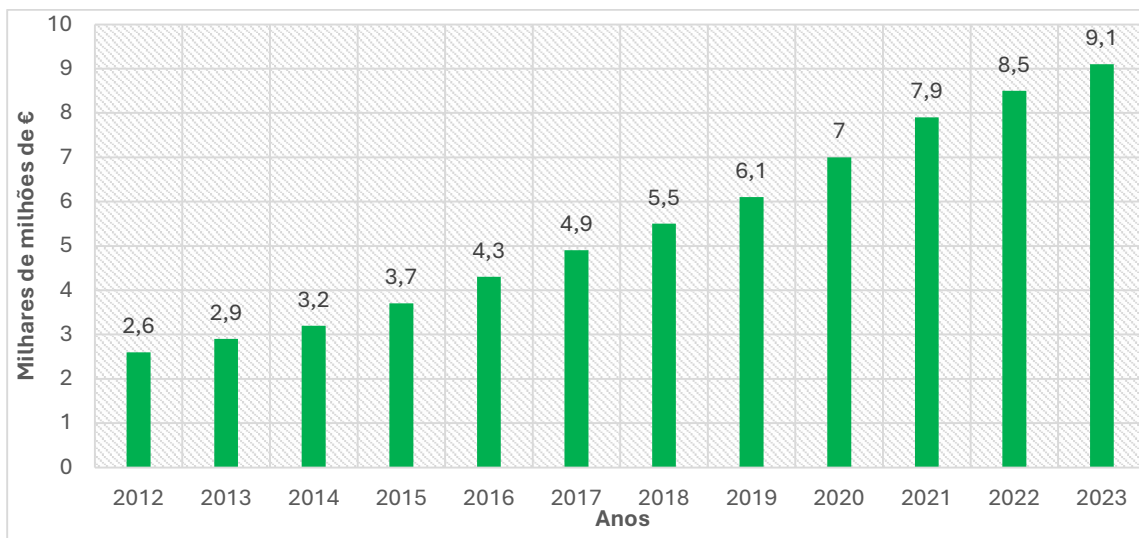


Figura 17: Valores do comércio eletrónico B2C – (Fonte: Adaptado de ACEPI, 2024)

No que diz respeito aos indivíduos que utilizaram a Internet como forma de comprar bens ou serviços entre o ano de 2020 a 2023, conforme demonstrado na figura 18, observa-se que o nosso país se

encontra abaixo da média da União Europeia, apesar de manter um crescimento tímido nesse período (Eurostat, 2024).

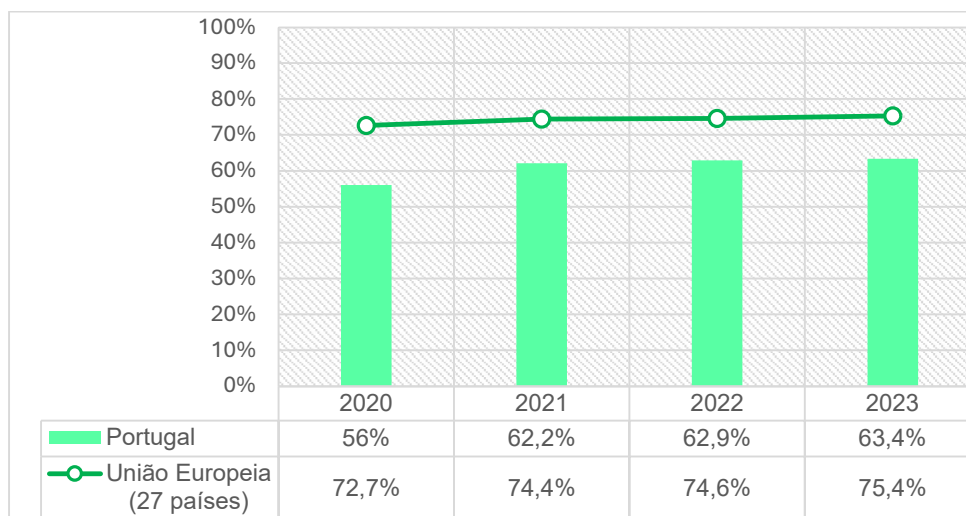


Figura 18: Indivíduos que utilizam a Internet como forma de comprar bens ou serviços

Para compreender a realidade do comércio eletrónico nas empresas, a figura 19 representa a percentagem de empresas em que as vendas online representaram mais de 1% do seu volume de negócios anual, por outras palavras, permite avaliar a proporção de empresas em que o *E-commerce* tem um peso relevante nas suas vendas.

Em 2020, Portugal destacou-se com um valor de 19.6%, o que significa que esse valor corresponde às empresas portuguesas que realizaram vendas online que representaram, no mínimo, 1% do seu volume de negócios anual; esse valor de 19.6% em 2020 superou a média europeia (18.1%), possivelmente impulsionado pelos efeitos da pandemia.

No entanto, nos anos seguintes, o país passou a registar valores abaixo da média europeia, ainda que com algumas oscilações, contrastando com a tendência de crescimento contínuo observada nos países da União Europeia. (Eurostat, 2025)

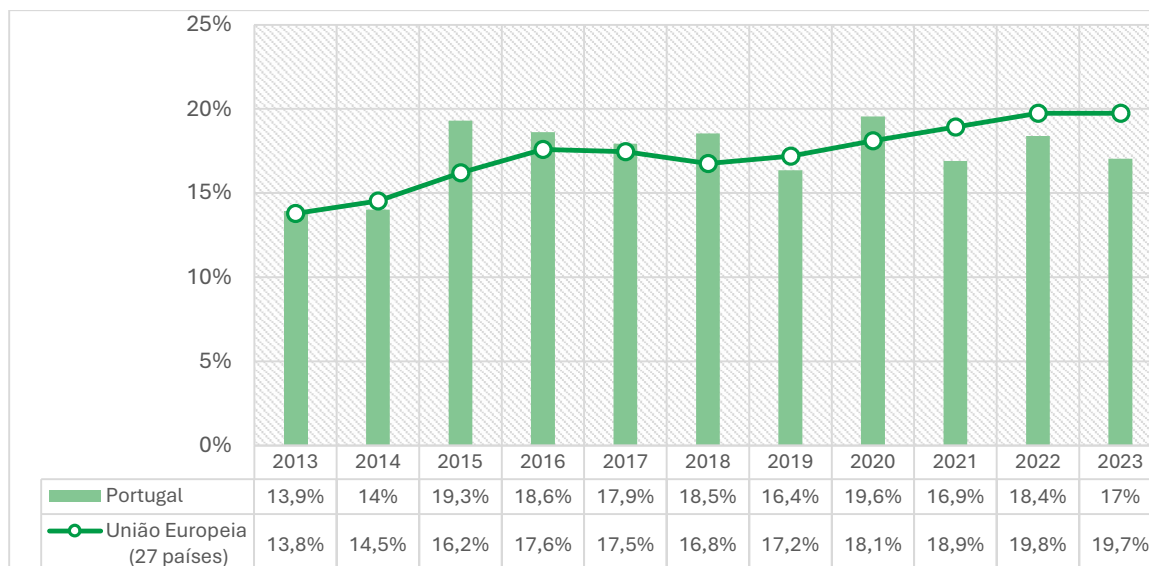


Figura 19: Percentagem de empresas com vendas online representativas em mais de 1% do volume de negócios (Portugal e União Europeia) entre 2013 e 2023

O mercado do *E-commerce* B2C tem assistido a um aumento ao longo dos anos em Portugal, apesar da percentagem de pessoas que compram online se manter abaixo da média europeia. Verifica-se um crescimento no uso da Internet para compras, assim como um aumento do número de empresas a incluir vendas online no seu volume de negócios.

Depois de reunida a informação acerca do cenário do comércio eletrónico, torna-se necessário analisar a evolução em Portugal da rede *Smart Lockers* entre o ano de 2020 a 2023, com o objetivo de avaliar a validade da hipótese. Conforme a figura 20 verifica-se um crescimento contínuo na implementação desta opção de entrega no país.

