

# iscte

INSTITUTO  
UNIVERSITÁRIO  
DE LISBOA

---

**A tecnologia ao serviço da otimização dos processos logísticos - reengenharia dos processos logísticos na preparação das cargas nos bens alimentares frescos na área do vending, com vista a aumentar a sua produtividade e eficiência**

Diogo Filipe de Mesquita

Mestrado em Gestão Aplicada

Orientadores:

Professora Susana Isabel dos Santos Ratinho, Assistente Convidada, Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

Abril, 2023





BUSINESS  
SCHOOL

---

Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

**A tecnologia ao serviço da otimização dos processos logísticos - reengenharia dos processos logísticos na preparação das cargas nos bens alimentares frescos na área do vending, com vista a aumentar a sua produtividade e eficiência**

Diogo Filipe de Mesquita

Mestrado em Gestão Aplicada

Orientadores:

Professora Susana Isabel dos Santos Ratinho, Assistente Convidada, Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

Abril, 2023





## Agradecimentos

Esta tese marca um momento importante da minha vida pessoal e profissional. O desejo de saber mais, de prosseguir os estudos e complementar a minha experiência profissional com a gestão aplicada às empresas.

A realização desta tese de mestrado não seria possível, no entanto, sem o apoio incondicional da minha família. A todos, um muito obrigado, pela paciência, carinho e suporte durante toda esta jornada.

Um obrigado especial à minha esposa e filho, que estiveram presentes durante todo o processo, apoiando-me e garantindo que o pai pudesse dedicar tanto tempo aos estudos, tempo de qualidade familiar que agora urge recuperar.

À minha orientadora, Professora Susana Ratinho, por me ter recebido de braços abertos, sempre com um sorriso e uma boa disposição contagiante, mesmo quando as dificuldades surgiam e as agendas teimavam em não colaborar. Obrigado por me desafiar continuamente e por me ter apoiado em todo o processo. Devo-lhe muito e presto aqui a minha mais sincera gratidão.

Aos colegas de curso do mestrado, pelo ambiente fraterno que criaram, durante um ano de dificuldades e desafios, acolhendo diariamente o conselho do Professor José Crespo de Carvalho, de “aproveitar a viagem”.

Finalmente, ao ISCTE Executive Education, e a toda a equipa, por terem tornado tudo isto possível. Bem-hajam!



## Sumário

Os processos logísticos assumem um papel preponderante na gestão e desempenho das empresas, uma vez que têm de se adaptar a um mercado volátil e cada vez mais exigente. A forma como as empresas desenham os processos, no sentido de reduzir os seus stocks intermédios, e simultaneamente caminham para aumentar a sua rapidez e eficiência, colocam grandes desafios às suas cadeias de abastecimento e processos logísticos. A presente evolução tecnológica permite que esta esteja atualmente mais acessível, também na área logística.

A presente tese de mestrado pretende estabelecer a melhor opção tecnológica para aumentar a produtividade e eficiência do processo de preparação das cargas nos bens alimentares frescos, na área do vending. Tratando-se de um processo crucial, que ocorre a temperaturas controladas, com espaço de armazenamento limitado, com produtos sensíveis e perecíveis, deve ser realizado com a maior rapidez e eficiência possíveis. Nesse sentido, foram analisados estudos comparativos de soluções tecnológicas disponíveis no mercado, tendo em vista fatores operacionais tais como a rapidez do processo, controle operacional, custos de implementação e flexibilidade. Assim, foi possível identificar duas tecnologias com resultados positivos, o put-by-light e o put-by-HUD. Ambas foram aplicadas ao caso concreto da Delta, simulando o seu desempenho com recurso a dados reais de produção e simulação em contexto real. Posteriormente, foram comparadas face às suas vantagens e desvantagens, o que permitiu concluir que a tecnologia mais adequada ao caso em estudo é a put-by-light, sendo proposto um plano de implementação bem como indicadores para a sua monitorização e controlo.

**Palavras-chave:** logística, vending, temperatura controlada, produtos frescos, picking, separação, put-by-light, put-by-HUD, RFID, produtividade, tecnologia;

**Classificação JEL:** L66 Food, Beverages, Cosmetics, Tobacco, Wine and Spirits; O14 Industrialization, Manufacturing and Service Industries, Choice of Technology; O33 Technological Change: Choices and Consequences, Diffusion Processes



## Abstract

Presently, logistical processes are assuming a preponderal importance in companies management, in an increasingly volatile and demanding market. Companies try to increase their cash flow, for example, by reducing intermedial stock, while pushing to speed up their efficiency and meeting up with shorter lead times. This puts an additional pressure on all the supply chain. Technological solutions have contributed to meet these increases of efficiency, for its overall availability and decreasing implementation costs.

This current thesis pretends to establish the best solution for increasing productivity in a picking process of fresh food products that is part of a food and drinks vending supplies logistical operation. The picking process must occur in a controlled room temperature, with limited space, and the products are extremely fragile and demand a cautious handling to maintain their integrity.

With this objective, there were identified a number of available technologies that could help to improve the efficiency of the picking process, which included, among others, put-by-light and put-by-HUD techniques with very good laboratorial and real context results. These two technologies were applied to the case, evaluating implementation costs, operational control, ergonomics, and also the speed of the process and its practical applicability through a simulator, using real data from the company and also an operational simulation in a real context of part of the process.

It was then possible to conclude that the best applicable technology to this case is put-by-light, finally establishing an implementation chronogram and operational KPI's to monitor and control the process.

**Keywords:** logistics, vending, controlled room temperature, fresh food products, picking process put-by-light, put-by-HUD, RFID, productivity, technology.

**JEL Classification:** L66 Food, Beverages, Cosmetics, Tobacco, Wine and Spirits; O14 Industrialization, Manufacturing and Service Industries, Choice of Technology; O33 Technological Change: Choices and Consequences, Diffusion Processes



# Índice

<b>Sumário</b> .....	<b>i</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>iii</b>
<b>Índice</b> .....	<b>v</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de Tabelas</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Revisão da literatura</b> .....	<b>5</b>
2.1. Sistemas de picking, revisão bibliográfica .....	5
2.2. Sistemas de picking, resultados experimentais.....	9
<b>3. Metodologia</b> .....	<b>17</b>
3.1. Diagnóstico .....	17
3.2. Pesquisa Bibliográfica .....	18
3.3. Simulação de soluções tecnológicas .....	18
3.4. Análise comparativa das soluções.....	19
3.5. Implementação.....	19
<b>4. Apresentação e Análise da informação</b> .....	<b>21</b>
4.1. Layout operacional .....	21
4.2. Sistema Put-to-Light .....	23
4.3. Sistema Put-by-HUD .....	26
4.4. Custo de implementação.....	30
4.5. Análise comparativa dos sistemas.....	31
<b>5. Implementação</b> .....	<b>33</b>
5.1. Cronograma de implementação.....	33
5.2. Monitorização e controlo .....	33
<b>6. Conclusões</b> .....	<b>35</b>
<b>7. Bibliografia</b> .....	<b>37</b>



## Índice de Figuras

Figura 1.1 - Layout, armazém de vending .....	3
Figura 2.1 - Classificação dos sistemas de picking.....	5
Figura 2.2 - Setup experimental (A), pick-by-light (B), pick-by-CMD (cart mounted display) (C), pick-by-HUD (head-up-display) (D) e pick-by-paper (E).....	10
Figura 2.3 - Resultados operacionais dos diferentes métodos (adaptado de Guo et.al 2014) .....	11
Figura 2.4 – Setup experimental (A), pick-by-paper (B), pick-by-light (C), pick-by-display (D) e pick by projection (E) .....	12
Figura 2.5 - Resultados operacionais e taxa de erros de picking.....	13
Figura 2.6 - Sistemas utilizados para o picking e respectiva confirmação.....	14
Figura 2.7 - Resultados experimentais .....	16
Figura 3.1 - Resumo das etapas da metodologia seguida .....	17
Figura 4.1 - Layout da câmara frigorífica do fluxo de frescos.....	21
Figura 4.2 - Exemplo de carrinho, de uma rota com 9 máquinas a abastecer .....	22
Figura 4.3 - Exemplo sistema Put-By-Light .....	23
Figura 4.4 - Tarefas incluídas no sistema Put-to-Light.....	24
Figura 4.5 - Exemplo sistema Pick-by-HUD (A) e esquema de visualização a partir do dispositivo (B) .....	26
Figura 4.6 - Exemplo de leitor RFID manual .....	27
Figura 4.7 - Exemplo de etiqueta de código de barras (A) e etiqueta de código de barras com RFID (B) .....	27
Figura 4.8 - Tarefas incluídas no sistema Put-to-HUD, com confirmação por RFID .....	28
Figura 5.1 - Cronograma de implementação do sistema put-to-light .....	33



## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Aspetos do design de áreas de picking .....	7
Tabela 2.2 - Resultados estudo para um sistema de alta densidade de picking .....	15
Tabela 4.1 - Tempos médios das tarefas, sistema Put-to-Light.....	24
Tabela 4.2 - Resultados obtidos para os dias de estudo simulados para o sistema PTL .....	25
Tabela 4.3 - Principais diferenças entre códigos de barra e RFID .....	28
Tabela 4.4 - Tarefas incluídas no sistema Put-to-HUD, com confirmação por RFID .....	29
Tabela 4.5 - Resultados obtidos para os dias de estudo simulados para o sistema Put-to-HUD, com confirmação por RFID.....	29
Tabela 4.6 - Resultados comparativos, sistema put-by-light e put-by-HUD .....	30
Tabela 4.7 - Orçamento implementação, Put-by-Light e Put-by-HUD + RFID (fonte: ZETES Industries S.A., SHI International Corp, Technology Solutions (UK) Ltd) .....	31
Tabela 4.8 - Resumo de desempenho das tecnologias de put-by-light e put-by-HUD + RFID .....	32



# 1. Introdução

Atualmente, o vending (venda automática) é um dos canais de distribuição ao dispor das empresas para os seus produtos estarem disponíveis e rapidamente acessíveis ao consumidor final. A par com outros canais de distribuição, como a HORECA (hotéis, restaurantes e cafés), a distribuição moderna (grande distribuição) e o canal online, o vending está hoje presente em vários mercados, nomeadamente no de produtos e bens alimentares, e é usado diariamente por milhões de pessoas. Idealmente, de forma a aumentar o seu potencial de venda localizam-se principalmente em locais de grande movimentação de pessoas.

Pela sua facilidade de utilização e acessibilidade, a presença de máquinas de venda automática de produtos alimentares (vending) é hoje uma realidade em diversos locais das grandes cidades, incluindo nos escritórios, nas escolas e universidades, junto a transportes públicos, grandes centros de consumo e até nas unidades de saúde. O avanço tecnológico permitiu baixar os custos de aquisição e manutenção destas máquinas o que permitiu uma penetração considerável no tecido das cidades, tornando-se uma comodidade importante e bastante utilizada. Atualmente, existem máquinas com várias valências e tecnologia avançada na gestão diária e de stocks, por exemplo recorrendo a informação atualizada em tempo real recorrendo por via de sistemas de IoT (Internet of Things).

As empresas que operam na área do vending deparam-se com vários desafios logísticos, de entre os quais se destacam a gestão simultânea de um elevado número de produtos de temperaturas distintas (temperatura ambiente, frescos e refrigerados) e manipulando um volume muito considerável de diferentes artigos num curto espaço de tempo, para abastecimento das máquinas. Ao mesmo tempo, por se tratar de bens alimentares, têm a necessidade de controlar toda a rastreabilidade dos produtos bem como a gestão simultânea de produtos perecíveis que possuem um tempo de vida até ao consumo muito limitado com cerca de 5 dias de prazo de validade, e produtos que pela sua natureza são muito frágeis e que dificultam o seu manuseamento, nomeadamente os produtos alimentares frescos (sandes, folhados, fruta, bolos, etc.). Finalmente, a sua gestão nas diversas máquinas de venda exige uma cadeia de abastecimento bem dimensionada, garantindo a fiabilidade dos seus fornecedores que devem cumprir quantidades e prazos de entrega acordados sem grandes flutuações, um modelo de abastecimento às máquinas rápido e eficaz, mantendo os produtos a temperaturas controladas, bem como a gestão da quantidade de recursos humanos disponíveis, muitas vezes limitados, para garantir toda esta operação.

A presente tese de mestrado foca-se na atualização do processo de abastecimento às máquinas de vending da Delta Cafés, com cerca de 3000 máquinas instaladas e em funcionamento. Com a finalidade de aumentar a sua eficiência no abastecimento e gestão de stock das várias máquinas, a

empresa está em fase de implementação de um sistema de telemetria que permitirá conhecer o consumo em tempo real por cada espiral / máquina e, com essa informação, gerir as encomendas aos fornecedores, definir quantidade por produto / máquina a abastecer, preparar as cargas por máquina de vending e otimizar a frequência das visitas para reabastecimento. O processo atual envolve uma verificação prévia do distribuidor que repõe os produtos para definir as necessidades de cada máquina e de cada produto, antes de abastecer e gerar a encomenda para a próxima visita. Sendo um processo manual e dependendo da análise e experiência do distribuidor, podem ocorrer várias ineficiências no processo, quebras nos produtos com prazos de validade mais curtos, stock intermédio com rotação reduzida e quebras em produtos de maior consumo.

Alterando o processo, equipando as máquinas com tecnologia que permite conhecer os consumos em tempo real, irá permitir uma gestão mais eficaz do stock de cada máquina, diminuindo as falhas de stock, a frequência de visitas e reduzindo o stock de produtos com menor consumo. Efetivamente, tendo a empresa acesso à informação atualizada praticamente ao segundo, permitirá reagir mais rapidamente a eventuais necessidades e problemas que vão surgindo nas diversas máquinas, ao mesmo tempo que esta informação poderá ser trabalhada de forma a calcular as necessidades futuras, que irão originar pedidos ao armazém.

