

ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS EMPRESARIAIS
Instituto Politécnico de Viana do Castelo

**Análise da Implementação de veículos guiados autonomamente
no transporte de material: o caso numa empresa do setor
automóvel**

Cátia Sofia Coroas Pereira

Junho, 2024

ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS EMPRESARIAIS
Instituto Politécnico de Viana do Castelo

**Análise da Implementação de veículos guiados autonomamente
no transporte de material: o caso numa empresa do setor
automóvel**

Cátia Pereira

Relatório Final, realizado no âmbito do Mestrado de Logística

Orientador Interno: Professor Doutor Wellington Alves

Orientador Externo: Engenheiro José Luís Perez

Agradecimentos

À minha filha Inês que me mostrou que na vida não há impossíveis, ao David por me ajudar a manter o barco em águas tão agitadas e aos meus pais por serem sempre o meu exemplo de vida.

Ao Professor Doutor Wellington Alves, agradeço por ter aceitado abraçar este projeto como meu orientador académico, pela sua disponibilidade, conhecimento, apoio e por ter me guiado sempre pela direção correta.

Agradeço à empresa pelo acesso aos dados que permitiram realizar o estudo de caso e que serviram como base para este trabalho, sou profundamente grata por todo o suporte oferecido.

Aos meus colegas de trabalho pela disponibilidade, e disposição em compartilhar conhecimentos.

Aos meus colegas do mestrado, pois esta jornada foi muito mais gratificante e enriquecedora graças à amizade e parceria de todos vocês.

Resumo

A competitividade do mercado internacional integrada com as preocupações de sustentabilidade das partes interessadas, a consciencialização ambiental e a segurança do trabalho, bem como a mudança de paradigma da produção em massa para a produção personalizada, apoiam a implementação e utilização de sistemas flexíveis e automatizados nas cadeias de abastecimento. Uma cadeia de abastecimento abrange um grupo de organizações que realizam transações, estabelecem fluxos a jusante e a montante de materiais, serviços, informações, e finanças relacionadas à transformação de materiais para entrega de produtos.

Num ambiente global vários aspetos têm sido considerados como de extrema importância para a sobrevivência das organizações, como por exemplo a necessidade de automação das diferentes atividades. Neste sentido, a busca contínua pela redução de custos, o aumento dos custos de mão de obra e os problemas de rastreabilidade dos produtos, têm levado à utilização de Veículos Guiados Autonomamente (AGV's) nas cadeias de abastecimento. Os AGV's são implementados para otimizar o transporte automático de produtos finais e matérias-primas entre diferentes locais, da linha de produção ao armazém, do armazém ao centro de expedição, do centro de expedição ao veículo de transporte externo, e o mesmo para o processo inverso.

Tendo em conta a importância da automação do processo de transporte de mercadorias para a empresa este projeto teve como objetivo a alteração do veículo de transporte de mercadoria atual conduzido por um colaborador, para um veículo guiado autonomamente.

A metodologia a ser realizada ao longo do projeto foi composta pelas várias fases do trabalho, de forma a atingir os objetivos. O tipo de metodologia utilizado foi do tipo qualitativo e quantitativo.

Como fontes de informação recorreu-se à observação direta e ao suporte documental da empresa. A recolha sistemática dos dados realizou-se com base ao período do ano de 2023 e a previsão para 2024, tendo em consideração que a produção nos próximos 5 anos terão por base a previsão de 2024.

Como resultado alcançado, foi desenvolvido uma proposta, com o intuito de avaliar o impacto da substituição do veículo automático em detrimento do veículo atual, conduzido pelo operador.

Palavras-Chave: Cadeia de abastecimento; Logística; AGV's

Abstract

International market competitiveness integrated with stakeholders' sustainability concerns, environmental awareness and occupational safety, as well as the paradigm shift from mass production to customized production, support the implementation and use of flexible and automated systems in supply chains. A supply chain encompasses a group of organizations that transact, establish downstream and upstream flows of materials, services, information, and finance related to the transformation of materials to product delivery.

In a global environment, several aspects have been considered extremely important for the survival of organizations, such as the need for automation of different activities. In this sense, the continuous search for cost reduction, the increase in labor costs and the problems of product traceability, as is the case with the use of Autonomous Guided Vehicles (AGV's) in the supply chain. AGV's are implemented to optimize the automatic transport of final products and raw materials between different locations, from the production line to the warehouse, from the warehouse to the shipping center, from the dispatch center to the external transport vehicle, and the same for the reverse process.

Taking into account the importance of the automation of the freight transport process for the company, this project aimed to change the current freight transport vehicle, driven by an employee, to an autonomously guided vehicle.

The methodology to be carried out throughout the project was composed of the various phases of the work, to achieve the objectives. The type of methodology used was qualitative and quantitative.

As sources of information, direct observation and documentary support from the company were used. The systematic data collection was carried out based on the period of the year 2023 and the forecast for 2024, considering that the production in the next 5 years will be based on the forecast of 2024.

As a result, a proposal was developed in order to evaluate the impact of replacing the automatic vehicle to the detriment of the current vehicle, driven by the operator.

Keywords: Supply chain management; Logistics; AGV's

Índice

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	10
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	12
1.1. ENQUADRAMENTO	12
1.2. OBJETIVOS	12
1.3. ESTRUTURA.....	13
CAPÍTULO II – REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1. LOGÍSTICA E GESTÃO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO	15
2.2. A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E A INDÚSTRIA 5.0.....	18
2.3. TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NAS CADEIAS DE ABASTECIMENTO	19
2.4. GESTÃO DE ARMAZÉNS	20
2.5. SISTEMAS AGV	21
3. CAPÍTULO III –ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL	32
3.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	32
3.2. DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL.....	32
4. CAPÍTULO IV – PROPOSTA MELHORIA	41
4.1. CÁLCULO DA OCUPAÇÃO	43
4.2. PROPOSTA A – SOLUÇÃO VEÍCULO PORTA-PALETES AUTOMATIZADO (AMR)	45
4.2.1. ANÁLISE DO CUSTO DO EQUIPAMENTO.....	50
4.3. PROPOSTA B – SOLUÇÃO VEÍCULO COMBOIO LOGÍSTICO AUTOMATIZADO (AGV).....	51
4.3.1. CUSTO DO EQUIPAMENTO.....	54
4.4. ANÁLISE DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS PROPOSTAS	55
4.5. ANÁLISE SWOT	56
5. CAPÍTULO V – CONCLUSÕES.....	59
5.1. LIMITAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS	60

REFERÊNCIAS	61
-------------------	----

Lista de Figuras

Figura 1 - Fluxo Logístico. Ravi Kain et al./ Materials Today: Proceedings 5 (2018).....	15
Figura 2 - Visão cíclica da Cadeia de Abastecimento. Ravi Kain et al./ Materials Today: Proceedings 5 (2018)	16
Figura 3 – Visão Puxar/Empurrar da Cadeia de Abastecimento. Ravi Kain et al./ Materials Today: Proceedings 5 (2018).....	17
Figura 4 - Operações básicas de armazenagem. Ramos (2010, p.306).....	21
Figura 5 - AGV de reboque	23
Figura 6 – Veículo de carga AGV	24
Figura 7 - Empilhador AGV	24
Figura 8 - AGV's de carga leve.....	25
Figura 9 – AMR 600 RACK; Fonte Mecalux.....	28
Figura 10 - AMR 100 BOX; Fonte Mecalux	28
Figura 11 - AMR 100 Multi-Box; Fonte Mecalux	29
Figura 12 - AMR 1500 Pallet Conveyor; Fonte Mecalux.....	29
Figura 13 - AMR 1500 Pallet Lifter; Fonte Mecalux	30
Figura 14 - Contentor metálico Produto terminado e embalagem de palete em cartão	33
Figura 15 - Etiqueta de produção.....	33
Figura 16 - Rota Mizu - Produto Terminado.....	35
Figura 17 - Comboio Logístico (Mizu).....	36
Figura 18 - Pedido Mizu.....	37
Figura 19 - Imagem do pedido de contentor nos tablets.....	38
Figura 20 - Reposição contentor Mizu	39
Figura 21 - Tarefas para elaboração proposta de trabalho.....	41
Figura 22 - Porta – Paletes Aiten.....	47
Figura 23- Desenho técnico Porta-Paletes	48
Figura 24 - Funcionamento porta-paletes.....	49
Figura 25 - Imagem Comboio logístico.....	52
Figura 26 - Desenho técnico comboio logístico	53
Figura 27 - Vantagens e desvantagens das propostas	55
Figura 28 - Análise SWOT	56

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Cálculo Ocupação – Turno A – Ano 2023	43
Tabela 2 - Cálculo ocupação Turno A - 2024	44
Tabela 3 - Cálculo recursos necessários - pedido em frente.....	45
Tabela 4 - Cálculo recursos necessários - pedido variável	46
Tabela 5 - Especificação porta-paletes.....	48
Tabela 6 - Custos porta-paleta	50
Tabela 7 - Cálculo recursos necessário comboio logístico automático.....	52
Tabela 8 - Especificações comboio logístico	53
Tabela 9 - Custos comboio logístico.....	54

Lista de Abreviaturas e Símbolos

AGV'S	<i>Automatic Guided Vehicles</i> (Veículos Guiados Autonomamente)
AMR'S	<i>Autonomous Mobile Robots</i> (Robôs Móveis Autónomos)
ESCE	Escola Superior de Ciências Empresariais
GCA	Gestão Cadeia Abastecimento
MIZU	<i>Mizusumashi</i> (Comboio Logístico)
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PT	Produto Terminado
SAP	Software de Gestão - Sistemas aplicativos e Produtos para Processamento de Dados
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
SERIOl	Sistema de Informação de Registos de Intervenção Online

Capítulo I

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

No âmbito do Mestrado em Logística na Escola Superior de Ciências Empresariais do Instituto Politécnico de Viana do Castelo foi elaborada uma proposta para a Implementação de veículos guiados autonomamente no transporte de material, em ambiente empresarial, no caso de uma empresa do setor automóvel.

1.1. Enquadramento

Num ambiente global vários aspetos têm sido considerados como de extrema importância para a sobrevivência das organizações, como por exemplo a necessidade de automação das diferentes atividades. Neste sentido, a busca contínua pela redução de custos, o aumento dos custos de mão de obra e os problemas de rastreabilidade dos produtos, têm levado à utilização de Veículos Guiados Autonomamente (AGV's) nas cadeias de abastecimento.

Os AGV's têm como função otimizar o transporte automático de produtos finais e matérias-primas entre diferentes locais, da linha de produção ao armazém, do armazém ao centro de expedição, do centro de expedição ao veículo de transporte externo, e o mesmo para o processo inverso.

Os AGV's proporcionam ganhos de eficiência, aumentam a segurança dos trabalhadores e minimizam os custos de energia.

1.2. Objetivos

Tendo em conta a importância da automação do processo de transporte de mercadorias para a empresa este projeto tem como objetivo principal:

- Desenvolver uma proposta para substituição do veículo de transporte das embalagens de produto terminado conduzido por um operador, para um veículo guiado autonomamente.

Para que se consiga alcançar o objetivo principal, os seguintes objetivos específicos são propostos:

- Analisar de forma resumida a teoria referente à gestão de cadeia de abastecimento, movimentação de material, automatização do transporte
- Propor um conjunto de cenários para análise de rotas dos AGV's na empresa

O tipo de metodologia utilizado foi o método misto (mixed methods) - do tipo qualitativo e quantitativo.

A recolha de dados primários foi feito com recurso a análise no chão de fábrica e análise de ficheiros da empresa. Os dados foram também retirados do sistema informático da empresa.

A metodologia quantitativa é uma abordagem de pesquisa que se concentra na quantificação de dados e na aplicação de análises estatísticas para responder a perguntas de pesquisa e testar hipóteses. Segundo Saunders (2021), essa metodologia é frequentemente usada para confirmar teorias ou hipóteses existentes, recolhendo dados numéricos que podem ser analisados estatisticamente para identificar padrões e relações entre variáveis. A metodologia quantitativa usa técnicas estatísticas e matemáticas para testar hipóteses e medir variáveis, no caso em estudo essas mesmas técnicas foram usadas de forma a conseguir atingir cálculos de taxas de utilização.

1.3. Estrutura

Este projeto está organizado em cinco capítulos. No primeiro capítulo é feita a introdução do trabalho, o enquadramento do tema, são definidos os objetivos que se pretendem alcançar, é apresentada a metodologia para a construção do restante trabalho e por fim, a estrutura do projeto.

No segundo capítulo, são abordados os temas referentes ao enquadramento teórico relacionados com assuntos de Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento, a Revolução Industrial e a Indústria 5.0, a Transformação Digital nas Cadeias de Abastecimento, Gestão de Armazéns, Sistemas de AGV's assim como as principais tecnologias de sistemas AGV's.

O terceiro capítulo apresenta a situação atual do processo em estudo.

No quarto capítulo são desenvolvidos e analisados os dados para a proposta de melhoria, sendo apresentadas duas propostas que podem ser aplicadas na empresa.

No quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões deste projeto.

Capítulo II

Capítulo II – REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo, visa abordar vários temas que remetem ao referencial teórico. Estes temas serão abordados com base na literatura, tendo por base os seguintes tópicos: Logística e Cadeia de Abastecimento, a Revolução Industrial e a Indústria 5.0, a Transformação Digital nas Cadeias de Abastecimento, a Gestão de Armazéns e os Sistemas de AGV's.