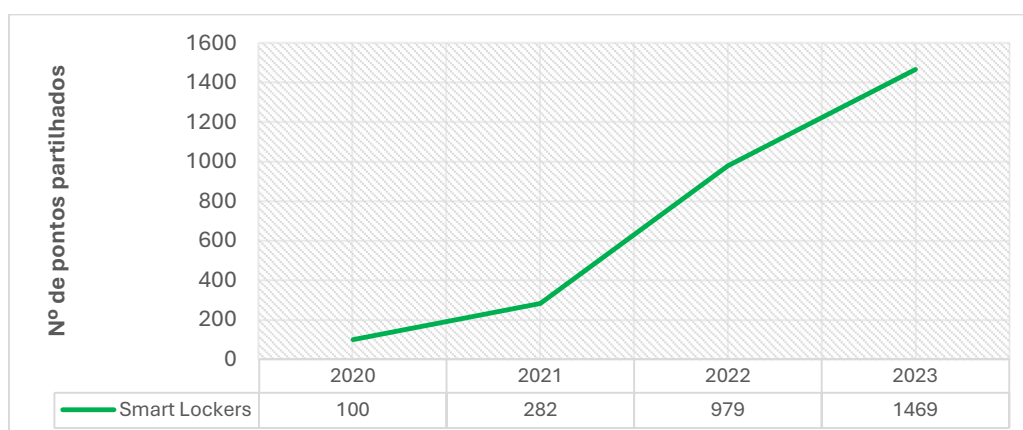


Figura 20: Evolução em Portugal da rede de Smart Lockers

De forma a ser possível interpretar como o crescimento está distribuído pelas demais empresas, foi criada a tabela 5 que indica a evolução das empresas que entre 2020 e 2023 investiram na implementação dos *Smart Lockers* no território português. Os valores indicados na tabela 5 diferem dos da figura 15, pois referem-se aos pontos partilhados. Com esta abordagem é possível verificar a disponibilidade real dos Lockers para os consumidores, dado que um mesmo ponto pode ser utilizado por mais do que uma empresa, através de parcerias no setor da distribuição.

Tabela 5: Dados da evolução temporal do sistema OOH em Portugal (pontos partilhados)

2020			2021			2022			2023		
OPERADOR	PUDO	APM	OPERADOR	PUDO	APM	OPERADOR	PUDO	APM	OPERADOR	PUDO	APM
BLOQ.IT	-	-	BLOQ.IT	-	17	BLOQ.IT	-	30	BLOQ.IT	-	-
CTT	1500	53	CTT	2366	200	CTT	2200	500	CTT	2366	764
DHL	1000	-	DHL	900	-	DHL	900	-	DHL	400	-
DPD	662	47	DPD/PICKUP	758	65	DPD/PICKUP	970	209	DPD/PICKUP	1068	306
GLS	250	-	GLS	510	-	GLS	534	-	GLS	688	-
INPOST	-	-	INPOST	-	-	INPOST	-	-	INPOST	2056	4
MAIL BOXES	-	-	MAIL BOXES	-	-	MAIL BOXES	-	-	MAIL BOXES	22	-
MONDIAL RELAY	-	-	MONDIAL RELAY	530	-	MONDIAL RELAY	600	-	MONDIAL RELAY	-	-
MRW	36	-	MRW	550	-	MRW	50	-	MRW	50	-
NACEX	145	-	NACEX	291	-	NACEX	850	-	NACEX	1049	-
PUDO INTERNATIONAL	-	-	PUDO INTERNATIONAL	-	-	PUDO INTERNATIONAL	-	240	PUDO INTERNATIONAL	-	-
PUDO 24	-	-	PUDO 24	-	-	PUDO 24	-	-	PUDO 24	-	395
SENDING	700	-	SENDING	700	-	SENDING	500	-	SENDING	700	-
UPS	140	-	UPS	329	-	UPS	480	-	UPS	828	-
<b>TOTAL</b>	<b>4433</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>6934</b>	<b>282</b>	<b>TOTAL</b>	<b>7084</b>	<b>979</b>	<b>TOTAL</b>	<b>9227</b>	<b>1469</b>

É importante ter em conta que não é possível saber com exatidão todos os pontos de entrega OOH, dado que os dados são baseados nas informações disponibilizadas pelas próprias empresas.

Em 2023, novos concorrentes entraram no mercado, como a InPost, focada na expansão de PUDO's, e a PUDO24, que investiu na instalação de 395 *Smart Lockers*.

Através dos resultados apresentados na tabela 5 verifica-se um crescimento contínuo no número de PUDO's desde 2020, com maior expressão em 2021 e 2023. Relativamente ao número de *Smart Lockers*, também se observa um aumento de grande expressão desde 2020, com destaque para as empresas CTT e DPD, que são uma presença relevante no mercado das entregas OOH. Retira-se assim, como pontos principais da tabela 5, a observação de um aumento no número de PUDO's e *Smart Lockers* ao longo do tempo evidenciando a aposta que as empresas estão a fazer neste mercado.

Verifica-se que a empresa CTT e a DPD se destacam das restantes no que diz respeito à extensão da rede OOH, em particular na implementação de *Smart Lockers*, aspeto que mais adiante será alvo de análise.

No que se refere ao volume de vendas, a figura 21 apresenta a evolução dos valores representados por estas duas empresas em Portugal, no período entre 2013 e 2023.

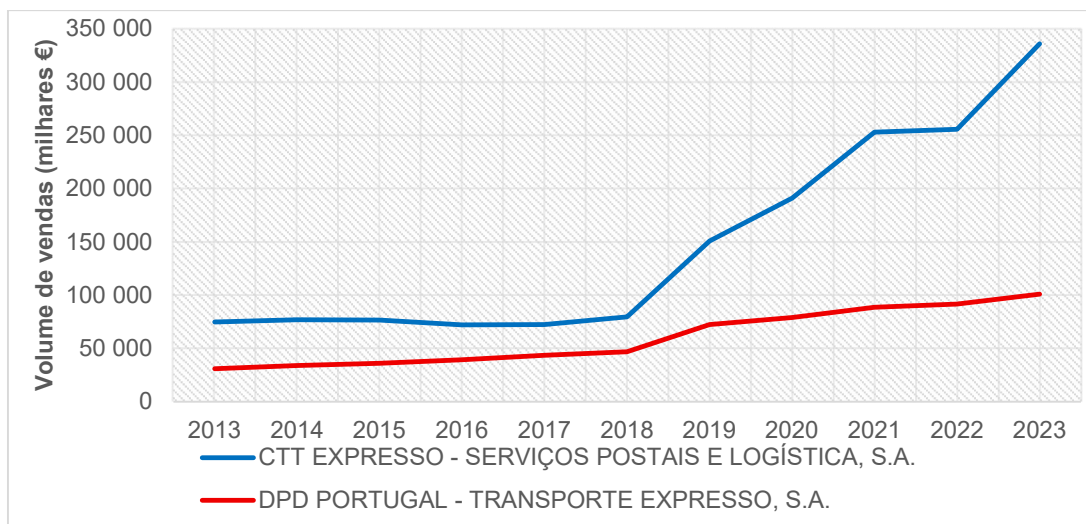


Figura 21: Volume de vendas da empresa CTT e DPD entre 2013 e 2023

É possível observar na figura 21 que ambas as empresas ao longo do tempo têm evoluído no volume de vendas ao longo do tempo, sendo que a partir do ano de 2018 esse volume aumentou mais acentuadamente na empresa CTT Expresso, apesar de a empresa DPD também verificar um crescimento, mas menos acentuado.

Através dos dados disponíveis online, foi realizada uma análise aos relatórios dos CTT e da DPD relativos ao mercado de *E-commerce*. Os resultados sobre a adoção dos *Smart Lockers* pelos consumidores são apresentados nas tabelas 6, 7 e 8. Estes dados resultam de entrevistas telefónicas realizadas a compradores online.

A tabela 6 faz a distinção entre os locais onde os compradores online recebem efetivamente as encomendas e os locais onde tinham preferência por receber caso fosse dada essa escolha (CTT, 2020) (CTT, 2021).

Tabela 6: Dados dos relatórios dos CTT entre 2020 e 2021 sobre o local desejado para receber as encomendas

	2020		2021	
	Onde recebem as encomendas	Onde desejam receber as encomendas	Onde recebem as encomendas	Onde desejam receber as encomendas
Casa	95,9%	84,9%	96,5%	87,8%
Emprego	27,5%	30,4%	21,7%	29,3%
Entrega em Loja	27%	29,4%	28,5%	35,2%
Lojas CTT	26,9%	26,4%	20,5%	19,7%
PUDO's	31,6%	37,8%	23,6%	32,9%
<i>Smart Lockers</i> e outros	-	12%	-	30,1%

A tabela 6 demonstra que, embora a escolha casa continue a ser o principal local onde as encomendas são efetivamente recebidas e a preferência mais comum, a percentagem de pessoas que desejam receber encomendas em casa é inferior àquelas que de facto as recebem. As entregas em loja e os pontos PUDO's demonstram um crescimento nas preferências, apesar de uma redução na utilização efetiva.

Observa-se um aumento no desejo por usar os Smart Lockers como forma de receber as encomendas e soluções similares, passando de 12% para 30,1%.