Por outro lado, permite otimizar o processo final de reabastecimento das máquinas, uma vez que é eliminado um passo do distribuidor, que atualmente tem de confirmar as necessidades/stock de cada máquina localmente, e só depois recolher e registar a saída de stock da sua viatura, bem como gerar a encomenda aproximada para a próxima visita com base no consumo anterior.

Esta alteração do processo levará obrigatoriamente a mudanças significativas no processo logístico a montante, nomeadamente no armazém responsável pela receção, separação e expedição de bens alimentares para as máquinas de vending. Este armazém recebe diariamente os produtos dos fornecedores, nas diversas temperaturas, e para os produtos frescos adota um fluxo tenso, ou seja, efetua a conferência física, receção (entrada em stock), separação por máquina e consolidação por rota dentro do mesmo processo. Na figura 1.1 está representado o layout geral do armazém que gere os produtos de vending e abastece as viaturas.

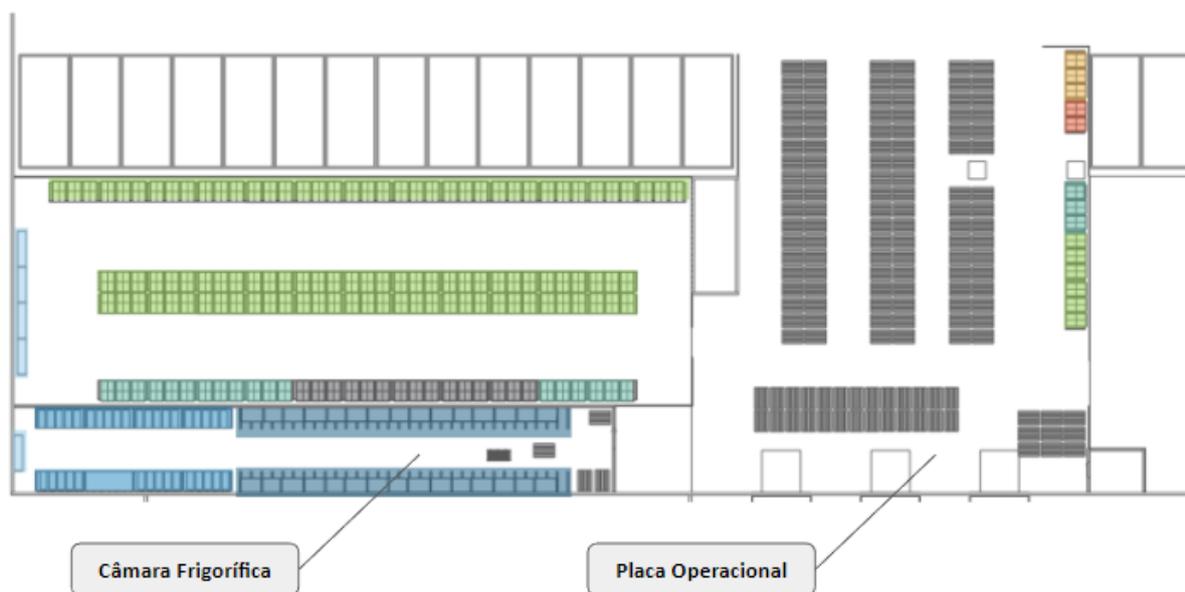


Figura 1.1 - Layout, armazém de vending

Atualmente, como indicado anteriormente, no armazém são separados os produtos necessários para cada viatura, de forma consolidada, considerando o histórico de consumos e os pedidos anteriormente feitos pelos distribuidores. No terreno, cada distribuidor tem de verificar previamente as necessidades reais de cada máquina, recolher stock da viatura e abastecer cada máquina. Ao mesmo tempo, com o recurso ao seu PDA, regista em que espiral / máquina coloca cada produto e regista as necessidades de abastecimento futuras para que, com esta informação, preencha um ficheiro de consolidação de encomendas, já no armazém, que servirá para abastecer novamente a viatura (para o dia em que aquela rota fixa se voltará a executar).

Com a alteração prevista, serão conhecidas as reais necessidades de cada máquina em particular, na totalidade dos seus artigos, e individualmente para cada um. O armazém preparará as quantidades para cada máquina, e fará o picking com base na previsão de vendas (forecast) calculado através do consumo real por produto comunicado de cada máquina, enviado por telemetria para um sistema que comunica com o software de gestão do armazém, e tendo em conta a velocidade de consumo, capacidade e número de abastecimentos de cada máquina. Cada viatura irá assim carregar o conjunto de produtos separados por máquina, para as máquinas que compõem a sua rota do dia. A alteração permitirá uma melhoria efetiva do tempo de abastecimento de cada máquina, ao mesmo tempo que reduz a probabilidade de rotura de stock, garantindo que existe sempre produto disponível para venda.

No entanto, esta alteração nos processos logísticos da empresa representa um grande esforço de adaptação no armazém central desta operação. O armazém central terá de conseguir dar resposta em tempo útil e separar por rota e por máquina, todos os produtos que compõem a distribuição do dia, o que constituirá um desafio grande de adaptação em toda a operação.

No armazém, os produtos são geridos com fluxos diferentes de acordo com o tipo de temperatura e o tipo de fluxo, nomeadamente os *produtos secos* no fluxo de *temperatura ambiente* (água, sumos, café em grão, bolachas), os *produtos de frio* no fluxo de *temperatura refrigerada* com temperaturas de 2°C a 8°C (leite, iogurtes, sumos naturais) e o fluxo de *frescos* (sandies, folhados, croissants) igualmente a uma temperatura de 2°C a 8°C.

Para os produtos secos que compõem o fluxo de temperatura ambiente, a empresa tem stock armazenado com quantidades e cobertura adequadas. Pelo contrário, no fluxo dos frescos verifica-se um fluxo tenso. Diariamente, entre as 23h00 e a 01h00 chegam os materiais frescos, que devem ser separados de imediato em ambiente refrigerado, sendo que todas as viaturas necessitam de estar carregadas e prontas a sair às 05h00. Este fluxo implicará o maior esforço de adaptação em toda a operação, pelo que a rapidez na operação da separação dos frescos por máquina e por rota é crucial e pode colocar em risco toda a logística de distribuição que se seguirá, caso não seja possível efetuar toda a triagem e consolidação dos produtos neste fluxo num curto espaço de tempo. Identificado este *bottleneck* na operação, o presente trabalho pretende encontrar a melhor solução para a separação das encomendas no fluxo dos frescos, pesquisando várias soluções tecnológicas para uma rápida e eficaz consolidação de cargas no mais curto período possível e dentro da limitação horária indicada.

Note-se que a câmara frigorífica receberá do armazém - e consequentemente de toda a cadeia a montante - os produtos separados por rota, para cada dia. A operação analisada será a de separação e consolidação das necessidades por cada máquina, nos diversos produtos, para cada uma das rotas do dia, que inclui a conferência do material, receção física e informática e picking.

A consolidação das cargas no fluxo tenso dos frescos para o caso indicado representa vários desafios. Não só o espaço / área disponível para a separação das encomendas é reduzido - toda a operação terá de ser feita em temperatura controlada, dentro da câmara frigorífica - como os produtos movimentados são frágeis e com alguma variedade em cada rota/máquina.

De forma a encontrar uma solução exequível e possível de implementar pela empresa, será efetuada uma pesquisa bibliográfica com base em sistemas de separação e consolidação de encomendas, em que o colaborador, ou vários, recebe os produtos e tem de os alocar à “encomenda” da máquina correta. Posteriormente, serão analisadas as vantagens e desvantagens das diversas opções e a sua aplicabilidade à operação da Delta, bem como elaborado um simulador da operação nos dias de maior volume de operação no fluxo dos frescos. Finalmente, será preparado um plano de implementação da solução.

## 2. Revisão da literatura

### 2.1. Sistemas de picking, revisão bibliográfica

Os sistemas e movimentos logísticos internos representam, nos dias de hoje, um importante fator de competitividade das empresas. Têm-se verificado várias alterações importantes nas cadeias de abastecimento com a globalização, na tentativa de reduzir ao máximo o stock intermédio e os sistemas estão a caminhar para reduzir os seus stocks intermédios a praticamente zero, eliminar as suas ineficiências e os tempos de paragem dos sistemas (Fusko et al., 2017).

Com o crescimento do e-commerce, a logística mundial tem sofrido grandes alterações, com as empresas a adaptarem as suas cadeias de abastecimento para uma resposta rápida a um número crescente de encomendas, bem como gerindo um volume de artigos menor em cada encomenda (Battini et al., 2015). As empresas tiveram de se adaptar rapidamente a novas realidades e a mercados cada vez mais exigentes.

De forma a atingir esse objetivo, as empresas que necessitem atualmente de investir em sistemas para apoiar o aumento de produtividade e redução de erros, têm à sua disposição várias soluções tecnológicas, com vários graus de complexidade e possuindo cada vez mais informação. Um dos exemplos mais concretos verifica-se nos centros de distribuição, em que a atividade de picking torna-se um elemento fundamental para atingir este nível elevado de produtividade, sendo um dos processos com maiores recursos investidos e determina a capacidade de resposta, adaptação e nível de serviço que os clientes experienciam (Shen et al., 2010).

Existindo várias possibilidades para o processo de picking e satisfação de encomendas, manuais e automáticos, é importante escolher o que melhor se adapta à operação desejada. Na figura 2.1 estão representados os vários sistemas de picking:

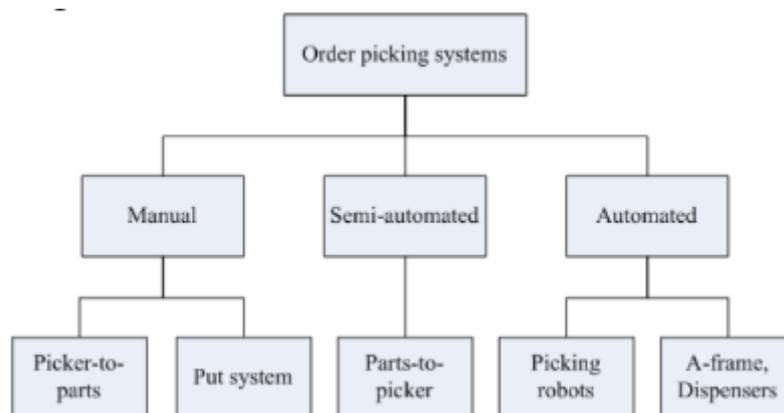


Figura 2.1 - Classificação dos sistemas de picking

(adaptado de Koster et al., 2007)

Como é possível verificar na figura 2.1, os sistemas de picking estão representados de um grau de menor automação para um de maior automação e podem ser caracterizados como sistemas manuais, em que os colaboradores executam a tarefa manualmente de recolher o produto e fazer o picking, ou atribuição a cada encomenda ou nota de expedição. Por outro lado, existem também sistemas semiautomáticos em que os produtos que necessitam de seguir na cadeia são entregues de forma mais ou menos automática (sistemas de carrossel verticais ou horizontais, sistema de movimentação automática de paletes, etc.) ao colaborador que faz o picking, que depois os atribui a cada uma das encomendas para expedição. Finalmente, podemos ter sistemas completamente automáticos, em que robôs pesquisam e recolhem o produto, fazem o picking, e preparam cada uma das encomendas a expedir praticamente sem nenhuma intervenção humana.

Dadas as condicionantes no armazém onde a operação estudada é realizada, bem como a fragilidade dos produtos manuseados, optou-se por estudar um sistema de picking manual. No entanto, uma vez que o armazém entrega à câmara de refrigeração os produtos necessários para o conjunto das rotas, estamos perante um sistema de *parts-to-picker* e que de seguida segue um processo manual de picking e ordenação da encomenda.

Os sistemas *parts-to-picker* são, assim, caracterizados por transportar um produto ou *SKU - Stock Keeping Unit* - normalmente em caixas ou paletes - até a um colaborador que depois os atribui a cada uma das encomendas na quantidade necessária (Baechler, A., 2016). O processo continua até que todas as encomendas sejam satisfeitas e possam ser expedidas. A solução para a melhor estratégia na consolidação da encomenda e picking dependerá de vários fatores, tais como, os recursos disponíveis - investimento, espaço físico, recursos humanos - mas também tendo em conta a rapidez do processo, o volume e a variedade de artigos a gerir para cada encomenda.

Vários estudos foram realizados relativamente à otimização dos sistemas de gestão de armazém, mais propriamente dos vários processos de picking, e de integração dos vários sistemas para otimizar a resposta do armazém na realização de encomendas (Füßler et al., 2017 e Boysen et al., 2020), dos quais se destaca a otimização da definição e sequência dos batches e dos produtos no picking de forma a reduzir os movimentos dentro do armazém e do operador que está a fazer separação ou consolidação da encomenda.