2.1. Logística e Gestão da Cadeia de abastecimento

De acordo com o *Council of Supply Chain Management Professionals CSCMP* (2010, p665-675) *a logística faz parte do processo da gestão da cadeia abastecimento (Supply Chain Management) que é responsável por planejar, implementar e controlar o eficiente e eficaz fluxo direto e inverso, as operações de armazenagem de bens, serviços e informação relacionada entre o ponto de origem e o ponto de consumo de forma a ir ao encontro dos requisitos/necessidades dos clientes.*

Tal como apresentado na Figura 1 e na perspetiva de Kain & Verma (2017, p3812), *a logística é definida como o Planeamento, implementação e controlo do fluxo físico de materiais e produtos acabados do ponto de origem ao ponto de uso para atender às necessidades do cliente com lucro. É essencialmente um processo de planeamento e também uma atividade de informação, portanto, é um processo integrador que otimiza o fluxo de materiais e fornecimento através da organização e das suas operações ao cliente.*

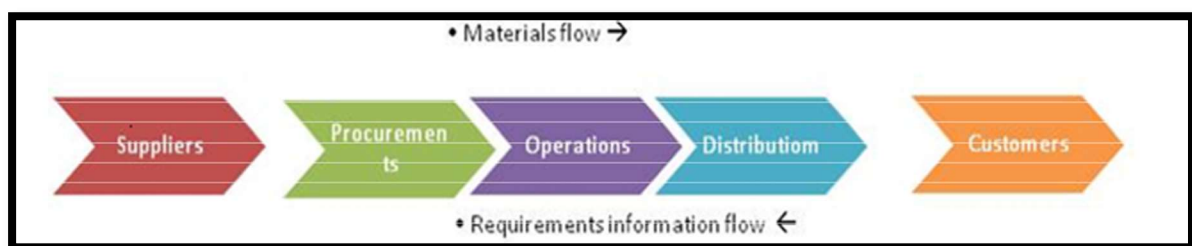


Figura 1 - Fluxo Logístico. Ravi Kain et al./ *Materials Today: Proceedings* 5 (2018)

Tal como comprovado na Figura 1 o fluxo de materiais começa nos fornecedores (aprovisionamento) e termina no cliente final, e em sentido contrário o fluxo de informação circula desde a necessidade do cliente final até ao aprovisionamento dos fornecedores.

Segundo Yalcin & Daim (2022) o processo da cadeia de abastecimento está dividido em duas visões, a visão cíclica e a visão *Push/pull*.

Visão cíclica: Na qual os processos de uma cadeia de abastecimento são divididos em uma série de ciclos, cada um realizado em interface entre duas etapas sucessivas da cadeia de abastecimento, tal como demonstrado na Figura 2.

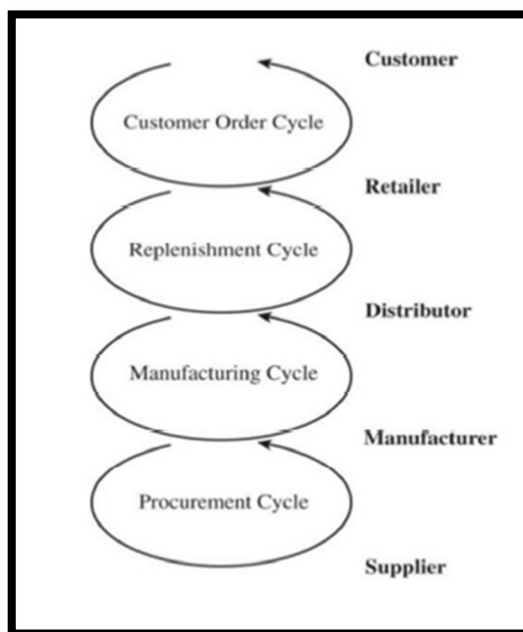


Figura 2 - Visão cíclica da Cadeia de Abastecimento. Ravi Kain et al./ Materials Today: Proceedings 5 (2018)

Como verificado na Figura 2 o autor divide a cadeia de abastecimento em 5 fases: Cliente, Retalhista, Distribuidor, Fabricante e Fornecedor. E as etapas em 4 ciclos: Ciclo do pedido de cliente, Ciclo do reabastecimento, Ciclo de fabricação e Ciclo de fornecimento.

Visão Push / Pull: Em que os processos de uma cadeia de abastecimento são divididos em duas categorias, dependendo se eles são executados em resposta a um pedido do cliente ou em antecipação aos pedidos do cliente. Como demonstrado na Figura 3 os processos *pull* (puxar) são iniciados por um pedido do cliente, enquanto os processos *push* (empurrar) são iniciados e executados em antecipação aos pedidos do cliente.

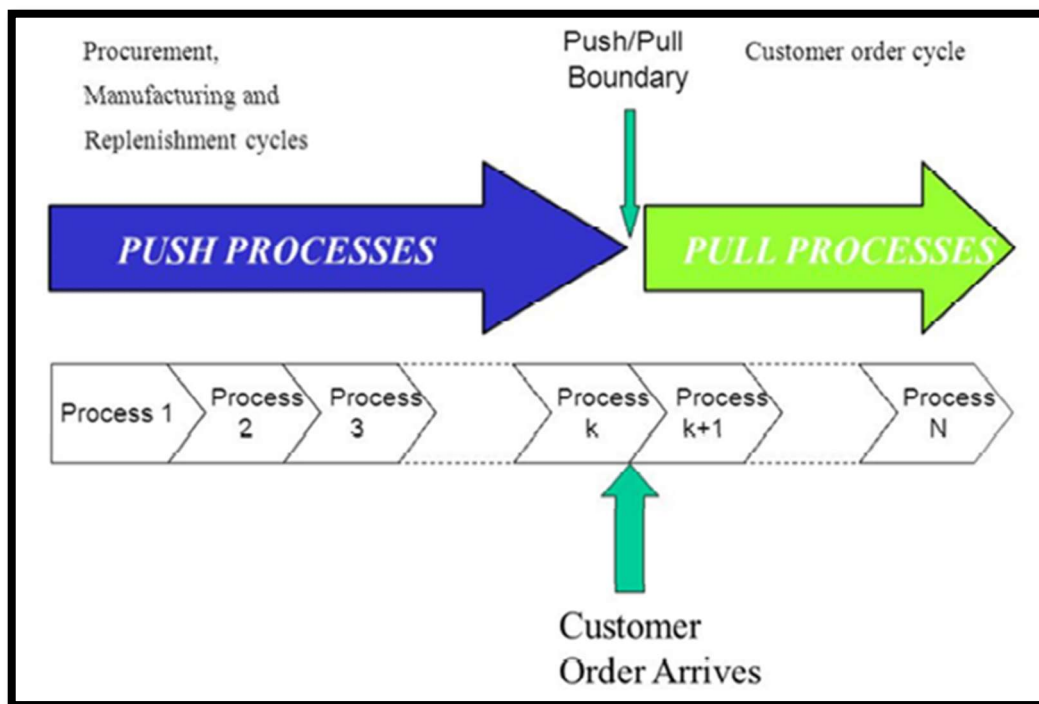


Figura 3 – Visão Puxar/Empurrar da Cadeia de Abastecimento. Ravi Kain et al./ *Materials Today: Proceedings* 5 (2018)

Na Figura 3 está identificado a forma como funciona a visão do processo de Puxar/Empurrar, o processo *Pull* inicia após a chegada do pedido de cliente, no caso no *Process k*, enquanto no processo *Push* o pedido foi iniciado antes da chegada do pedido de cliente, no caso *Process 1*.

Nos últimos anos a atual forma de atuação da Cadeia de Abastecimento foi afetada pelas repercussões da quarta revolução industrial Gestão, resultando numa maior necessidade de sistemas de controlo integrados que proporcionem visibilidade e operações integrada de sistemas. Por exemplo, fatores como a mudança nas expectativas do consumidor, expectativa de produtos personalizados e a expectativa de maior rapidez no período de abastecimento tem provocado grandes mudanças no setor logístico (Yalcin & Daim, 2022).

A Revolução Industrial, ocorrida entre os séculos XVIII e XIX, marcou uma transformação profunda na logística e na cadeia de abastecimento, estabelecendo as bases do sistema moderno de produção e distribuição.

2.2. A Revolução Industrial e a Indústria 5.0

Ao longo de sua história, a humanidade passou por muitas evoluções tecnológicas. Essas evoluções podem ser vistas como transições de estado que tendem a ocorrer gradualmente. Quando ocorre uma mudança significativa ou disruptiva, essas transições são designadas como revoluções (Coelho et al., 2022).

De acordo com Coelho et al. (2022) a maioria das revoluções foram desencadeadas pelo surgimento de novas tecnologias, novas ideias, ou políticas com um impacto transversal a outros níveis. A revolução industrial é um exemplo de um desses desenvolvimentos. A Primeira Revolução Industrial começou na Inglaterra, desencadeada pela criação da máquina a vapor, a Segunda Revolução Industrial surge com a substituição do vapor pela eletricidade e a Terceira Revolução Industrial com a invenção do Circuito Integrado de Silicócio. A Quarta Revolução Industrial surgiu, proposta não por historiadores ou sociólogos, mas por políticos e tecnólogos.

O conceito de "Indústria" 4.0" foi apresentado pelo governo alemão como um programa de desenvolvimento em 2011. Programas semelhantes podem ser identificada em outras áreas geográficas dentro e fora da Europa: "nova França industrial" na França, "*Advanced Manufacturing Partnership Project*" nos EUA, "*The Revival Strategy*", no Japão e "*Made in China 2025*" na China. O seu objetivo comum é pressionar pela adoção de um novo paradigma industrial que abranja um conjunto de desenvolvimentos tecnológicos futuros (Coelho et al., 2022).

A comunidade científica adotou o termo "Indústria 4.0" para descrever a quarta revolução industrial. Ainda, nos últimos anos, a expressão Indústria 5.0 tem surgido em blogs, redes sociais, programas institucionais de pesquisa e inovação e trabalhos académicos (Coelho et al., 2022).

A indústria 5.0, a nova revolução industrial, recebeu mais e mais atenção nos últimos anos (Leng et al. 2022). A Indústria 5.0 adota principalmente uma série de novas tecnologias, como a inteligência artificial, análise de *big data*, computação na "*cloud*" e Internet das Coisas, para integrar estreitamente a produção industrial e a digitalização, ajudando a indústria a aumentar a produção e a entregar produtos de forma mais rápida (Østergaard, 2018). Além disso, a Indústria

5.0 enfatiza a sustentabilidade e responsabilidade social, colocando respeito às barreiras ambientais assim como ao bem-estar do trabalhador, para atingir os dois objetivos de benefícios sociais (Østergaard et al., 2021; Liu et al., 2023).

A Indústria 4.0 e a transformação digital são consideradas temas críticos nas agendas das partes interessadas da sociedade, académicos, cientistas, profissionais e formuladores de políticas (Garrido et al., 2024a). A Comissão Europeia afirmou recentemente que a Indústria 4.0 não é o melhor quadro para a realização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definido na Agenda 2030 (Comissão Europeia, 2022; Dixon-Decleve et al., 2022). Como resultado, tornou-se necessário ampliar o escopo da transformação digital dos sistemas de produção para incluir "pessoas-planeta-prosperidade". Isso levou ao lançamento oficial da Indústria Europeia 5.0 como política, que reforça o papel das empresas em contribuir para um mundo melhor e mais justo e apoiar um mundo justo transição (Industrial, 2017; Xu, et al., 2021; Garrido et al., 2024).

A Indústria 5.0 complementa a abordagem existente da "Indústria 4.0" ao colocar especificamente a investigação e a inovação ao serviço da transição para uma indústria sustentável, centrada no ser humano e resiliente (Indústria europeia, 2022). A abordagem centrada no ser humano significa cooperação e colaboração entre humanos e máquinas, promovendo um ambiente de trabalho inovador (Alves et al., 2023). Neste contexto, a Comissão Europeia (2022) propõe a Indústria 5.0 como meio de apoio para os objetivos sociais para além do emprego e do crescimento. Tem como objetivo fazer a produção respeitar as limitações do nosso planeta e colocar o bem-estar do trabalhador no centro do processo produtivo (Garrido et al., 2024).

A Revolução Industrial impulsionou a globalização e a eficiência económica assim como a transformação digital que está a criar cadeias de abastecimento mais resilientes, flexíveis e responsivas, capazes de se adaptar rapidamente às mudanças do mercado e às exigências dos consumidores. Em ambas as eras, a inovação tecnológica atua como um catalisador para avanços significativos, redefinindo as capacidades operacionais e competitivas das empresas.

2.3. Transformação Digital nas Cadeias de Abastecimento

Nos últimos anos, eventos de crise inesperados, tais como a pandemia decorrente do novo coronavírus, causaram grande volatilidade e interrupção nas cadeias de abastecimento (Craighead et al., 2020; Gereffi et al., 2022; Ye et al., 2022; Shen & Sun, 2023). Isso levou às organizações a

investir em aptidões para negar os efeitos adversos de tais eventos (Alexander et al., 2022; Wulandhari et al., 2022; Juan e Li, 2023; Dubey et al., 2024).

No atual ambiente económico, a transformação digital das empresas desempenha um papel fundamental na GCA. Do ponto de vista dos negócios internos, a transformação digital impulsiona as organizações para uma evolução estrutural mais conectada e plana. Além disso, pode contribuir para ajudar as empresas na transição de um modelo tradicional orientado pela oferta para um modelo orientado pela procura (Chen e Xu, 2023; Qiu et al., 2023; Yuan e Pan, 2023).

No entanto, a influência da transformação digital na GCA é particularmente notável, uma vez que este processo não apenas eleva a eficiência interna de uma empresa, mas também traz efeitos sinérgicos significativos em toda a cadeia de abastecimento (Vu e Asongu, 2023; Yuan et al., 2023; Zhang et al., 2023).

A nova geração das tecnologias digitais, tais como a inteligência artificial, *blockchain*, computação na nuvem e *big data*, está a desenvolver-se rapidamente. Tornaram-se ferramentas importantes para transformar e aumentar a vitalidade das indústrias tradicionais e alimentar um novo impulso de desenvolvimento (Wu & Yao, 2023).

As abordagens convencionais de GCA são frequentemente desafiadas por respostas tardias do mercado, troca inadequada de informações entre as partes interessadas e riscos operacionais elevados. Tais restrições impedem a eficácia das operações da cadeia de abastecimento (Du & Zhang, 2022; Tang & Feng, 2022; Wang, 2023).

Segundo (Li et al., 2024) o advento da transformação digital aproveita o potencial das tecnologias avançadas para fortalecer a colaboração e o compartilhamento de informações em todo o contínuo da cadeia de abastecimentos, entre fornecedores e clientes. Ao repensar e reestruturar as operações das cadeias de abastecimentos, as empresas podem estimular uma mudança de paradigma de métodos estabelecidos para uma abordagem digitalmente integrada.

A transformação digital nas cadeias de abastecimento tem um impacto profundo na gestão de armazéns, modernizando e otimizando processos essenciais para o armazenamento e movimentação de mercadorias.