Os dados da tabela 7 são referentes ao local que os compradores consideram adequados para receber as encomendas (CTT, 2023).

*Tabela 7: Dados dos relatórios dos CTT entre 2022 e 2023*

Local adequado para receber as encomendas	2022	2023
Casa	86,8%	84,2%
Emprego	36%	29,6%
Entrega em Loja	27,6%	19,4%
Local escondido em sua casa	5,6%	5,6%
Lojas CTT	23,2%	21%
PUDO's	34,4%	40,2%
Receber em casa do vizinho	12,8%	14,2%
<i>Smart Lockers</i>	12,6%	19,2%

Na Tabela 7, verifica-se entre 2022 e 2023 uma ligeira diminuição na perceção da casa como local adequado para receber encomendas. As soluções OOH registaram um crescimento, destacando-se os pontos PUDO's, que passaram de 34,4% para 40,2%, e os *Smart Lockers*, que aumentaram de 12,6% para 19,2%. Por outro lado, a entrega no emprego e em loja apresentou quedas significativas, refletindo uma possível mudança nas preferências dos consumidores.

Na tabela 8, recolheu-se os dados referentes à empresa DPD que dizem respeito ao local de preferência onde os consumidores desejam receber as encomendas.

Tabela 8: Dados dos relatórios da DPD entre 2021 e 2023

Local de preferência de entrega	2021	2022	2023
Casa	79%	82%	69%
Emprego	34%	25%	33%
Entrega em Loja	10%	15%	14%
Estação de correio	13%	13%	10%
PUDO's	4%	9%	13%
Morada alternativa	11%	10%	8%
<i>Smart Lockers</i>	2%	5%	10%

Os resultados reunidos dizem respeito aos locais de preferência para recebimento de encomendas por parte de compradores online. (DPD, 2023) (Geopost, 2022) (Geopost, 2021). No caso da DPD, não se conseguiu obter nenhum relatório do ano de 2020.

Observa-se, na tabela 8, um aumento na escolha por soluções OOH entre 2021 e 2023. Apesar de a preferência por receber encomendas em casa continuar a ser a opção preferida, registou-se um decréscimo significativo de 2022 para 2023. A preferência por receber encomendas no local de trabalho, que havia diminuído em 2022, voltou a crescer em 2023.

Em suma, a análise aos relatórios das empresas CTT e DPD demonstra um crescimento na preferência dos consumidores pelas formas de entrega alternativas, apesar do crescimento na implementação do sistema *Smart Lockers*, os dados indicam que o recebimento de encomendas em casa ou no emprego ainda é uma escolha dominante, apesar de haver uma tendência crescente na aceitação e desejo de utilizar os *Smart Lockers* ainda existe outras alternativas mais populares nomeadamente a escolha de recolha em loja ou em pontos PUDO's.

Como nota final, o crescimento do *E-commerce* contribuiu para um crescimento na expansão de outras soluções alternativas de receber as encomendas, no caso da rede de *Smart Lockers* é evidenciado o crescimento, mas ainda não é considerada como uma solução logística de preferência por quem faz encomendas online, como tal, a hipótese em análise não é válida.

#### 4.3 A contribuição dos *Smart Lockers* para reduzir a pegada de carbono

Os dois cenários hipotéticos que se pretende analisar são os seguintes:

Para o cenário 1: “Entrega Tradicional” considera-se as entregas efetuadas numa determinada rota exclusivamente na casa dos clientes finais.

As moradas inseridas são:

Partida: Loja CTT, R. Visc. das Devesas 453, 4400-999 Vila Nova de Gaia

1- R. Gil Eanes 173, 4430-999 Vila Nova de Gaia (cliente A)

2- Dreamclinic Gaia, R. Prof. Manuel Pires Veloso nº70, 4400-176 Vila Nova de Gaia (cliente B)

3- R. Clube Caçadores 87, Vila Nova de Gaia (cliente C)

4- R. Artur Rangel 120, 4430-999 Vila Nova de Gaia (cliente D)

5- Confeções Polo Norte Lda, R. do Gen. Torres 632, 4430-107 Vila Nova de Gaia (cliente E)

6- R. São Cristovão Mafamude, Mafamude, 4430-999 Vila Nova de Gaia (cliente F)

7- R. Dom Henrique de Cernache 444, 4400-625 Vila Nova de Gaia (cliente G)

Chegada: Loja CTT, R. Visc. das Devesas 453, 4400-999 Vila Nova de Gaia

Para o cenário 2: “Entrega via *Smart Lockers*” considera-se as entregas concentradas nos pontos mais próximos dos clientes onde existem *Smart Lockers*.

As moradas inseridas são:

Partida: Loja CTT, R. Visc. das Devesas 453, 4400-999 Vila Nova de Gaia

1- Cacifo *Locky*, Av. dos Descobrimentos 549, 4404-503 Vila Nova de Gaia

2- Cacifo *Locky*, Tv. Conselheiro Veloso da Cruz 56, 4400-097 Vila Nova de Gaia

3- Cacifo *Locky*, R. Fernão de Magalhães 116, 4400-629 Vila Nova de Gaia

Chegada: Loja CTT, R. Visc. das Devesas 453, 4400-999 Vila Nova de Gaia

Este cenário tem como pressuposto o seguinte agrupamento arbitrário de clientes do cenário 1 que escolheram receber as encomendas nos respetivos três cacifos.

O cliente G decidiu escolher o Cacifo *Locky* localizado na Av. dos Descobrimentos 549, 4404-503 Vila Nova de Gaia.

Os clientes B, E e F escolheram o Cacifo *Locky* localizado na Tv. Conselheiro Veloso da Cruz 56, 4400-097 Vila Nova de Gaia.

Os clientes A, C e D escolheram o Cacifo *Locky* localizado na R. Fernão de Magalhães 116, 4400-629 Vila Nova de Gaia.

A figura 22 incorpora as entregas em ambos os cenários, sendo que a imagem dos envelopes corresponde aos clientes finais do cenário 1 e o armário corresponde aos *Smart Lockers* do cenário 2, o marcador vermelho representa o centro de distribuição falado anteriormente que será o ponto de partida e chegada da carrinha de distribuição.

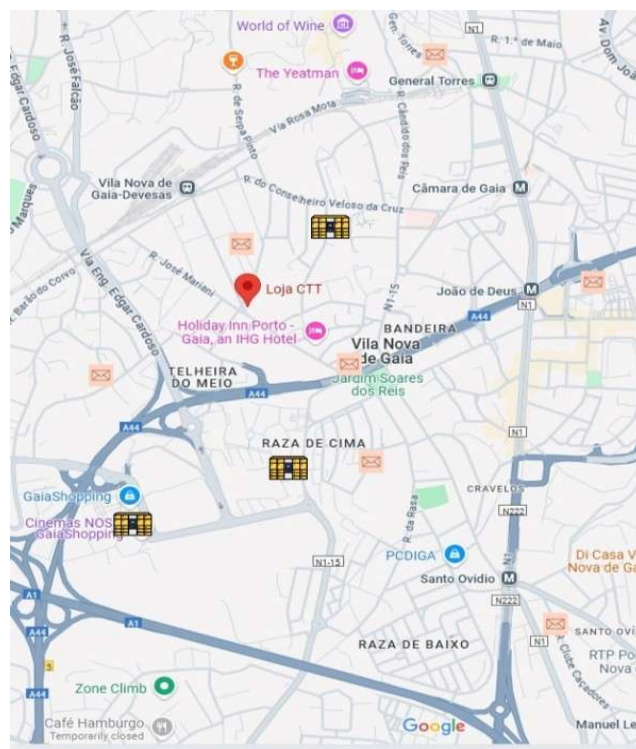


Figura 22: Ilustração com os pontos de paragem para ambos os cenários

Para começar a análise do cenário 1 foi criada a tabela 9 que representa uma matriz de distância triangular inferior (sem repetição) para o cenário 1. Os resultados apresentados são referentes à distância entre dois pontos.

Tabela 9: Matriz de distâncias para o cenário 1

Distância aos clientes (km)	Ponto inicial	1	2	3	4	5	6
1	1,1						
2	0,5	1,7					
3	2,9	1,7	2,9				
4	0,85	1,3	1	2,9			
5	2,1	1,9	2,2	3,5	1,8		
6	2,5	1,9	2,7	2,9	1,9	2	
7	0,7	1,9	0,9	4,3	1,2	2,4	2,3

Para uma melhor interpretação de qual a rota com a menor distância, recorreu-se à criação de um grafo, o mesmo encontra-se no localizado no Anexo A. Os círculos desse grafo fazem referência aos pontos de paragem e as arestas fazem referência à distância entre pontos.