Estudos anteriores indicam igualmente que há várias soluções para a otimização do processo de *picking* e consolidação de produtos, bem como vários aspetos de design do processo que influenciam a produtividade e rapidez do picking e que devem ser considerados. Embora não sendo o único, um dos aspetos que mais parece influenciar a produtividade é a densidade de picking, em que sistemas com alta densidade de picking - volume mais elevado de artigos por área de separação - apresentam de forma consistente performances mais elevadas de picking, pelo que deve ser tido em conta este aspeto no design dos sistemas, no tamanho dos diferentes batch e na organização dos produtos no

armazém (Hanson *et al.*, 2019). Na tabela 2.1 estão representados os vários aspetos de design que influenciam esta produtividade na preparação das encomendas:

Tabela 2.1 - Aspetos do design de áreas de picking

Aspetto	Associações aos tempos de picking
Densidade de picking	Alta densidade de picking associada a tempos de picking mais baixos
Tamanho do batch	Sem ligação aparente
Configuração das estantes de arm.	Estante de 3 níveis com espaçamento entre localizações associada a tempos de picking mais baixos
Forma de armazenagem	Material armazenado em racks associado a tempos de picking mais elevados
Layout da zona da preparação	Sem ligação aparente
Forma de recolha dos artigos	Recipiente móvel associado a tempos de picking mais baixos
Sistema de picking	Pick-by-voice associado a tempos de picking mais elevados
Área da zona de preparação	Áreas mais reduzidas (m2) associadas a tempos de picking mais baixos
Tipo e dimensão da forma de armazenagem	Paletes (embalagem volumosa) associadas a tempos de picking mais elevados
Nº peças diferentes que compõem um kit	Sem ligação aparente
Tamanho do produto	Produtos menos volumosos associados a tempos de picking mais baixos
Nº de peças que compõem um kit	Nº elevado de peças associado a tempos de picking mais baixos

(adaptado de Hanson *et al.*, 2019)

De acordo com a figura 3 e os seus autores, pode verificar-se que elevadas densidades de picking, áreas mais pequenas, volumes mais pequenos e quantidades maiores de artigos favorecem a performance da separação (Hanson *et al.*, 2019). Este facto é também reforçado por outros autores que concluem que o volume e variabilidade de artigos picados influenciam a performance da picking e do processo de separação dos artigos nas várias encomendas, tal como se a preparação da encomenda é feita sequencialmente ou em *batch* (Fager *et al.*, 2019).

Como referido anteriormente, o espaço onde ocorre a separação dos produtos frescos é limitado, o tempo para a executar é muito reduzido e os produtos manuseados são muito frágeis, pelo que deverão ser consideradas tecnologias que suportem o processo de separação por encomenda de uma forma rápida e que reduza os erros de picking.

As tecnologias ao serviço dos processos intra-logísticos são avaliadas na prática por um estudo, concluindo o mesmo que podem representar uma poupança importante para as empresas que as implementem (Fusko *et al.*, 2017). De acordo com os seus resultados práticos, tecnologias como o *pick-by-light*, *pick-by-voice* e *pick-by-vision*, demonstram ganhos consideráveis ao nível da produtividade, precisão e em termos económicos com redução de custos e com retornos sobre o investimento relativamente curtos, comparativamente com o sistema tradicional de picking seguindo uma lista impressa em papel (*pick-by-paper*).

No sistema de *pick-by-paper*, o colaborador tem uma lista em papel com os produtos de cada encomenda e vai fazendo o picking e a separação de encomenda artigo a artigo, e vai registando na

lista os artigos já separados. Este sistema pode introduzir erros no picking e na preparação de encomendas e reduzir a produtividade, ao passo que introduzir um sistema sem papel pode significar uma redução de 95% no erro e um aumento de produtividade de mais de 10% (Battini et al., 2015).

Os sistemas indicados “sem papel” são sistemas em que os colaboradores do armazém estão ligados ao sistema de gestão do armazém, recebem informação deste e atualizam-no sempre que executam uma operação. É, assim, possível verificar o estado das operações online e tomar as decisões necessárias para ajustar o sistema de forma rápida.

No sistema de *pick-by-voice*, os colaboradores interagem com o sistema por meio de áudio e voz, recebendo informação áudio através de um sistema de auriculares e microfone que utilizam durante a operação. Vão recebendo tarefas e confirmando as mesmas por voz, prosseguindo na sequência de picking definida e atualizado o progresso (Battini et. al, 2015).

Por outro lado, no sistema *pick-by-light*, o operador é guiado por um sistema de luzes LED que estão montadas nas estantes de armazenamento, que indicam a posição correta do picking, bem como a quantidade de produto a movimentar. Normalmente, o colaborador confirma a sua ação pressionando um botão, que dá indicação ao sistema que o picking foi concluído, originando o acender de nova luz noutra local ou artigo, até todas as ações estarem concluídas. No seu início os sistemas de *pick-by-light* obrigavam a instalações complexas, com várias cablagens a serem montadas nas estantes, o que para além do elevado investimento tornava os sistemas pouco flexíveis ao ajuste de picos de operação. Neste momento, existem sistemas wireless, em que a posição e a quantidade de luzes podem ser adaptadas aos recursos disponíveis para a operação. Este sistema tem evoluído, também para se conjugar com outra tecnologia, o RFID - Radio Frequency Identification.

A tecnologia RFID utiliza sinais de radiofrequência para uma identificação automática de objetos e é utilizada em diferentes aplicações tais como, para a gestão de stock, controlo de acessos, identificação animal, segurança, e aviação, entre outros (Rao, K. S., et. al, 2005). O sistema é composto por um emissor que emite um sinal numa frequência específica, que posteriormente é captada por uma antena (normalmente referida como etiqueta de RFID), que o retransmite com informação específica, sendo recebido pelo emissor inicial. A quantidade e complexidade da informação trocada depende do sistema utilizado. Podem ser utilizados sistemas passivos e ativos, que utilizam frequências diferentes e com raios de ação igualmente diferentes. Os sistemas ativos são caracterizados pela presença de uma bateria na etiqueta RFID, que utiliza esta energia para emitir a sua informação. Neste caso, pode fazê-lo até que a bateria se esgote, e pode emitir o seu sinal durante cerca de 3 - 5 anos. A tecnologia ativa utiliza frequências mais altas e o seu sinal pode ser detetado até cerca de 30 metros de distância.

Por outro lado, a tecnologia passiva de RFID utiliza uma etiqueta sem bateria, que transforma a energia do sinal do emissor em corrente, para depois reenviar novamente para o emissor inicial. Ao

contrário da tecnologia ativa, o RFID passivo utiliza frequências mais baixas e o sinal só é emitido depois de a antena receber um sinal. Isso quer dizer que o leitor/recetor deve estar mais perto da antena para captar a sua presença, numa distância que normalmente se encontra entre os 1,5 e os 3 metros de distância.

Esta tecnologia poderá, assim, ser utilizada para controlo de stock, incluindo a sua localização, uma vez que as etiquetas RFID podem ser colocadas em diferentes SKUs, normalmente em conjunto com um código de barras, e o colaborador quando faz o picking ou a estante que recebe o picking tem um recetor de frequência RFID que verifica se o produto e/ou as quantidades são as corretas (Battini *et. al*, 2015). A conjugação de um sistema pick-to-light com o RFID permite executar automaticamente uma tarefa importante, a conclusão da ação. Como se poderá verificar adiante, os resultados da performance de picking são influenciados pelo sistema de confirmação de ação (Fager P. *et al*. 2019).

No processo de *pick-by-vision*, o colaborador que faz o picking utiliza um sistema visual de realidade aumentada ou HUD (*Head-up-display*), normalmente com um sistema de óculos em que são projetadas as informações do picking, que lhe permite ser guiado pelo processo, com indicação das localizações dos produtos e das quantidades em cada localização, ou mesmo fazer todo o processo incluindo a leitura de códigos de barras com os óculos. O pick-by-vision tem sido bastante utilizado nos processos logísticos, e tem evoluído bastante, sendo por exemplo utilizado em grandes empresas de distribuição como é o caso da DHL (DHL, 2015).

## **2.2. Sistemas de picking, resultados experimentais**

Vários estudos foram conduzidos, de forma a comparar as diferentes soluções em termos de produtividade, erros do processo e económicos. De seguida serão apresentados os estudos mais recentes que melhor representam a realidade da Delta e que permitem traçar um paralelo com a operação estudada.

No caso específico do exercício do fluxo dos frescos para a Delta, o sistema é o inverso do “picking”, sendo um sistema de “put”, uma vez que é necessário “colocar” os vários produtos em cada máquina e rota específica. O operador lê um código de barras (EAN13 ou GS1-13) que identifica todos os produtos movimentados e tem posteriormente de os alocar à máquina e à rota correta. Sendo os sistemas de “put” menos estudados, serão considerados os resultados dos sistemas de picking, o inverso do pretendido. Para efeitos académicos, serão considerados que os tempos e a actividade dos sistemas inversos são proporcionais ao pretendido.

Guo, et. Al, 2014, desenharam uma experiência de laboratório em que os artigos deviam ser recolhidos de várias localizações (duas estantes de 3X4 localizações) e colocados em três localizações de encomenda diferentes. Foram comparadas 4 tecnologias diferentes (pick-by-light, pick-by-CMD

(cart mounted display), pick-by-HUD (head-up-display) e pick-by-paper) como apresentado na figura 2.2.

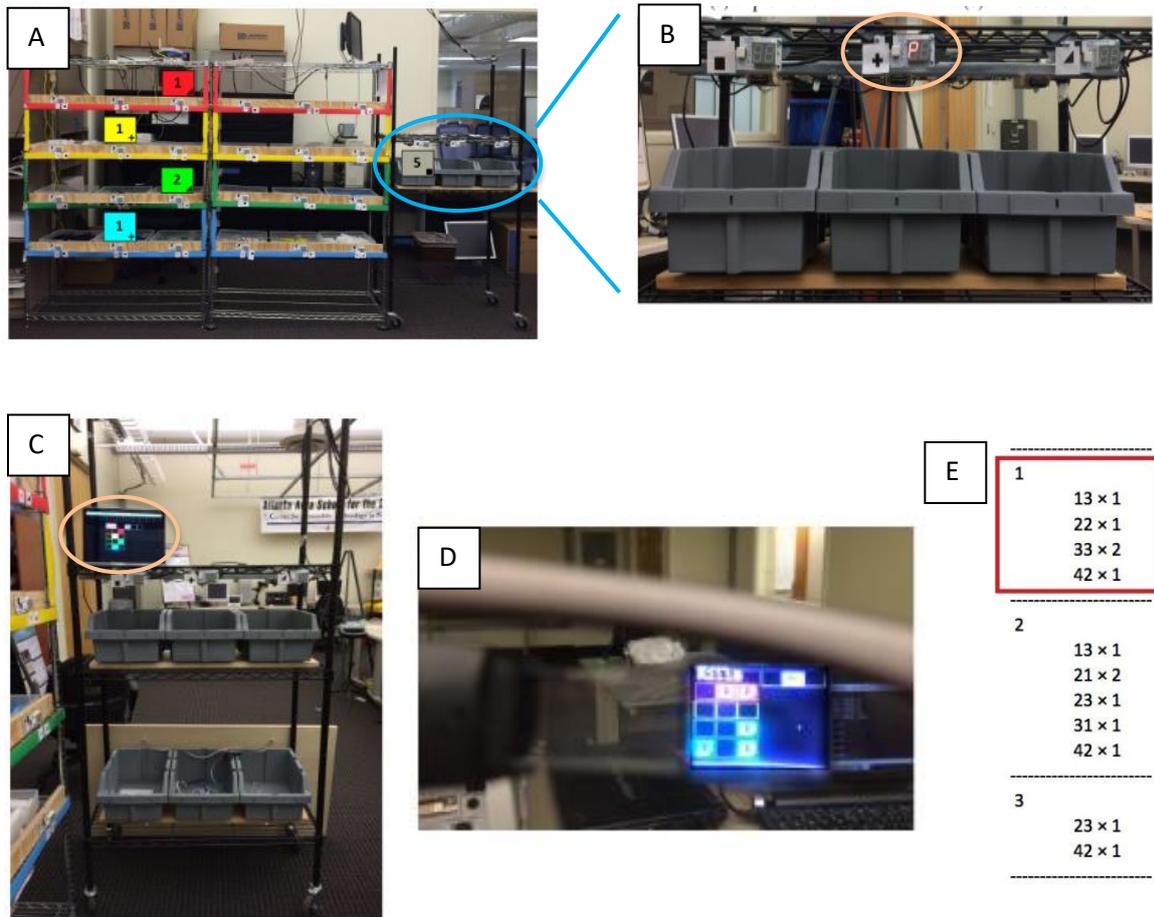


Figura 2.2 - Setup experimental (A), pick-by-light (B), pick-by-CMD (cart mounted display) (C), pick-by-HUD (head-up-display) (D) e pick-by-paper (E)

(adaptado de Guo, et. al. 2014)

Os resultados obtidos neste estudo indicam maior rapidez na execução da tarefa para os sistemas de Pick-by-HUD e pick-by-CMD, seguidos do sistema e pick-by-light e finalmente o pick-by-paper (ver figura 2.3).

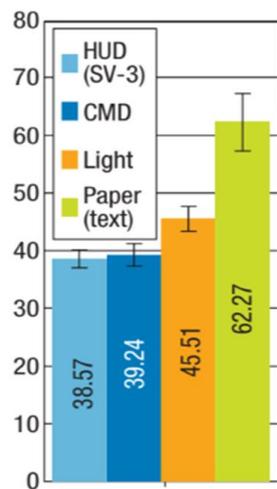
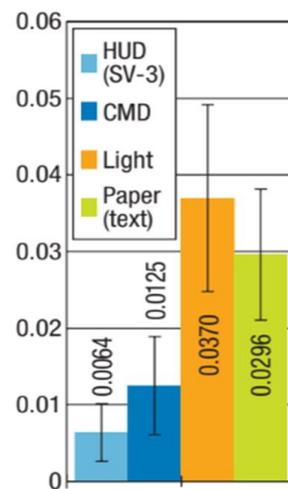
**Tempo médio da tarefa (s)****Erro médio por picking**

Figura 2.3 - Resultados operacionais dos diferentes métodos (adaptado de Guo et.al 2014)

Foram igualmente avaliados o erro de cada sistema em número de peças, o que indicia um número mais elevado de erros no sistema de pick-by-light e menor no sistema *pick-by-HUD*. De notar, no entanto, que todos os sistemas estudados não apresentavam um sistema de confirmação, sendo a confirmação de inserção e passagem para a próxima tarefa feita por um segundo elemento que não estava a fazer picking, simulando um sistema de confirmação automático (RFID, balança, sensor movimento, entre outros). Existindo um botão de confirmação no sistema de pick-by-light iria provavelmente reduzir os erros identificados, mas aumentar também o tempo de conclusão da tarefa. Pode, então, concluir-se deste estudo que a presença de um sistema manual de confirmação irá influenciar significativamente os resultados de cada tecnologia, uma vez que representa uma percentagem considerável de tempo atribuída a este passo, de cada vez que se verifica uma movimentação de produto.