2.4. Gestão de Armazéns

Os armazéns são unidades dentro da cadeia de abastecimento que garantem o armazenamento eficiente e confiável dos materiais. Os armazéns oferecem várias vantagens em

termos de GCA e sustentabilidade (Aravindaraj e Chinna, 2022). Fundamentalmente, os armazéns proporcionam um benefício capital ao salvaguardar temporariamente os produtos, preservando assim a sua qualidade e integridade. Em relação à gestão de stock, os armazéns desempenham um papel significativo no seguimento, gestão e previsão bem-sucedida da procura, contribuindo para a eficácia geral do controlo de stock (Jarasuniene et al., 2023).

A armazenagem engloba atividades que complementam o processo de armazenamento desde a entrada à saída dos produtos no armazém. Como verificado na Figura 4 e segundo Ramos (2010), este processo compreende seis operações básicas distintas, entre elas a entrada de produtos em armazém, que desencadeia três operações, como a receção, conferência e arrumação, enquanto, a chegada de uma encomenda de um cliente por sua vez desencadeia outras três operações, o *picking*, preparação e a expedição (Ramos, 2010).



Figura 4 - Operações básicas de armazenagem. Ramos (2010, p.306)

Conforme apresentado na Figura 4 estão identificadas as 6 operações que segundo Ramos (2010) correspondem às principais atividades do armazém. Receção, Conferência, Arrumação, Picking, Preparação e Expedição. Todas estas atividades são essenciais para a produção e preparação de matérias-primas e produtos acabados.

A gestão de armazéns tem sido revolucionada pela implementação de sistemas de Veículos Guiados Automatizados (AGV's), que desempenham um papel crucial na automação e otimização das operações logísticas internas.

2.5. Sistemas AGV

A logística interna é, por definição, a parte da logística que se refere à organização do conjunto de fluxos de materiais e informações que ocorrem dentro das próprias empresas. Tais como por exemplo, os movimentos de mercadoria no armazém, o controlo de stock, automação

de produtos e sistemas de armazenamento. Também incorpora a tecnologia da informação, e os equipamentos necessários para o manuseamento de materiais (Mecalux, 2011).

De acordo com Mecalux (2021) o auge da digitalização e a sua relação com uma maquinaria cada vez mais inteligente tiveram um impacto notável na organização da logística interna das empresas, procurando mais que nunca limitar os custos logísticos ao máximo.

Um sistema AGV é uma solução logística completa, que reúne as várias tecnologias necessárias à movimentação e operação dos AGV. A escolha de um sistema AGV depende da operação ou operações que o veículo terá de realizar e da complexidade da infraestrutura já existente ou a criar. Para tomar a decisão certa, há que ter em consideração os seguintes aspetos:

- O tipo de carga que o AGV terá de movimentar, se carga leve ou pesada;
- Nível de precisão necessário – o nível de precisão dos AGV varia de um modelo para outro e deve ser adequado ao tipo de carga a transportar, para não a danificar;
- O AGV é compatível com o sistema de logística existente na empresa;
- O sistema de navegação a escolher

Os AGV's são implementados para otimizar o transporte automático de produtos finais e matérias-primas entre diferentes locais, da linha de produção ao armazém, do armazém ao centro de expedição, do centro de expedição ao veículo de transporte externo, e o mesmo para o processo inverso (Aguilar et al., 2019).

Ainda de acordo com Aguilar et al. (2019) através da disseminação de inovações tecnológicas, os AGV's desempenham funções de forma totalmente sustentável, pois quando comparados a outros equipamentos utilizados na cadeia de abastecimento, promovem a redução de emissões de gases e gastos económicos, além de promover benefícios sociais como a segurança e a acessibilidade para os operadores. Este tipo de transportes são desenvolvidos para promover o desempenho sustentável dos sistemas da cadeia de abastecimento baseados no *Triple Bottom Line* (trio da sustentabilidade):

- Lucro - com ganhos de produtividade e redução de custos com os colaboradores;
- Planeta - com redução no consumo de energia e emissão de gases;
- Pessoas - com a segurança do colaborador

Com a implementação da Internet das Coisas (IoT) nas fábricas industriais, tornou-se possível interconectar, intercomunicar e interagir entre as partes interessadas da cadeia de abastecimento, permitindo uma maior gestão das operações logísticas e, consequentemente, tornando a

tecnologia mais sustentável. Os AGV's integrados com a IoTs podem ajudar na gestão eficiente da movimentação de existências nos armazéns e no apoio logístico de diferentes setores (Aguiar et al., 2019).

A seleção de AGV's adequados em ambientes totalmente diferentes é uma tarefa complexa devido às operações emaranhadas da cadeia de abastecimento, sob restrições orçamentárias, funcionais e de sustentabilidade (Aguiar et al., 2019).

Devido à sua versatilidade, os veículos guiados automaticamente podem ser usados numa grande variedade de aplicações, e no transporte de diversos tipos de materiais, tais como paletes, rolos, *racks*, carrinhos e recipientes.

De acordo com Tomé de Andrade Silva (2015) existem atualmente diversos tipos de AGV's, pois devido à evolução da tecnologia um AGV pode ser desenhado para desempenhar especificamente determinada tarefa, conforme apresentado a seguir:

Veículos de reboque - São veículos motorizados capazes de rebocar um ou mais veículos não motorizados com carga, tal como demonstrado na Figura 5, há modelos equipados com plataformas que podem ser levantadas ou baixadas, com rolos motorizados ou correias, para a transferência automática da carga.



Figura 5 - AGV de reboque

Na Figura 5 está apresentado um exemplo de um AGV de reboque, que pode inclusive transportar atrelados.

Veículos de carga AGV'S (porta-paletes) – como indicado na Figura 6 estes veículos estão equipados com plataformas, que permitem o transporte de uma carga unitária e, muitas vezes, a

transferência automática de carga. As plataformas são maioritariamente de elevação e podem ter como extras um tapete transportador, de rolos, correntes ou cintas de transporte, podendo este ser motorizado ou não. Igualmente podem contar com plataformas personalizadas com vários compartimentos. Existem também veículos projetados para transportar cargas em paletes, e com capacidade de as elevar, eliminando a necessidade de carrinhos de carga fixa.

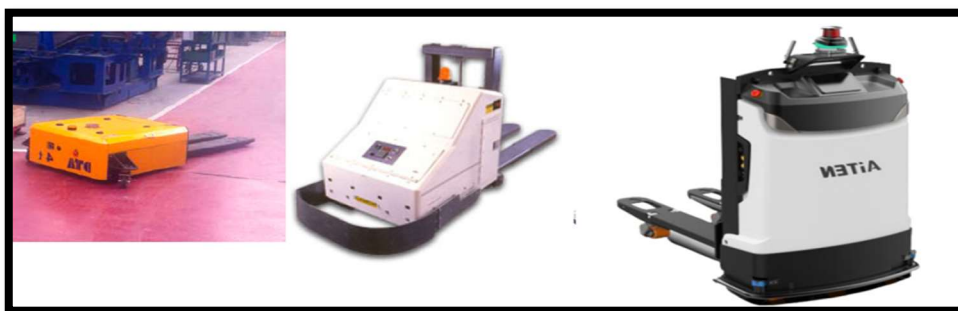


Figura 6 – Veículo de carga AGV

Na Figura 6 estão apresentados vários exemplos de AGV's de carga, que são veículos motorizados projetados para transportar um único produto (por ex. uma bobina ou um motor), ou ainda uma paleta ou uma caixa contendo vários produtos.

Estes veículos são interessantes quando o espaço é uma restrição. É perceptível que estes veículos possuem uma manobrabilidade superior aos veículos de reboque, uma vez que não possuem reboques, e, portanto, o raio de viragem é inferior. A superfície destes veículos pode ser customizada de acordo com as necessidades do transporte a efetuar, daí a sua vasta aceitação por parte das empresas.

Empilhador AGV - tem a capacidade de responder a cargas tanto ao nível do chão como em estantes elevadas. Em alguns casos, esses veículos podem igualmente empilhar cargas nas *racks* (Prateleiras de Armazenagem) como o exemplo demonstrado na Figura 7. Estes têm um alcance de 10 metros, tanto a armazenar carga, como a retirá-la da prateleira.



Figura 7 - Empilhador AGV

Tal como se pode verificar na Figura 7, o empilhador AGV é normalmente utilizado na movimentação de paletes, em muitos modelos, os garfos estão equipados com sensores (geralmente a infravermelhos).

Veículos de carga leve e veículos de transporte modular - O desenvolvimento de veículos de carga leve resultou do sucesso da utilização dos AGV's na indústria tal como apresentado na Figura 8. Neste contexto, veículos de pequenas dimensões, baixo custo e alta manobrabilidade são utilizados para o transporte de artigos e produtos de pequenas dimensões. Já os veículos de transporte modular consistem em veículos de reboque de pequenas proporções, aos quais são atrelados trolleys, cestos, bandejas e outras cargas. Na grande maioria dos casos, estes veículos têm uma acoplagem automática às estruturas a serem rebocadas, não necessitando de um operador para os assistir no processo.



Figura 8 - AGV's de carga leve

Na Figura 8 está representado dois exemplos de AGV's de carga leve, é possível encontrar estes equipamentos em hotéis, hospitais, escritórios e estabelecimentos prisionais, desempenhando o transporte de uma grande variedade de artigos.

Para que seja possível a orientação dos AGV através do perímetro da fábrica é fundamental que exista um sistema que forneça ao veículo informações posicionais, isto é, do caminho a seguir e da sua posição atual. Existem atualmente 4 sistemas de navegação:

- Navegação Passiva;
- Navegação Tridimensional – 3D;
- Navegação em grelha;
- Navegação indutiva

Navegação Passiva:

Este método usa normalmente tecnologia de reconhecimento ótico, nomeadamente identificação do contraste e a estimulação de materiais através da emissão de energia luminosa. Utiliza uma fita fluorescente que é colada ao pavimento. Os veículos estão depois equipados com uma fonte de luz ultravioleta que vai iluminar a fita à medida que se deslocam. Através de um sensor fotossensível o veículo vai controlando o movimento do AGV, de forma a averiguar se o veículo está, ou não, a seguir a fita fluorescente (Silva, 2015).

Este tipo de navegação é sensível às características da iluminação da fábrica e do tipo de pavimento. Pavimentos diferentes têm características reflexivas distintas que podem exigir calibrações desiguais. É compreensível que as fitas sejam objeto de desgaste e percam a sua fluorescência ao longo do tempo, com isso o veículo perde a capacidade de ler as guias e será incapaz de se orientar, sendo que nestas situações o AGV desliga-se automaticamente

As fitas metálicas também podem ser utilizadas como guias passivas. Desta forma, em vez de sensores fotossensíveis os veículos possuem sensores que detetam o metal.

Navegação Tridimensional – 3D:

De acordo com Tomé de Andrade Silva (2015), estes sistemas calculam a sua posição através de pontos de referência espalhados pelo layout da fábrica. Os sistemas mais comuns são a navegação a laser, inercial e de reconhecimento de imagens:

- Navegação a laser, com este tipo de tecnologia os veículos emitem um feixe laser para alvos, estrategicamente localizados. Os alvos refletem a radiação emitida, e o microprocessador do veículo, cruzando as informações recolhidas dos lasers com o mapa e a planta da fábrica calcula a posição do veículo.
- Navegação inercial, utilizada largamente no mundo militar é uma tecnologia que com o auxílio de giroscópios e acelerómetros calcula a posição do veículo. Os AGV possuem mapas e layouts das fábricas. Partindo de uma posição inicial conhecida e guardando os dados da direção, velocidade do deslocamento e tempo decorrido (dados recolhidos pelos giroscópios e acelerómetros), é possível calcular a posição atual em relação à posição inicial.
- Navegação com reconhecimento de imagens consiste na constante análise de imagens para receber feedback do ambiente. O sistema irá reconhecer posições através da análise de sequências de imagens, para além disso dependendo do desenvolvimento dos softwares de reconhecimento,

os veículos serão capazes de detetar situações de perigo e tomar decisões espontâneas para evitar o risco de acidente.

Qualquer uma das soluções de navegação 3D não necessita de guias no pavimento, o que pode ser extremamente benéfico se as rotas estiverem sujeitas a alterações frequentes, ou existam restrições físicas nas instalações de guias. Em indústrias sensíveis a campos magnéticos e elétricos, as guias passivas e a navegação indutiva poderão ser um problema.

Sistemas de navegação em grelha - Este sistema é uma variação dos sistemas óticos. A área de trabalho do AGV é pavimentada com um formato de tabuleiro de xadrez. Os veículos possuem uma versão digital da área de trabalho, também constituída por um padrão em grelha e com as posições de *pick-up* e *drop-off*. O veículo desloca-se pela área de trabalho com um sistema de *dead-reckoning*, ocasionalmente o veículo calcula a sua posição, através de identificadores que existem ao longo da área de trabalho.

Navegação Indutiva - A maioria dos sistemas AGV utiliza a navegação indutiva, este fenómeno deve-se sobretudo ao facto desta tecnologia ter sido a primeira a ser utilizada para o efeito, e durante anos ser a única opção disponível. Neste tipo de navegação fios elétricos são colocados no chão. Correntes elétricas de várias frequências atravessarão estes fios, induzindo a criação de um campo magnético no meio envolvente.

Este campo magnético é detetado pelos AGV's, que através das variações detetadas no campo magnético ajustarão a sua posição. Serão necessárias várias frequências para guiar os veículos em cruzamentos e intersecções entre guias. A desvantagem deste tipo de guia é a necessidade de abrir e cortar o pavimento para colocar os fios elétricos, isto torna a reconfiguração de rotas um trabalho moroso e dispendioso.

Conforme apresentado anteriormente, existem diversos tipos de AGVs e formas de navegação, os AGV's, veículos automatizados que se movem de forma guiada, dominaram o mercado nas últimas décadas. No entanto, nos últimos anos têm sido desenvolvidos Robôs Móveis Autónomos (AMR'S - Autonomous Mobile Robots), que são considerados uma versão avançada dos AGV'S (L. Li et al., 2024).

Os AMR'S são Veículos inteligentes que navegam no armazém com total autonomia para automatizar e flexibilizar o transporte interno de mercadorias. São veículos projetados para transportar cargas entre dois pontos de forma totalmente independente. Navegam livremente no armazém a partir de rotas dinâmicas geradas por um software inteligente que otimiza os seus

movimentos e atribui a trajetória perfeita para cada tarefa. Graças à utilização de sensores e scanners de última geração, são capazes de identificar e evitar obstáculos e de operar com segurança em ambientes colaborativos junto de pessoas e de outras máquinas. São dispositivos altamente versáteis que podem ser facilmente integrados em qualquer tipo de armazém, uma vez que não é necessário fazer alterações na infraestrutura existente.