Com os dados observados foi possível criar uma rota conforme a tabela 10. Para obter essa rota usou-se a heurística do vizinho mais próximo, começou-se pelo ponto de partida e daí foi-se selecionando o menor valor para cada par de arestas, e assim sucessivamente sem voltar a repetir pontos, no final a rota termina no mesmo ponto inicial que começou.

1. Partida no ponto 0 (ponto inicial): Do ponto 0 para os restantes pontos a distância menor é com o vértice 2 (0.5 km), como tal adicionamos o seguinte par de arestas [0->2]
2. Partida no ponto 2: Do ponto 2 para os restantes pontos a distância menor é com o vértice 7 (0.9 km), como tal adicionamos o seguinte par de arestas [2->7] (distância atual: 1.4 km)
3. Partida no ponto 7: Do ponto 7 para os restantes pontos a distância menor é com o vértice 4 (1.2 km), como tal adicionamos o seguinte par de arestas [7->4] (distância atual: 2.6 km)
4. Partida no ponto 4: Do ponto 4 para os restantes pontos a distância menor é com o vértice 1 (1.3 km), como tal adicionamos o seguinte par de arestas [4->1] (distância atual: 3.9 km)
5. Partida no ponto 1: Do ponto 1 para os restantes pontos a distância menor é com o vértice 3 (1.7 km), como tal adicionamos o seguinte par de arestas [1>3] (distância atual: 5.6 km)
6. Partida no ponto 3: Do ponto 3 para os restantes pontos a distância menor é com o vértice 6 (2.9 km), como tal adicionamos o seguinte par de arestas [3>6] (distância atual: 8.5 km)
7. Partida no ponto 6: Do ponto 6 para os restantes pontos a distância menor é com o vértice 1 (1.9 km) e o vértice 4 (1.9 km) mas como os mesmos já se encontram selecionados e não é possível ser de novo escolhido vai se selecionar como segunda escolha o vértice 5 (2 km), como tal adicionamos o seguinte par de arestas [6->5] (distância atual: 10.5 km)
8. Partida no ponto 5: Visto não existir mais pontos de entrega por selecionar é escolhido o ponto inicial para dar um fim à rota, como tal, termina-se escolhendo o vértice 0 (2.1 km), como tal adicionamos o seguinte par de arestas [5->1] (distância atual: 12.6 km)

Após seleção dos pares de arestas com menor valor, a rota encontrada para o cenário 1 foi a seguinte: 0 → 2 → 7 → 4 → 1 → 3 → 6 → 5 → 0 cuja distância total é de 12.6 km.

Tabela 10: Percurso para o cenário 1 através da heurística do vizinho mais próximo

Percurso									
clientes	[0->2]	[2->7]	[7->4]	[4->1]	[1->3]	[3->6]	[6->5]	[5->0]	Total:
km	0,5	0,9	1,2	1,3	1,7	2,9	2	2,1	12,6

Para determinar se é possível melhorar este percurso vai ser utilizada a heurística 2-opt, para verificar se na seguinte troca de par de arestas vai diminuir a distância:

Troca 1: [0->2] com [7->4]

Troca 2: [0->2] com [4->1]

Troca 3: [0->2] com [1->3]

Troca 4: [0->2] com [3->6]

Troca 5: [0->2] com [6->5]

Troca 6: [0->2] com [5->0]

Troca 7: [2->7] com [4->1]

Troca 8: [2->7] com [1->3]

Troca 9: [2->7] com [3->6]

Troca 10: [2->7] com [6->5]

Troca 11: [2->7] com [5->0]

Troca 12: [7->4] com [1->3]

Troca 13: [7->4] com [3->6]

Troca 14: [7->4] com [6->5]

Troca 15: [7->4] com [5->0]

Troca 16: [4->1] com [3->6]

Troca 17: [4->1] com [6->5]

Troca 18: [4->1] com [5->0]

Troca 19: [1->3] com [6->5]

Troca 20: [1->3] com [5->0]

Troca 21: [3->6] com [5->0]

O resultado das trocas está apresentado na tabela 11:

Tabela 11: Percursos com os resultados das trocas efetuadas ao percurso do cenário 1

	Percurso									Troca
clientes	[0->7]	[7->2]	[2->4]	[4->1]	[1->3]	[3->6]	[6->5]	[5->0]	Total:	1
km	0,7	0,9	1	1,3	1,7	2,9	2	2,1	12,6	
clientes	[0->4]	[4->7]	[7->2]	[2->1]	[1->3]	[3->6]	[6->5]	[5->0]	Total:	2
km	0,85	1,2	0,9	1,7	1,7	2,9	2	2,1	13,35	

clientes	[0->1]	[1->4]	[4->7]	[7->2]	[2->3]	[3->6]	[6->5]	[5->0]	Total:	3
km	1,1	1,3	1,2	0,9	2,9	2,9	2	2,1	14,4	
clientes	[0->3]	[3->1]	[1->4]	[4->7]	[7->2]	[2->6]	[6->5]	[5->0]	Total:	4
km	2,9	1,7	1,3	1,2	0,9	2,7	2	2,1	14,8	
clientes	[0->6]	[6->3]	[3->1]	[1->4]	[4->7]	[7->2]	[2->5]	[5->0]	Total:	5
km	2,5	2,9	1,7	1,3	1,2	0,9	2,2	2,1	14,8	
clientes	[0->5]	[5->6]	[6->3]	[3->1]	[1->4]	[4->7]	[7->2]	[2->0]	Total:	6
km	2,1	2	2,9	1,7	1,3	1,2	0,9	0,5	12,6	
clientes	[0->2]	[2->4]	[4->7]	[7->1]	[1->3]	[3->6]	[6->5]	[5->0]	Total:	7
km	0,5	1	1,2	1,9	1,7	2,9	2	2,1	13,3	
clientes	[0->2]	[2->1]	[1->4]	[4->7]	[7->3]	[3->6]	[6->5]	[5->0]	Total:	8
km	0,5	1,7	1,3	1,2	4,3	2,9	2	2,1	16	
clientes	[0->2]	[2->3]	[3->1]	[1->4]	[4->7]	[7->6]	[6->5]	[5->0]	Total:	9
km	0,5	2,9	1,7	1,3	1,2	2,3	2	2,1	14	
clientes	[0->2]	[2->6]	[6->3]	[3->1]	[1->4]	[4->7]	[7->5]	[5->0]	Total:	10
km	0,5	2,7	2,9	1,7	1,3	1,2	2,4	2,1	14,8	
clientes	[0->2]	[2->5]	[5->6]	[6->3]	[3->1]	[1->4]	[4->7]	[7->0]	Total:	11
km	0,5	2,2	2	2,9	1,7	1,3	1,2	0,7	12,5	
clientes	[0->2]	[2->7]	[7->1]	[1->4]	[4->3]	[3->6]	[6->5]	[5->0]	Total:	12
km	0,5	0,9	1,9	1,3	2,9	2,9	2	2,1	14,5	
clientes	[0->2]	[2->7]	[7->3]	[3->1]	[1->4]	[4->6]	[6->5]	[5->0]	Total:	13
km	0,5	0,9	4,3	1,7	1,3	1,9	2	2,1	14,7	
clientes	[0->2]	[2->7]	[7->6]	[6->3]	[3->1]	[1->4]	[4->5]	[5->0]	Total:	14
km	0,5	0,9	2,3	2,9	1,7	1,3	1,8	2,1	13,5	
clientes	[0->2]	[2->7]	[7->5]	[5->6]	[6->3]	[3->1]	[1->4]	[4->0]	Total:	15
km	0,5	0,9	2,4	2	2,9	1,7	1,3	0,85	12,55	
clientes	[0->2]	[2->7]	[7->4]	[4->3]	[3->1]	[1->6]	[6->5]	[5->0]	Total:	16
km	0,5	0,9	1,2	2,9	1,7	1,9	2	2,1	13,2	
clientes	[0->2]	[2->7]	[7->4]	[4->6]	[6->3]	[3->1]	[1->5]	[5->0]	Total:	17
km	0,5	0,9	1,2	1,9	2,9	1,7	1,9	2,1	13,1	
clientes	[0->2]	[2->7]	[7->4]	[4->5]	[5->6]	[6->3]	[3->1]	[1->0]	Total:	18
km	0,5	0,9	1,2	1,8	2	2,9	1,7	1,1	12,1	
clientes	[0->2]	[2->7]	[7->4]	[4->1]	[1->6]	[6->3]	[3->5]	[5->0]	Total:	19
km	0,5	0,9	1,2	1,3	1,9	2,9	3,5	2,1	14,3	
clientes	[0->2]	[2->7]	[7->4]	[4->1]	[1->5]	[5->6]	[6->3]	[3->0]	Total:	20
km	0,5	0,9	1,2	1,3	1,9	2	2,9	2,9	13,6	
clientes	[0->2]	[2->7]	[7->4]	[4->1]	[1->3]	[3->5]	[5->6]	[6->0]	Total:	21
km	0,5	0,9	1,2	1,3	1,7	3,5	2	2,5	13,6	

Após efetuar as trocas listadas na tabela 11, verificou-se que algumas trocas demonstram ter uma distância igual ou menor do que a apresentada inicialmente (12.6 km), sendo a troca com a menor distância a troca nº 18 com o resultado de 12.1 km. Assim sendo, o novo percurso será: 0 → 2 → 7 → 4 → 5 → 6 → 3 → 1 → 0 é a solução ótima dentro do conjunto de troca de pares efetuada.