Para além disso, podemos assim concluir que as tecnologias de *pick-by-HUD* e *CMD* devem ser consideradas como eficientes, embora ambas apresentem problemas de operação para os colaboradores a longo prazo, tal como identificado pelos utilizadores em termos de ergonomia - sistema *pick-by-CMD* obriga o operador a desviar constantemente a cabeça para verificar a projeção no ecrã, e o sistema *pick-by-HUD* leva a desconforto ocular, desequilíbrio, desorientação e movimentos não naturais da cabeça para focar a imagem projetada nos óculos transparentes de realidade aumentada.

Os mesmos autores repetiram novamente a experiência, desta vez comparando o uso de óculos com fundo opaco e transparente, uma vez que se esperava que o fundo opaco facilitasse a visualização da imagem, no entanto, os ganhos com o fundo opaco são de 3% no tempo médio de cada tarefa (Guo

et. al, 2015). A questão da segurança deve também ser considerada, uma vez que o fundo opaco dos óculos dificulta a visão periférica e pode deixar os colaboradores mais expostos aos perigos do ambiente industrial.

Uma nova experiência foi realizada com o objetivo de determinar a eficácia e eficiência de diversos processos de picking (Baechler et al., 2016). Introduziu um novo sistema de *pick-by-projection*, que se caracteriza por um sistema que através de projetores e sensores, ilumina diretamente na estante o recipiente de onde se deve retirar o produto bem como as quantidades a retirar. O sistema proposto é apresentado como uma forma de solucionar os problemas de ergonomia do pick-by-HUD sentidos por alguns colaboradores, como referido em estudos anteriores de (Guo et al., 2014 e Guo et al., 2015) bem como um sistema de fácil utilização e aprendizagem, inclusivamente que pode ser utilizado por colaboradores com necessidades especiais.

O esquema de montagem é apresentado na figura 2.4.

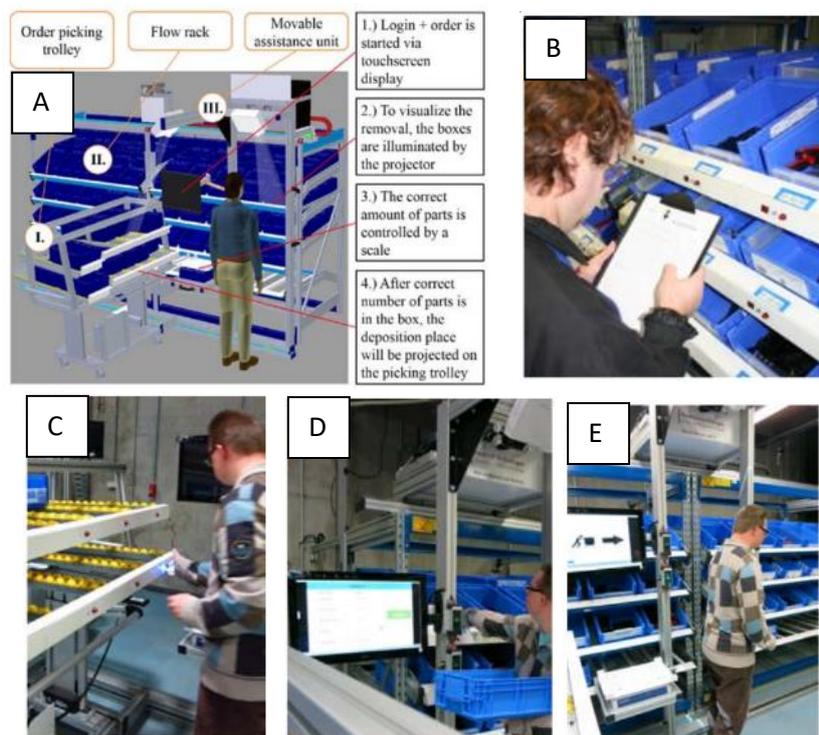


Figura 2.4 – Setup experimental (A), pick-by-paper (B), pick-by-light (C), pick-by-display (D) e pick by projection (E)

(adaptado de Baechler et al., 2016)

Relativamente aos resultados, o estudo concluiu que o sistema de pick-by-light é significativamente mais rápido do que os restantes e que o pick-by-projection tende para reduzir os

erros, embora com uma performance de picking inferior aos restantes métodos, como se pode verificar na figura 2.5. Os resultados obtidos são diferentes dos apresentados pelo anterior estudo (Guo et al., 2014) dado que no processo de picking verifica-se a presença de um passo adicional de confirmação, para o pick-by-light, para o pick-by-display e pick-by-projection (Baechler et al., 2016). Nos dois últimos, a recolha dos produtos era executada para uma caixa que se encontrava em cima de uma balança de pesagem. Só após boa leitura da balança, o sistema dava indicações para a próxima tarefa. Já no pick-by-light, o próprio colaborador dava o OK ao sistema, ao confirmar a sua ação no botão de cada localização, o que fazia o sistema apresentar a tarefa seguinte.

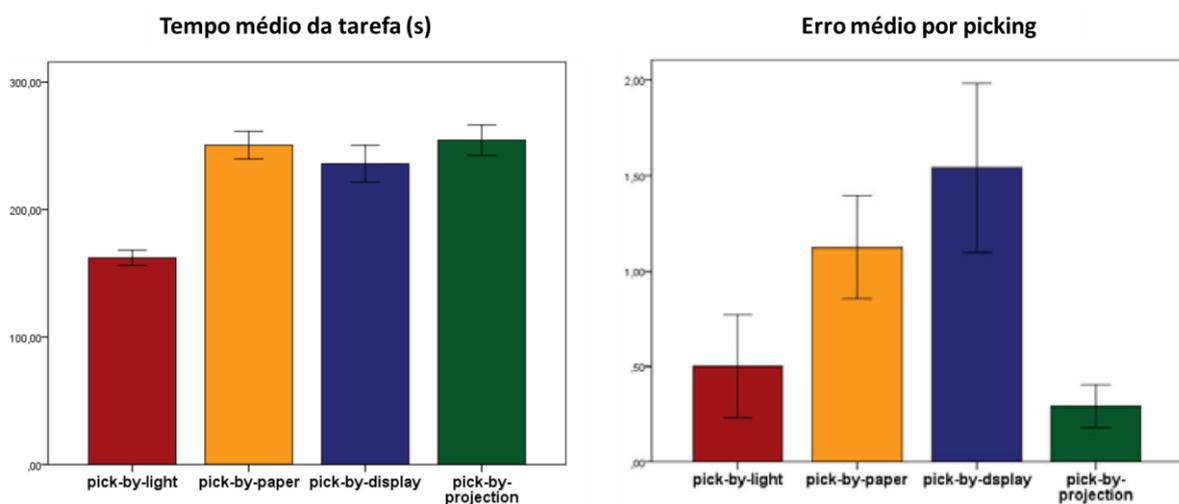


Figura 2.5 - Resultados operacionais e taxa de erros de picking

(adaptado de Baechler et al., 2016)

No mesmo sentido, verifica-se que organizaram nova experiência com o recurso a 4 diferentes tecnologias, mas que incluíam o passo de confirmação de cada tarefa, com o objetivo de avaliar a sua influência no resultado global da tarefa (Fager et al., 2019). Para além disso, realizou a experiência em 2 ambientes diferentes de alta e baixa densidade de picking, uma vez que como concluído anteriormente a densidade de picking é um elemento importante e decisivo para o tipo de tecnologia utilizado e para a performance geral (R. Hanson et al., 2019). De igual forma, procedeu a uma avaliação das diferenças de resultados da separação de uma encomenda do início ao fim, ou a preparação de várias encomendas ao mesmo tempo, em batch.

No que respeita às tecnologias utilizadas, foram comparadas o pick-by-paper, o pick-by-light, pick-by-voice e o pick-by-HUD, de acordo com a figura 2.6. Atuando de forma semelhante aos estudos anteriormente apresentados em termos de tarefas, nota-se que a confirmação para o sistema pick-by-light pressionando um botão de confirmação em cada movimentação, no sistema pick-by-voice o

colaborador repete vocalmente a localização e a quantidade recolhida, por outro lado no sistema de pick-by-HUD o colaborador utiliza uma pulseira RFID que confirma a movimentação para o sistema e faz avançar as tarefas, sempre que o operador se aproxima de cada localização. No pick-by-paper esta confirmação faz-se assinalando em papel que todas as quantidades estão concluídas, não existindo na verdade um verdadeiro sistema de confirmação.

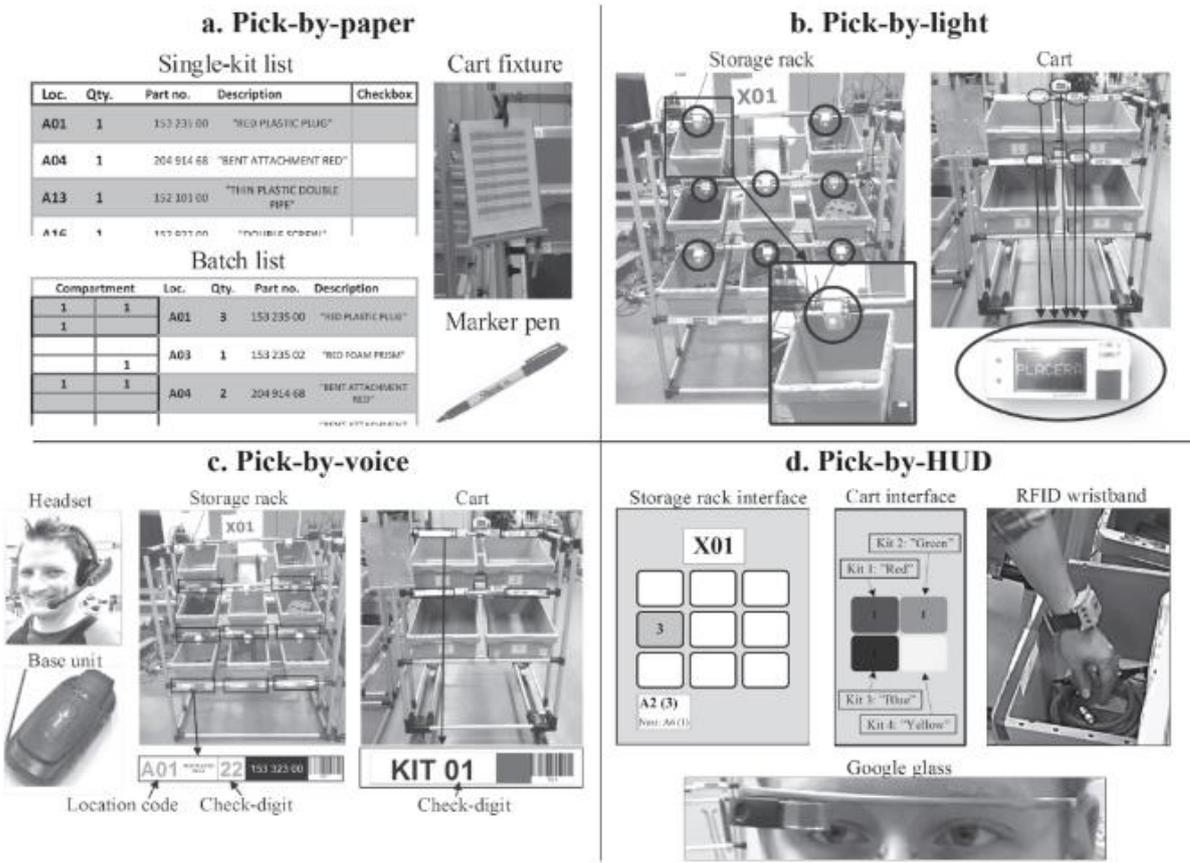


Figura 2.6 - Sistemas utilizados para o picking e respectiva confirmação

(adaptado de Fager et. al, 2019)

De acordo com o sistema logístico atualmente implementado na Delta, a operação de separação no fluxo de frescos será um processo de preparação e picking por batch, onde cada batch corresponde a uma rota e cada rota é composta por uma quantidade variável de máquinas, bem como um processo de elevada densidade de picking (em que o operador distribuirá um elevado número de artigos por várias máquinas num curto espaço e sem necessidade de grandes deslocações). Por essa razão, destacam-se do estudo em análise os resultados da operação que mais se assemelha à realidade da Delta, elevada densidade de picking e separação em batch. Na tabela 2.2 encontram-se sistematizados os resultados do estudo.