Existem já diversos tipos de AMR's que foram desenhados para desempenhar especificamente determinada tarefa, conforme apresentado nas Figuras número 9,10,11,12 e13.



Figura 9 – AMR 600 RACK; Fonte Mecalux

Tal como identificado na Figura 9, o AMR 600 Rack é geralmente utilizado para o transporte de estantes para facilitar o *picking shelf-to-person* (da prateleira para a pessoa). Tem uma capacidade de carga máxima de 600 kgs e faz movimentos de circulação autónoma, elevação e rotação de cargas.



Figura 10 - AMR 100 BOX; Fonte Mecalux

O AMR 100 *Box*, indicado na Figura 10, é responsável pelo transporte idealmente de caixas, bandejas e pacotes e está equipado com um transportador superior totalmente configurável para a transferência de carga. Tem uma capacidade de carga máxima de 100 kgs e faz movimentos de circulação autónoma.



Figura 11 - AMR 100 Multi-Box; Fonte Mecalux

No que se refere ao AMR 100 *Multi-Box*, demonstrado na Figura 11, é indicado para abastecer estações de preparação de encomendas ou acompanhamento do operário. Tem uma capacidade de carga máxima de 100 kgs e faz movimentos de circulação autónoma.



Figura 12 - AMR 1500 Pallet Conveyor; Fonte Mecalux

O AMR 1500 *Pallet Conveyor* foi projetado para fazer movimentos seguros e controlados de paletes no interior do armazém. Tal como exibido na Figura 12, está equipado com um

transportador superior para a transferência de cargas. Tem uma capacidade de carga máxima de 1500 kgs e faz movimentos de circulação autónoma.



Figura 13 - AMR 1500 Pallet Lifter; Fonte Mecalux

O AMR 1500 *Pallet Lifter* foi projetado para executar a transferência de paletes através de uma plataforma elevatória incluída na superfície superior do robô. Tem uma capacidade de carga máxima de 1500 kgs e faz movimentos de circulação autónoma e elevação de cargas, tal como exposto na Figura 13.

Dessa forma, e através de tecnologias como a inteligência artificial, os AMR's podem configurar o seu percurso pelo armazém mediante planos, sem necessidade de guias, cabos ou bandas magnéticas. Por isso, os AMR's são classificados como autónomos. A principal diferença entre os AMR's e os AGV's é o sistema de navegação utilizado. Enquanto os AGV's se movem seguindo uma rota predefinida, os robôs autónomos AMR adaptam seu percurso de acordo com as informações que recebem do ambiente em tempo real. Por outro lado, os AGV's possuem uma inteligência mínima integrada e se movem de forma guiada através de um circuito fechado, obedecendo instruções de programação simples.

Os sistemas de AGV's e os comboios logísticos estão intrinsecamente relacionados, pois ambos visam otimizar o fluxo de materiais dentro de instalações logísticas, como armazéns e centros de distribuição.

A tecnologia avançada de navegação e os sistemas de comunicação dos AGV's garantem que esses comboios operem de maneira segura e precisa, evitando colisões e otimizando as rotas. A integração de AGVs em comboios logísticos exemplifica como a automação e a coordenação podem transformar as operações logísticas, proporcionando maior eficiência, flexibilidade e capacidade de resposta à procurado mercado.

Capítulo III

3. Capítulo III –ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

Este capítulo apresenta uma breve introdução à empresa onde se pretende implementar o veículo guiado autonomamente. Em seguida é realizada a descrição da situação atual que se realiza na empresa em estudo, tendo como principal objetivo descrever a forma como se transporta o produto terminado atualmente no chão de fábrica.

3.1. Apresentação da empresa

A empresa em estudo e localiza-se no distrito de Viana do Castelo, com a atividade de produção de componentes automóveis. O processo logístico usado é o Princípio Pull: os processos logísticos e produtivos só se iniciam se existir uma encomenda interna ou externa. O resultado é uma redução dos inventários e prazos de entrega.

3.2. Descrição da Situação Atual

Atualmente o transporte de produto terminado na unidade é feito com recurso ao comboio logístico (Mizu) entre os 58 postos de trabalho e a zona de armazenamento. O produto terminado é armazenado em contentor metálico ou em embalagem alternativa (paleta madeira), de acordo com a gama de embalagem preconizada e acordada com o cliente. Essa gama está disponível em cada linha de produção, sabendo o operador qual utilizar sempre que inicia a produção de determinado produto.

Neste sentido, sempre que na linha de produção está a acabar de completar uma embalagem de produto terminado, o operador de produção faz um pedido de nova embalagem vazia, através de um sistema informático interno - SERIOL. Este pedido, é automaticamente visível nos tablets existentes no armazém (dispositivo existente o comboio logístico e empilhador). O operador de armazém, que faz o abastecimento de embalagem vazia para o comboio logístico, tem acesso ao pedido da linha de produção, e abastece o comboio logístico, colocando a embalagem vazia na zona de abastecimento do comboio logístico. Após o comboio logístico estar abastecido de embalagem vazia, este, com recurso ao tablet e dispondo da mesma informação, faz o seu percurso no chão de fábrica de modo a deixar as embalagens vazias nas respetivas linhas de produção e recolher as embalagens com produto terminado.

A Figura 14 apresenta um exemplo dos tipos de embalagem utilizados para colocar o produto terminado.



Figura 14 - Contentor metálico Produto terminado e embalagem de palete em cartão

Como se pode verificar na Figura 14 está identificada a forma como é armazenada o PT, neste caso estão representados dois exemplos, sendo o primeiro um contentor metálico e a segunda foto uma paleta de cartão (embalagem alternativa). Sempre que é terminada a produção de uma unidade de embalagem de produto terminado, é colocada uma etiqueta de fabrico no contentor. Esta etiqueta de fabrico identifica o artigo e quantidade e têm um código único que permite posteriormente saber a rastreabilidade do artigo em questão, tal como demonstrado na Figura 15.

Nº DE ETIQUETA (E)		REF. INTERNA (I)	
[Barcode]		[Barcode]	
REFERENCIA CLIENTE (P)			
[Barcode]			
CANTIDAD (Q)	LOTE (H)	CLIENTE	
72	[Barcode]	VCHC	
DESCRIPCIÓN			
C122815HV42CP13 EC5			
Nº DE OPERARIO		FECHA	
[Barcode]		01/02/2014 02:00:00	

Figura 15 - Etiqueta de produção

Na Figura 15 está identificada a etiqueta de fábrica que é utilizada como identificação do artigo produzido. Quando o comboio logístico chega à linha de produção, o operador do comboio logístico com a ajuda do operador de linha, retira o contentor de produto terminado da sua posição e deixa o contentor vazio, colocando depois o contentor de produto terminado no comboio logístico. Antes de arrancar a marcha, o operador do comboio logístico faz a leitura da etiqueta do contentor através de pistola de radio frequência e é o mesmo é localizado em SAP. Para este processo de localização em SAP, o operador necessita de fazer três leituras:

- i) número da etiqueta de fabrico:
- ii) referência;
- iii) quantidade.

Após confirmação deste processo, o produto terminado está visível no sistema SAP. As rotas do comboio logístico para o produto terminado estão previamente definidas, de acordo com a largura dos corredores e posição do *mizu*, tal como apresentado na Figura 16:

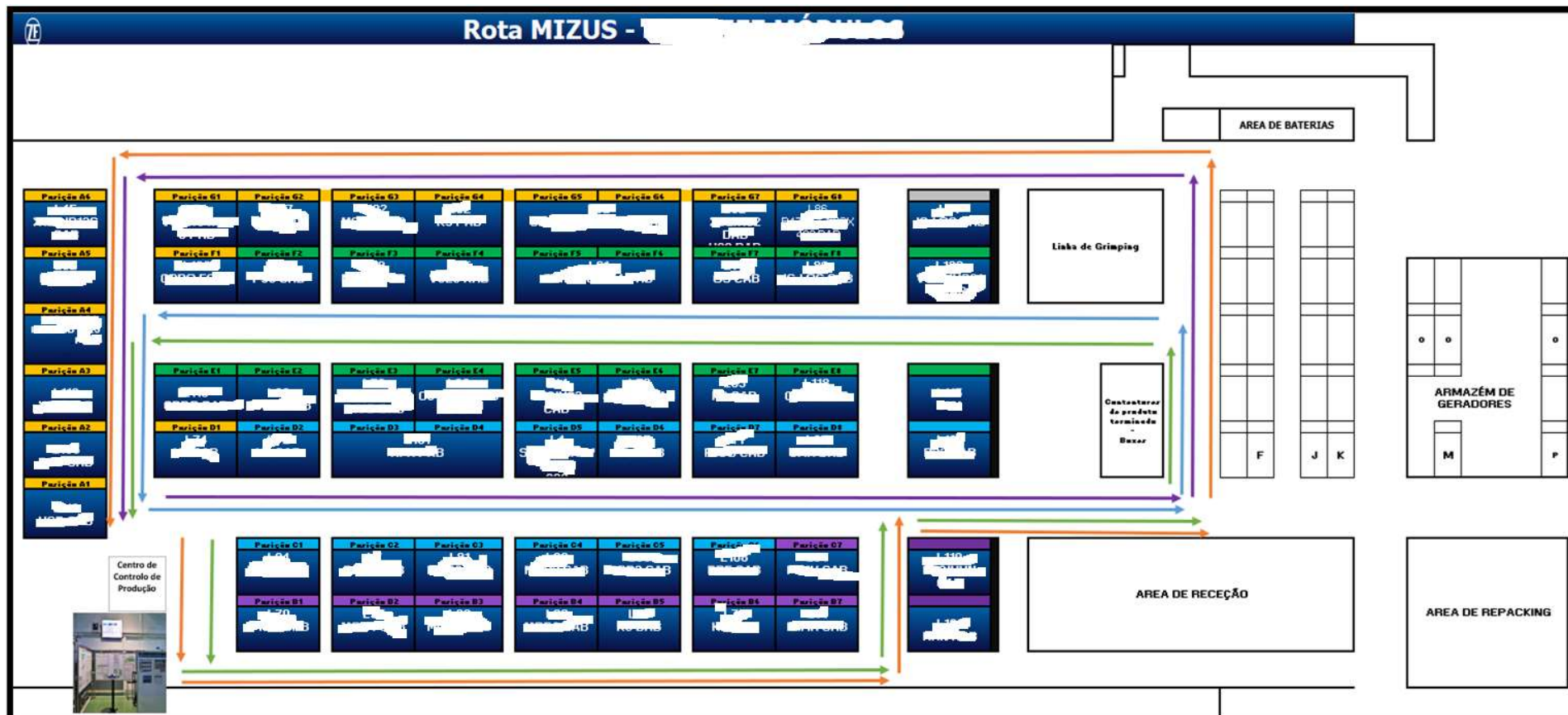


Figura 16 - Rota Mizu - Produto Terminado

- Rota 1 (cor laranja): Percurso 1 – Mizu pode seguir opção 1 (rota 3) ou opção 2 (rota 4)
- Rota 2 (cor verde): Percurso 2 – Mizu pode seguir opção 1 (rota 3) ou opção 2 (rota 4)
- Rota 3 (cor Azul): Opção 1
- Rota 4 (cor Roxa): Opção 2

Na Figura 16 pode-se verificar as rotas do comboio logístico. No total, o comboio logístico pode efetuar 4 rotas diferentes, que são selecionadas pelo operador do comboio logístico mediante as entregas/recolhas que têm de efetuar na unidade fabril. Estas divergem sempre na mesma direção de modo a não haver cruzamentos de máquinas na unidade fabril. O comboio logístico tem 4 carruagens que permite recolher/entregar, simultaneamente 4 contentores por cada rota efetuada. O comboio só inicia a rota sempre que exista a necessidade para a recolha dos 4 contentores.

Ao existirem rotas fixas num comboio logístico, tal como identificado na Figura 17, as mesmas podem apresentar desafios, tais como por exemplo, a falta de flexibilidade pois as rotas não se adaptam facilmente a alterações no chão de fábrica, as rotas fixas pode também limitar a capacidade de melhorar a eficiência operacional nas mudanças do processo e a existência dessas rotas podem também restringir as mudanças no layout da fábrica.

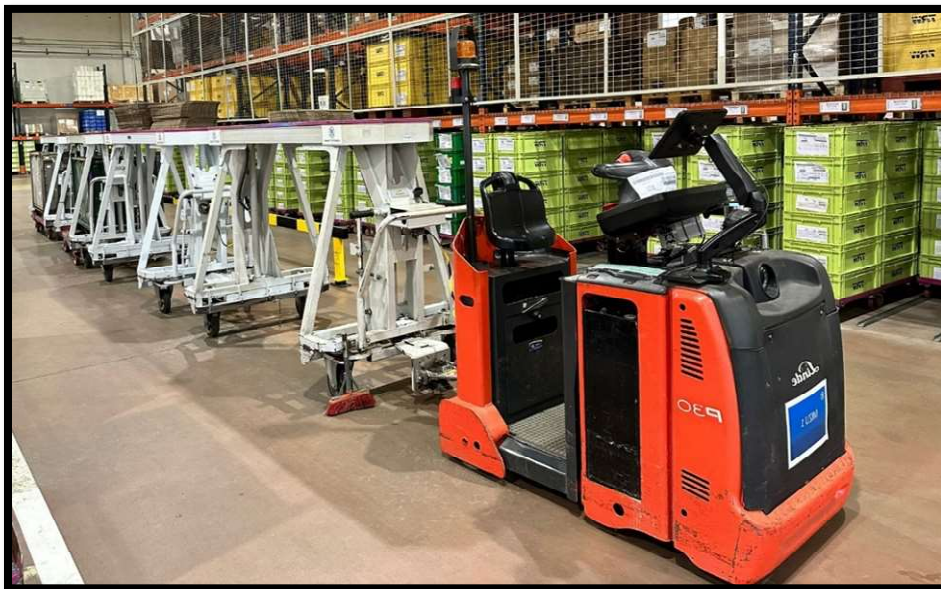


Figura 17 - Comboio Logístico (Mizu)

Na Figura 17 é apresentado uma imagem do atual comboio logístico presente no chão de fábrica, onde é transportado a embalagem vazia e o produto terminado entre as linhas de produção e o armazém. A utilização deste transporte tem os seguintes benefícios:

- Controlo dos materiais e do que está a ser transportado
- Itinerários predefinidos
- Redução do número de veículos, principalmente empilhadores
- Aumento do nível de segurança (não existem empilhadores a circularem na área fabril)

Em termos de desvantagens, a utilização deste transporte tem as seguintes:

- As rotas podem ter ineficiências
- Atrasos podem comprometer o processo
- A existência de falhas de material podem comprometer a atividade

No que se refere ao pedido de embalagem vazia/recolha de Produto Terminado o mesmo é despoletado com recurso ao SIRIOL (Sistema de Informação de registos de Intervenção Online), que é um programa informático desenvolvido pela equipa de informática da empresa com o intuito de automatizar os processos, através do colaborador que se encontra no posto de trabalho.