Para o cenário 1, a figura 23 representa o cenário com a otimização da rota efetuada para as entregas nos clientes finais.

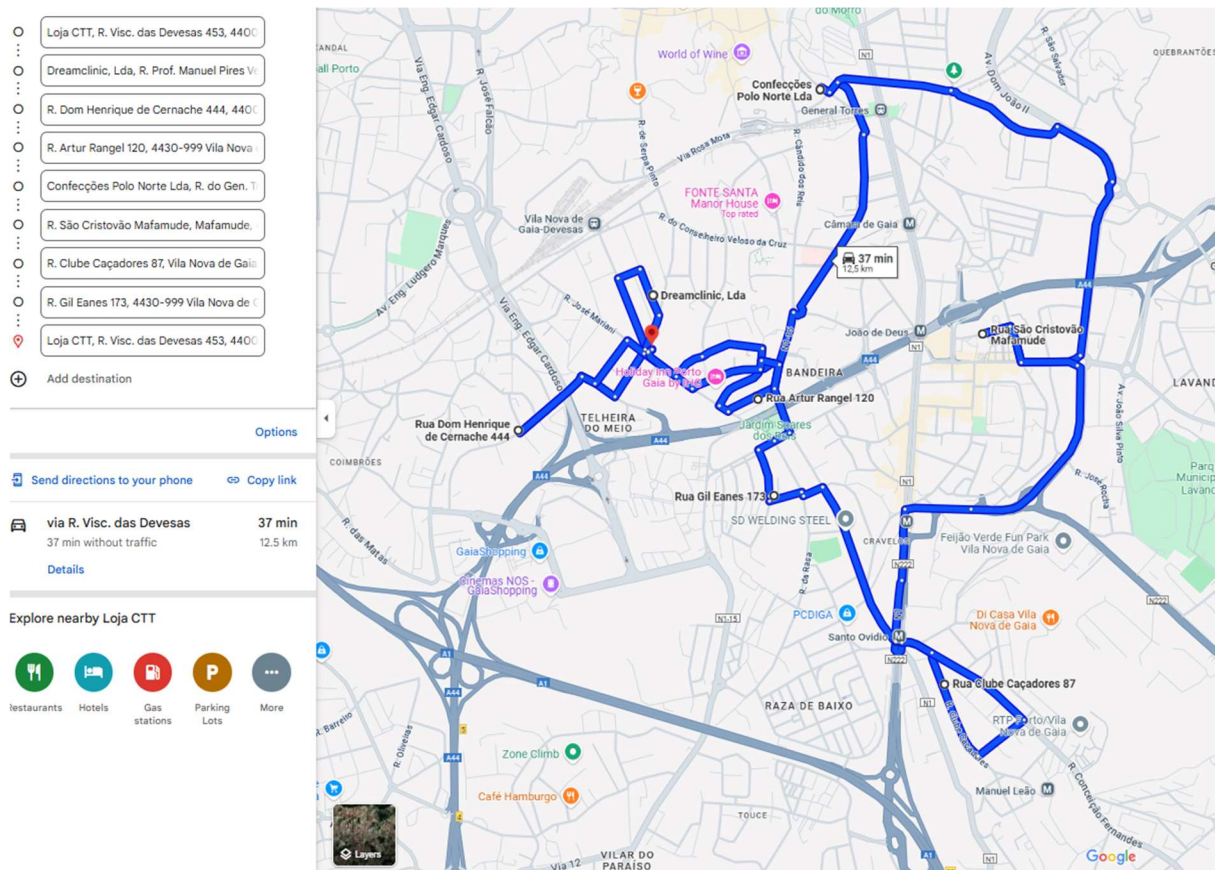


Figura 23: Cenário 1 depois da otimização

As moradas da rota obtida com a heurística do vizinho mais próximo são:

Partida: Loja CTT, R. Visc. das Devesas 453, 4400-999 Vila Nova de Gaia

1. Dreamclinic Gaia, R. Prof. Manuel Pires Veloso nº70, 4400-176 Vila Nova de Gaia
2. R. Dom Henrique de Cernache 444, 4400-625 Vila Nova de Gaia
3. R. Artur Rangel 120, 4430-999 Vila Nova de Gaia
4. Confeções Polo Norte Lda, R. do Gen. Torres 632, 4430-107 Vila Nova de Gaia
5. R. São Cristovão Mafamude, Mafamude, 4430-999 Vila Nova de Gaia
6. R. Clube Caçadores 87, Vila Nova de Gaia
7. R. Gil Eanes 173, 4430-999 Vila Nova de Gaia

Chegada: Loja CTT, R. Visc. das Devesas 453, 4400-999 Vila Nova de Gaia

Para o cenário 2 a tabela 12 representa a matriz de distâncias triangular inferior (sem repetição), onde à semelhança da tabela 9 estão representadas as distâncias entre dois pontos.

Tabela 12: Matriz de distâncias para o cenário 2

Distância aos clientes (km)	Ponto inicial	1	2
1	2,2		
2	0,7	2,6	
3	1	1,2	1,3

A figura 24 diz respeito ao grafo criado através da tabela 12 que diz respeito a este segundo cenário.

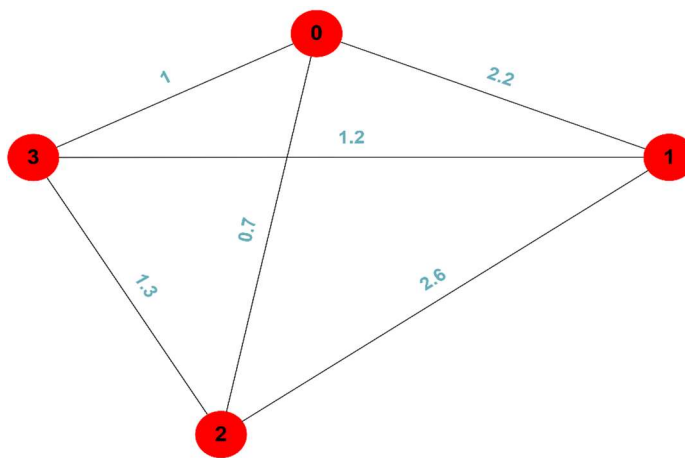


Figura 24: Grafo do cenário 2

Para o cenário 2 foi repetida a mesma forma de resolução anteriormente descrita para o cenário 1. Utilizou-se a heurística do vizinho mais próximo de forma a criar uma rota inicial.

1. Partida no ponto 0 (ponto inicial): Do ponto 0 para os restantes pontos a distância menor é com o vértice 2 (0.7 km), como tal adicionamos o seguinte par de arestas [0->2]
2. Partida no ponto 2: Do ponto 2 para os restantes pontos a distância menor é com o vértice 3 (1.3 km), como tal adicionamos o seguinte par de arestas [2->3] (distância atual: 2 km)
3. Partida no ponto 3: Do ponto 3 para os restantes pontos a distância menor é com o vértice 0 (ponto inicial) mas como ainda não estão todos os pontos de entrega seleccionados a segunda escolha vai para o vértice 1 (1.2 km), como tal adicionamos o seguinte par de arestas [3->1] (distância atual: 3.2 km)
4. Partida no ponto 1: Visto não existir mais pontos de entrega por seleccionar é escolhido o ponto inicial para dar um fim à rota, como tal, termina-se escolhendo o vértice 0 (2.2 km), como tal adicionamos o seguinte par de arestas [1->0] (distância atual: 5.4 km)

Após seleção dos pares de arestas com menor valor, a rota encontrada foi a seguinte:  $0 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1 \rightarrow 0$  cuja soma de distâncias corresponde a 5.4 km.