Tabela 2.2 - Resultados estudo para um sistema de alta densidade de picking

Ambiente picking	Sistema 1	Sistema 2	Balanco médio (segundos/produto)	Erro Padrão	P	Lim. Inferior	Lim. Superior
Picking elevada densidade	Pick-by-paper	Pick-by-light	-0.986	0.088	< 0.05	-1.217	-0.755
		Pick-by-voice	-2.355	0.112	< 0.05	-2.647	-2.062
		Pick-by-HUD	-1.307	0.102	< 0.05	-1.574	-1.040
	Pick-by-light	Pick-by-voice	-1.368	0.103	< 0.05	-1.639	-1.097
		Pick-by-HUD	-0.320	0.093	< 0.05	-0.563	-0.078
		Pick-by-voice	1.048	0.115	< 0.05	0.746	1.350

(adaptado de Fager et al. 2019)

Pelos resultados obtidos, pode concluir-se que quando estamos perante um sistema de preparação por batch, embora a utilização de sistemas de confirmação seja necessária e importante para garantir a qualidade da separação, também se pode observar que a sua presença influencia negativamente a produtividade do picking e todo o sistema (Fager et al., 2019). Na verdade, conclui-se que para um sistema de elevada densidade de picking o sistema mais eficiente é o do pick-by-paper, que surpreende pela sua rapidez, mas que como referido anteriormente não inclui um verdadeiro sistema de confirmação de picking. Uma das razões da implementação de sistemas de apoio ao picking foi a sua produtividade, mas também a redução de erros nos processos (Fusko et al., 2017), pelo que se não considerarmos o pick-by-paper, os sistemas mais robustos para realizar esta operação são, de acordo com os resultados, os sistemas de pick-by-light e pick-by-HUD. Estes resultados são consistentes com os diversos estudos encontrados e relatados, especialmente quando se trata de sistemas que têm tarefas de confirmação (Baechler et al., 2016).

No mesmo sentido aponta o estudo de Thomas C et. al (2018), que conclui que os sistemas com menos erros e mais eficientes são os do pick-by-light e pick-by-HUD com RFID, como apresentado na figura 2.7.

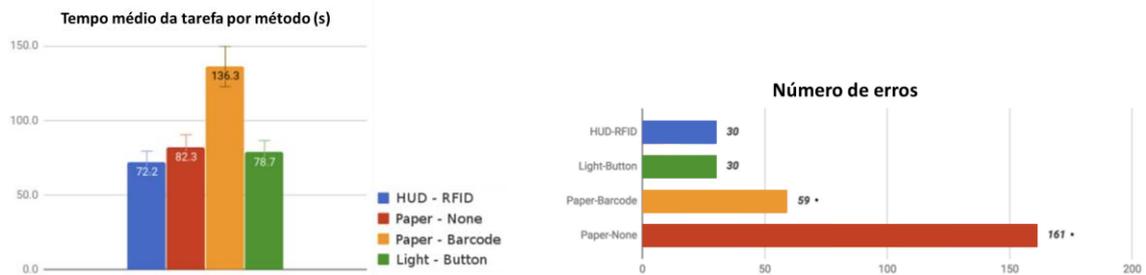


Figura 2.7 - Resultados experimentais

(adaptado de Thomas C et. al 2018)

A tecnologia de pick-by-HUD tem sido a que mais tem evoluído nos últimos anos, considerando os estudos académicos que vão sendo publicados recentemente, estando cada vez mais associada a novas tecnologias e com uma capacidade de fornecer ao operador elevada quantidade e variedade de informação. Espera-se que no futuro a tecnologia continue a evoluir, no sentido de melhorar a sua adaptação à ergonomia e interação com os operadores bem como a relação com os sistemas informáticos de gestão de armazéns, cada vez mais complexos.

Assim, os capítulos seguintes irão propor aplicar ambas as tecnologias que apresentaram melhores resultados a pesquisa bibliográfica, os sistemas pick-by-light e pick-by-HUD, à operação da Delta e concluir sobre a sua aplicabilidade no projeto.

### 3. Metodologia

O objetivo do presente trabalho é o de encontrar a melhor solução para a separação dos produtos do fluxo tenso de frescos da divisão da Delta Vending, que permita a alteração ao seu processo logístico nesta área e de acordo com os recursos disponíveis na empresa. Assim, o trabalho desenvolveu-se de acordo com as seguintes etapas principais, apresentadas na figura 3.1:

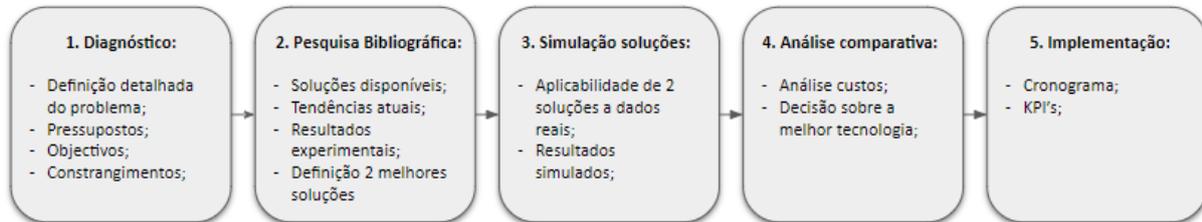


Figura 3.1 - Resumo das etapas da metodologia seguida

#### 3.1. Diagnóstico

Na fase de diagnóstico do problema a solucionar, foi realizada uma reunião com a empresa, onde foi apresentado o problema a solucionar, os eventuais constrangimentos e objetivos do trabalho, bem como o contexto de mudança atual na empresa.

De forma a garantir que o stock nas suas máquinas de vending está sempre disponível para venda, a empresa decidiu implementar um sistema de telemetria nas máquinas que permite ter acesso ao consumo em tempo real. Aproveitando as potencialidades desta tecnologia, a empresa pretende ter a capacidade de reagir rapidamente a escassez de stock ou eventuais problemas que possam surgir nas máquinas ou na venda. Ao mesmo tempo, é possível ajustar o stock disponível nas máquinas para que este esteja sempre disponível onde é necessário e, eventualmente, reduzir stock onde há menos vendas ou reduzir a necessidade de reabastecimento.

Para que esta alteração se concretize é necessário alterar a forma como o reabastecimento das máquinas é efetuado, definindo quantidades de cada produto para cada máquina e, conseqüentemente, para cada rota de abastecimento, diariamente.

Analisando os fluxos diferentes da empresa no armazém central, o bottleneck mais significativo encontra-se no fluxo tenso dos produtos frescos, uma vez que tem de ocorrer em temperatura controlada e pelo curto período horário disponível para esta operação. Assim, a empresa procura uma solução para realizar a operação de separação dos produtos frescos em fluxo tenso de acordo com os seguintes pressupostos:

1. A separação dos produtos de todas as rotas e máquinas deve ocorrer em temperatura controlada e dentro da câmara frigorífica, das 23h00 às 04h00, no mínimo tempo possível;
2. A separação deve permitir a posterior consolidação por máquina e por rota, para os 3 fluxos presentes no armazém central (temperatura ambiente, frios e frescos);
3. Os fornecedores entregam ao armazém central os produtos separados por rota;
4. Os produtos frescos são frágeis e devem ser movimentados o mínimo possível e, se possível, manualmente para garantir a sua integridade;
5. A operação deverá ocorrer com o menor número de recursos possível, sendo que na sua capacidade máxima não poderá ultrapassar os 4 colaboradores em simultâneo na câmara frigorífica, por uma questão de espaço disponível para o desenrolar das operações;

### **3.2. Pesquisa Bibliográfica**

Atualmente as empresas têm ao seu dispor várias soluções para evoluir os seus processos logísticos internos. De forma a dar resposta ao desafio indicado, foi feita uma pesquisa bibliográfica de melhores soluções para o picking manual, bem como benchmarking de atividades semelhantes.

A pesquisa teve por base artigos científicos e revistas de especialidade que comparam o desempenho de diversas soluções tecnológicas para apoiar o processo de separação manual, reduzindo os erros de picking e aumentando a produtividade. Os resultados dos estudos identificados incluem testes de laboratório e simulações em ambiente controlado, tal como medições em contexto real de empresa.

Os resultados obtidos permitem estabelecer um ponto de partida para a simulação da operação com as soluções identificadas.

### **3.3. Simulação de soluções tecnológicas**

A pesquisa bibliográfica indicou duas tecnologias com bons resultados na separação e consolidação de artigos, o pick-by-light e pick-by-HUD. Considerando os dados reais da operação da empresa no último ano, foram selecionados os 7 dias com maior número de rotas preparadas. Paralelamente, foi construído um simulador para avaliar a capacidade das soluções tecnológicas encontradas. Para cada uma das soluções foram desenhadas as tarefas da operação e os tempos médios para cada uma das tarefas, definidos através dos resultados da pesquisa bibliográfica, bem como a observação de simulações piloto realizadas na empresa pelos operadores, em algumas das tarefas definidas.

Foi, assim, possível concluir que as soluções encontradas são adaptadas à realidade da empresa, bem como passíveis de implementar num curto espaço de tempo e de acordo com os requisitos e expectativas da empresa.

Recomenda-se, no entanto, mais simulações em contexto real de forma a aferir os resultados do simulador e, eventualmente, adaptar mais eficazmente à operação em causa.

### **3.4. Análise comparativa das soluções**

Uma vez que foram identificadas duas soluções possíveis de implementar, procedeu-se a uma comparação de ambas de acordo com vários fatores, com base nos estudos académicos identificados na pesquisa bibliográfica. Relativamente aos custos de implementação para cada uma das soluções, recorreu-se a orçamentos de empresas do sector tecnológico na área da logística, que permitiu estabelecer um comparativo em relação a ambas as soluções identificadas.

Foi assim possível concluir que a tecnologia pick-by-light é a mais indicada para o cenário em análise.

### **3.5. Implementação**

Por fim, procedeu-se a um plano de implementação, tendo em conta a disponibilidade e os recursos disponíveis na empresa, e apresentados KPI's para a monitorização da operação de consolidação dos produtos frescos.



## 4. Apresentação e Análise da informação

Analisando a informação disponibilizada pela empresa, é possível caracterizar em detalhe a operação do fluxo tenso dos frescos. A operação de separação e consolidação deverá ocorrer na câmara frigorífica, caracterizada por ser um espaço reduzido, uma vez que também armazena produtos refrigerados do fluxo de stock dos produtos de frio. A solução preconizada necessitará, igualmente, de ser flexível e adaptável à variabilidade do volume, bem como deverá ocupar o mínimo espaço possível de forma a poder continuar a ser possível a movimentação de produtos do fluxo de stock de frio.

Por outro lado, é possível caracterizar o volume e variabilidade da operação diária de gestão dos produtos frescos, utilizando os dados reais dos últimos 12 meses de operação deste sector de atividade. Pode, assim, verificar-se que no cenário de maior volume, a empresa estará a fazer a separação e consolidação de cerca de 60 rotas, com um número de máquinas que varia entre as 500 e as 700 máquinas, bem como uma variabilidade de produtos média de cerca de 1000 SKUs diferentes, por dia analisado. No total, em média por dia, serão separados cerca de 11000 produtos, o que implica um esforço considerável para a operação do armazém, considerando os recursos disponíveis.

Tendo por base os requisitos anteriormente apresentados pela empresa, tal como a pesquisa bibliográfica focada nos processos logísticos de picking manual, será assim apresentada uma solução viável e adaptada às necessidades da empresa.

### 4.1. Layout operacional

A zona dos frescos onde se realizará a operação de picking e consolidação das rotas é uma câmara de temperatura refrigerada (2 a 8 graus positivos) com uma largura limitada (cerca de 5,00m) e que se desenvolve pelo seu comprimento. Nas paredes laterais da câmara frigorífica estão localizados sistemas de armazenagem (rack convencional a 2 níveis) onde se guarda o stock de materiais de frio (fluxo de stock) e onde se coloca a consolidação por rota dos materiais de frio e frescos. Na figura 4.1 está representado o layout da câmara frigorífica.



Figura 4.1 - Layout da câmara frigorífica do fluxo de frescos

Considerando a área disponível, bem como os fatores que mais influenciam a performance do processo de separação, estudado por R.Hanson et. al, 2019, identificado na tabela 2.1 definiu-se que a zona de separação e consolidação das rotas deverá ser móvel e concentrada, de forma a aumentar a densidade de separação, bem como reduzir as movimentações do operador, ao mesmo tempo que se torna o processo flexível no espaço e na quantidade ajustada às necessidades de cada dia. Por outro lado, a preparação por batch é mais eficiente no processo de separação, pelo que o sistema proposto será o de realizar um batch, que corresponde a uma rota, em que o operador separa os diferentes produtos de cada máquina referentes a essa rota (Fager et al., 2019 e Hanson et al., 2019). Como anteriormente referido, no fluxo tenso, o fornecedor entrega os seus produtos frescos organizados por rota (batch) para permitir a eficaz consolidação por máquina.

Desta forma, propõe-se a utilização de carrinhos móveis de 3 níveis com 3 caixas em cada nível (total de 9 caixas por carrinho), como suporte para colocar as caixas de cada máquina, de acordo com a figura 10. A decisão pela utilização de carrinhos móveis é corroborada igualmente pelo reduzido espaço na câmara frigorífica, permitindo uma maior flexibilidade na operação, bem como a possibilidade de se utilizar os carrinhos para fazer o picking dos materiais de frio, que se encontram em fluxo de stock, mais à frente no processo.

A quantidade de carrinhos necessários será avaliada nos pontos seguintes, com a análise dos dados da empresa.



Figura 4.2 - Exemplo de carrinho, de uma rota com 9 máquinas a abastecer

Com o recurso a uma das tecnologias identificadas, o operador faz o picking de um artigo e o sistema identifica as quantidades necessárias desse artigo por máquina. O processo avançará assim que terminar esse artigo, avançando até ao próximo e até que todos os artigos dessa rota estejam separados por máquina. No final do processo, os carrinhos móveis serão movimentados até ao local reservado para a consolidação por rota, que é atribuída posteriormente a uma carrinha de transporte, esvaziados os carrinhos e colocadas novas caixas para a rota seguinte.

No capítulo seguinte serão simulados os tempos necessários para executar esta operação, tendo por base os dados reais da empresa.