Conforme apresentado na Figura 18, este pedido é feito através das seguintes fases.

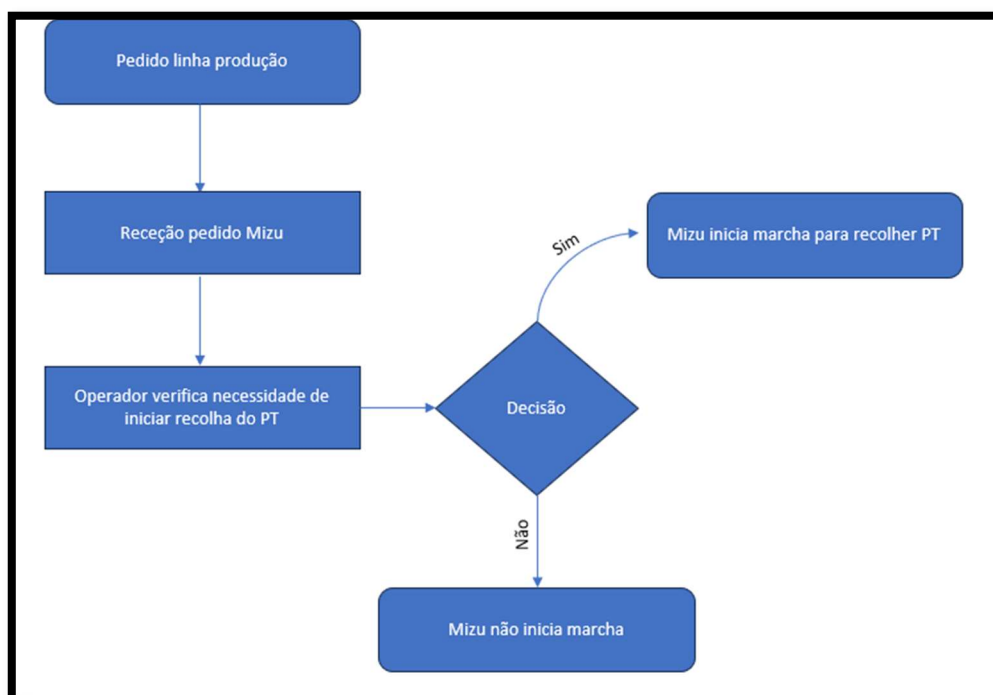


Figura 18 - Pedido Mizu

Na fase 1 – Pedido na linha de produção: o colaborador no posto de trabalho da linha de produção emite o pedido ao armazém;

Na fase 2 – Colaborador armazém verifica o pedido de embalagem no *tablet* disponível no comboio logístico/ empilhador;

Na fase 3 – Colaborador armazém inicia a marcha ou não consoante o número de pedidos;

Na Figura 19 verifica-se a forma como aparece o pedido nos *tablets* tanto do *Mizu* como dos empilhadores.

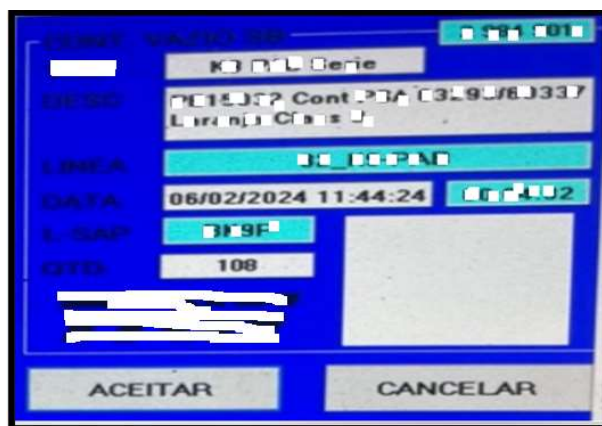


Figura 19 - Imagem do pedido de contentor nos tablets

Tal como demonstrado na Figura 19, o pedido de embalagem aparece dessa forma nos *tablets* do *Mizu* e empilhadores. O início da rota só é efetuado após o comboio logístico estar abastecido com 4 unidades de embalagem vazia, que se traduz também na recolha de 4 unidades de embalagem de produto terminado.

Após a recolha do PT na linha de produção o *Mizu* dirige-se à zona de abastecimento no armazém. Nesta zona, já está preparada embalagem vazia para iniciar a próxima rota. Contudo, antes de iniciar a próxima rota, têm de se fazer a troca das embalagens (deixar embalagem de PT e carregar embalagem vazia). O operador do comboio logístico, com a ajuda de outro operador (operador de empilhador que fornece embalagem vazia), retiram as embalagens de produto terminado do comboio logístico para a zona de abastecimento, e colocam a embalagem vazia no comboio logístico. Este encontra-se preparado para iniciar uma nova rota. Esta atividade pode ter associado alguns problemas, como por exemplo operacional, uma vez que há a dependência de um operador externo ao comboio para efetuar a troca, o mesmo pode estar a desempenhar outra função e atrasar o processo. Outro problema associado ao processo poderá ser também o de segurança pois é necessário um empilhador para desempenhar a tarefa da troca dos contentores.

Tal como demonstrado na Figura 20 o operador de armazém recolhe, com recurso a um empilhador o contentor de PT cheio e transporta-o para a zona de expedição. O mesmo operador,

faz também o transporte de embalagem vazia que se encontra armazenada próxima da zona de expedição, para a zona de abastecimento do *Mizu*, preparado desta forma a carga para a próxima rota do comboio logístico.

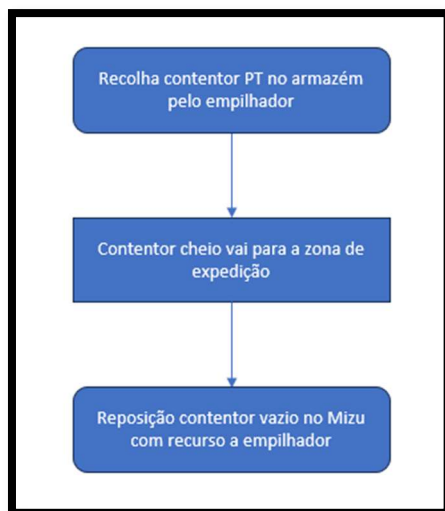


Figura 20 - Reposição contentor Mizu

Tal como se pode verificar na Figura 20 estão demonstradas as fases desde que o contentor é recolhido no Mizu pelo empilhador, seguidamente esse contentor é colocado na zona de expedição e posteriormente é feita a reposição do contentor vazio no Mizu novamente com recurso ao empilhador.

Os contentores de PT vazios ou cheios encontram-se armazenados na zona do armazém dita de armazenagem, sendo que esta zona está subdividida em duas áreas: Zona de armazenagem de embalagem vazia e zona de expedição de produto terminado. A movimentação entre comboio logístico e zona de armazenagem é sempre feita com recurso a um empilhador.

Neste processo podem-se verificar alguns desafios, sendo eles:

1. Movimentação com recurso a empilhador;
2. Excesso de movimentos;
3. Atrasos podem comprometer o processo de abastecimento de linhas;
4. Necessidade de áreas para armazenagem específicas para embalagem;

Capítulo IV

4. Capítulo IV – PROPOSTA MELHORIA

Neste capítulo, será apresentada uma proposta de melhoria para a movimentação das embalagens de produto terminado entre os postos de produção e a zona de carga/descarga no armazém, substituindo o atual comboio logístico, nomeadamente com a aquisição de veículos guiados autonomamente.

Para a apresentação desta proposta foram contactadas algumas empresas que possuem soluções de automatização na área pretendida, com o intuito de estas apresentarem propostas para a substituição do atual comboio logístico por veículos autónomos (AGV's - Automatic Guided Vehicles ou AMR's - Autonomous Mobile Robots).

Para a elaboração das propostas foram tidas em consideração algumas tarefas de trabalho, tal como demonstrado no esquema da Figura 21.

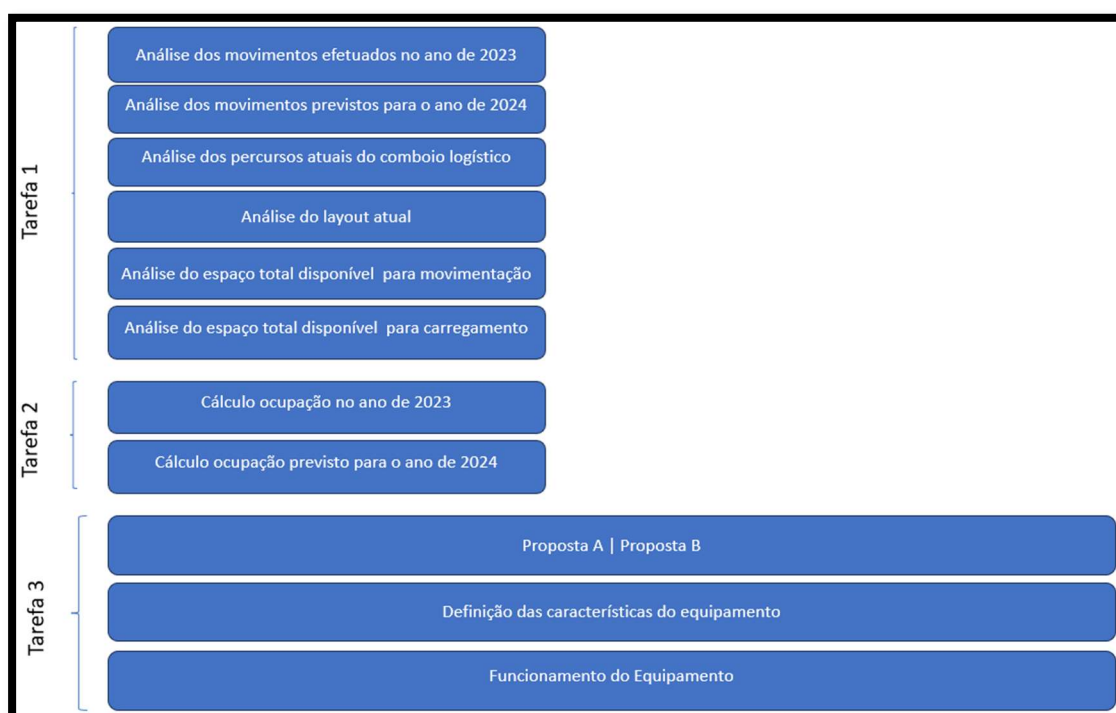


Figura 21 - Tarefas para elaboração proposta de trabalho

Na Figura 21 está demonstrado o esquema de trabalho que foi tido em conta pelo parceiro da empresa para elaborar a proposta para a substituição do atual comboio logístico.

Como primeira tarefa foram analisados todos os movimentos do ano 2023, isto é, o número de embalagens de produto terminado que foram movimentados entre cada linha de produção e o armazém. Ainda na mesma tarefa foram também analisados os movimentos previstos para o ano 2024. Estes dados foram obtidos através da previsão de vendas para esse ano, convertendo essa previsão em número de volumes de produto terminado. Assumiu-se também que essa previsão seria estável para os anos seguintes. Em seguida foram analisadas as atuais rotas do comboio logístico, assim como o layout atual do chão de fábrica, sendo possível desta forma avaliar o espaço total disponível para movimentação de embalagens, tanto no chão de fábrica, como na estação de carregamento no armazém.

Na segunda tarefa, tendo já como base a informação da tarefa anterior, foi efetuado um estudo dos tempos que permite determinar as necessidades da fábrica e com isso obter o número de máquinas necessárias (AGV'S) para realizar as tarefas programadas, tendo em conta uma taxa de ocupação dos equipamentos que permita absorver possíveis picos de produção.

Considerando que a fábrica tem uma carga de trabalho de 24h/dia, 5 dias por semana, estando esta carga de trabalho distribuída por 3 turnos diários, e, não tendo estes turnos uma capacidade de produção equivalente, foi considerado para os cálculos, os volumes do turno com maior capacidade de produção (Turno A).

Por último, na terceira tarefa tendo como base os resultados obtidos nas tarefas anteriores, foram apresentadas duas propostas para veículos automatizados: Proposta A – veículo porta-paletes individual e Proposta B – veículo comboio logístico automático.

Paralelamente aos estudos anteriormente mencionados, foi também tido em conta todas as características técnicas das embalagens, nomeadamente a base com rodas que serve de suporte para movimentar manualmente as embalagens de produto terminado, com dimensões de 1320x1020 mm e com uma altura da estrutura ao solo de 22 cm. O conjunto das bases com rodas e embalagem de produto terminado possuem uma variação de peso entre os 100 kg e os 500 kg (considerando embalagem de produto terminado vazia e cheia, respetivamente).

A carga e descarga de embalagem de produto terminado é realizada no armazém de forma sequencial e em local já estabelecido.

4.1. Cálculo da Ocupação

Com o objetivo de perceber o número de veículos necessários para efetuar e garantir todas as recolhas/reposição de contentores de produto terminado, foi feito o estudo do cálculo de ocupação para o ano de 2023 e 2024. Este cálculo teve por base os dados seguintes:

- Dados reais de produção do ano de 2023 – Contagem dos movimentos totais de PT em cada linha de produção.
- Previsões de produção para 2024 – tendo em conta o volume de vendas estimado para esse ano.

Os dados apresentados na tabela 1, teve por base a média dos movimentos em cada linha de produção no ano 2023.