Tabela 13: Percurso para o cenário 2 através da heurística do vizinho mais próximo

Percurso					
clientes	[0->2]	[2->3]	[3->1]	[1->0]	Total:
km	0,7	1,3	1,2	2,2	5,4

Para determinar se é possível melhorar este percurso vai ser utilizada a heurística 2-opt, vai ser testada para verificar se em cada troca do par de arestas vai diminuir a distância:

Troca 1: [0->2] com [3->1]

Troca 2: [0->2] com [1->0]

Troca 3: [2->3] com [1->0]

O resultado das trocas está apresentado na tabela 14:

Tabela 14: Percursos com os resultados das trocas efetuadas ao percurso do cenário 2

	Percurso					Troca
clientes	[0->3]	[3->2]	[2->1]	[1->0]	Total:	1
km	1	1,3	2,6	2,2	7,1	
clientes	[0->1]	[1->3]	[3->2]	[2->0]	Total:	2
km	2,2	1,2	1,3	0,7	5,4	
clientes	[0->2]	[2->1]	[1->3]	[3->0]	Total:	3
km	0,7	2,6	1,2	1	5,5	

Verifica-se que não houve melhoria na distância total apesar da alteração na ordem do percurso, como tal vamos definir para o cenário 2 o percurso:  $0 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1 \rightarrow 0$  cuja distância é de 5.4 km.

A figura 25 representa o cenário com a otimização da rota efetuada para as entregas nos pontos de *Smart Lockers*.

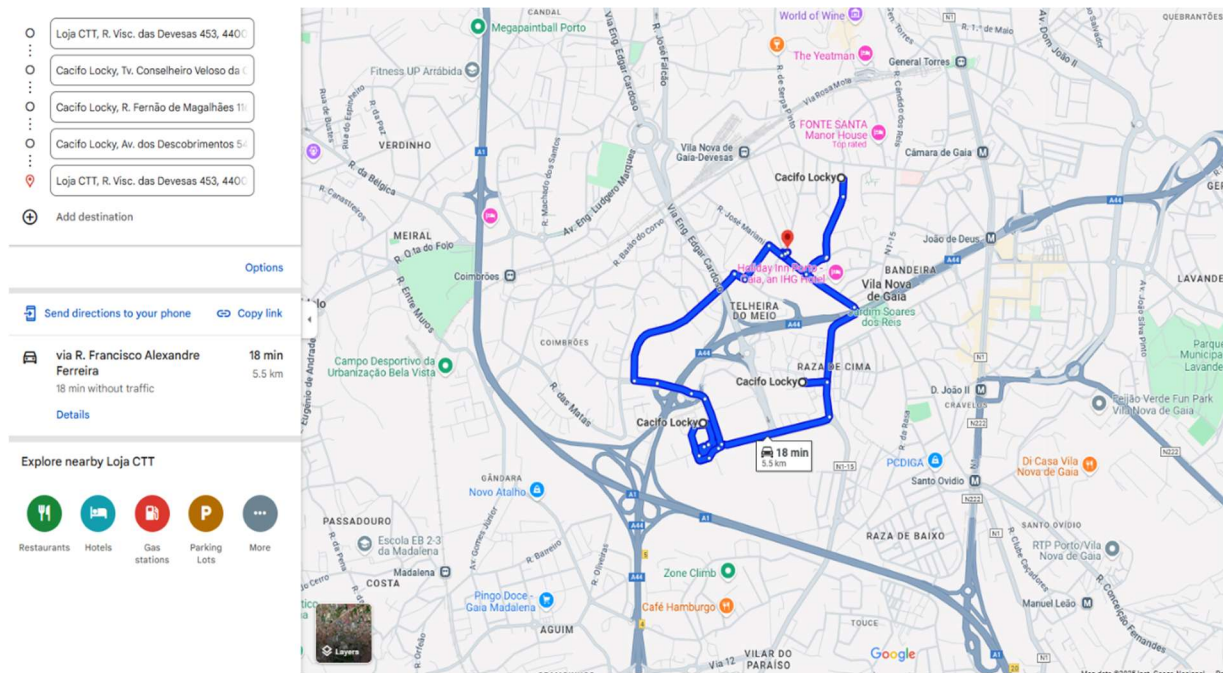


Figura 25: Cenário 2 depois da otimização

As moradas da rota obtida com a heurística do vizinho mais próximo, e validada com a heurística 2-opt, são:

Partida: Loja CTT, R. Visc. das Devesas 453, 4400-999 Vila Nova de Gaia

1- Cacifo Locky, Tv. Conselheiro Veloso da Cruz 56, 4400-097 Vila Nova de Gaia

2- Cacifo Locky, R. Fernão de Magalhães 116, 4400-629 Vila Nova de Gaia

3- Cacifo Locky, Av. dos Descobrimentos 549, 4404-503 Vila Nova de Gaia

Chegada: Loja CTT, R. Visc. das Devesas 453, 4400-999 Vila Nova de Gaia

Para o cenário 1, assim como para o cenário 2 verificou-se uma discrepância entre a distância total do percurso calculado e do percurso apresentado pelo Google Maps. Esta diferença justifica-se pelo facto de as distâncias calculadas nas tabelas 11 e 13 não considerarem certos fatores reais, como os sentidos de circulação, regras de trânsito, acessos condicionados, entre outros.

Por sua vez, o Google Maps simula as condições reais da rede rodoviária, otimizando o percurso não apenas com base na distância, mas também através do tempo estimado da deslocação. Apesar destas discrepâncias entre os valores obtidos manualmente e os do Google Maps, optou-se por manter os valores dos percursos otimizados na solução nº18 da tabela 11 e o valor da tabela 13, de forma a garantir a veracidade da metodologia aplicada.

Após a recolha dos dados obtidos para os dois cenários foi elaborada a tabela 15 com os resultados:

Tabela 15: Resultados comparativos para os dois cenários

<b>Parâmetro</b>	<b>Cenário 1 – sem utilização de <i>Smart Lockers</i></b>	<b>Cenário 2 – com utilização de <i>Smart Lockers</i></b>
Distância total (km)	12,1	5,4
Emissões totais (kg CO <sub>2</sub> )	1,75	0,78
Tempo da viagem (min.)	37	18
Custo do combustível	1,18 €	0,52 €

Conforme dito anteriormente, foram desenvolvidas duas rotas correspondentes a dois cenários distintos: o primeiro cenário com entregas diretas a clientes finais e o segundo cenário com entregas centralizadas em *Smart Lockers*. A fim de obter uma rota otimizada, aplicou-se a heurística do vizinho mais próximo, complementada pela heurística 2-opt para verificar se havia possibilidade de otimizar ainda mais a solução inicial.

Embora o uso da heurística do vizinho mais próximo não garanta uma solução ótima para o problema TSP conforme anteriormente referido, forneceu uma aproximação robusta à qualidade da solução aliado ao uso da heurística 2-opt.

Relativamente à análise comparativa entre cenários, a tabela 15 evidencia que a centralização das entregas em *Smart Lockers* contribui significativamente para a redução da distância percorrida, do custo do combustível, do tempo de viagem e da pegada carbónica. Como verificado é possível notar que os valores do cenário 2 situam-se na metade ou próximo disso em comparação com o cenário 1.

Embora os valores obtidos na simulação sejam relativamente pequenos, é previsível que, numa implementação em larga escala, os benefícios sejam mais expressivos, consolidando o uso de *Smart Lockers* como uma prática sustentável e economicamente viável.

Assim, conclui-se que a hipótese em análise é considerada válida, comprovando a eficácia da centralização de entregas em *Smart Lockers* para a promoção de uma maior eficiência logística, reforçando a sustentabilidade e a economia operacional.

Concluimos assim a recolha e discussão dos dados para as três hipóteses. No capítulo a seguir será realizada uma conclusão final desta dissertação.

# CAPÍTULO V

## 5. Conclusão

Neste último capítulo, será realizada uma síntese de toda a investigação realizada e devidas conclusões. Será também feita uma descrição de lacunas e recomendações para estudos futuros.

### 5.1 Considerações finais

O objetivo desta dissertação foi o de estudar de que forma está a ser implementado o sistema de entrega de última milha através do uso de *Smart Lockers* em Portugal. Para tal, abordou-se através do desenvolvimento de três hipóteses, saber em que fase o nosso país se encontra na implementação deste sistema em comparação com outros países europeus, a possibilidade da existência de uma relação entre o crescimento do *E-commerce* e a expansão desta solução logística, assim como verificar de que forma é sustentável ambientalmente a adoção deste sistema.

A investigação através da revisão de literatura permitiu verificar que a logística de última milha é uma etapa crítica, que acarreta vários desafios para as empresas, nomeadamente a nível operacional, a exigência cada vez maior dos clientes em querer receber as encomendas o mais rapidamente possível e com grande flexibilidade na forma como recebem, assim como, a necessidade de apostar em soluções cada vez mais sustentáveis.