## 4.2. Sistema Put-to-Light

O sistema put-to-light poderá ser ajustado à operação da Delta, sendo primeiramente necessário definir todas as tarefas para abastecer cada rota e cada máquina no processo. Como indicado anteriormente, o sistema put-to-light poderá ser adaptado aos carrinhos móveis, colocando um display em cada localização das caixas. O sistema deverá estar ligado ao software de gestão do armazém através de tecnologia wireless e o número de carrinhos móveis e o número de caixas pode ser ajustado consoante as necessidades. Cada processo de separação consistirá na preparação de uma rota completa, equivalente a um batch, com um número variável de máquinas. No final do período horário indicado, a equipa terá separado o conjunto das rotas que compõem o dia. Na figura 4.3 está representado um exemplo do sistema put-by-light, com um botão luminoso que identifica a caixa a abastecer e um display que indica a respectiva quantidade necessária.



Figura 4.3 - Exemplo sistema Put-By-Light

Na figura 4.4 estão representadas todas as tarefas que o operador deverá executar para abastecer os carrinhos móveis com caixas para cada máquina, que compõem uma rota, bem como consolidar as caixas de cada máquina para expedição.

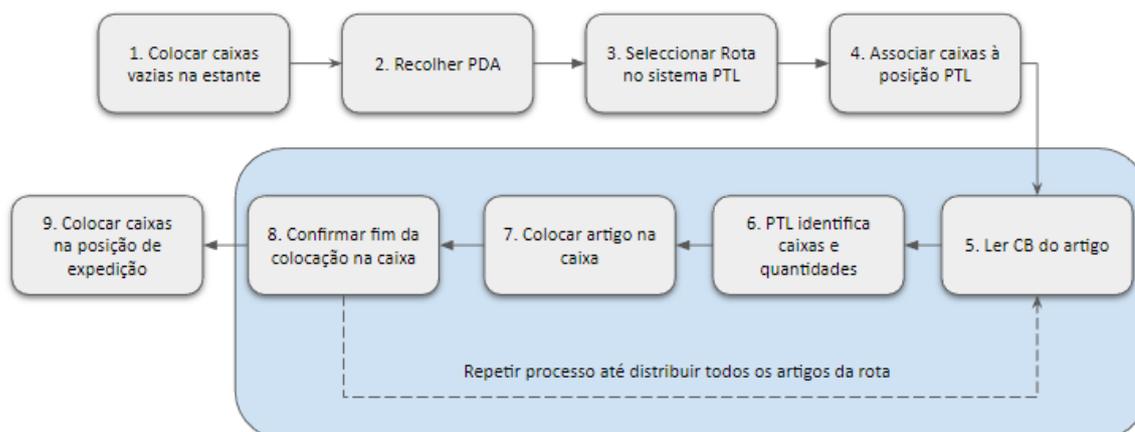


Figura 4.4 - Tarefas incluídas no sistema Put-to-Light

Tendo as tarefas definidas, será necessário avaliar a aplicabilidade prática do sistema à operação da Delta. Para cada tarefa, definiu-se um valor médio, apresentado na tabela 4.1, com base em duas fontes de informação:

- quando aplicável, os resultados médios dos estudos de Battini e R. Hanson et. al, que utilizam a mesma tecnologia e o mesmo tipo de movimentação esperada, elevada concentração de artigos, deslocações pequenas do operador, artigos pequenos e movimentação manual (ver tarefas 5 a 8 da tabela 4.1), bem como,
- observação de um piloto na empresa, realizado por colaboradores do armazém e que incluíram as tarefas de preparação da atividade (ponto 1 a 4 e 9 da tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Tempos médios das tarefas, sistema Put-to-Light

N. Operações	Battini et. Al		R. Hanson et al		Tempo Unitário
	2015	2019	2019	2019	
1 Colocar caixas vazias na estante (1 CX = 1 MAQ)	1 MOV/MAQ				00:00:05
2 Recolher PDA	1 PDA/ROTA				00:00:03
3 Seleccionar Rota (1 ROTA = 1 PTL)	1 LTR PDA/ROTA				00:00:05
4 Associar caixas à posição PTL (com PDA)	1 LTR PDA/CX				00:00:05
5 Picar artigo a distribuir	1 LTR PDA/SKU	00:00:01		00:00:01	00:00:01
6 PTL identifica caixas e quantidades a satisfazer	1 PTL/SKU	00:00:01		00:00:02	00:00:02
7 Colocar artigo na caixa	1 MOV/ART	00:00:02		00:00:03	00:00:02
8 Confirmar fim da colocação no botão PTL	1 MOV/SKU	00:00:01		00:00:01	00:00:01
9 Colocar caixa na posição de expedição	1 MOV/CX				00:00:10
		00:00:05		00:00:07	00:00:34

Os tempos apresentados foram, então, utilizados num simulador excel, que utiliza como base os dados reais de preparação das máquinas da Delta. Para o efeito, foram selecionados os 7 dias com maior número de rotas preparadas nos últimos 12 meses. O tempo total da tarefa será o somatório

das tarefas apresentadas na tabela 4.1, incluindo o tempo de setup no início e no fim da tarefa, somado com a quantidade de artigos diferentes que o operador necessita de separar, bem como o número de máquinas e rotas que necessita de separar.

Na tabela 4.2 estão representados o número de máquinas, rotas, artigos (SKUs distintos) e o total de produtos movimentados na consolidação. Somando o tempo das tarefas individuais identificadas na figura 3, obtiveram-se os tempos totais de cada dia estudado.

Tabela 4.2 - Resultados obtidos para os dias de estudo simulados para o sistema PTL

Dia em simulação	#_MAQ	#_ROTAS	# SKUs distintos	# Produtos movimentados	Tempo Total (h)	KPI (T/Rota)	# FTE	# Carrinhos PTL (MAX)
06.09.2021	677	55	998	10605	12:38:57	0:13:48	2,53 FTE	2
29.09.2021	495	55	839	6556	08:22:54	0:09:09	1,68 FTE	2
02.11.2021	797	56	1049	11520	14:04:10	0:15:04	2,81 FTE	4
19.11.2021	653	59	1025	11332	12:02:30	0:12:15	2,41 FTE	2
10.12.2021	587	58	1033	10763	12:11:22	0:12:37	2,44 FTE	2
24.01.2022	738	60	1060	12819	14:40:27	0:14:40	2,93 FTE	3
23.02.2022	519	62	916	7727	09:30:56	0:09:13	1,90 FTE	2

MAX	14:40:27	0:15:04	2,93 FTE
MÉDIA	11:55:54	0:12:24	2,39 FTE
MIN	8:22:54	0:09:09	1,68 FTE

Tal como esperado, o tempo do total da tarefa é bastante influenciado pelo número de máquinas, sendo que os valores mais elevados de tempo coincidem com o maior número de máquinas preparadas (ver exemplos de 02.11.2021 e 24.01.2022), e menos pelos nº de produtos movimentados (ver diferença nos dias 02.11.2021 e 19.11.2021 com um número semelhante de produtos e SKUs movimentados, com uma diferença de cerca de 2 horas no tempo total de preparação).

Considerando que a empresa tem apenas 5 horas para fazer a separação por máquina, das 23h00 às 04h00, pode verificar-se na figura que a empresa necessita entre 2 e 3 FTE para executar a tarefa no período horário determinado, para os dias com maior número de rotas. Por outro lado, assumindo um total de 9 máquinas por carrinho (3x3 caixas), calculou-se o número máximo de carrinhos PTL para cada dia de simulação, sendo que o dia em que se verifica a maior necessidade de carrinhos são os dias 02.11.2021 e o dia 24.01.2022 a necessitarem, respetivamente, de 4 e 3 carrinhos PTL em simultâneo para conseguirem acomodar rotas com 30 máquinas no primeiro dia e 19 máquinas no segundo.

Os valores simulados demonstram que a operação é exequível e adaptada às necessidades e recursos da empresa, pelo que o sistema PTL é eficaz para auxílio na separação dos produtos frescos por rota. No entanto, a simulação beneficiaria de resultados de um teste em contexto real, de forma a verificar se há necessidade de ajustes nos tempos das tarefas considerados.

### 4.3. Sistema Put-by-HUD

De acordo com os estudos apresentados no capítulo 2, outra opção para a operação de consolidação dos produtos frescos é o do sistema Put-by-HUD, em que o operador utiliza óculos de realidade aumentada onde são projetadas as operações a realizar, indicando localização das caixas e as quantidades necessárias em cada momento, tal como se pode verificar na figura 4.5.

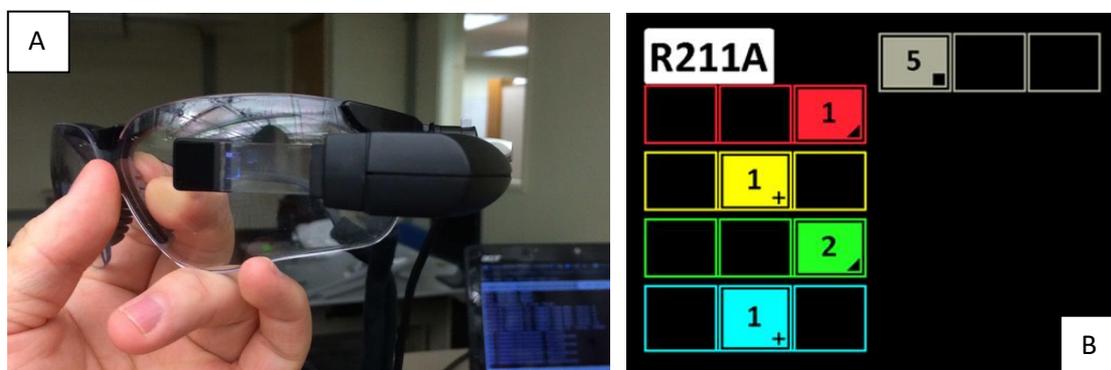


Figura 4.5 - Exemplo sistema Pick-by-HUD (A) e esquema de visualização a partir do dispositivo (B)

Tal como no caso do Pick-by-light, foram definidas as tarefas necessárias para a operação com o sistema de realidade aumentada, de forma a simular o seu desempenho na cadeia dos frescos da Delta. Para o efeito, foi considerado o sistema de associação de HUD com a confirmação automática dos movimentos através de sensores RFID. Este processo tornará mais simples e mais rápido o processo de confirmação dos movimentos, ao mesmo tempo que reduz o erro e aumenta a produtividade (Fager et al., 2019). Para que tal seja possível, cada produto deverá conter uma etiqueta de RFID associada a um código de barras, que é único em cada produto. Ao contrário da etiqueta de código de barras, a etiqueta de RFID é “lida” pela proximidade a um recetor, que pode estar localizado na mão do operador, bem como em cada localização do carrinho móvel. Na figura 4.6 está representado um exemplo de um leitor de RFID que pode ser utilizado na mão ou no braço do operador e que faz a identificação automática do produto movimentado, por proximidade à etiqueta RFID do produto.



Figura 4.6 - Exemplo de leitor RFID manual

Como referido anteriormente, entre outras vantagens, identificar o produto com uma etiqueta RFID permite que o produto seja rastreado sem a necessidade de ler o código de barras, mas apenas pela sua presença junto ao recetor. Neste caso, configura-se a utilização de um leitor de RFID móvel, que pode estar colocado no braço ou no pulso do operador. Na figura 4.7, estão representados 2 exemplos de etiquetas, utilizando o tradicional código de barras e a tecnologia RFID.

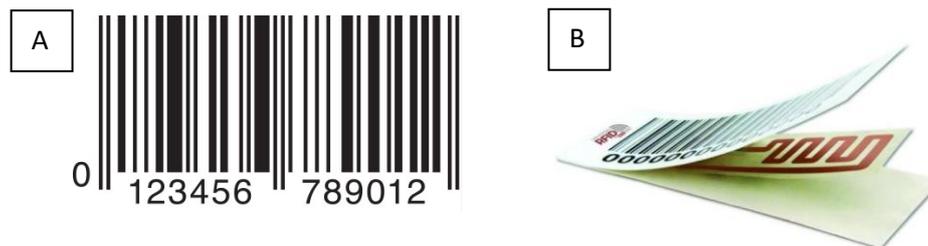


Figura 4.7 - Exemplo de etiqueta de código de barras (A) e etiqueta de código de barras com RFID (B)

Tal como referido anteriormente, a tecnologia RFID permite uma identificação mais rápida do produto, uma vez que é feita por proximidade ao sensor, praticamente sem intervenção específica humana. Na tabela 4.3 estão igualmente representadas algumas das diferenças entre as duas tecnologias.

Tabela 4.3 - Principais diferenças entre códigos de barra e RFID

	Código Barras	RFID
<b>Tecnologia</b>	Laser óptico	Radiofrequência
<b>Visualização necessária?</b>	Obrigatório	Opcional (na maioria dos casos)
<b>Identificação</b>	Tipo e grupo de produto	Artigos individuais
<b>Interferências</b>	Código obstruído, danificado	Líquidos ou metais (em alguns casos)
<b>Leitura/Escrita</b>	Apenas leitura	Leitura e escrita
<b>Alcance leitura</b>	cerca de 15m	6m - 30m
<b>Intervenção humana</b>	Tipicamente requiere intervenção humana	Automático ou com reduzida intervenção humana

(adaptado, AB&R)

Redefinindo as tarefas necessárias para o picking dos produtos, é apresentado o respetivo diagrama na figura 4.8.