Tabela 1 - Cálculo Ocupação – Turno A – Ano 2023

Linha	Média - apenas dias de produção	Máximo dos dados	Linha	Média - apenas dias de produção	Máximo dos dados
1	2,96		23	5,21	6
2	1,66	2	24	3,84	5
3	5,2	6	25	1,86	
4	3,24		26	4,94	
5	6,33	4	27	6,26	7
6	2,06	2	28	1,8	
7	3,81	4	29	2,57	3
8	2,68	1	30	9,49	5
9	4,88	6	31	5,29	6
10	10,36	12	32	6,64	10
11	5,44	7	33	4,32	5
12	8,47	11	34	4,67	
13	1,45	1	35	8,68	10
14	4,56	4	36	1,51	
15	1,44	2	37	5,37	7
16/17	4,22	8	38	3,26	
18	4,11		39	1,38	
19	1,62	2	40	4,04	
20	4,35		41	10,2	18
21	2,57	2	42	2,81	
22	1,33		43	6,5	
23	4,54	5	44	3,38	

Na tabela 1 apresentam-se duas colunas, uma com a média de movimentos no turno A somente nos dias onde existe produção, e outra coluna com os dados do dia com maior número de movimentos face aos dados apresentados. Tal como já referido anteriormente, o turno analisado foi o turno A por ser o turno com maior capacidade produtiva.

O mesmo estudo foi realizado tendo em conta os dados de 2024, para o qual se obteve os seguintes resultados:

Tabela 2 - Cálculo ocupação Turno A - 2024

Linha	Média - apenas dias de produção	Máximo dos dados	Linha	Média - apenas dias de produção	Máximo dos dados
1	4,21	4,64	23	2,45	2,72
2	2,66	3,04	24	0,49	0,52
3	3,84	4,28	25	4,05	4,33
4	2,38	2,63	26	1,66	1,83
5	2,79	2,97	27	0,95	1,04
6	0,47	0,51	28	2,38	2,53
7	5,37	5,91	29	14,42	18,87
8	1,49	1,65	30	1,66	1,83
9	3,38	3,72	31	7,97	8,78
10	1,41	1,44	32	4,58	5,05
11	6,93	7,36	33	3,7	3,87
12	3,85	4,11	34	5,33	5,87
13	1,81	1,93	35	6,79	7,48
14	6,97	7,68	36	1,63	1,8
15	0,38	0,42	37	0,88	1,01
16/17	2,88	3,18	38	2,63	2,9
18	3,94	4,34	39	1,07	1,18
19	4,06	4,48	40	4,03	5,09
20	0,45	0,45	41	10,87	11,97
21	1,77	1,95	42	1,66	1,83
22	1,89	1,93	43	0,85	0,97
23	2,24	2,46	44	0,56	0,62

À semelhança do cálculo apresentado na tabela 1 para 2023, onde feito o levantamento da média dos movimentos em cada linha de produção no ano 2023, na tabela 2 apresenta-se os mesmos cálculos para 2024, considerando aqui uma extrapolação de valores para a média de movimentos previstos no turno A somente nos dias onde existe produção, e do mesmo modo, uma extrapolação para os dados do dia com maior número de movimentos face aos dados apresentados.

Após análise dos dados apresentados na Tabela 1 e 2, pode-se verificar que os resultados de cada linha são o número de movimentos por turno, sendo que é necessário dividir por 8 (número de horas de trabalho) para se chegar à cadência por hora. Isto tem um impacto direto na escolha do tipo de equipamento proposto para a movimentação automatizada, para que estes problemas sejam ultrapassados foi feito a o cálculo de ocupação por tipo de equipamento proposto, conforme detalhado na secção a seguir.

4.2. Proposta A – Solução veículo porta-paletes Automatizado (AMR)

Nesta proposta, foi considerado a utilização de um AMR, um veículo automatizado que se move sem necessidade de determinação de rotas fixas, sendo um equipamento totalmente versátil em que se adapta o seu percurso de acordo com as informações que recebem do ambiente em tempo real.

Para o desenvolvimento da proposta assume-se que o AMR que realizar a entrega do contentor vazio, irá ter, 100% das vezes, um pedido no restante percurso até ao armazém, isto é, o processo dos AMR's apresentados pressupõe que quando existe um pedido de recolha, existem dois AMR's a atender esse pedido, onde um irá recolher a embalagem cheia na linha de produção e outro que irá recolher a embalagem vazia no armazém e entregá-la na linha de produção.

Para esta proposta considerou-se- que enquanto o AMR1, que é o AMR que irá recolher o contentor cheio na linha de produção, irá dar obrigatoriamente uma volta completa ao circuito, isto é, Armazém – Linha – Armazém, o AMR2, que irá levar o contentor vazio para a linha de produção, após deixar o contentor vazio na linha, estará imediatamente disponível para a recolha de um contentor cheio noutra linha, não regressando em vazio para o armazém.

Para o cálculo de ocupação foi feito o levantamento de dados tendo por base a média dos dias de produção de cada linha, ou o dia máximo de 2023, isto é, o dia onde foram realizados mais movimentos em todo o ano, e o mesmo foi realizado para 2024. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Cálculo recursos necessários - pedido em frente

Origem ▾	Destino ▾	Descrição Movimento ▾	Tempo movimento ▾	Tempo total (s) por movimento ▾	AGVS ▾	Taxa de utilização ▾
		2023 - Previsão média AMR1 e AMR2 (100/0)	14880	04:08:00	6	83,8%
		2024 - Previsão média AMR1 e AMR2 (100/0)	11259	03:07:39	5	76,4%
		2024 - Mês máximo AMR1 e AMR2 (100/0)	12582	03:29:42	5	85,2%

Os resultados apresentados na tabela 3 têm por base a consideração de que existe 100% de disponibilidade do AMR atender um pedido em frente. De acordo com a informação da tabela 3 verifica-se que com a implementação de 5 AMR's atinge-se uma taxa de utilização de 85,2% sendo que este seria o número ideal de equipamentos para satisfazer a produção para o ano de 2024 e seguintes. O cálculo da taxa de utilização dos veículos foi feito com recurso à empresa parceira que

dispõe de software específico, cruzando os dados fornecidos de número de pedidos de linha, análise de layout e distancia necessária a percorrer.

Os resultados apresentados na tabela 4, têm em consideração que existe uma taxa variável de um AMR atender a um pedido, ou seja, é considerado um ajuste probabilístico de atender um pedido à frente ou não.

Tabela 4 - Cálculo recursos necessários - pedido variável

Origem ▾	Destino ▾	Descrição Movimento ▾	Tempo movimento ▾	Tempo total (s) por movimento ▾	AGVS ▾	Taxa de utilização ▾
		2023 - Previsão média AMR1 e AMR2 (% variável)	15327	04:15:27	6	86,3%
		2024 - Previsão média AMR1 e AMR2 (% variável)	11498	03:11:38	5	78,0%
		2024 - Mês máximo AMR1 e AMR2 (% variável)	12838	03:33:58	5	87,0%

Tal como verificado na tabela 4 o número ideal de AMR's mantém-se nos 5 equipamentos. À semelhança dos resultados obtidos na tabela 3 para 100% de disponibilidade, também para esta opção de taxa variável, se obteve um número equivalente de AMR's (5 un), mas com uma taxa de utilização ligeiramente maior, de 87%.

O cálculo da taxa de utilização dos veículos foi feito com recurso à empresa parceira que dispõe de software específico, cruzando os dados fornecidos de número de pedidos de linha, análise de layout e distancia necessária a percorrer, obtendo assim a taxa de utilização dos veículos autónomos.

Características do equipamento

Para responder às necessidades deste projeto, foi apresentada uma análise da implementação de um AMR de garfos com capacidade de elevação de até 20 centímetros ao qual seria adicionado uma estrutura para alcançar os 25 centímetros necessários.

Face ao reduzido espaço de manobra que lhe é característico, somente de 2 metros, que lhe permite que seja ágil e versátil, indicado para as situações do projeto em questão. Além disso, com recurso a navegação por laser, este AMR não necessita de marcações no solo, tendo capacidade para evitar obstáculos, o equipamento proposto é um AMR da marca Aiten, designado de AP20, tal demonstrado na Figura 22.



Figura 22 - Porta – Paletes Aiten

Na tabela 5 estão descritas as especificações do porta-paletes sugerido para esta proposta, na Figura 23 podemos identificar o desenho técnico do mesmo, trata-se de um porta-paletes da marca Aiten, modelos AP20, este equipamento tem as seguintes características.

Tabela 5 - Especificação porta-paletes

Dimensões (CxLxA)	1592 x 833 x 1645 mm
Capacidade de Carga	2000 kgs
Elevação Padrão	208 mm + suporte adicional (=250 mm)
Mínimo de rotação	2075 mm
Velocidade	Condução: 1.0/1.5 m/s
Movimento Manual	Comando manual
Sistema de navegação	Laser SLAM
Baterias	Li-ion
Sistema de recarga	Manual/ Automático
Autonomia	6-8h
Elementos de Segurança	Botão de emergência
	Indicadores luminosos e sonoros
Comunicação	Wi-Fi

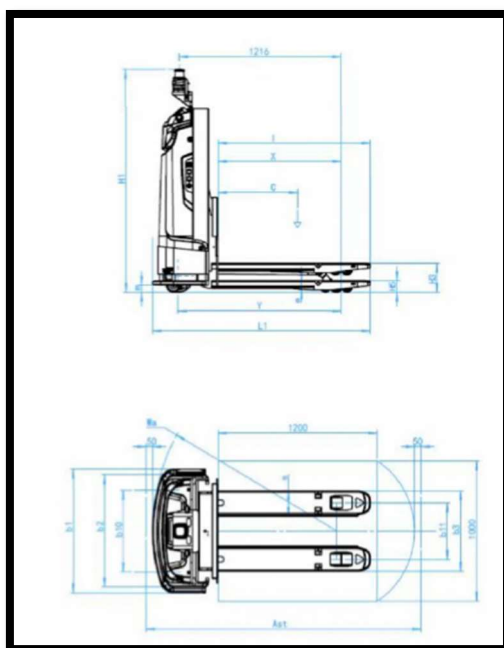


Figura 23- Desenho técnico Porta-Paletes

Na Figura 23 está identificado o desenho técnico do porta-paletes sugerido para esta proposta. Este equipamento é geralmente utilizado para o transporte automático de paletes dentro de fábricas, armazéns e outros ambientes logístico em diversos setores, tais como o da indústria automóvel, indústria alimentar, indústria farmacêutica entre outros.

Relativamente ao funcionamento dos equipamentos, a análise considerou que os AMR's estarão na zona de carregamento, em repouso carregando baterias, enquanto não existir nenhuma ordem para realizar transporte ou movimento de cargas. Recebendo uma ordem vinda de um posto de trabalho, iniciar-se-á o processo de recolha de um contentor cheio.

Devido ao formato das linhas que apenas tem disponível uma posição, irá obrigar que existam dois AMR's a trabalhar em simultâneo numa recolha de forma a evitar que a linha fique sem contentor para a realização dos trabalhos na linha, tal como se pode verificar na Figura 24:

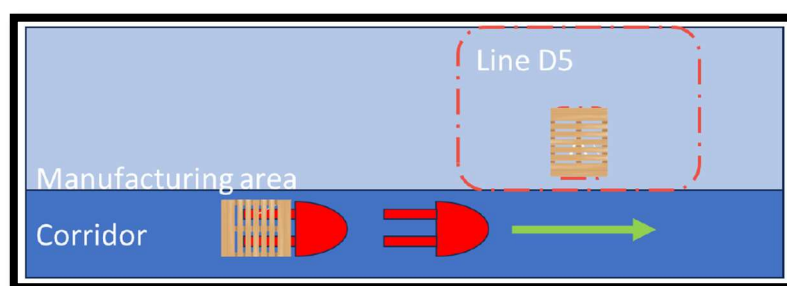


Figura 24 - Funcionamento porta-paletes

Tal como se verifica na Figura 24 o porta-paletes irá sempre circular num único sentido predefinido (corredor). Recolherá o contentor na linha e irá com os garfos posicionados no sentido contrário à sua direção. Desta forma um AMR irá realizar a viagem para a recolha do contentor cheio na linha, enquanto outro irá realizar viagem até ao armazém, recolher um contentor vazio, e fazer a viagem para a linha.

O AMR que recolheu o contentor na linha, irá levar para uma das posições disponíveis do armazém para realizar a sua entrega. Por outro lado, o AMR que levou o contentor vazio para a linha, depois de terminar a entrega do contentor vazio, ficará livre para atender outro pedido de recolha. Caso não existam mais ordens, os AMR's irão voltar à sua posição de carregamento.

- **Chamada do AMR pelo operário**

Nos diversos postos de trabalho (ilhas), haverá um botão que o operário poderá usar para chamar o AMR. Desta forma, o AMR funcionará mediante o número de chamadas, não se movimentando através de uma taxa fixa pré-definida. Esta estratégia possibilitará reduzir a movimentação do AMR e por sua vez tornar a movimentação mais eficiente.

- **Localização zona de carregamento**

Para a definição do layout foi definida uma zona próxima dentro do armazém para funcionar como local de carregamento e repouso dos AMR's. Esta zona terá de ter capacidade para receber 4 carregadores, que lhe dá a capacidade para o carregamento de 4 robôs em simultâneo, mais a possibilidade de repouso de 4 outros AMR's, armazenando toda a frota no caso de não existirem tarefas a realizar.

Este processo de trabalho permitirá uma maior flexibilidade e autonomia de movimentos, pois o AMR estará em movimento sempre que necessário, isto é, quando o produto terminado estiver pronto a recolher o AMR iniciará a recolha, não havendo que esperar que a rota esteja completa para iniciar o trajeto como se verificado atualmente com o comboio logístico, ultrapassando assim o problema de potenciais atrasos que podem comprometer o processo.

4.2.1. Análise do custo do equipamento

Tal como verificado no cálculo da ocupação dos porta-paletes foi verificada a necessidade de adquirir 5 equipamentos de forma a assegurar todos os movimentos da produção. A tabela 6 apresenta de forma resumida a valorização proposta pela empresa para a compra do equipamento e respetiva instalação, implementação e formação.