No que diz respeito à primeira hipótese analisada, foi possível observar que no que se refere ao grau de implementação da rede *Smart Locker* em Portugal, o nosso país ainda se encontra numa fase inicial quando comparada com outros países europeus nomeadamente países como a Polónia, Estónia, República Checa ou a Espanha. De forma a poder compreender melhor o cenário foi calculada a densidade de *Smart Locker* por cada 10 000 habitantes nos quatro países analisados, evidenciando ainda mais negativamente a diferença na rede *Smart Locker* portuguesa em relação aos restantes países.

Relativamente à segunda hipótese, verificou-se que, embora o crescimento do *E-commerce* tenha impulsionado a procura por soluções logísticas mais eficazes, os consumidores portugueses continuam a manifestar preferência por métodos tradicionais de entrega, nomeadamente a escolha de receberem as encomendas em casa ou no local de trabalho. As soluções OOH têm vindo a ganhar visibilidade, mas os *Smart Lockers* permanecem ainda numa posição secundária em comparação com a opção de entrega em pontos PUDO's.

Para a terceira hipótese, o objetivo passou por observar se a centralização das entregas em pontos *Smart Lockers* se traduzia numa melhoria na sustentabilidade ambiental em comparação com entregas em clientes finais. Através dos dois cenários simulados observou-se que a concentração das entregas em pontos *Smart Lockers* contribui para uma redução da distância percorrida pelo motorista de uma transportadora, redução do custo de combustível para cada rota realizada, uma diminuição do tempo de viagem e por fim, a diminuição da pegada carbónica.

Em suma, duas das três hipóteses foram validadas, evidenciando o potencial dos *Smart Lockers* como solução sustentável e a necessidade de um reforço substancial da sua infraestrutura em Portugal. A segunda hipótese, embora não tenha sido válida, demonstra que, para esta solução logística funcionar algumas medidas devem ser tomadas pelas empresas, nomeadamente privilegiar localizações estratégicas, como centros comerciais, apostar em campanhas de marketing de forma a dar a conhecer ao consumidor português as vantagens do uso, assim como, demonstrar os benefícios ambientais da escolha.

Apesar disso, é possível observar uma aposta crescente na implementação da rede *Smart Locker* em Portugal por parte das empresas, o que revela estratégias concretas para melhorar a sua operação logística. Este sistema representa, por isso, uma alternativa viável e inovadora, capaz de responder aos desafios da logística de última milha.

Em síntese, os resultados obtidos demonstram que, embora esta solução apresente vantagens operacionais e ecológicas evidentes, a sua adoção permanece condicionada por fatores a nível de infraestruturas e comportamentais. Este estudo contribui, assim, para o aprofundamento do conhecimento académico sobre soluções logísticas inovadoras.

## 5.2 Limitações da pesquisa e sugestões para estudos futuros

Acerca das limitações desta dissertação, destaca-se o recurso a dados secundários e a ausência de dados primários junto a consumidores e empresas logísticas. A análise efetuada centrou-se em relatórios de empresas e fontes estatísticas, que apesar de ter a sua importância e valor analítico não transmite em profundidade as motivações dos consumidores e os constrangimentos operacionais logísticos.

Foram efetuados alguns contactos via e-mail com algumas empresas logísticas para uma possível marcação de entrevista, com vista a reunir mais informação, mas não houve um feedback por parte das mesmas. Seria interessante para estudos futuros haver uma entrevista/questionário a uma ou várias empresas que implementaram este sistema de entrega de forma a conhecer melhor quais os desafios encontrados, quais os critérios estratégicos usados para a localização de novos *Smart Lockers* e quais as melhorias operacionais.

## Bibliografia

- Applegate, D. L., Bixby, R. E., Chvátal, V., & Cook, W. J. (2011). *The Traveling Salesman Problem : A Computational Study*. Princeton University Press.
- ACEPI. (2024). *Economia Digital em Portugal 2024*.  
<https://digitalemportugal.pt/indicadores/comercio-eletronico>
- Alvarez, S., & Afonso, C. (2024). *E-commerce – como vender online com sucesso*. Talento Editora.
- Bentz , B. (2021). *E-commerce boom: Welcome to the new reality*. *Logistics Management*, 20-25. Peerless Media. [www.logisticsmgmt.com](http://www.logisticsmgmt.com)
- Bonomi, V., Mansini, R., & Zanotti, R. (2022). Last Mile Delivery with Parcel Lockers: evaluating the environmental impact of eco-conscious consumer behavior. *IFAC-PapersOnLine*, 55(5), pp. 72-77. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.07.642>
- Campino, J., & Branquinho, P. (2023). Determinantes da intenção de compra online dos consumidores. *Gestão E Desenvolvimento*, 31, pp. 255-284.  
<https://doi.org/10.34632/gestaoedesenvolvimento.2023.11874>
- Carvalho, J., Guedes, A. P., Arantes, A., Martins, A., Póvoa, A., Luís, C., . . . Ramos, T. (2023). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento* (3º ed.). Edições Sílabo.
- CTT. (2020). *CTT E-commerce Report 2020*. [https://www.ctt.pt/contentAsset/raw-data/e7271d5f-adb5-4cfc-ac00-1120717f8839/ficheiro/export/AlbertoPimenta\\_ecommerceeday2020\\_vf.pdf](https://www.ctt.pt/contentAsset/raw-data/e7271d5f-adb5-4cfc-ac00-1120717f8839/ficheiro/export/AlbertoPimenta_ecommerceeday2020_vf.pdf)
- CTT. (2021). *CTT: E-commerce Report 2021*. [https://www.ctt.pt/contentAsset/raw-data/be41d60a-12bf-4a4e-9c0c-889690ae2825/ficheiro/export/Alberto%20Pimenta\\_CTT.pdf](https://www.ctt.pt/contentAsset/raw-data/be41d60a-12bf-4a4e-9c0c-889690ae2825/ficheiro/export/Alberto%20Pimenta_CTT.pdf)
- CTT. (2023). *E-commerce Report 2023*. <https://www.ctt.pt/empresas/E-commerce-e-logistica/E-commerce/>
- CTT. (2024). *E-commerce Report 2024*. <https://www.ctt.pt/blog/o-panorama-iberico-do-E-commerce-em-2024>
- Demir, E., Syntetos, A., & Woensel, T. v. (2022). Last mile logistics: Research trends and needs. *IMA Journal of Management Mathematics*, 33(4), 549-561.  
<https://doi.org/10.1093/imaman/dpac006>
- Dias, E., & Carvalho, J. (2000). *E-logistics e E-business*. Edições Sílabo.
- Ding, Y., Jin, M., Li, S., & Feng, D. (2020). Smart logistics based on the internet of things technology: an overview. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 24(4), 323-345. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1757053>

- DPD (2023). *Barometro-e-Shopper-2023-Dados-Portugal*. <https://www.dpd.com/wp-content/uploads/sites/268/2024/04/Barometro-e-Shopper-2023-Dados-Portugal.pdf>
- DPD (2018). *DHL study reveals winning logistics strategies for the last mile*. <https://group.dhl.com/en/media-relations/press-releases/2018/dhl-study-reveals-winning-logistics-strategies-for-the-last-mile.html>
- Erisman, P. (2017). *Six billion Shoppers*. (P. Macmillan, Ed.) Pan Books.
- European Commission. (11 de Julho de 2023). *Green Deal: Greening freight for more economic gain with less environmental impact*. European Commission: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip\\_23\\_3767/IP\\_23\\_3767\\_EN.pdf](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_23_3767/IP_23_3767_EN.pdf)
- Eurostat. (17 de Fevereiro de 2021). *Online shopping ever more popular in 2020*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20210217-1#:~:text=Online%20shopping%20increased%20by%204%20percentage%20points%20%28pp%29,and%20by%2010%20pp%20compared%20with%202015%20%2862%25%29>
- Eurostat. (17 de Dezembro de 2024). *Individuals using the internet for buying goods or services*. <https://doi.org/10.2908/TIN00096>
- Eurostat. (Fevereiro de 2025). *E-commerce statistics for individuals*. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=E-commerce\\_statistics\\_for\\_individuals](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=E-commerce_statistics_for_individuals)
- Eurostat. (08 de Abril de 2025). *Enterprises having received orders online (at least 1%) - % of enterprises*. <https://doi.org/10.2908/TIN00111>
- Eurostat. (12 de Maio de 2025). *Population and social conditions ; General and regional statistics*. <https://doi.org/10.2908/TPS00001>
- Geopost. (2021). *DPD\_eShopper\_Report\_2021\_Portugal\_PT*. [https://www.distribuicao hoje.com/wp-content/uploads/sites/2/2022/04/DPD\\_eShopper\\_Report\\_2021\\_Portugal\\_PT.pdf](https://www.distribuicao hoje.com/wp-content/uploads/sites/2/2022/04/DPD_eShopper_Report_2021_Portugal_PT.pdf)
- Geopost. (2022). *E-shopper-barometer\_2022-Portugal\_PT*. [https://www.dpd.com/wp-content/uploads/sites/268/2023/04/E-shopper-barometer\\_2022-Portugal\\_PT.pdf](https://www.dpd.com/wp-content/uploads/sites/268/2023/04/E-shopper-barometer_2022-Portugal_PT.pdf)
- Goldbarg, M. C., & Luna, H. P. (2005). *Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos* (2ª ed.). Elsevier Editora.
- Gomes, A., Junior, F., Soliani, R., Oliveira, P., Oliveira, D., Siqueira, R., . . . Macêdo, J. (2023). Logistics management in *E-commerce*: challenges and opportunities. *Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)*, 14(5), 7252-7272. <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i5.2119>