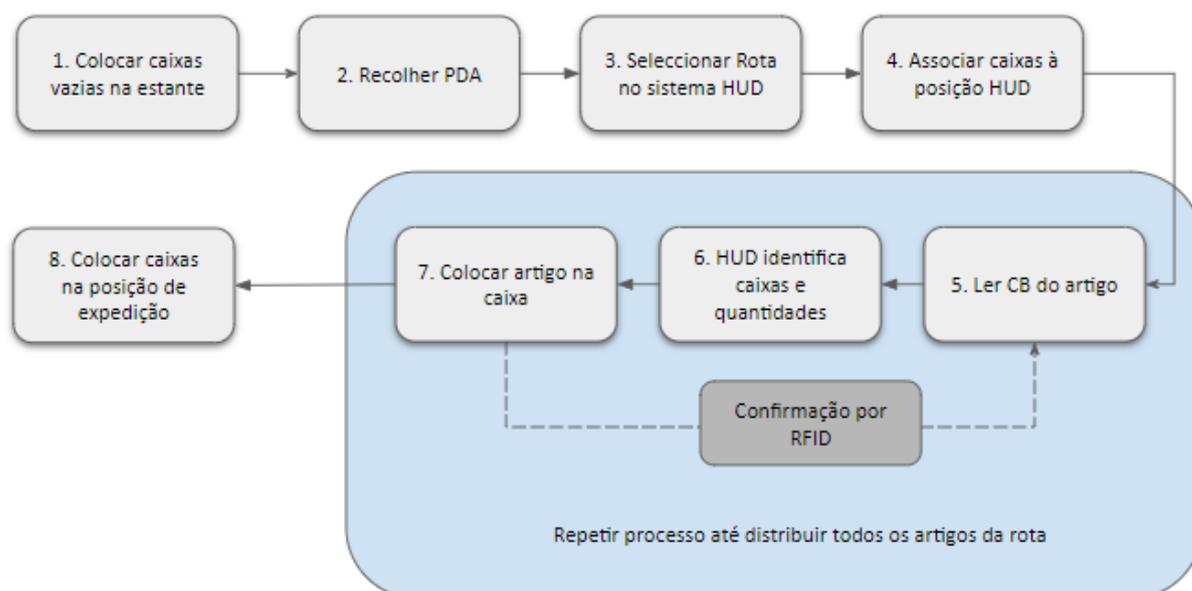


Figura 4.8 - Tarefas incluídas no sistema Put-to-HUD, com confirmação por RFID

Paralelamente, foram atribuídos tempos às tarefas do pick-by-HUD, considerando os ganhos médios calculados para esta tecnologia (Guo et al., 2014 e Fager et al., 2019) face ao pick-by-light e que estão representados na tabela 4.4, tarefas 6 e 7, calcula-se que o ganho do sistema HUD é de 15% face ao put-by-light (Guo et al., 2014), e define-se que o ganho médio por artigo no pick-by-HUD é de

-0,32s por artigo num sistema de elevada densidade de picking, num sistema com confirmação automática (Fager et al., 2019). Para calcular os tempos médios das restantes tarefas (tabela 4.4, tarefas de 1 a 5 e 9), foram utilizados os tempos observados no piloto na empresa, e anteriormente apresentados na tabela 4.1.

Tabela 4.4 - Tarefas incluídas no sistema Put-to-HUD, com confirmação por RFID

	N. Operações	Tempo Unitário (PTL)	Guo et. Al (2014) [-15% T]	Fager et. Al (2019) [-0,32s/Art]	Tempo Unitário (HUD + RFID)
1 Colocar caixas vazias na estante (1 CX = 1 MAQ)	1 MOV/MAQ	00:00:05			00:00:05
2 Recolher PDA	1 PDA/ROTA	00:00:03			00:00:03
3 Seleccionar Rota (1 ROTA = 1 HUD)	1 LTR PDA/ROTA	00:00:05			00:00:05
4 Associar caixas à posição HUD (com PDA)	1 LTR PDA/CX	00:00:05			00:00:05
5 Picar artigo a distribuir	1 LTR PDA/SKU	00:00:01			00:00:01
6 HUD identifica caixas e quantidades a satisfazer	1 PTL/SKU	00:00:02	00:00:01	00:00:01	00:00:01
7 Colocar artigo na caixa	1 MOV/ART	00:00:02	00:00:02	00:00:02	00:00:02
8 Confirmar fim da colocação no HUD	1 MOV/SKU	00:00:01			
9 Colocar caixa na posição de expedição	1 MOV/CX	00:00:10			00:00:10
		00:00:34			00:00:32

Simulando os mesmos dias identificados anteriormente, são calculados os valores apresentados na tabela 4.5, que demonstram um ganho nas operações utilizando este sistema.

Tabela 4.5 - Resultados obtidos para os dias de estudo simulados para o sistema Put-to-HUD, com confirmação por RFID

Dia em simulação	#_MAQ	#_ROTAS	# SKUs distintos	# Produtos movimenta dos	Tempo Total (h)	KPI (T/Rota)	# FTE	# Carrinhos PTL (MA)
06.09.2021	677	55	998	10605	10:22:42	0:11:19	2,08 FTE	2
29.09.2021	495	55	839	6556	06:57:17	0:07:35	1,39 FTE	2
02.11.2021	797	56	1049	11520	11:35:48	0:12:25	2,32 FTE	4
19.11.2021	653	59	1025	11332	10:41:06	0:10:52	2,14 FTE	2
10.12.2021	587	58	1033	10763	09:59:17	0:10:20	2,00 FTE	2
24.01.2022	738	60	1060	12819	12:02:29	0:12:02	2,41 FTE	3
23.02.2022	519	62	916	7727	07:48:49	0:07:34	1,56 FTE	2

MAX	12:02:29	0:12:25	2,41 FTE
MÉDIA	9:55:21	0:10:18	1,98 FTE
MIN	6:57:17	0:07:34	1,39 FTE

Concretizando, na tabela 4.6 estão representados os tempos para cada dia de simulação, para os dois sistemas comparativamente, bem como um balanço entre os dois sistemas.

Tabela 4.6 - Resultados comparativos, sistema put-by-light e put-by-HUD

Dia em simulação	PTL			HUD			Balanço (PTL-HUD)		
	Tempo Total (h)	KPI (T/Rota)	# FTE	Tempo Total (h)	KPI (T/Rota)	# FTE	Tempo Total (h)	KPI (T/Rota)	# FTE
06.09.2021	12:38:57	0:13:48	2,53 FTE	10:22:42	0:11:19	2,08 FTE	2:16:15	0:02:29	0,45
29.09.2021	08:22:54	0:09:09	1,68 FTE	06:57:17	0:07:35	1,39 FTE	1:25:37	0:01:33	0,29
02.11.2021	14:04:10	0:15:04	2,81 FTE	11:35:48	0:12:25	2,32 FTE	2:28:22	0:02:39	0,49
19.11.2021	12:02:30	0:12:15	2,41 FTE	10:41:06	0:10:52	2,14 FTE	1:21:25	0:01:23	0,27
10.12.2021	12:11:22	0:12:37	2,44 FTE	09:59:17	0:10:20	2,00 FTE	2:12:04	0:02:17	0,44
24.01.2022	14:40:27	0:14:40	2,93 FTE	12:02:29	0:12:02	2,41 FTE	2:37:58	0:02:38	0,53
23.02.2022	09:30:56	0:09:13	1,90 FTE	07:48:49	0:07:34	1,56 FTE	1:42:07	0:01:39	0,34
MAX	14:40:27	0:15:04	2,93 FTE	12:02:29	0:12:25	2,41 FTE	2:37:58	0:02:39	0,53 FTE
MÉDIA	11:55:54	0:12:24	2,39 FTE	9:55:21	0:10:18	1,98 FTE	2:00:33	0:02:05	0,40 FTE
MIN	8:22:54	0:09:09	1,68 FTE	6:57:17	0:07:34	1,39 FTE	1:25:37	0:01:35	0,29 FTE

Analisando os resultados, podemos verificar uma poupança média de 2 horas por dia na utilização do sistema put-by-HUD, principalmente pelo ganho na introdução de um sistema automático de confirmação com a utilização do RFID que elimina uma tarefa comparativamente ao put-to-light. Embora essa poupança não reflita redução direta de um FTE, poderá significar uma redução de carga de trabalho e/ou libertar parcialmente um recurso para outras tarefas.

Uma vez que o resultado simulado do put-to-light é também influenciado pelo sistema manual de confirmação de cada um dos movimentos, pode também concluir-se que poderia apresentar ganhos significativos caso associasse a tecnologia put-to-light com a confirmação automática de RFID.

Tal como no caso do pick-by-light, recomenda-se a realização de um estudo em contexto real para o sistema de pick-by-HUD para apurar os resultados encontrados.

#### 4.4. Custo de implementação

Ambas as tecnologias estão assentes em filosofias semelhantes, em que a separação dos produtos nas diferentes máquinas é feita com apoio à tecnologia, utilizando carrinhos móveis no interior da câmara frigorífica. Tendo por base uma proposta de fornecimento e instalação de um fornecedor especializado, construiu-se a tabela 4.7 que contém os principais custos a considerar com a tecnologia de Put-to-Light e Put-by-HUD.

Tabela 4.7 - Orçamento implementação, Put-by-Light e Put-by-HUD + RFID (fonte: ZETES Industries S.A., SHI International Corp, Technology Solutions (UK) Ltd)

	Qtd.	Put-by-Light	Put-by-HUD + RFID
Carro alumínio (3x3 níveis)	6	9 684,0 €	9 684,0 €
Display PTL LED	54	4 590,0 €	-
Sistema PT Wireless	1	6 900,0 €	-
Acessórios (calhas, cabos)	6	2 028,0 €	-
Assemblagem		6 900,0 €	-
Terminal	2	2 767,0 €	2 767,0 €
Óculos Google Glass	4	-	3 996,0 €
Leitor RFID (luva)	4	-	4 264,0 €
Etiquetas RFID (anual)		-	50 400,0 €
Licenciamento (anual)	1	1 750,0 €	1 750,0 €
Serviços Implementação	1	44 000,0 €	44 000,0 €
<b>Total:</b>		<b>78 619,0 €</b>	<b>116 861,0 €</b>

Pela análise dos orçamentos disponíveis é possível concluir que o sistema de pick-by-HUD obriga a um maior investimento global. A principal diferença localiza-se no acréscimo de custo anual para a implementação de etiquetas RFID pelos seus fornecedores, que aqui se assume que será financiado pela Delta, uma vez que atualmente os seus produtos não contém esta tecnologia. Para efeitos de cálculo, foi considerado a diferença de 0,02€/unidade em cada artigo para uma etiqueta de RFID passivo com código de barras impresso - média de 10 000 artigos/dia, base 252 dias. Embora o custo das etiquetas possa ser reduzido com a implementação em maior escala desta tecnologia, bem como ser negociado o fornecimento das mesmas pelos fornecedores, o acréscimo de custo na implementação é considerável com a tecnologia RFID. Desta forma, do ponto de vista de investimento, a solução Pick-to-Light é a solução que reduz o investimento inicial.

#### 4.5. Análise comparativa dos sistemas

Analisando as diversas vantagens e desvantagens dos sistemas, é possível inferir sobre o mais adequado à operação da Delta. Na tabela 4.8 estão resumidas as diversas áreas de análise das duas tecnologias.

Tabela 4.8 - Resumo de desempenho das tecnologias de put-by-light e put-by-HUD + RFID

	<b>Put-by-Light</b>	<b>Put-by-HUD + RFID</b>
<b>Tempo médio tarefa</b>	++	+++
<b>Erros picagem</b>	+++	+++
<b>Ergonomia</b>	+++	++
<b>Custo Implementação</b>	+++	++

No que respeita ao tempo médio de tarefa, verifica-se ganhos na tecnologia de put-by-HUD em conjunto com a tecnologia RFID, principalmente por se eliminar a tarefa de confirmação, como verificado anteriormente. A diferença, no entanto, para os erros de picking não são tão evidentes, uma vez que ambas as tecnologias apresentam resultados muito semelhantes nos diversos resultados experimentais estudados. De facto, ambas apresentam ganhos muito significativos quando comparados com a tecnologia de picking através de lista em papel ao nível dos erros, tal como na produtividade e quantidade de picagens comparativamente com a tecnologia mais utilizada. No que respeita à ergonomia é de notar um desempenho superior no put-by-light, uma vez que foram notadas dificuldades de adaptação, movimentos não naturais, desequilíbrio e desorientação em alguns colaboradores que utilizam o sistema de put-by-HUD com recurso a óculos de realidade virtuais. Pelo contrário, no sistema put-by-light, os colaboradores adaptaram-se rapidamente ao sistema e sem a necessidade de utilizar acessórios de uso pessoal.

Finalmente, como referido no ponto 4.4, existe um custo de implementação significativamente maior na opção de pick-by-HUD, bem como um custo maior de manutenção do sistema ao longo do tempo, associado essencialmente o custo adicional das etiquetas de RFID que seria necessário incluir nos seus produtos da cadeia de frescos.

Pode então concluir-se que, considerando as áreas analisadas, a melhor opção para a atividade da Delta é a tecnologia de put-by-light.

## 5. Implementação

### 5.1. Cronograma de implementação

A solução definida fará parte de um projeto de alteração profunda que a empresa irá sofrer, que inclui, como referido anteriormente, a instalação de telemetria nas suas máquinas de vending e o redesenho dos seus fluxos logísticos internos. A implementação da solução para a separação e picking do fluxo de frescos está inserida nesse projeto de maior dimensão e a sua implementação dependerá do avanço do mesmo.

Não obstante, na figura 5.1 encontra-se o cronograma proposto para a implementação do sistema put-to-light no fluxo tenso dos produtos frescos, de acordo com a melhor informação atualmente disponível.