Tabela 6 - Custos porta-paleta

Un	Descrição	Importe	Total
5	AMR + Suporte Adicional Garfos + Blue Light	38 000,00 €	190 000,00 €
3	Estação de Carga	3 000,00 €	9 000,00 €
58	Botões - Todas	100,00 €	5 800,00 €
9	Estações Binárias - todas	450,00 €	4 050,00 €
8	Sensores de posição	325,00 €	2 600,00 €
1	PDA	600,00 €	600,00 €
1	RDS	6 500,00 €	6 500,00 €
2	RDS Adicional	1 050,00 €	2 100,00 €
	Total		220 650,00 €
1	Desenvolvimento, Integração e Implementação (inlui deslocações e formação)	50,00 €	30 000,00 €
1	Análise de riscos e certificação	5 500,00 €	5 500,00 €
	Total		35 500,00 €
	Total		256 150,00 €

Na tabela 6 verifica-se os custos totais para a implementação da solução proposta para a aquisição dos AMR's porta-paletes automáticos. Os custos apresentados são por equipamento individual. No caso o valor é relativo ao total dos 5 equipamentos necessários para assegurar todos os movimentos de produção.

A principal barreira na aquisição deste equipamento esta relacionada com o custo inicial elevado, pois os AMR's podem exigir um investimento inicial significativo. Além dos custos existem também barreiras no que toca a complexidade de implementação, manutenção e suporte, além do retorno sobre o investimento. Tais barreiras exigem uma análise detalhada e cuidadosa por parte da empresa de forma a mitigar riscos e a maximizar os benefícios da implementação dos AMR's.

4.3. Proposta B – Solução veículo comboio logístico automatizado (AGV)

Nesta proposta, foi considerada a aquisição de um AGV, comboio logístico automatizado, que permite também satisfazer e garantir as necessidades da fábrica. Esta solução trata-se de um veículo automatizado que se move de forma guiada (AGV), através de sistemas filo guiados, com a implementação de guias magnéticas no solo.

À semelhança dos cálculos efetuados no capítulo anterior para a solução de AMR's, também aqui se calculou a taxa ocupação para o ano de 2023 e 2024. Para esta solução de comboio logístico, o cálculo é mais simples, onde se definiu que o AGV irá carregar sempre com 4 contentores cheios e em cada volta irá atender a 4 paragens. Desta forma, as cadências de cada linha foram divididas por 4 de forma a responder a esta situação específica.

Esta cadência é menos real que o estudo anteriormente apresentado da solução de porta-paletes (AMR), uma vez que não se sabe em quantas ocasiões irão ocorrer viagens com menos de 4 cargas por viagem, o que a acontecer, irá reduzir claramente a eficiência do cálculo desta situação e aumentar o número de AGV's necessários para o projeto.

Com o objetivo de entender o número de veículos necessários para efetuar e garantir todas as recolhas/reposição de contentores de produto terminado foram então realizados os cálculos para vários tipos de cadência, para o ano 2023 e 2024, tendo por base os mesmos critérios do estudo

anterior, ou seja, a média dos dias de produção de cada linha, ou o dia máximo de 2023, os quais são apresentados em seguida na tabela 7.

Tabela 7 - Cálculo recursos necessário comboio logístico automático

Origem ▾	Destino ▾	Descrição Movimento ▾	Tempo movimento ▾	Tempo total (s) por movimento ▾	AGVS ▾	Taxa de utilização ▾
		2023 - Média dias de produção - Comboio	5196	01:26:36	2 + 1	90,0%
		2024 - Previsão média AGV1 e AGV2- Comboio	3980	01:06:20	2	69,7%

Como verificado na tabela 7, para satisfazer as necessidades de produção de 2024 e anos seguintes, seriam necessários 2 equipamentos deste tipo, com uma taxa de utilização de 69,7%. O cálculo da taxa de utilização dos veículos foi feito com recurso à empresa parceira que dispõe de software específico, cruzando os dados fornecidos de número de pedidos de linha, análise de layout e distancia necessária a percorrer, obtendo assim a taxa de utilização dos veículos autónomos.

Para responder às necessidades deste projeto, foi apresentado um AGV de arraste da marca Kivnon com capacidade de 5000 kgs. O K10HPE é um AGV unidirecional com a possibilidade de navegação por fita magnética. Tem capacidade de arraste, permitindo assim movimentar todo o comboio logístico, sem realizar qualquer alteração ao processo atual, tal como apresentado na Figura 25.



Figura 25 - Imagem Comboio logístico

Na Figura 25 é possível visualizar o equipamento proposto, o AGV para o comboio logístico automático sugerido para esta proposta, trata-se um dos AGV's de arraste da marca Kivnon, K10HPE, com as seguintes características apresentadas na tabela 8.

Tabela 8 - Especificações comboio logístico

Dimensões (CxLxA)	1725 x 500 x 287 mm
Capacidade de Carga	000 kgs
Elevação Padrão	-
Mínimo de rotação	2200 mm
Velocidade	Condução: 0.1/0.75 m/s
Movimento Manual	Comando manual
Sistema de navegação	Magnético
Baterias	Li-ion
Sistema de recarga	Automático
Autonomia	6-8h
Elementos de Segurança	Botão de emergência
	Indicadores luminosos
Comunicação	Wi-Fi

Na tabela 8 estão descritas as especificações do comboio logístico, na Figura 26 podemos identificar o desenho técnico do mesmo:

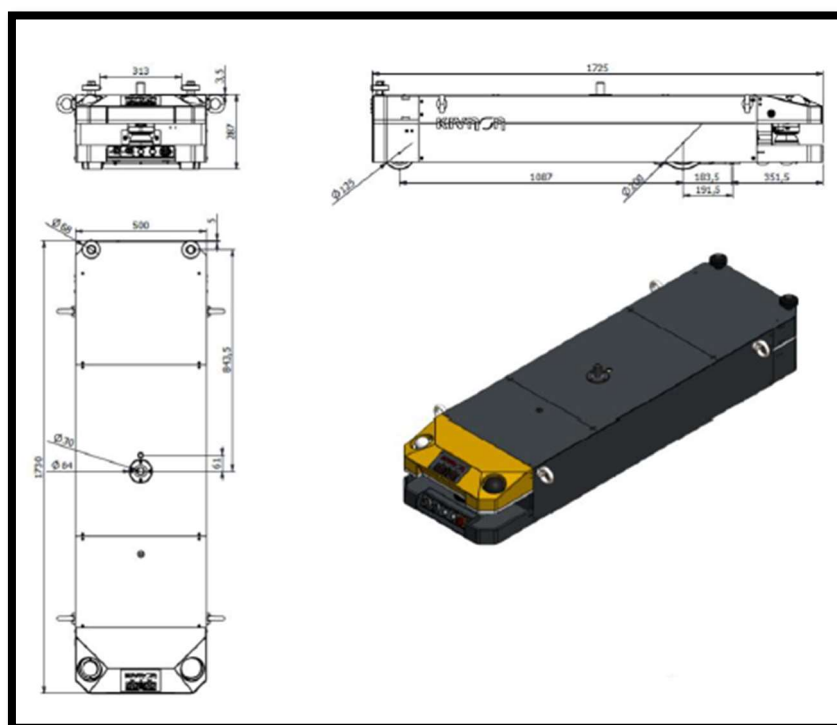


Figura 26 - Desenho técnico comboio logístico

Na Figura 26 identificamos o desenho técnico do comboio logístico sugerido para esta proposta. O funcionamento da solução aplicando uma cabeça tratora, assemelhar-se-á naturalmente ao funcionamento manual existente atualmente. Na zona do armazém os operários

prepararão o comboio logístico, abastecendo-o com contentores nas 4 carruagens disponíveis, definindo posteriormente através de interface localizado no armazém, os locais de paragem para a viagem. Os locais disponíveis para a paragem serão controlados pelo software, de forma a não existirem paragens em rotas distintas, isto é, não existirem paragens em linhas que não pertençam à mesma rota.

Em termos operacionais, depois do AGV iniciar a sua viagem, quando chegar a uma das linhas o sinal luminoso que será colocado em cada linha irá mudar de cor de forma a alertar os operários para a paragem do AGV. Nesse momento os operários terão de sair da linha, realizar a troca dos contentores e pressionar um dos botões disponíveis nas carruagens de forma a informar que o processo está concluído naquela linha e o AGV poderá seguir viagem.

Depois de entregar todos os contentores daquela viagem o AGV retomarà ao armazém.

- **Chamada do AGV pelo operário**

Nos diversos postos de trabalho (ilhas), haverá um sinal luminoso que mudará de cor de forma a alertar os operários da chegada do AGV.

4.3.1. Custo do equipamento

Tal como verificado no cálculo da ocupação do comboio logístico foi verificada a necessidade de adquirir 2 equipamentos de forma a assegurar todos os movimentos da produção, conforme apresentado na tabela 9 que corresponde à valorização proposta pela empresa para a compra do equipamento e respetiva instalação, implementação e formação.

Tabela 9 - Custos comboio logístico

Un	Descrição	Importe	Total
2	K10Hpe - M850 + Wifi Modem + Battery	40 000,00 €	80 000,00 €
2	Adaptador AGV - Comboio Logístico	1 250,00 €	2 500,00 €
1	Estação de Carga	3 750,00 €	3 750,00 €
10	Tags (10un)	90,00 €	900,00 €
10	Fita Magnética (50m)	310,00 €	3 100,00 €
17	Fita Protetora (30m)	500,00 €	8 500,00 €
2	Cabeamento, módulo backoff	2 000,00 €	4 000,00 €
58	Sinalizadores Luminosos	100,00 €	5 800,00 €
8	CaptureBox 16 In/Out	2 500,00 €	20 000,00 €
16	Botões para carruagens	100,00 €	1 600,00 €
1	Software e Painel	19 000,00 €	19 000,00 €
	Total		149 150,00 €
1	Desenvolvimento, Integração e Implementação (inlui deslocações e formação)		30 000,00 €
1	Análise de riscos e certificação		5 500,00 €
	Total		35 500,00 €
	Total		184 650,00 €

Na tabela 9 identificam-se os custos totais para a implementação do projeto, tendo já em conta o número de AGV's ideal, e todos os custos adicionais assim como Mão de Obra e certificação. No total seriam necessários ser adquiridos 2 AGV's de arraste para os dois comboios logísticos de forma a atender as necessidades diárias.

4.4. Análise das vantagens e desvantagens das propostas

Tendo em conta a necessidade de avaliar qual o equipamento que melhor se enquadra para a substituição do atual comboio logístico, foi realizada uma análise das principais vantagens e desvantagens das propostas. Esta análise possibilitou perceber que ambas as propostas vão de encontro ao objetivo inicial que seria a substituição do veículo atual por um veículo guiado autonomamente. Sendo os equipamentos e soluções diferentes entre eles verifica-se então as seguintes vantagens e desvantagens, conforme apresentado na Figura 27.

Proposta A – Porta-Paletes automático AMR	
Vantagens	Desvantagens
Flexibilidade e autonomia	Capacidade de Carga
Facilidade de Implementação	Manutenção
Segurança	Custo de Investimento
Proposta B – Comboio logístico automático AGV	
Vantagens	Desvantagens
Capacidade de Carga	Flexibilidade limitada
Segurança	Adaptação às mudanças
Precisão e Consistência	Custo de Investimento

Figura 27 - Vantagens e desvantagens das propostas

Em relação ao porta-paletes automático AMR o mesmo tem como vantagem a flexibilidade e autonomia uma vez que o mesmo se move de forma autónoma, existe a capacidade de se ajustarem as rotas em tempo real e de o mesmo conseguir evitar obstáculos. Já o comboio logístico automático AGV tem como desvantagem essa flexibilidade pois a mesma é limitada uma vez que o AGV não pode alterar a sua rota sem existir alteração na infraestrutura do mesmo.

Outra vantagem do AMR é a facilidade de implementação, na ótica, em que não há uma necessidade de uma instalação física, tais como fitas magnéticas ou fios, para a sua navegação, já o

AGV é menos adaptável às mudanças no ambiente, o que pode ser problemático em cenários dinâmicos.

Ambas as propostas têm como vantagem a segurança pois os mesmos estão dotados de inúmeros dispositivos e complementos de segurança disponíveis, como sensores a laser, câmaras, proteções, etc.

O AGV tem como vantagem a capacidade de carga pois geralmente suportam cargas mais pesadas dos que os AMR's. Outra das vantagens do AGV é a precisão e consistência uma vez que seguem rotas pré-definidas o que garante uma maior precisão de movimentações e são muito confiáveis em rotas controladas e estáveis.

Ambas as propostas têm um elevado custo de investimento, sendo que será necessário analisar qual será a melhor opção para a empresa tendo em conta os seus objetivos.

4.5. Análise SWOT

Como qualquer alteração ao processo existem implicações a nível interno e externo, cabendo à empresa decidir que rumo tomar no futuro, como tal foi feita uma análise SWOT do investimento dos veículos guiados autonomamente. A análise SWOT é uma ferramenta estratégica para avaliar a viabilidade e o impacto da implementação de Veículos Guiados Automatizados (AGV's) na empresa, nesse sentido, para auxiliar a empresa em questão na tomada decisão, foi desenvolvida uma análise SWOT para o investimento nos AGV's/AMR's. Tal como identificado na Figura 28.

Análise SWOT

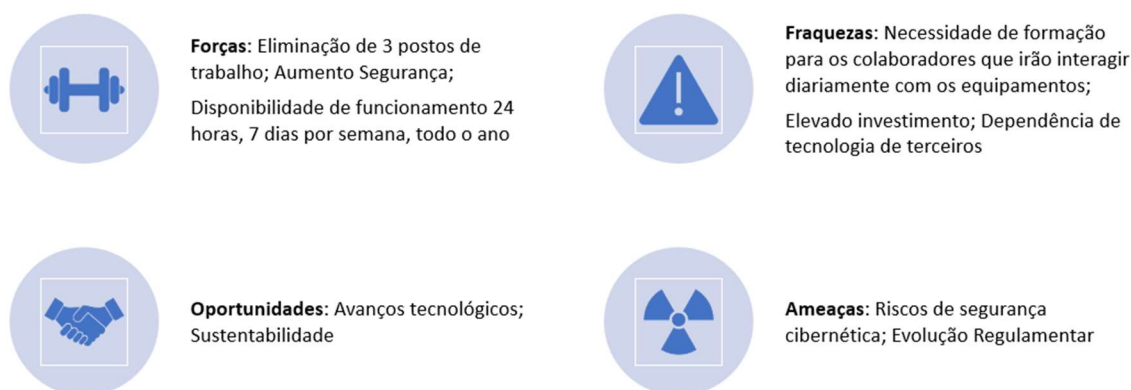


Figura 28 - Análise SWOT

Em relação às forças identificadas estão considerados a eliminação de 3 postos de trabalho, correspondentes aos 3 operários (1 por turno) que operam atualmente o comboio logístico, existe um aumento na segurança e respetiva diminuição de acidentes e aumenta a disponibilidade de funcionamento dos equipamentos em 24h dia, 7 dias por semana.