- Guirong, Z., Junli, L., Dehua, L., & Zhiping, W. (2010). Study on Green Logistics and Sustainable Development. *2010 International Conference on Optoelectronics and Image Processing*, (pp. 431-434). 2010 International Conference on Optoelectronics and Image Processing (ICOIP). <https://doi.org/10.1109/icoip.2010.239>
- He, L., Liu, S., & Zuo, S. (2022). Smart urban transport and logistics: A business analytics perspective. *Production and Operations Management*, *31*(10), pp. 3771-3787. <https://doi.org/10.1111/poms.13775>
- Instituto Nacional de Estatística. (20 de Novembro de 2020). *Inquérito à Utilização de Tecnologias da Informação e da Comunicação nas Famílias*. Instituto Nacional de Estatística: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_destaques&DESTAQUESdest\\_boui=415621509&DESTAQUESmodo=2&xlang=pt](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=415621509&DESTAQUESmodo=2&xlang=pt)
- Jacay-Aldui, D. J., & Candela-Pomé, P. G. (2022). Industry 4.0 and Last Mile Logistics, new challenges and approaches: a bibliometric review. *3rd Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 1681-1691). IEOM Society International. <https://doi.org/10.46254/AP03.20220290>
- Kawa, A. (2020). Out-of-Home Delivery as a Solution of the Last Mile Problem in *E-commerce*. *EcoProduction*, pp. 25-40. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-61947-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-61947-3_2)
- Kladius, R., Rizqi, I. A., Pribadi, F. S., & Aprilianto, R. A. (2024). Systematic Literature Review: Smart and Secure Locker System. *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, *22*(1), 105-120. <https://doi.org/10.25105/jetri.v17i1>
- Kolasińska-Morawska, K., Sułkowski, Ł., Buła, P., Brzozowska, M., & Morawski, P. (2022). Smart Logistics—Sustainable Technological Innovations in Customer Service at the Last-Mile Stage: The Polish Perspective. (A.-S. Ahmed, Ed.) *Energies*, *15*(17), 6395. <https://doi.org/10.3390/en15176395>
- Kotzab, H., Hüseyinoğlu, I., Şen, I., & Mena, C. (2024). Exploring home delivery service attributes: Sustainability versus delivery expectations during the COVID-19 pandemic. *Journal of Retailing and Consumer Services*, *78*, 103769. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2024.103769>
- Lachapelle, U., Burke, M., Brotherton, A., & Leung, A. (2018). Parcel locker systems in a car dominant city: Location, characterisation and potential impacts on city planning and consumer travel access. *Journal of Transport Geography*, *71*, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.06.022>
- Last Mile Experts. (2021). *Out-of-home delivery in Europe 2021: PUDO and parcel lockers*. Relatório Anual. <https://lastmileexperts.com/reports-subscriptions/>
- Last Mile Experts. (2022). *Out of home delivery in Europe 2022: PUDOs and automated parcel machines report*. Relatório Anual. <https://lastmileexperts.com/reports-subscriptions/>

- Last Mile Experts. (2023). *Out of home delivery in Europe 2023: PUDOs and automated parcel machines report*. Relatório Anual. <https://lastmileexperts.com/reports-subscriptions/>
- Last Mile Experts. (2024a). *Green Last Mile Europe Report 2024*. <https://lastmileexperts.com/reports-subscriptions/>
- Last Mile Experts. (2024b). *Out of home delivery in Europe 2024: PUDOs and automated parcel machines report*. <https://lastmileexperts.com/reports-subscriptions/>
- Machado, M. (2023). *Portuguese customer's perception and intention of use of smart lockers*. [Dissertação de mestrado, Iscte - Instituto Universitário de Lisboa]. <http://hdl.handle.net/10071/30683>
- Ministry for the Environment. (Abril de 2015). *Summary of Emissions Factors for the Guidance for Voluntary Corporate Greenhouse Gas Reporting - 2015*. <https://environment.govt.nz/>: <https://environment.govt.nz/assets/Publications/Files/voluntary-ghg-reporting-summary-tables-emissions-factors-2015.pdf>
- PEUGEOT. (2025). *Peugeot*. <https://www.peugeot.pt>: <https://www.peugeot.pt/showroom/novo-peugeot-partner/gasolina-diesel.html>
- Ranjbari, A., Diehl, C., Chiara, G. D., & Goodchild, A. (2023). Do parcel lockers reduce delivery times? Evidence from the field. *Transportation Research Part E*, 172(103070). <https://doi.org/10.1016/j.tre.2023.103070>
- Retail Economics. (2024). *Delivery Lockers: Unlocking the final mile*. <https://inpost.co.uk/business/report-retail-economics-2024>
- Ricárdez-Estrada, J., Garay-Rondero, C. L., Romero, D., Wuest, T., & Pinto, R. (2024). Identifying Digital Supply Chain Capabilities. Em P. C. Science (Ed.), *5th International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing*. 232, pp. 1182-1191. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.116>
- SABI informa. (02 de Maio 2025). [https://sabi.informa.es/version-20230626-14-0/Search.QuickSearch.serv?\\_CID=360&product=sabiinforma](https://sabi.informa.es/version-20230626-14-0/Search.QuickSearch.serv?_CID=360&product=sabiinforma)
- Shettar, R. M. (2023). *E-commerce: An Empirical Study*. *Productivity*, 64(2), pp. 115-122. <https://doi.org/10.32381/PROD.2023.64.02.1>
- Silva, A. S., Barbosa, F. L., Bizarria, F. P., & Oliveira, M. S. (2022). Tendências do *E-commerce* no pré/bloqueio/pós covid-19 em análise de dados (inter) nacionais. 22(2), pp. 406-433. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2022.21589>
- Sonet, J.-C. (Fevereiro de 2024). <https://www.geopost.com/en/geopost-live/>. (C. B. Camille Bourdon, Ed.) [https://www.geopost.com/wp-content/uploads/sites/286/2024/02/Brochure-GEOPOST-e-shopper-barometer\\_2023-edition.pdf](https://www.geopost.com/wp-content/uploads/sites/286/2024/02/Brochure-GEOPOST-e-shopper-barometer_2023-edition.pdf)

- Soumpenioti, V., & Panagopoulos, A. (2023). AI Technology in the Field of Logistics. *2023 18th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation (SMAP)* (pp. 1-6). IEEE Xplore. <https://doi.org/10.1109/SMAP59435.2023.10255203>
- Sousa, M., & Baptista, C. (2014). *Como fazer investigação, dissertações, teses e relatórios: segundo bolonha*. Factor.
- Tang, Y. M., Chau, K. Y., Xu, D., & Liu, X. (2021). Consumer perceptions to support IoT based smart parcel locker logistics in China. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 62(102659). <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102659>
- Tsai, Y.-T., & Tiwasing , P. (2021). Customers' intention to adopt smart lockers in last-mile delivery service: A multi-theory perspective. *Journal of Retailing and Consumer Services* , 61(102514). <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102514>
- Vitasek, K. (Agosto de 2013). *CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary*. Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP): [https://cscmp.org/CSCMP/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921](https://cscmp.org/CSCMP/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921)
- Zurel , Ö., Hoyweghen, L. V., Braes, S., & Seghers, A. (2018). Parcel Lockers, an Answer to the Pressure on the Last Mile Delivery? *New Business and Regulatory Strategies in the Postal Sector*, pp. 299-312. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02937-1\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02937-1_22)

Anexos

Anexo A