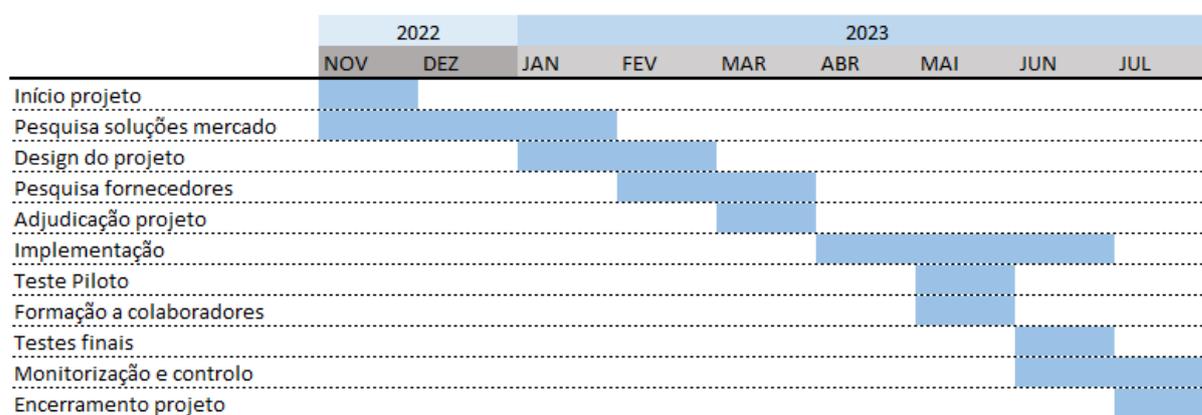


Figura 5.1 - Cronograma de implementação do sistema put-to-light

Como fatores de risco para o sucesso do projeto identifica-se o treino e formação aos colaboradores que farão a separação dos produtos frescos, bem como aos operadores que fazem o reabastecimento às máquinas, uma vez que este sistema vai alterar de forma significativa a sua forma habitual de trabalhar. Na verdade, a motivação e o conhecimento que os colaboradores têm do novo processo é um fator crítico para o sucesso do projeto e que a empresa deve dar a maior atenção, assim que estiverem reunidas as condições para a comunicação à equipa. Sugere-se, pois, uma comunicação cuidada e clara, detalhando os objetivos da alteração, bem como os ganhos previstos com a implementação do sistema.

### 5.2. Monitorização e controlo

O fluxo dos produtos frescos é um dos mais críticos para a operação, tal como referido anteriormente, pelo que o desempenho do processo deverá ser cuidadosamente acompanhado de forma a corrigir

algum eventual aspeto que não esteja de acordo com o definido. Caso se verifique algum atraso ou contratempo na operação de separação dos frescos, poderá colocar em causa a consolidação por rota dos fluxos de temperatura ambiente e de frios, o que pode impossibilitar a saída das viaturas para o reabastecimento das máquinas e, conseqüentemente, potencial perda de vendas.

Assim, de forma a controlar eficazmente a operação, sugerem-se os seguintes KPI's (Key Performance Indicators):

Rotas dentro do prazo (%) =  $\text{N}^\circ \text{ Rotas dentro do prazo} \div \text{N}^\circ \text{ Total Rotas}$

Desvio Produtividade (t) =  $\text{Tempo separação (real)} - \text{Tempo separação (simulado)}$

Erros picking (%) =  $\text{N}^\circ \text{ Artigos errados} \div \text{N}^\circ \text{ Total Artigos movimentados}$

O acompanhamento dos KPI's acima propostos, permite o controlo da produtividade da operação de separação dos produtos frescos, ao mesmo tempo que verifica o desempenho ao nível dos erros no picking, para além disso, permite avaliar o desvio face ao benchmark, utilizado no simulador da tecnologia, o que permitirá avaliar o desempenho da operação face ao que era expectável.

No que respeita à periodicidade de monitorização, propõe-se que na fase inicial de implementação se analisem os mesmos diariamente, passando posteriormente para monitorização semanal e finalmente mensal, caso os resultados estejam de acordo com o previsto. Esta periodicidade mais exigente no início do projeto possibilitará eventuais ações de melhoria necessárias no projeto.

## 6. Conclusões

A área do vending tem verificado uma grande implementação no tecido das atuais cidades e torna-se hoje uma realidade bastante utilizada e presente em vários locais, principalmente com grande movimentação de pessoas. A sua operação, nomeadamente na área dos produtos alimentares, apresenta vários desafios logísticos, nomeadamente na gestão de stocks de produtos perecíveis com um prazo de validade curto, bem como bastante frágeis, pelo que exigem uma movimentação cuidada em todo o seu percurso até à máquina de venda.

O desafio da presente tese de mestrado foi a sugestão de um sistema eficiente e eficaz para o processo de separação dos produtos frescos, que se verifica em fluxo tenso e num período horário curto de 5 horas. A operação deve ocorrer a temperatura controlada, numa câmara frigorífica, com espaço limitado, uma vez que partilha a mesma área de outros produtos que necessitam de refrigeração e que estão em fluxo de stock, bem como com recursos humanos igualmente reduzidos.

Da pesquisa bibliográfica realizada relativa a este tipo de operação, foi possível identificar que as empresas têm atualmente ao seu dispor várias soluções para as atividades de picking e separação de produtos com grande volume, bem como que se verificam vários fatores de concepção que influenciam o desempenho e a produtividade dos sistemas de picking. Por outro lado, foi também possível identificar soluções tecnológicas que apoiam o processo de separação, reduzindo os erros que ocorrem no processo, bem como aumentando a capacidade de resposta e produtividade dos processos.

Foram identificadas 2 tecnologias com resultados mais promissores em operações semelhantes, a put-by-light e put-by-HUD associado ao RFID, pelo que se simulou a aplicação das mesmas à realidade da Delta Vending, tendo por base os dados reais de operação da Delta, nos últimos 12 meses. Para a simulação, foram definidas as tarefas necessárias em cada tecnologia, bem como um tempo médio para cada uma. O cálculo do desempenho das tecnologias teve por base resultados médios de estudos académicos, bem como a observação de um teste piloto realizado na empresa a algumas das tarefas necessárias para realizar a separação.

Considerando os 7 dias com maior volume da Delta Vending, foi calculado o tempo que a operação demoraria com ambas as tecnologias, bem como calculados os recursos que tal operação implicaria. No pior cenário, com o recurso ao put-by-light, a empresa necessitaria de 3 FTE's para realizar a separação de 12800 produtos, com 1060 SKU's distintos, para 60 rotas que abastecem 738 máquinas, num período total de 5 horas.

Foi, igualmente, possível concluir que ao nível da produtividade a tecnologia put-by-HUD com a tecnologia de confirmação por RFID tem um desempenho ligeiramente superior, principalmente justificado pela eliminação de uma tarefa que consome tempo, a confirmação da colocação do

produto. Embora esta tecnologia seja apontada nos estudos como bastante promissora, uma vez que consegue fornecer ao operador uma quantidade e variabilidade importante de informação, verificam-se dados que apontam para um desempenho negativo na área da ergonomia, que incluem dificuldades de utilização durante um período longo, como enjoos, desorientação ou cefaleias. Embora seja uma tecnologia considerada de futuro, com uma grande adaptabilidade e com a capacidade de gerir grandes volumes de informação, deve esperar-se uma evolução nos aspetos da ergonomia e adaptação ao operador.

Não obstante, ao nível do investimento inicial, custo de operação e ergonomia, a tecnologia de put-by-light destaca-se com resultados superiores. Tendo em conta estes resultados simulados, conclui-se que o sistema mais adequado à Delta é o put-by-light, pelo que se propõe um cronograma para esta implementação e indicadores de performance que permitem controlar o desempenho da tecnologia face ao esperado.

De forma a melhorar a sua produtividade, no futuro, recomenda-se a realização de mais estudos, nomeadamente a conjugação do sistema put-by-light com a tecnologia de RFID, o que permitiria atingir bons desempenhos operacionais, reduzindo drasticamente as questões observadas relativamente à ergonomia.

Recomenda-se igualmente um estudo aprofundado em contexto real, que permita aferir o desempenho do simulador na operação diária de separação. Ao mesmo tempo, ao nível da implementação da nova tecnologia, identifica-se como fator crítico a formação e motivação das equipas, pelo que se sugere especial atenção à forma como se envolve a equipa no cumprimento deste objetivo da empresa.

Assim, de uma forma geral, conclui-se que os resultados obtidos vão de encontro às necessidades da empresa e que será uma mais-valia para a sua operação a implementação da tecnologia de put-by-light para a separação dos produtos frescos, melhorando a sua produtividade, reduzindo os erros e aplicando o mínimo de recursos possíveis.

## 7. Bibliografia

- Baechler, A., Baechler, L., Autenrieth, S., Kurtz, P., Hoerz, T., Heidenreich, T., & Kruell, G. (2016, January). A comparative study of an assistance system for manual order picking--called pick-by-projection--with the guiding systems pick-by-paper, pick-by-light and pick-by-display. In 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) (pp. 523-531). IEEE. DOI: 10.1109/HICSS.2016.72.
- Battini, D., Calzavara, M., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2015). A comparative analysis of different paperless picking systems. *Industrial Management & Data Systems*. DOI: 10.1108/IMDS-10-2014-0314.
- Boysen, N., Fülller, D., & Stephan, K. (2020). See the light: Optimization of put-to-light order picking systems. *Naval Research Logistics (NRL)*, 67(1), 3-20. DOI: 10.1002/nav.21883.
- Fager, P., Hanson, R., Medbo, L., & Johansson, M. I. (2019). Kit preparation for mixed model assembly--efficiency impact of the picking information system. *Computers & Industrial Engineering*, 129, 169-178. DOI: 10.1016/j.cie.2019.01.034.
- Fusko, M., Rakyta, M., & Manlig, F. (2017). Reducing of intralogistics costs of spare parts and material of implementation digitization in maintenance. *Procedia engineering*, 192, 213-218. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.06.037.
- Fülller, D., & Boysen, N. (2019). High-performance order processing in picking workstations. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 8(1), 65-90. DOI: 10.1007/s13676-017-0113-8.
- Guo, A., Raghu, S., Xie, X., Ismail, S., Luo, X., Simoneau, J., ... & Starner, T. (2014, September). A comparison of order picking assisted by head-up display (HUD), cart-mounted display (CMD), light, and paper pick list. In *Proceedings of the 2014 ACM international Symposium on wearable computers* (pp. 71-78). DOI: 10.1145/2634317.2634321.
- Guo, A., Wu, X., Shen, Z., Starner, T., Baumann, H., & Gilliland, S. (2015). Order picking with head-up displays. *Computer*, 48(6), 16-24. DOI: 10.1145/2802083.2808408.
- Hanson, R., & Medbo, L. (2019). Man-hour efficiency of manual kit preparation in the materials supply to mass-customized assembly. *International Journal of Production Research*, 57(11), 3735-3747. DOI: 10.1080/00207543.2019.1566653.
- Koster, R.D., Le-Duc, T. & Roodbergen, K.J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182:481-501. DOI: 10.1016/j.ejor.2006.07.009.
- Rao, K. S., Nikitin, P. V., & Lam, S. F. (2005). Antenna design for UHF RFID tags: A review and a practical application. *IEEE Transactions on antennas and propagation*, 53(12), 3870-3876. DOI: 10.1109/TAP.2005.859919.
- Shen, C., Wu, Y., & Zhang, D. (2010, August). A selection method of manual and semi-automated order picking systems based on filling curve and time model. In *2010 IEEE International Conference on Automation and Logistics* (pp. 169-176). IEEE. DOI: 10.1109/ICAL.2010.5585274.
- Thomas, C., Panagiotopoulos, T., Kotipalli, P., Haynes, M., & Starner, T. (2018, October). RF-pick: comparing order picking using a HUD with wearable RFID verification to traditional pick methods. In *Proceedings of the 2018 ACM International Symposium on Wearable Computers* (pp. 168-175). DOI: 10.1145/3267242.3267290
- American Barcode & RFID, 08/02/2023, "Advantages of RFID vs Barcodes", <https://www.abr.com/advantages-of-rfid-vs-barcodes/>
- DHL, 2015, "Vision Picking at DHL - Augmented Reality in Logistics". <https://www.youtube.com/watch?v=l8vYrAUb0BQ>
- FalconAutoTech, 14/12/2020, "Put To Light Parcel/Package Sortation for Postal, Courier and Express Companies (CEP)", <https://www.youtube.com/watch?v=YQDzUXzsQL0>
- LightningPick, 2021, Put Wall / Put to Light Demonstration, <https://www.youtube.com/watch?v=nd7TC207y9E>

- SHI, 2023, Google Glass Enterprise Edition 2, <https://www.shi.com/product/39314856/Google-Glass-Enterprise-Edition-2>
- TSL, 2023, TSL 1153 Bluetooth UHF RFID Reader, [https://www.atlasrfidstore.com/tsl-1153-bluetooth-uhf-rfid-reader/?utm\\_device=c&utm\\_term=&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=03+-+International+Shopping&hsa\\_cam=18465785897&hsa\\_grp=147051858452&hsa\\_mt=&hsa\\_src=g&hsa\\_ad=624920151535&hsa\\_acc=4442410237&hsa\\_net=adwords&hsa\\_kw=&hsa\\_tgt=pla-293946777986&hsa\\_ver=3&gclid=Cj0KCQiAz9ieBhCIARIsACB0oGKDUT0cexQ31yV0CZVF73pkWr74r7y0ccMk15BOUhaYjfTfk1LisG8aAr20EALw\\_wcB](https://www.atlasrfidstore.com/tsl-1153-bluetooth-uhf-rfid-reader/?utm_device=c&utm_term=&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=03+-+International+Shopping&hsa_cam=18465785897&hsa_grp=147051858452&hsa_mt=&hsa_src=g&hsa_ad=624920151535&hsa_acc=4442410237&hsa_net=adwords&hsa_kw=&hsa_tgt=pla-293946777986&hsa_ver=3&gclid=Cj0KCQiAz9ieBhCIARIsACB0oGKDUT0cexQ31yV0CZVF73pkWr74r7y0ccMk15BOUhaYjfTfk1LisG8aAr20EALw_wcB)
- RFID Journal, 2023, *How much does an RFID tag cost today?* <https://www.rfidjournal.com/faq/how-much-does-an-rfid-tag-cost-today>
- Packaging Guruji, 2023, <https://packagingguruji.com/intelligent-label-printing-supplier/>