Relativamente às fraquezas identificou-se a necessidade de formação para os colaboradores do novo processo, a dependência de sistemas automatizados pode ser problemática em caso de falhas técnicas ou problemas de software assim como o elevado investimento pode significar uma barreira para a sua implementação.

Em relação às oportunidades pode-se concluir que o rápido desenvolvimento de tecnologias relacionadas a AGVs pode oferecer novas funcionalidades e melhorias contínuas, assim como a implementação dos AGV's pode contribuir para práticas de sustentabilidade, reduzindo a pegada de carbono e alinhando-se a políticas ambientais sustentáveis.

No que se refere às ameaças a digitalização e automação aumentam a vulnerabilidade a ataques cibernéticos, que podem comprometer as operações, assim como as mudanças nas regulamentações e normas de segurança podem afetar a implementação e operação de AGVs.

A análise SWOT permite à empresa identificar e avaliar de forma abrangente os fatores internos e externos que influenciam a implementação dos AGV's. Com base nesta análise, a empresa pode desenvolver estratégias para maximizar as forças e oportunidades, enquanto mitiga as fraquezas e ameaças, garantindo uma implementação bem-sucedida e sustentável dos AGV's.

Capítulo V

5. Capítulo V – CONCLUSÕES

A necessidade da digitalização de processos nas organizações é um processo quase obrigatório para empresas que se querem manter competitivas no mercado atual. Este processo tem por base melhorar o próprio desempenho, aumentando o seu alcance e garantindo resultados mais eficientes. Além disso facilita o acesso e análise de dados em tempo real, promovendo uma tomada de decisão mais informada e estratégia. A digitalização pode contribuir para promover um ambiente de trabalho mais ágil, integrado contribuindo também para a sustentabilidade e competitividade das organizações, ao reduzir os recursos físicos por recursos digitais.

Neste relatório foi analisado o papel dos AGV's no transporte de produto terminado. De forma geral podemos concluir que desempenham funções de forma totalmente sustentável, pois quando comparados a outros equipamentos utilizados na cadeia de abastecimento, promovem a redução de emissões de gases e gastos económicos, além de promover benefícios sociais como a segurança e a acessibilidade para os operadores. Os AGV's são desenvolvidos para promover o desempenho sustentável dos sistemas da cadeia de abastecimento.

No início deste trabalho foi proposto elaborar uma sugestão para a substituição do atual comboio logístico por um veículo guiado autonomamente. Após recolhidas todas as informações necessárias conseguiu-se elaborar duas soluções possíveis para a substituição do comboio logístico atual por veículos guiados autonomamente.

Estas propostas desenvolvidas têm como objetivo uma melhoria na movimentação de materiais em, por conseguinte, na produtividade. Em resumo, é importante que todas as empresas procurem soluções em todos os setores de forma a melhorarem o seu desempenho de produtividade, redução de custos, preocupações a nível ambiental com a redução do consumo de energia e gases e acima de tudo com a segurança dos seus colaboradores.

Esta implementação automatizada na empresa promove uma melhoria significativa na eficiência, produtividade, qualidade e segurança, proporcionando uma vantagem competitiva e sustentável no mercado atual. Esta implementação embora vantajosa, apresenta também diversos desafios que precisam de ser cuidadosamente analisados para garantir o seu sucesso, sendo um dos principais desafios o seu elevado investimento. Outra barreira que poderá ser encontrada depreende-se com a necessidade de formação para os colaboradores, que poderão sentir-se ameaçados pela automação, sendo que com a formação adequada e com uma comunicação eficaz

a mesma poderá ser superada. Em relação à manutenção e segurança dos robôs a mesma sendo fornecida por uma empresa externa deixa de ser responsabilidade para a empresa, mas também se traduz numa ameaça pois a mesma vai depender de terceiros para ser resolvida.

Em suma, enquanto a implementação de robôs automatizados oferece muitos benefícios, as empresas devem estar preparadas para enfrentar desafios significativos para aproveitar plenamente as vantagens da automação.

5.1. LIMITAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS

As principais limitações das propostas elaboradas prendem-se com o facto de as mesmas ainda não terem sido testadas na prática, sendo que as mesmas foram desenvolvidas de forma teórica. Assim como a proposta para trabalho futuro seria naturalmente implementar uma das propostas de veículos guiados autonomamente.

Dessa forma terão de ser escolhidos os parceiros que possuem os equipamentos pretendidos, e que se os mesmos serão capazes de prestar um serviço de implementação e manutenção satisfatório. Assim como consultar especialistas na área e perceber como é que as propostas apresentadas poderão ser implementadas.

Referências

- Alexander, A., Blome, C., Schleper, M.C., Roscoe, S., 2022. Managing the “new normal”: the future of operations and supply chain management in unprecedented times. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 42 (8), 1061–1076
- Alves, J., Lima, T.M., Gaspar, P.D., 2023. Is Industry 5.0 a Human-Centred Approach? A Systematic Review. *Processes* 11 (1), 193.
- Aguiar, G. T., Oliveira, G. A., Tan, K. H., Kazantsev, N., & Setti, D. (2019). Sustainable implementation success factors of AGV's in the Brazilian industry supply chain management. *Procedia Manufacturing*, 39, 1577–1586. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.284>
- Antonio Risso, L., Miller Devós Ganga, G., Godinho Filho, M., Antonio de Santa-Eulalia, L., Chikhi, T., & Mosconi, E. (2023). Present and future perspectives of blockchain in supply chain management: a review of reviews and research agenda. *Computers & Industrial Engineering*, 109195. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109195>
- Aravindaraj, K., Chinna, P.R., 2022. A systematic literature review of integration of industry 4.0 and warehouse management to achieve Sustainable Development Goals (SDGs). *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 100072. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100072>.
- Chen, Y., Xu, J., 2023. Digital transformation and firm cost stickiness: evidence from China. *Finance Res. Lett.* 52, 103510.
- Craighead, C.W., Ketchen Jr., D.J., Darby, J.L., 2020. Pandemics and supply chain management research: toward a theoretical toolbox. *Decis. Sci. J.* 51 (4), 838–866.
- Coelho, P., Bessa, C., Landeck, J., & Silva, C. (2022). Industry 5.0: The Arising of a Concept. *Procedia Computer Science*, 217, 1137–1144. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.312>
- Dixon-Decleve, S., Balland, P. A., Bria, F., Dunlop, K., Giovannini, E., Tataj, D., ... & Schwaag Serger, S. (2022). Industry 5.0: A Transformative Vision for Europe. *ESIR Policy Brief*, (3).
- D. M. M., P. A. C. *. Dr. B. Neerajaa, “Supply Chain and Logistics For The Present Day Business,” Elsevier, pp. 665-675, 2014.
- Dubey, R., Bryde, D. J., Blome, C., Dwivedi, Y. K., Childe, S. J., & Foropon, C. (2024). Alliances and digital transformation are crucial for benefiting from dynamic supply chain capabilities during times of crisis: A multi-method study. *International Journal of Production Economics*, 269, 109166. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109166>
- Du, C., Zhang, Q., 2022. Supply network position, digital transformation and innovation performance: evidence from listed Chinese manufacturing firms. *PLoS ONE* 17 (12), e0279133.

- European Commission. (2022). Directorate-General for Research and Innovation. Industry 5.0, a transformative vision for Europe, Jan 2022. Commission. Available online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-transformative-vision-europe_en (accessed on 30 January 2023).
- Garrido, S., Muniz, J., & Batista Ribeiro, V. (2024a). Operations Management, Sustainability & Industry 5.0: A critical analysis and future agenda. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 10, 100141. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100141>
- Garrido, S., Muniz, J., & Batista Ribeiro, V. (2024b). Operations Management, Sustainability & Industry 5.0: A critical analysis and future agenda. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 10, 100141. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100141>
- Gereffi, G., Pananond, P., Pedersen, T., 2022. Resilience decoded: the role of firms, global value chains, and the state in COVID-19 medical supplies. *Calif. Manag. Rev.* 64 (2), 46–70.
- IndustriALL., 2017. The challenge of industry 4.0 and the demand for new answers. Industry4point0Conf/industry_4_en_web.pdf IndustriALL Global Union. Disponível Em. <http://www.industrialall-union.org/sites/default/files/uploads/documents/2017/SWITZERLAND/>.
- Jarasuniene e, A., Ciziunien e, K., Cereska, A., 2023. Research on impact of IoT on warehouse management. *Sensors* 23 (4), 2213. <https://doi.org/10.3390/s23042213>.
- Juan, S.J., Li, E.Y., 2023. Financial performance of firms with supply chains during the COVID-19 pandemic: the roles of dynamic capability and supply chain resilience. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 43 (5), 712–737.
- Kara, K., Yalçın, G. C., Simic, V., Önden, İ., Edinsel, S., & Bacanin, N. (2024). A single-valued neutrosophic-based methodology for selecting warehouse management software in sustainable logistics systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107626>
- Labrash, K. (2023, October 16). What Is Internal Logistics & Why Your Business Needs It. *Flat World Global Solutions*. <https://flatworldqs.com/what-is-internal-logistics-why-your-business-needs-it/#:~:text=Internal%20logistics%20focuses%20on%20the>
- Leng, J., Sha, W., Wang, B., Zheng, P., Zhuang, C., Liu, Q., Wang, L., 2022. Industry 5.0: Prospect and retrospect. *J. Manuf. Syst.* 65, 279–295.
- Li, L., Schulze, L., & Kalavadia, K. (2024). Promising SLAM Methods for Automated Guided Vehicles and Autonomous Mobile Robots. *Procedia Computer Science*, 232, 2867–2874. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.103>
- Li, P., & Zhao, X. (2023). The Impact of Digital Transformation on Corporate Supply Chain Management: Evidence from Listed Companies. *Finance Research Letters*, 104890. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104890>

- Li, Z., Zhang, X., Tao, Z., & Wang, B. (2024). Enterprise digital transformation and supply chain management. *Finance Research Letters*, 60. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104883>
- Liu, R., Yu, X., Yuan, Y., & Ren, Y. (2023). BTDSI: A blockchain-based trusted data storage mechanism for Industry 5.0. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 35(8). <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2023.101674>
- Mecalux. (2024). *Autonomous Mobile Robots (AMRs)*. [Www.mecalux.com. https://www.mecalux.com/warehouse-automation/autonomous-mobile-robots-amrs](https://www.mecalux.com/warehouse-automation/autonomous-mobile-robots-amrs)
- Mecalux. (2024). *O que é a logística interna? Tendências na otimização de processos intralogísticos*. [Www.mecalux.pt. https://www.mecalux.pt/blog/logistica-interna-o-que-e](https://www.mecalux.pt/blog/logistica-interna-o-que-e)
- Østergaard, E.H., 2018. Welcome to industry 5.0. Retrieved Febr 5, 2020
- Pedro, A., & Moreira, F. (2017). *FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO Estudo e simulação de sistemas de logística interna baseados em AGV's*.
- Phair, D., & Warren, K. (2021, January). Saunders' Research Onion: Explained Simply. Grad Coach. <https://gradcoach.com/saunders-research-onion/>
- Qiu, Y., Wang, Z., & Zheng, M. (2023). Can Digital Finance Improve Corporate Environmental Performance? Evidence from Heavy Polluting Listed Companies in China. *Emerg. Markets Finance Trade*, 1–21.
- Solow, R.M., 1956. A contribution to the theory
- Ramos, T. (2010). Gestão da armazenagem e dos stocks na gestão da cadeia de abastecimento. Em: Carvalho, J. (eds.), *Logística e Gestão da cadeia de Abastecimento*, 1ª Edição, Edições Sílabo. Lisboa.
- Rui, A., Subtil De Matos, F., Orientador, C., António, F., Simões, G., Rui, S., & Honório, M. F. (2018). *Contribuição para o fabrico de um Veículo Guiado*
- Shen, Z.M., Sun, Y., 2023. Strengthening supply chain resilience during COVID-19: a case study of JD. com. *J. Oper. Manag.* 69 (3), 359–383.
- Silva, S., & Ferreira, L. (2012). *Gestão de armazéns: implementação de um sistema de picking na indústria alimentar*.
- Silva, M. (2015). *Simulação e estudo da viabilidade económica de um sistema AGV para movimentação de resíduos numa empresa fornecedora da indústria*
- Tang, J., Feng, S., 2022. Research on the impact of digital transformation on total factor productivity of service enterprises. *J. Univ. Int. Bus. Econ.* 3.
- Vu, K., Asongu, S., 2023. *Patterns and drivers of financial sector growth in the digital age: insights from a study of industrialized economies*. *Res. Int. Bus. Finance* 66, 102075
- Wang, L., 2023. Digital transformation and total factor productivity. *Finance Res. Lett.* 58, 104338.
- Wulandhari, N.B.I., Budhwar, P., Mishra, N., Akbar, S., Do, Q., Milligan, G., 2022. Organizational resilience to supply chain risks during the COVID-19 pandemic. *Br. J. Manag.* <https://doi.org/10.1111/1467-8551.12648>

- Wu, Q., Yao, Y., 2023. Enterprise digital transformation and supply chain configuration: centralization or diversification. *Chinese Ind. Econ.* 8.
- Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., Wang, L., 2021. Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *J. Manuf. Syst.* 61, 530–535.
- Yalcin, H., & Daim, T. U. (2022). Logistics, supply chain management and technology research: An analysis on the axis of technology mining. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102943>
- Ye, F., Liu, K., Li, L., Lai, K.H., Zhan, Y., Kumar, A., 2022. Digital supply chain management in the COVID-19 crisis: an asset orchestration perspective. *Int. J. Prod. Econ.* 245, 108396.
- Yuan, Y., Tan, H., & Liu, L. (2023). The effects of digital transformation on supply chain resilience: a moderated and mediated model. *J. Enterprise Inf. Manage.*.
- Yuan, S., Pan, X., 2023. The effects of digital technology application and supply chain management on corporate circular economy: a dynamic capability view. *J. Environ. Manage.* 341, 118082
- Zhang, Z., Su, Z., & Tong, F. (2023). Does digital transformation restrain corporate financialization? Evidence from China. *Finance Res. Lett.*, 104152.